



Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA

Trabajo Final de carrera

Daños en el grano de soja generados por el proceso de cosecha y postcosecha

Alumno: Piñeyro, Juan Cruz

Legajo: 26329/5

Correo electronico: juancruzpineyro@hotmail.com.ar

Tel: 0234415426607

Director: Ing. Agr. Matilde Mur

Co-director: Ing. Agr. Víctor H. Merani

Fecha de presentación: 23 de Agosto de 2017

CONTENIDO

RESUMEN	3
INTRODUCCIÓN	4
ANTECEDENTES	9
HIPOTESIS.....	13
Hipótesis Fundamental	13
Hipótesis de trabajo	13
OBJETIVOS.....	13
Objetivos generales:.....	13
Objetivos específicos.....	14
MATERIALES Y MÉTODOS.....	14
Lugar del ensayo.....	14
Maquinaria utilizada para la cosecha.....	15
Toma de las muestras	17
Variables experimentales.....	20
Diseño experimental	20
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	20
Efecto del horario de muestreo sobre las diferentes variables	21
Parámetros determinados con la metodología del INTA PRECOP	22
% de Grano Quebrado.....	22
Daño invisible	24
Parámetros determinados con el test de tetrazolio:	26
Daño mecánico.....	26
Viabilidad.....	35
Semillas viables sin daño	36
Vigor	37
CONCLUSIONES	38
BIBLIOGRAFÍA.....	39

RESUMEN

El cultivo de soja (*Glycinemax (L.) Merrill*) es una de las actividades agropecuarias de mayor importancia para nuestro país, cada campaña se registran pérdidas importantes tanto en calidad y cantidad ocasionadas en el proceso de cosecha y poscosecha. El presente trabajo se centra en las pérdidas de calidad del grano generadas por los procesos de trilla, separación, limpieza y movimientos de descarga de los granos. Se realizó una evaluación de la calidad, durante un día de cosecha con una máquina cosechadora con sistema de trilla convencional, tomando muestras de tres lugares diferentes, base de la noria; monovolva y camión. Los muestreos fueron realizados en tres horarios de la jornada (11:00 hs, 14,30 hs y 19,00 hs) y se midieron los siguientes parámetros: Daño mecánico y daño invisible, con un Método rápido propuesto por INTA PRECOP y daño mecánico, viabilidad, semillas viables sin daño y vigor mediante el test de tetrazolio (Método de laboratorio), además se determinó la humedad del grano y las condiciones ambientales en cada horario de muestreo.

Los resultados demostraron que pequeñas variaciones de humedad del grano no presentan diferencias significativas en el deterioro del grano, también se observó que dentro de los mecanismos actuantes en el transporte del grano de la cosechadora hasta el camión el que causó los mayores daños en el grano fue el tubo de descarga de la monovolva y además que el Método de laboratorio (test de tetrazolio) es más preciso que el Método rápido a campo.

INTRODUCCIÓN

La producción de granos en Argentina ha sido históricamente de gran importancia en el desarrollo del país, creciendo en los últimos 14 años de 37 a 70 millones de toneladas (Bragachini & Peiretti, 2008). La soja ha acompañado este crecimiento, con una elevada y sostenida tasa de aumento en la superficie sembrada en los últimos años en relación a los demás cultivos graníferos más importantes para el país. Argentina pasó de producir 40 millones de toneladas en el 2006 a 58,5 millones en la campaña 2015/2016 (Ybran & Lacelli, 2016). De esta manera el cultivo de soja (*Glycine max (L.) Merrill*) se ha convertido en la actividad económica de mayor importancia para nuestro país, ocupando la Argentina el cuarto lugar en el mundo como productor de grano, el primer lugar como exportador de aceite de soja y el segundo en harina de soja.

No obstante esto, Bragachini y Peiretti (2008) mencionan que, cada año se registran pérdidas significativas de granos en cantidad y calidad, ocasionadas por condiciones climáticas adversas y por el mal manejo de los mismos, tanto en la etapa de cosecha como de postcosecha, con un porcentaje del 5,5% y 6% respectivamente, representando una pérdida global de 4357 millones de pesos anuales. De acuerdo a lo informado por estos autores, las pérdidas de grano producidas durante la cosecha representan, en el plano económico, una disminución en la producción anual de 4,6 millones de toneladas (5,5 % de la producción bruta), con un valor de 764 millones de dólares para los principales cultivos extensivos del país: soja, maíz, girasol, sorgo y trigo.

Estudios realizados por Giordano & Bianchi (2006), revelan que en la Argentina se pierden anualmente 1458 millones de dólares por deficiencia en el manejo de los granos, desde el cultivo maduro en pie hasta su industrialización o exportación. Se considera que de cada 100 kg de grano listo para ser cosechado en los principales cultivos extensivos se pierde, por diferentes factores, aproximadamente 13 kg en cantidad y calidad. Solo durante la cosecha del cultivo de soja se pierden en promedio 166 kg ha^{-1} , debido principalmente, a la demora en el

inicio de cosecha, escaso mantenimiento de la maquinaria utilizada, deficiente regulación diaria de acuerdo a las condiciones del cultivo y a la antigüedad del parque de cosechadoras(Bragachini et al., 2003a).

Las pérdidas de granos pueden dividirse en , pérdidas precosecha y pérdidas por cosechadora. Las primeras, son aquellas provocadas por causas naturales e inducidas por un ineficiente manejo previo del cultivo, ajenas al proceso de cosecha. Se producen principalmente por desgrane natural y/o plantas volcadas, que resultan imposibilitadas de ser recolectadas por el cabezal de la máquina. Además, las condiciones climáticas adversas que afectan la calidad del grano y generan una mayor susceptibilidad al daño mecánico.

En tanto que, las pérdidas por cosechadora son las provocadas por los distintos sistemas que operan dentro de la máquina. Para el cultivo de soja, del 100% de las pérdidas por cosechadora, el 70% lo ocasiona el cabezal de la máquina, debiéndose principalmente al movimiento y fricción que la barra de corte le imprime a las plantas en el momento del corte, generalmente por exceso en la velocidad de avance, falta de recambio de cuchillas o deficiencias en la regulación. Las pérdidas observadas por altura de corte, en gran medida, son ocasionadas por una excesiva velocidad de avance, esto en parte se debe a que las cosechadoras han crecido más en capacidad de trilla, separación y limpieza que en ancho del cabezal. Además los cultivares actuales presentan un mayor índice de cosecha, por lo tanto, poseen una menor altura de planta para mayores rendimientos, lo cual, le permite al sistema de trilla, separación y limpieza trabajar dentro de las tolerancias de pérdida a una mayor velocidad (Bragachini et al., 2007).

De todas las operaciones que realiza la cosechadora, la recolección es la parte más importante. Cuando el cultivo de soja está en condiciones de ser cosechado, es muy susceptible al desgrane y exige un buen tratamiento durante el corte de la planta y su introducción a la máquina. De las pérdidas producidas por el cabezal, las principales están dadas por desgrane

(40%), seguido por ramas sueltas(13%), pérdidas de vainas por altura de corte (10%) y vainas sueltas (7%). Las pérdidas por desgrane son ocasionadas por el movimiento de las plantas en el momento del corte, ya sea por el desplazamiento lateral de la cuchilla hacia el puntón (corte cizalla), como por el movimiento en la dirección de avance de la cosechadora al ser superada la capacidad de corte por la velocidad de avance. Del mismo modo, estos movimientos junto con el incorrecto accionar del molinete provocan pérdidas de vainas sueltas; que se suman a pérdidas menores por ramas sueltas y vainas que se encuentran muy próximas al suelo y no son recolectadas.

Como se mencionó previamente, las pérdidas no son únicamente por cantidad. Durante los procesos de trilla, separación, limpieza y movimientos de descarga de los granos, también se observan pérdidas de calidad de los mismos. Estas pueden ser causadas por el retraso en el inicio de la cosecha, por desgaste de los mecanismos o por regulaciones inadecuadas de los diferentes sistemas, llegando al proceso de industrialización con una materia prima de menor valor industrial, o bien dificultando el proceso de almacenamiento, debido al deterioro mecánico, impurezas, o bien por estar afectado por hongos e insectos. A modo de ejemplo, el retraso en la cosecha de la soja provoca fuertes incrementos de pérdidas tanto en precosecha como por la cosechadora. En este sentido, Bragachini, et al., (2003a) encontraron que un retraso en la cosecha de 12 días interrumpida por abundantes precipitaciones y condiciones de alta humedad y temperatura, ocasionó en una disminución de 1000 kg/ha en el rendimiento de una soja grupo IV, causada fundamentalmente por una disminución del peso por ataque de hongos externos e internos en un 15%, con caída de peso hectolítrico en el 85% restante.

Realizar la labor de cosecha de manera ineficiente provoca problemas en la etapa siguiente de postcosecha. Esto se debe a que se parte de un grano deteriorado por la demora en el inicio de su cosecha, al que le siguió el daño mecánico producido durante la misma, con alta agresividad del sistema de trilla, lo que además causa mayor cantidad de impurezas por sobrecarga del sistema de limpieza (Bragachini et al., 2003b).

En el proceso de cosecha, lo más importante es que el cultivo presente una maduración y humedad uniforme (Bragachini et al., 2007b). Cuando existen granos con exceso de humedad, se hace difícil evitar que sufran daños, por la necesidad de aumentar la agresividad de trilla para su separación total. Del mismo modo, cuando los granos de soja (que presentan una mayor susceptibilidad al daño que otros granos de cultivos extensivos) presentan reducida humedad, aumenta su fragilidad frente al golpe mecánico del sistema de trilla principalmente, como así también de los demás sistemas dentro de la cosechadora. De allí que, en el cultivo de soja se aconseja comenzar la cosecha con una humedad del grano de 16,5%, donde el grano presenta mayor tolerancia a los daños mecánicos, para finalizar con el 13,5%, que es el porcentaje de humedad de comercialización.

El daño mecánico al grano de soja puede expresarse en forma visible e invisible al ojo humano. El daño visible es lo que comúnmente denominamos como grano partido o quebrado mientras que el daño invisible se refiere a todos aquellos daños en la estructura interna del grano, que no son visibles al ojo humano, pero que comprometen de igual manera al desarrollo y metabolismo del mismo (Bragachini et al., 2007b). En este sentido, el sistema de trillado (separar el grano del resto de la planta) implica inevitablemente que sobre el grano actúen fuerzas físicas, principalmente impacto y fricción, que son potencialmente deteriorativas, cualquiera sea el tipo de cilindro de la máquina. Además, el grano en su recorrido por la cosechadora y hasta su descarga en el camión, va sufriendo diferentes daños por diferentes mecanismos, sin embargo el mayor porcentaje de ese daño es atribuible al mecanismo de trilla (Méndez & Roskopf, 2006). Hoy en día es posible encontrar distintos tipos de sistema de trilla y separación. Dentro de ellos, el más común es el sistema convencional, el cual posee un cilindro de gran inercia y peso, lo que posibilita bajar el número de vueltas al mínimo sin ocasionar problemas en la correa del variador, contar con un despajador de bajo impacto, barras batidoras de estrías profundas y separadas, cóncavo de gran colado y regulación de tipo progresiva (más abierto en la parte delantera respecto a la trasera) Cuando se desea mejorar

la performance de los cilindros convencionales y disminuir el daño mecánico, el cilindro a dientes tipo planchuelas (con alta inercia) es una solución muy aconsejable. Otra alternativa, son las máquinas cosechadoras que poseen sistemas de trilla con acelerador, con colado de grano previo al cilindro. Esto permite bajar el daño mecánico dado que los granos más secos y susceptibles son colados en el acelerador casi sin fricción y el resto adquiere una velocidad y agresividad de trilla progresiva en la medida que ingresa al cilindro principal. Por último, se encuentran los sistemas axiales, con una trilla progresiva ya que el material gira seis vueltas durante la misma y otras seis vueltas para la separación. Por lo tanto, frente a un cultivo desuniforme, con susceptibilidad de trilla muy distinta, los granos y vainas muy secas, maduras y frágiles, en la primera vuelta de trilla serán colados por el cóncavo y los más húmedos e inmaduros, podrán dar 5 o 6 vueltas antes de ser trillados y colados. Este diseño tiene la posibilidad de darle a cada grano el tratamiento que merece de acuerdo a su susceptibilidad o resistencia a ser trillado (Bragachini et al., 2007b). La regulación del sistema de limpieza también es fundamental, debe realizarse tratando de eliminar al máximo el retorno, ya que un grano trillado que regresa al cilindro central sufrirá por segunda vez la agresividad de este y por lo tanto aumentará la posibilidad de sufrir daño. Si la máquina posee un sistema de retrilla independiente, esta posibilidad disminuye, sin embargo, aún teniendo este mecanismo (que debe estar en buenas condiciones y bien regulado) un grano ya trillado no debería retornar a la retrilla. En este sentido, Hollatz & Quick (2003) concluyeron que el aumento en el daño del grano tiene significativa relación con el aumento de grano que regresa a retrilla por malas regulaciones.

ANTECEDENTES

Durante el proceso de cosecha y postcosecha el grano es sometido a distintas fuerzas, algunas de las cuales alcanzan a ser de tal magnitud que logran producir rotura y otras, de menor magnitud, que sólo alcanzan a lesionar el tegumento y partes embrionarias, afectando también la calidad de la semilla. En este sentido, Oliveira Batista et al. (2006a), trabajando con una máquina cosechadora con sistema de trilla convencional, evaluaron el efecto de distintas velocidades del cilindro (750 rpm, 850 rpm y 1020 rpm), aberturas de cóncavo (10 mm, 25 mm y 40 mm) y tiempos de almacenaje (30, 60 y 90 días) sobre la calidad fisiológica del grano de soja. Los mismos no encontraron diferencias significativas tanto en el poder germinativo como en la energía germinativa para ninguna de las variables evaluadas, sin embargo, la calidad fisiológica del grano tendió a disminuir conforme aumentaron la velocidad del cilindro y la luz cilindro-cóncavo para los distintos periodos de almacenamiento. Estos mismos autores replicaron el ensayo realizado por ellos mismos, pero evaluando en esta oportunidad una cosechadora con sistema de trilla axial de único rotor y obtuvieron resultados similares (Oliveira Batista et al., 2006b). Estos resultados coinciden con los citados por Pereira Da Costa et al. (2001), quienes evaluaron la calidad física y fisiológica del grano de soja cosechado con una máquina con sistema de trilla convencional y tres velocidades de cilindro: menos de 500 rpm, de 500 a 700 rpm y más de 700 rpm. No encontraron diferencias significativas en la calidad pero sí una tendencia a disminuir el porcentaje de grano dañado, mayor poder y vigor germinativo y mayor viabilidad con velocidades del rotor menores de 500 rpm.

Vieira et al., (2006) evaluaron el porcentaje de grano partido, viabilidad y vigor de la semilla de soja cosechada por una máquina con sistema axial a una humedad del 12% con dos velocidades de rotor (400 rpm y 500 rpm) y tres velocidades de avance (3,5 km h⁻¹, 4,5 km h⁻¹ y 5,5 km h⁻¹). No se encontraron efectos significativos de las distintas regulaciones sobre las variables evaluadas. Por el contrario, Newbery et al., (1980) compararon tres sistemas de trilla,

convencional, rotor axial simple y doble rotor axial, con cuatro velocidades de cilindro y tres niveles de humedad. Concluyeron que el porcentaje de grano partido es significativamente mayor cuando se utiliza el sistema convencional, independientemente de la velocidad del cilindro y la humedad del grano. Asimismo, encontraron una correlación positiva entre la velocidad del rotor y el porcentaje de grano partido, regulando la máquina de acuerdo a lo indicado por el fabricante. En el mismo ensayo, evaluaron el efecto de cuatro aperturas cilindro/cóncavo sobre el daño mecánico en el grano de soja, encontrando un mayor porcentaje de daño con la mínima luz cilindro/cóncavo para el sistema axial, mientras que en los otros dos sistemas el daño se incrementó con una mayor apertura pero no de manera significativa.

Ferrel (2008), trabajando a distintas horas del día con una máquina cosechadora con sistema de trilla convencional, evidenció un mayor porcentaje de grano quebrado y menor porcentaje de daño invisible a las 20 h con alta humedad relativa del ambiente (79 %) y baja humedad del grano, atribuyéndolo a la falta de adecuación de las regulaciones a los diferentes momentos del día, conforme cambian las condiciones ambientales. Al respecto, Mesquita et al. (2006) analizaron los efectos de la velocidad de cilindro y el contenido de humedad del grano de soja sobre los daños visibles e invisibles. Encontraron un mayor porcentaje, significativo, de grano partido en sojas cosechadas con una humedad inferior al 12%, como así también, porcentaje de daño invisible significativamente mayor con humedades de grano mayores al 14%. En cuanto a las velocidades del cilindro trillador, los autores concluyeron que trabajando a menos de 600 rpm los daños, visibles e invisibles, son significativamente menores. Sin embargo, en un nuevo trabajo realizado por los mismo autores un año después (Mesquita et al., 2007) no encontraron diferencias significativas entre el daño invisible y el porcentaje de humedad del grano, pero sí una tendencia hacia mayor daño invisible con humedades inferiores al 12% y superiores al 14%. Así mismo, hallaron valores de poder y vigor germinativo significativamente menores cosechando con humedades de grano por encima del 14%. Del mismo modo,

Hamer&Teichertpeske (1997), evaluaron la incidencia de la humedad del grano y distintas velocidades de cilindro (450 rpm, 550 rpm y 700 rpm para 11,4% de humedad y 600 rpm, 700 rpm y 800 rpm para humedades superiores) sobre granos de soja cosechadas con una máquina con sistema de trilla convencional. Los mismos concluyeron, luego de almacenar los granos por seis meses en condiciones específicas, que las semillas trilladas a una humedad de 11,4% y una velocidad de cilindro de 700 rpm presentaban un daño invisible tres veces mayor a las trilladas con la misma humedad pero a 450 rpm. Así mismo, trillando a una velocidad de cilindro constante de 700 rpm pero evaluando diferentes humedades hallaron un daño visible e invisible significativamente mayor con humedades menores o iguales a 11,4%.

Marcondes et al. (2005) evaluaron el efecto de dos sistemas de trilla, axial y convencional, sobre la calidad fisiológica de la semilla de soja, cosechada en tres momentos diferentes del día 10 h, 14 h y 18 h. Los mismos determinaron que no hubo diferencias significativas en la calidad física y fisiológica de la semilla para ninguno de los dos sistemas, trabajando según recomendaciones del fabricante. No obstante, pudieron confirmar, en acuerdo con Ferrel (2008), diferencias significativas en el contenido de humedad del grano a distintas horas del día, siendo este significativamente inferior a altas horas de la tarde.

Addo et al., (2004) evaluaron dos sistemas de trilla, convencional y axial, y cuatro velocidades de cilindro: 316 rpm, 375 rpm, 500 rpm y 620 rpm, sobre un cultivo de soja con una humedad del 10%. No encontraron diferencias significativas en el porcentaje de grano partido como tampoco en la energía germinativa, aunque observaron menores porcentajes de daño, tanto visibles como invisibles, a la menor velocidad de rotor, en ambos sistemas. Pozzolo et al., (2007) sobre un cultivo de soja con 13,8% de humedad, encontraron un 30% más de daño mecánico utilizando una máquina con sistema de trilla convencional respecto a una con sistema axial, sin diferencias significativas en la determinación de pérdidas de cosecha. Cunha et al., (2009) evaluaron tres sistemas de trilla, convencional, simple rotor axial y doble rotor axial, dos velocidades de cilindro o rotor y dos velocidades de avance, sobre la calidad física y

fisiológica del grano de soja. No encontraron diferencias significativas en poder y vigor germinativo para las velocidades evaluadas, pero si encontraron un porcentaje de grano dañado significativamente menor en la cosechadora de simple rotor axial a las menores velocidades de cilindro y de avance.

Roskopf& Méndez (2009) evaluaron los daños sobre granos de soja con 16,5 % de humedad luego de su cosecha con una máquina con sistema de trilla convencional. Para la misma, tomaron muestras de grano en la tolva de la cosechadora, a la salida del tubo de descarga de la máquina y a la salida del tubo de la monotolva. Encontraron porcentajes significativamente mayores de grano partido asociados al sistema de trilla y retrilla, en tanto que en los sinfines de los tubos de descarga de la máquina y la monotolva los daños no fueron significativos. En este sentido, Rademacher (1981) evaluó distintos mecanismos transportadores de granos de tipo sinfín, concluyendo que un correcto diseño y geometría de los mismos reduce significativamente el daño sobre el grano. Al respecto, Roberts&Arnold,(1966) utilizando dos sinfines de distinto diámetro, largo e inclinación, determinaron que a bajas velocidades (menos de 500 rpm en ambos) el daño no es significativo, pero si se utilizan velocidades de entre 520 y 650 rpm el daño pasa a ser considerable. Angelovič (2013), trabajando sobre elevadores de grano de tipo sinfín durante la poscosecha, evaluó tres distancias de elevación (6 m, 8,5 m y 20 m) y tres diámetros de tubos (200 mm, 250 mm y 320 mm) con una misma inclinación. Los resultados encontrados demostraron que el porcentaje de daño mecánico visible fue significativo en todos los casos, variando entre un mínimo de 0,4 % y un máximo de 1,57%.

Bragachini et al. 2003b evaluó el daño causado sobre los granos por los sinfines y norias actuantes en el transporte del grano dentro de la cosechadora y desde esta hacia los destinos finales. Este tipo de daños es producido en los sinfines por la fricción que se genera entre el borde del espiral y la pared del tubo durante su accionamiento para la elevación. El nivel de daño que causan estos mecanismos, será variable según su estado (separación, filos excesivos,

desgastes, abolladuras, etc.), el diámetro, la inclinación, el largo y las revoluciones por minuto a las que trabaje. Concluyo que los sinfines disminuyen la agresividad si se trabaja con grandes diámetros de tubo, inclinaciones lo más cercanas a la horizontalidad posible y velocidades adecuadas.

HIPOTESIS

Hipótesis Fundamental

- Durante el proceso de cosecha se producen daños mecánicos, visibles e invisibles, sobre el grano.

Hipótesis de trabajo

1. El daño ocasionado al grano durante la cosecha varía a lo largo del día.
2. El mayor daño mecánico durante la cosecha se produce en los mecanismos de trilla.
3. El movimiento del grano posterior al proceso de cosecha incide sobre las propiedades físicas y fisiológicas de la semilla.
4. Los daños no visibles sobre el grano son mayores a los daños visibles al final del proceso de cosecha.
5. Los métodos de evaluación en campo son adecuados para calificar la eficiencia de manejo del grano durante la cosecha.

OBJETIVOS

Objetivos generales:

- Generar información de utilidad para la tomade decisiones por parte de técnicos y productores al momento de realizar la labor.
- Visualizar el daño físico y fisiológico que se produce en la cosecha de soja.

Objetivos específicos

- Valorar las pérdidas de calidad del grano que ocurren en el proceso de cosecha y postcosecha de soja.
- Evaluar la eficiencia de los mecanismos de trilla y movimiento del grano en relación a la calidad del mismo.
- Cuantificar la pérdida de calidad física y fisiológica de la semilla de soja durante su cosecha a lo largo del día.
- Establecer la relación entre daño mecánico determinado mediante métodos rápidos a campo y la viabilidad de la semilla.

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar del ensayo

El ensayo se realizó en el establecimiento “El orejano” ubicado en la localidad de Saladillo, provincia de Buenos Aires, perteneciente a la región hídrica subhúmeda-húmeda. El mismo se encuentra rodeado por el arroyo Saladillo, que conforma su límite norte, el arroyo Las Flores (límite sur) y el Canal Nº 16, los cuales desaguan en el río Salado.

El lugar donde se llevó a cabo el trabajo es un lote de producción con una superficie de 22 ha, contiguas al Canal Nº 16. Sobre el mismo se realizó, bajo sistema de siembra directa, una soja de primeratardía, sembrada el 2 de diciembre, variedad Don Mario 4210 inoculada previamente. La densidad de siembra fue de 400000 semillas ha⁻¹, y se utilizó una máquina Dumaire de 16 líneas distanciadas a 0,35 m con sistema de dosificación tipo roldana para su siembra. Al momento de la labo también se incorporaron 60 kg ha⁻¹ de Fosfato Diamónico (DAP).



Imagen N° 1. Estado del cultivo de soja en el estadio R 3/4.

Maquinaria utilizada para la cosecha

El cultivo se cosecho el 11 de mayo cuando la humedad del grano medida fue de 13,5%. Para llevar adelante esta labor, se utilizó una cosechadora Deutz Optima S año 1998 (Imagen N° 2) con las siguientes características: sistema de trilla convencional (Imagen N° 3), con un cilindro de 1,270 m de ancho y 8 barras batidoras, una velocidad en progresión continua de 410 a 1220 rpm y un cóncavo con 14 barras; sistema de separación convencional mediante 5 sacapajas con 5 escalones; sistema de limpieza compuesto por una superficie total de zarandas de 3,84 m² y ventiladores axiales. Para el manejo del residuo la máquina presenta un picador de paja integrado con regulación de ancho. Se utilizó una plataforma de 6,9 m con regulación hidráulica de la altura de corte, tracción de las cuchillas mediante caja oscilante y molinete de velocidad regulable de manera electrohidráulica de 0 a 46 rpm.



Imagen N° 2. Cosechadora Deutz Optima S año 1998. Imagen tomada el día de la recolección de las muestras.

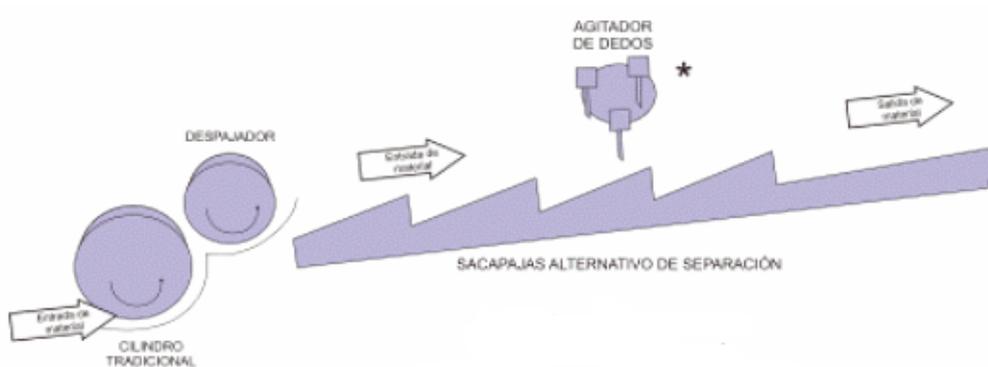


Imagen N° 3: Sistemas de trilla y de separación de la cosechadora utilizada para el trabajo.

La tolva de la maquina posee una capacidad de 4920 litros y el tubo de descarga (uno de los mecanismos que determinaremos daño) posee un diámetro de 255 mm, un ángulo de inclinación de 37 grados y una longitud de 5,20 metros.

El grano cosechado se transportó en unamontolvamarcaCestari,de un eje con rodado 23.1.30., capacidad nominal de carga de 14 t y un tubo de descarga de 0,4 m. Una vez completada la tolva, el grano fue movido mediante el tubo de descarga de la monotolva a un camión para luego dirigirse a su destino final.

Toma de las muestras

Se realizaron mediciones del daño producido durante el proceso de cosecha y transporte del grano desde el lote de producción hasta el camión, en tres momentos del día. Para esto se llevó a cabo un sistema de muestreo por etapas, extrayendo granos de tres lugares diferentes a fin de cuantificar los daños ocasionados por los distintos mecanismos involucrados en cada etapa:

- Base de la noria (P): donde se evaluó el daño generado por los sistemas de trilla y retrilla (Imagen N° 3)
- Monotolva (T): donde se evaluó el daño generado por el tubo de descarga de la cosechadora (Imagen N° 4)
- Camión (C): donde se evaluó el daño generado por el tubo de descarga de la monotolva (Imagen N° 5)



Imagen N° 3. Base de la noria (P), lugar donde se realizó el muestreo.



Imagen N° 4. Lugar de muestreo de la monotolva (T).



Imagen N° 5. Último lugar de muestreo, en el camión (C).

Como se mencionó anteriormente, las mediciones se realizaron a lo largo de la jornada de cosecha en tres horarios diferentes: 11:00hs, 14:30 hs y 19:00 hs. En cada momento se realizaron los muestreos y la determinación de las condiciones ambientales; humedad relativa (HR, %), temperatura (Temp., °C), presión (Pr, HPa) y velocidad del viento (V_v , Km h^{-1}) y porcentaje de humedad del grano (Tabla N° 1). Por cada lugar de muestreo se realizaron 3 repeticiones.

El muestreo se realizó para el caso del lugar “P” (imagen N° 3) abriendo la tapa inferior de la noria y colocando un recipiente con capacidad para 20 litros debajo, luego se acciono el sinfín acarreador para que el grano cayera, se homogeneizó y se extrajo una alícuota de 1 kg de muestra. En la monotolva “T” (imagen N° 4) se recolecto grano de tres puntos diferentes (imagen N° 6) homogeneizándolos en el mismo recipiente y luego se sacó la misma alícuota de 1 kg. El muestreo del camión “C” se realizó de la misma manera con la salvedad que estos puntos de recolección son cercanos para poder respetar la variable horario, ya que se tardó varias horas en completar el equipo de transporte.



Imagen N° 6: Toma de muestras en tres puntos diferentes dentro de la monotolva.

Tabla N° 1. Condiciones ambientales y humedad del grano en los diferentes horarios de toma de las muestras

Variables	Horarios de toma de muestras		
	11 h	14:30 h	19 h
HR (%)	57	47	53

Temp (°C)	7,6	11	6,9
Pr (HPa)	1010	1014	1012
Vv (km h ⁻¹)	4	5	2
Humedad del grano (%)	14,1	13,4	13,9

Variables experimentales

La cuantificación del daño mecánico se realizó por 3 métodos diferentes. Dos de ellos son los propuestos por el INTA PRECOP: “Grano quebrado” (método físico) y “Daño invisible” (también llamado prueba de hipoclorito, método químico), y el tercer método es el Test de Tetrazolio. Esta última metodología permitió también determinar Vigor (VG), daño mecánico (DM), semillas viables sin daño (VSD) y semillas viables (V). Todos los parámetros evaluados se expresaron en porcentaje (%).

Parámetros (%)	Método utilizado
Grano quebrado	INTA PRECOP (Bragachini et al. 2005)
Daño invisible	
Daño mecánico (DM)	Test de tetrazolio (Moore, 1966)
Vigor (VG)	
Viabilidad (V)	
Viables sin daño (VSD)	

Tabla N° 2: Métodos utilizados para cada uno de los parámetros.

Diseño experimental

Se utilizó un diseño completamente aleatorizado con 3 repeticiones por cada lugar de muestreo. Los resultados obtenidos por las metodologías INTA PRECOP y por la prueba de Tetrazolio fueron analizadas mediante un ANOVA y las medias fueron comparadas por el test de Tukey ($p \leq 0,05$). Se utilizaron planillas Excel para el ordenamiento de los datos y para el análisis estadístico el programa INFOSTAT.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A partir de los resultados del análisis de la varianza para cada variable experimental (V, VSD, VG, DM, Daño invisible y grano quebrado) no se evidenció una interacción significativa entre los lugares de muestreo y los horarios de muestreo.

Efecto del horario de muestreo sobre las diferentes variables

En la tabla N°2 se muestra la incidencia del horario de muestreo sobre las variables V, VG, DM, daño invisible y grano quebrado como promedio de los tres lugares de muestreo. En la misma se observa que no hubo diferencias significativas para las variables V, VG y DM entre los distintos horarios, pudiendo deberse estos resultados a la poca diferencia en el porcentaje de humedad del grano (hasta 0,7 % entre las 11 h y 14:30 h), relacionado esto a la baja variación en temperatura, humedad relativa, velocidad del viento y presión que existió durante la jornada de cosecha (Tabla N°1). Estos resultados no se corresponden en parte con los de Mezquita et. al., (2007) quienes encontraron diferencias en el porcentaje de vigor del grano cosechado, aunque el rango de humedad del mismo varió de 12 a 14%. No obstante la ausencia de diferencias significativas entre horarios de medición, la menor viabilidad y vigor del grano se encontró a las 19 h, coincidente con el mayor porcentaje de daño mecánico en ese momento.

Tabla N°3. Incidencia de la hora de muestreo sobre los parámetros viabilidad (V), vigor (VG), daño mecánico (DM), daño invisible y grano quebrado. Los valores expresados en porcentaje corresponden a la media de los lugares de muestreo (P, T y C) para cada momento de medición (11:00 h, 14:30 h y 19:00 h).

Horario de muestreo	VARIABLES EXPERIMENTALES				
	V (%) Medias	VG (%) Medias	DM (%) Medias	Daño invisible (%) Medias	Grano quebrado (%) Medias
11,00	85,44 A	77,11 A	15,33 A	7,56 A	8,78 A
14,30	85,33 A	78,22 A	14,11 A	11,89 B	11,00 AB
19,00	83,33 A	73,67 A	16,78 A	11,11 B	13,44 B

Letras distintas indican diferencias estadísticas significativas según el test de Tukey (p -valor $\leq 0,05$) para cada variable experimental según el horario de muestreo.

Diferentes fueron los resultados que se observaron en los parámetros daño invisible y daño quebrado, determinados a partir de la metodología del INTA PRECOP, donde se hallaron diferencias significativas entre horarios de muestreo, siendo las 11:00 h el momento de mayor porcentaje de humedad del grano y el de menor porcentaje de daño invisible y grano quebrado. Estos resultados coinciden con lo mencionado por Ferrel (2008) quien, trabajando con humedades de grano inferiores a las del ensayo, determinó que pequeñas disminuciones

de la misma, aumentaban la susceptibilidad al daño. En el horario de las 19 h, se observaron los mayores porcentajes de daño invisible y grano quebrado, sin ser la diferencia significativa con el muestreo de las 14:30 h.

Parámetros determinados con la metodología del INTA PRECOP

% de Grano Quebrado

En la Figura N° 1 se observa el porcentaje de grano quebrado promedio de los tres horarios de medición para cada lugar de muestro. Sería lógico esperar que el porcentaje aumentara conforme el grano se desplaza por los distintos mecanismos involucrados en su movimiento. Sin embargo, luego de que el grano es transportado a la monotolva a través del tubo de descarga, el porcentaje de grano quebrado disminuyó respecto a la muestra tomada en la base de la noria. Esto implicaría que el grano que recibe la monotolva es más sano que el grano obtenido en la base de la noria, lo cual es absurdo de pensar. Estas inconveniencias pudieron deberse a errores de muestreo y a la subjetividad de la metodología que propone el INTA PRECOP. No obstante esto, se pueden analizar los resultados de las muestras tomadas en el camión, que si bien no se diferenciaron significativamente respecto a T y P, el porcentaje de grano quebrado fue mayor al encontrado en la base de la noria, siendo esta diferencia de aproximadamente el 13 %. En tanto que, el porcentaje de grano quebrado extraído de la base de la noria fue de 11,44%, siendo los sistemas de trilla y retrilla los principales responsables del grano quebrado durante el proceso de cosecha y postcosecha. Estos resultados coinciden en parte con los encontrados por Roskopf&Mendez (2009) quienes, trabajando con una cosechadora de trilla convencional sobre un cultivo de soja, encontraron diferencias entre los sistemas de trilla, descarga de la cosechadora y descarga de la monotolva, siendo la trilla la responsable del mayor porcentaje de grano partido durante el proceso.

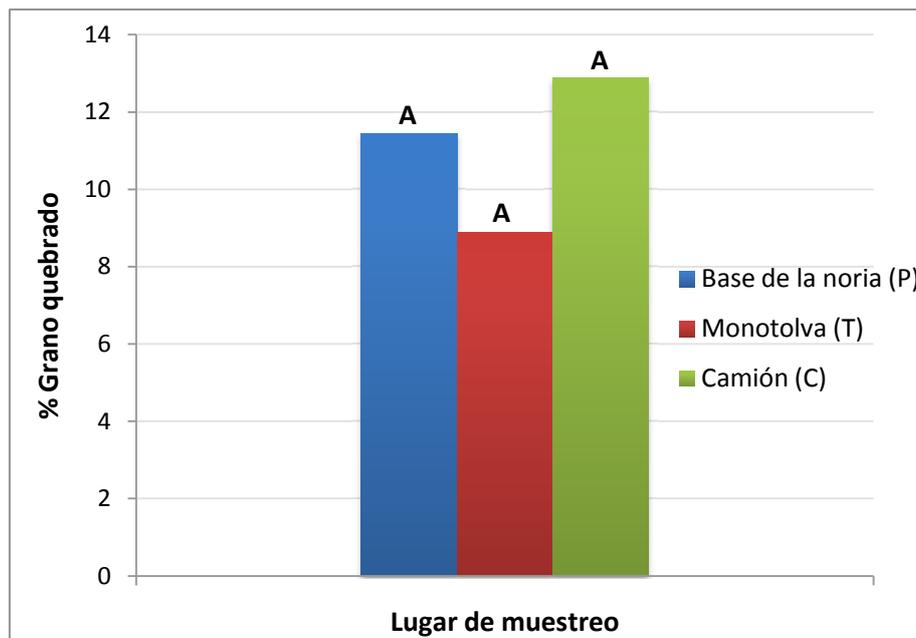


Figura N° 1. Porcentaje de grano quebrado en los tres lugares de muestreo: base de la noria (P), Monotolva (T) y Camión (C). Letras mayúsculas iguales sobre las columnas indican ausencia de diferencias estadísticas significativas entre los lugares de muestreo según el test de Tukey ($p \leq 0,05$)

En el análisis de los porcentajes de grano dañado en los distintos horarios de medición (Figura N° 2), únicamente se observaron diferencias significativas en el camión. El mayor porcentaje de grano quebrado se observó a las 19 h, significativamente diferentes al muestreo de las 11 h pero con similar comportamiento al de las 14:30 h. Este mismo comportamiento se observó, aunque sin diferencias significativas, se observó en la base de la noria. El menor porcentaje encontrado a las 11 h puede deberse a la mayor humedad del grano en ese momento de medición, coincidente en parte con lo citado por Hamer y Teichertpeske (1997) quienes asocian el mayor daño con humedades de grano más bajas. Siguiendo este razonamiento, el mayor porcentaje de grano quebrado debería haberse dado a las 14:30 h con el menor contenido de humedad del grano, sin embargo, fue a las 19 h donde se encontraron los mayores valores. Este comportamiento pudo deberse a la poca variación de humedad del grano durante toda la jornada de trabajo. En este sentido, los autores antes citados trabajaron por encima del 14% y por debajo del 12% de humedad, sin encontrar diferencias dentro de este rango al igual que Mesquita et al. (2006 y 2007) quien tampoco encontró diferencias

significativas en ninguno de los dos trabajos en los daños visible e invisible en el mismo rango (12-14%)

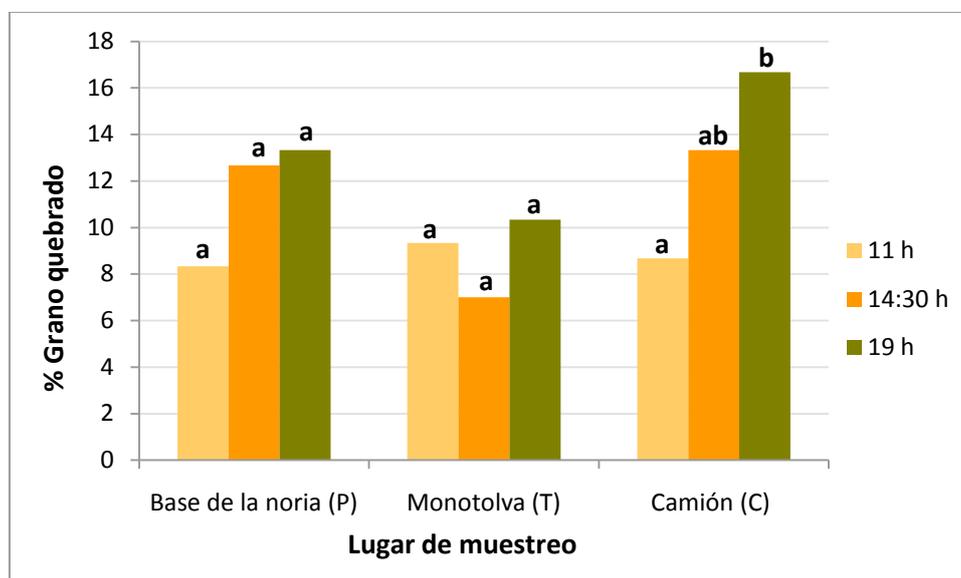


Figura N° 2. Porcentaje de grano quebrado en los tres momentos de medición para cada lugar de muestreo. Letras minúsculas diferentes sobre las columnas indican diferencias estadísticas significativas entre horarios de medición para cada lugar de muestreo según el test de Tukey ($p \leq 0,05$)

Daño invisible

En lo que respecta a los resultados del daño invisible, en la figura N° 3 se observan los resultados obtenidos en cada lugar de muestreo. Las diferencias encontradas no fueron significativas y tampoco tuvieron el comportamiento esperable. Las muestras tomadas del camión, deberían al menos tener el mismo porcentaje de daño que las muestras tomadas en la base de la noria, sin embargo, presentó el menor porcentaje de daño invisible. Estos resultados pudieron deberse a errores metodológicos, tanto de muestreo como en el procedimiento para determinar el daño invisible. La metodología del hipoclorito propuesta por el INTA Precopes la más difundida y conocida por su sencillez y practicidad (Bragachini et al., 2007). No obstante esto, para detectar las semillas con daño invisible, las mismas deben duplicar o triplicar su tamaño original, realizándose esta determinación a través del ojo

humano, lo que implica un alto grado de subjetividad en la metodología.

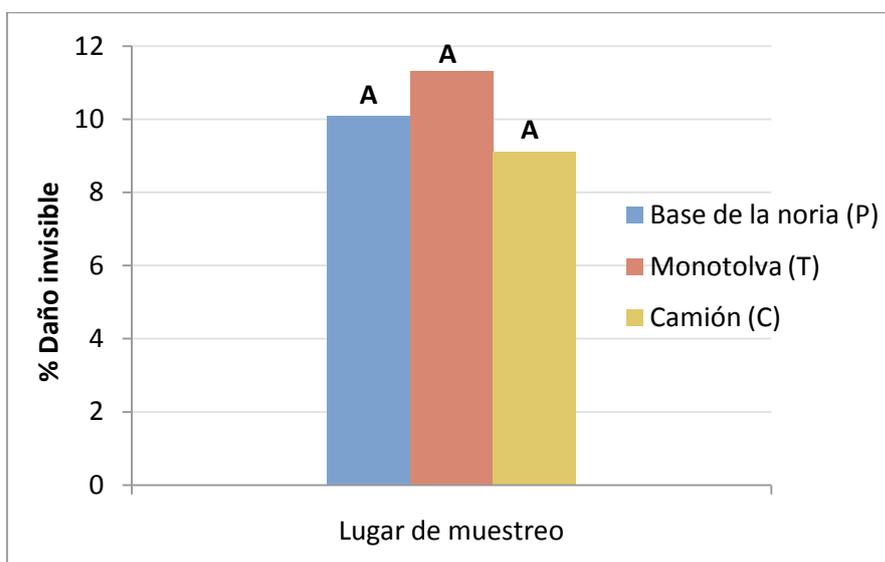


Figura N° 3. Porcentaje de daño invisible en los tres lugares de muestreo: base de la noria (P), Monotolva (T) y Camión (C). Letras mayúsculas iguales sobre las columnas indican ausencia de diferencias estadísticas significativas entre los lugares de muestreo según el test de Tukey ($p \leq 0,05$)

En la Figura N° 4 se observan los porcentajes de daño invisible en los distintos horarios de medición para cada lugar de muestreo. Pese a que las diferencias entre horarios para cada lugar de muestreo no fueron significativas, los menores porcentajes de daño invisible se encontraron a las 11 h (Figura N° 4),coincidente con el mayor contenido de humedad del grano. A las 14:30 h, con el menor contenido de humedad del grano, hubiese sido esperable encontrar los mayores porcentajes de daño, sin embargo esto únicamente se observó en las muestras tomadas de la monotolva y del camión. Mientras que en la base de la noria, el mayor porcentaje se encontró a las 19 h, con muy poca diferencia respecto al muestreo anterior, pudiendo deberse esto a la escasa variación en el contenido de humedad del grano entre ambos momentos.

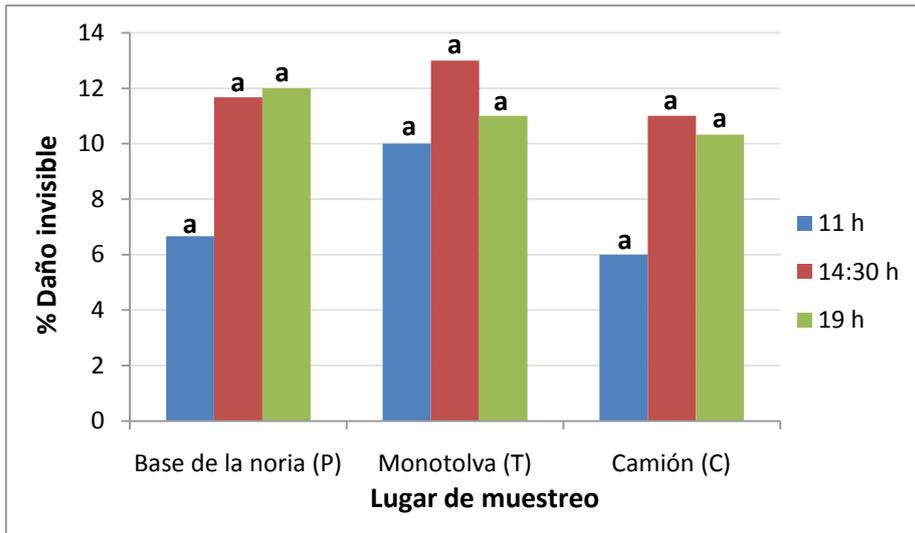


Figura N°4. Porcentaje de daño invisible en los tres momentos de medición para cada lugar de muestreo: base de la noria (P), Monotolva (T) y Camión (C). Letras minúsculas iguales sobre las columnas indican ausencia de diferencias estadísticas significativas entre los lugares de muestreo según el test de Tukey ($p \leq 0,05$)

Parámetros determinados con el test de tetrazolio:

Daño mecánico

En el análisis de los resultados del daño mecánico determinados a través del test de tetrazolio, se pudo corroborar la precisión de la metodología respecto al método del hipoclorito propuesto por el INTA Precop. Si bien solo la muestra del camión se diferenció significativamente de las demás (Figura N° 5), los resultados fueron los esperados ya que el daño se incrementa a medida que el grano se desplaza por los distintos sinfines dentro de la cosechadora y fuera de esta. La muestra tomada en la base de la noria (P) estuvo sometida a la agresión del sinfín de la plataforma, acelerador, cilindro-cóncavo (trilla propiamente dicha) y retrilla. En tanto que, la muestra obtenida de la monotolva (T), además de los mecanismos mencionados anteriormente, recibió el impacto del sinfín del tubo de descarga de la máquina cosechadora. Por último, el grano recolectado en el camión recibió el impacto de todos los elementos señalados previamente, y además, el del tubo de descarga de la monotolva.

De acuerdo a lo mencionado por Angelovič (2013), los mecanismos de tipo sinfín generan distinto grado de daño dependiendo de su ángulo de inclinación, diámetro y estado del tubo. Si bien el grado de deterioro y la luz pared-sinfín son similares para ambos mecanismos (Imagen

N° 8 y N° 9), el mayor daño generado por el sinfín de la monotonlva se puede deber al elevado ángulo de inclinación de este respecto al de la cosechadora (Imágenes N° 7-10-11), mencionado por Angelovič (2013) como un factor determinante del daño mecánico. El mayor diámetro del sinfín de la monotonlva que supondría un menor daño, no pudo compensar la elevada inclinación del mismo.



Imagen N° 7: Comparación del ángulo de inclinación de los tubos de descarga de la maquina cosechadora y la monotonlva.



Imagen N° 8: Luz pared-sinfín del tubo de descarga de la cosechadora.



Imagen N° 9: Vista de la luz pared-sinfín del tubo de descarga de la monotolva y medición con calibre.



Imagen N° 10: Vista del ángulo de inclinación del tubo de descarga de la cosechadora.



Imagen N° 11: Vista del ángulo de inclinación del tubo de descarga de la monotolva.

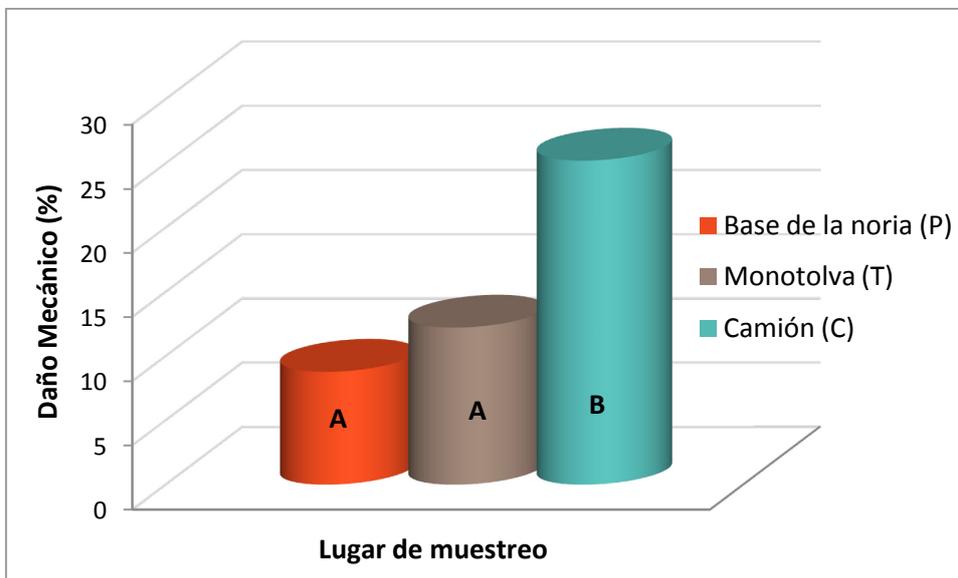


Figura N° 5. Porcentaje de daño mecánico en los tres lugares de muestreo: base de la noria (P), Monotolva (T) y Camión (C). Letras mayúsculas diferentes en las columnas indican de diferencias estadísticas significativas entre los lugares de muestreo según el test de Tukey ($p \leq 0,05$)

En el análisis de los porcentajes de daño mecánico para cada momento de medición no hubo diferencias significativas entre lugares de muestreo (tabla N° 3). No obstante esto, en todos los horarios de muestreo se observó la misma tendencia mencionado anteriormente, el daño mecánico se incrementó conforme el grano se desplazó por los distintos sistemas. Estos resultados permiten corroborar la precisión en la metodología del test de tetrazolio para determinar daños en el grano. Asimismo, la baja variación de la humedad del grano durante la jornada de trabajo, entre 13 °C y 14°C, no permitió diferenciar momentos del día donde el grano es más susceptible al daño. Estos resultados coinciden con los de Mezquita et al., (2007) quienes trabajando con granos soja no encontraron diferencias significativas en el daño invisible de la semilla ante la variación de la humedad de 12% a 14%, aunque la tendencia fue a mayores daños con humedades inferiores al 12% y mayores al 14%.

Tabla N°4. Daño mecánico en cada horario de muestreo para los distintos lugares: base de la noria (P), Monotolva (T), Camión (C).

horario	Lugar de muestreo		
	P	T	C
11:00h	9 a	11,33 a	25,67 a
14:30 h	5,33 a	12,33 a	24,67 a
19:00 h	12 a	13 a	25,33 a

Letras iguales en las filas indican ausencia de diferencias estadísticas significativas según el test de Tukey (p -valor $\leq 0,05$) entre lugares de muestreo para cada horario.

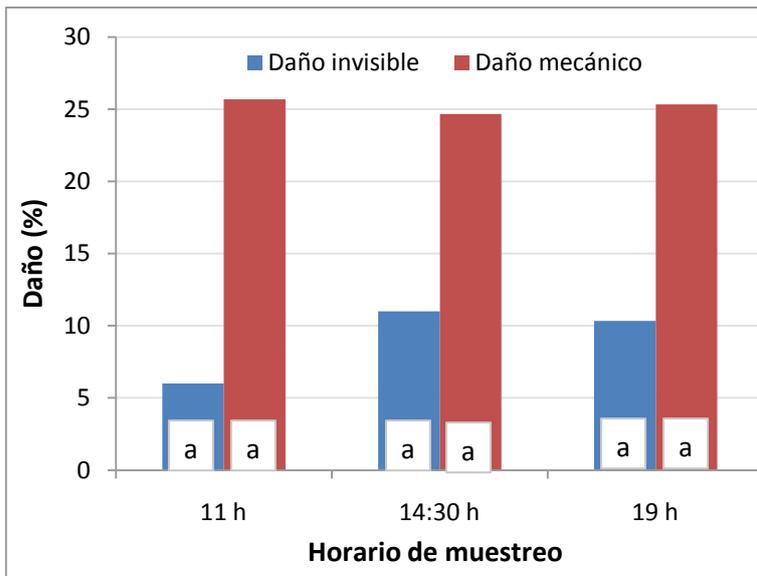


Figura N° 6. Daño mecánico (DM) y Daño invisible (DI) en el camión (C) para todos los horarios de muestreo: 11 h, 14:30 h, 19 h. Letras minúsculas iguales en las columnas indican ausencia de diferencias estadísticas significativas entre metodologías para cada horario de muestreo según el test de Tukey ($p \leq 0,05$)

En la Figura N° 6 se comparan los porcentajes de daño mecánico (test de tetrazolio) y daño invisible (prueba de hipoclorito) para muestras tomadas en el camión durante toda la jornada de trabajo. No se encontraron diferencias significativas entre metodologías para cada horario, sin embargo, se detectó mayor cantidad de semillas con daño mecánico respecto a semillas con daño invisible. Estas diferencias pueden deberse a las particularidades de cada metodología. El test de tetrazolio utiliza para la visualización de los granos, previamente eviscerados en dos mitades, un microscopio con el cual se observan daños internos en lugares muy sensibles, como el eje embrionario, pero que no fueron lo suficientemente agresivos como para dañar el tegumento de la semilla. En cambio, en la prueba con hipoclorito, debe existir daño en el tegumento para que pueda observarse como daño invisible.

El test de tetrazolio es una metodología más expeditiva y precisa, pero más costosa. Mientras que, la prueba con hipoclorito es más rápida, sencilla y más económica, pero menos precisa para detectar cierto tipo de daños que pueden comprometer la viabilidad de la semilla sin haber alteraciones del tegumento (Imágenes 12, 13, 14, 15, 16 y 17)



Imagen N° 12: Bandeja zaranda cargada donde se observan algunas mitades en la bodega ciega inferior.



Imagen N° 13: Semillas con presencia de arrugas nos indican daño invisible, las semillas lisas no presentan daño.

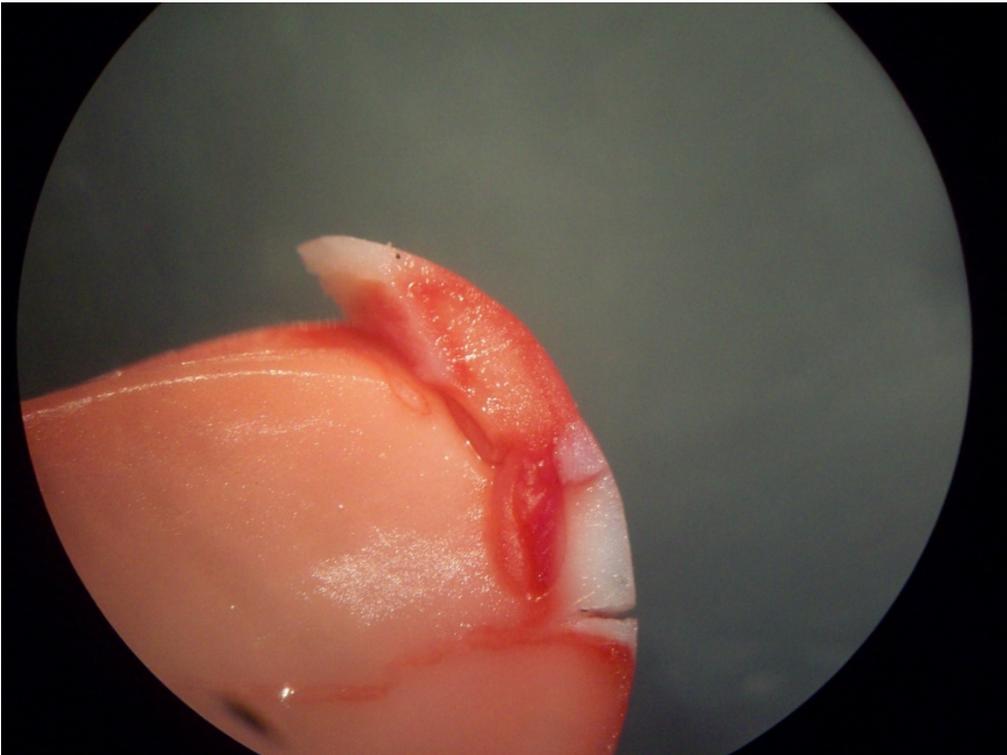


Imagen N° 14: Observación en microscopio de los distintos grados de tinción según actividad de las enzimas deshidrogenasas, también se evidencia como un golpe mecánico ocasiona un daño y no hay tinción.

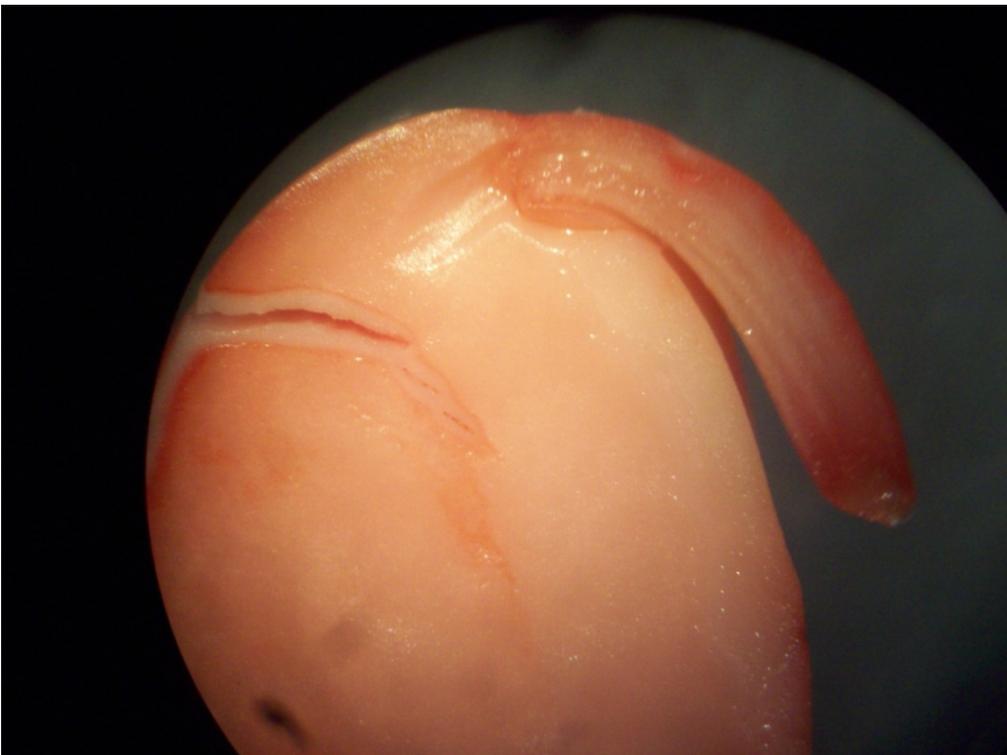


Imagen N° 15: Daño mecánico observado mediante el test de tetrazolio.

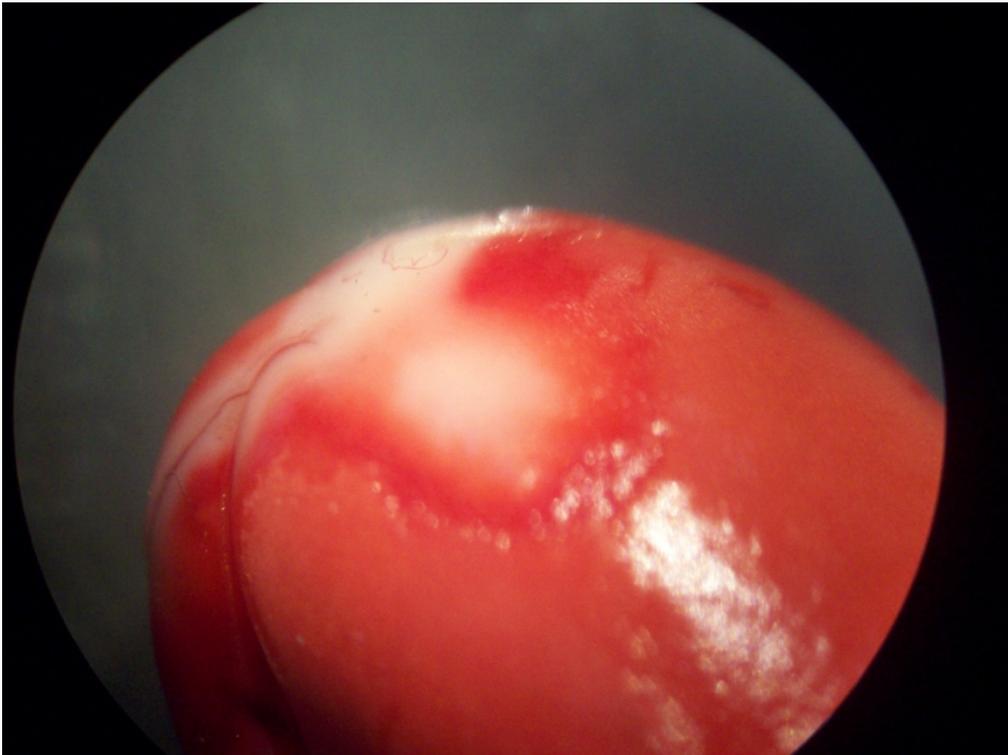


Imagen N° 16: Daño mecánico y ambiente observado mediante el test de tetrazolio.

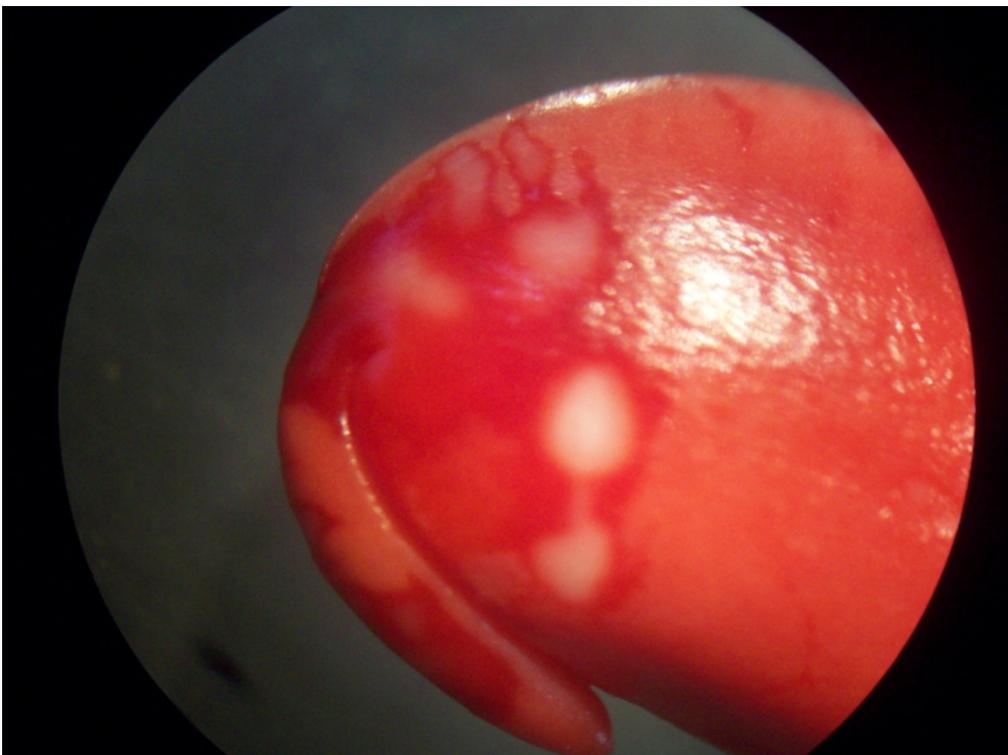


Imagen N° 17: Daño ambiente observado mediante el test de tetrazolio.

En el análisis de los daños según las dos metodologías para los tres lugares de muestreo (Figura N° 7), únicamente se encontraron diferencias significativas en las muestras tomadas del

camión. Esto podría deberse a que los daños producto del tubo de descarga de la monotolva no fueron lo suficientemente agresivos como para ser detectados por la prueba con hipoclorito. Sin embargo, estos daños divisados mediante el microscopio en el test de tetrazolio, pueden ser responsables de la disminución de la viabilidad o vigor de la semilla. De aquí la importancia de esta técnica para detectar daños en el embrión que comprometan la calidad de los simientes.

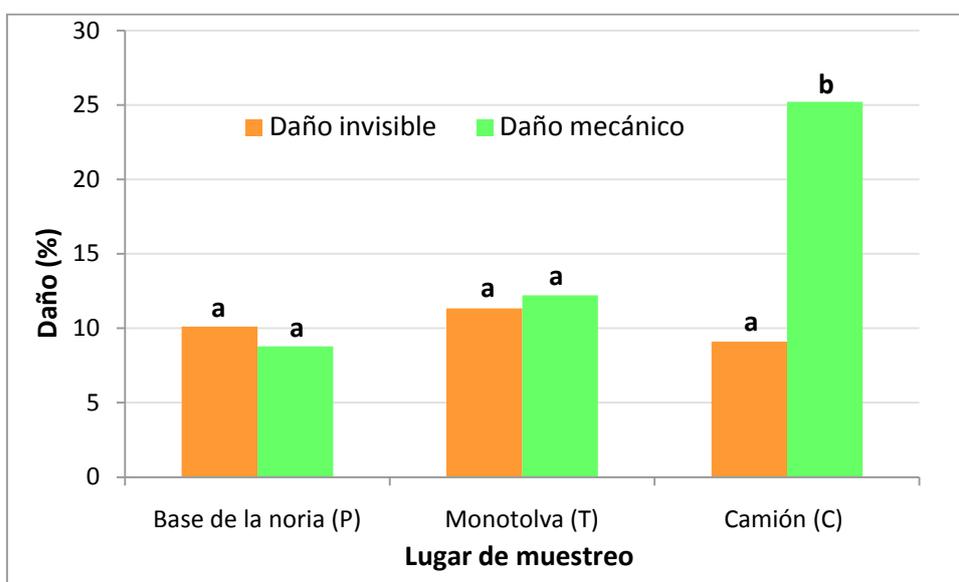


Figura N° 7. Daño mecánico (DM) y Daño invisible (DI) en los tres sitios de muestreo: base de la noria (P), monotolva (T), Camión (C). Letras minúsculas diferentes sobre las columnas indican diferencias estadísticas significativas entre metodologías para cada lugar de muestreo según el test de Tukey ($p \leq 0,05$)

Viabilidad

La viabilidad hace referencia a la capacidad de las semillas de germinar y desarrollar plántulas normales en condiciones ambientales favorables. Todas las agresiones que soporta el grano durante su cosecha y poscosecha, van en detrimento de la viabilidad de esas semillas. Esto último se puede observar en la Figura N°

8, donde las semillas de la muestra tomada en la base de la noria tienen aproximadamente un 91% de viabilidad, producto del daño generado por chinches, condiciones ambientales y daño mecánico por plataforma y sistemas de trilla y retrilla. A medida que los granos se desplazan hacia la monotolva y luego de esta al camión, la viabilidad de los mismos disminuye aún más debido principalmente a las características de los mecanismos de sinfines encargados de su transporte. En la muestra tomada del camión, la viabilidad disminuyó un 12% respecto a la muestra de la monotolva, mientras que en esta última la viabilidad fue 3,5% menor que la de los granos en la base de la noria. No obstante estas observaciones, únicamente se encontraron diferencias significativas entre el porcentaje de viabilidad en C respecto a los obtenidos en T y P que presentaron similar comportamiento. Los resultados encontrados ratifican lo informado

por Rademacher (1981) quien encontró que los transportadores de tipo sinfín causan distintos porcentajes de daño según su diseño y geometría, comprometiendo seriamente la viabilidad del grano. Del mismo modo, la mayor pérdida de viabilidad de los granos que llegan al camión respecto a los que se encuentran en la monotolva, siendo que en ambos lugares se transportaron a través de mecanismos sinfín, se debe principalmente a la mayor angulación del tubo de descarga de la monotolva, tal como fue informado por Angelovič (2013).

Es importante remarcar que si el destino del grano es para simiente, al momento de la siembra vamos a tener que considerar aumentar la densidad de la misma, siendo que la semilla con la que partimos tiene un 75% de viabilidad.

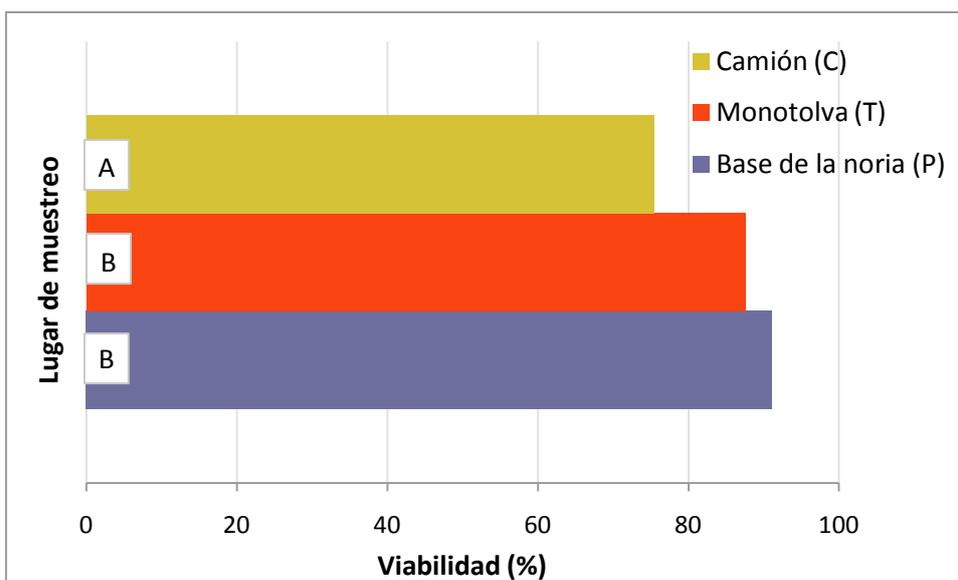


Figura N°8. Viabilidad de los granos en los tres lugares de muestreo: base de la noria (P), Monotolva (T) y Camión (C). Letras mayúsculas diferentes en las columnas indican de diferencias estadísticas significativas entre los lugares de muestreo según el test de Tukey ($p \leq 0,05$)

Semillas viables sin daño

En la Figura N° 9 se muestra el porcentaje de semillas viables sin daño para cada lugar de muestreo. Se puede observar que el menor porcentaje se encuentra en las muestras tomadas del camión, significativamente diferente a las de la monotolva y base de la noria que tuvieron igual porcentaje. En un análisis general, los valores encontrados son extremadamente bajos lo que demuestra que los procesos de cosecha y poscosecha son altamente agresivos con los granos de soja, generando al final del circuito niveles de daño del 87,8%. Nuevamente, estos porcentajes deberían ser tenidos en cuenta si el grano va a ser utilizado como simiente, ya que si bien las semillas son viables, al estar dañadas pueden tener problemas al momento de la germinación y desarrollo de las plántulas.

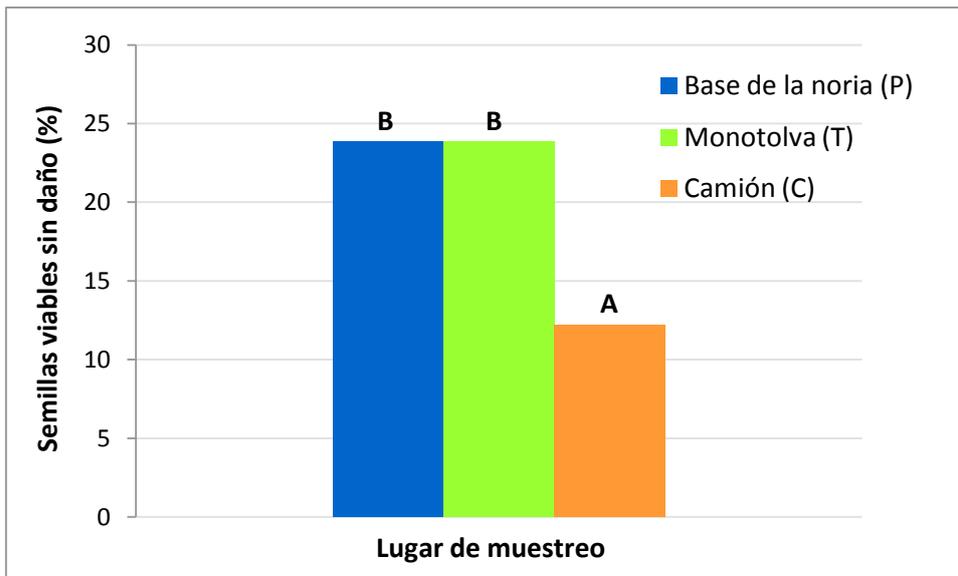


Figura N°9. Porcentaje de semillas viables sin daño en los tres lugares de muestreo: base de la noria (P), Monotolva (T) y Camión (C). Letras mayúsculas diferentes en las columnas indican de diferencias estadísticas significativas entre los lugares de muestreo según el test de Tukey ($p \leq 0,05$)

Dentro de los daños que puede recibir la semilla durante los procesos de cosecha y poscosecha, el daño mecánico es el principal ya que los procesos en si implican inevitablemente que sobre el grano actúen fuerzas físicas (principalmente de impacto y fricción) potencialmente deteriorativas, en acuerdo con Bragachini et al., 2007. En función de los resultados que se muestran en la Figura N°9, y como ya se ha visualizado con las variables daño mecánico y viabilidad, los sistemas de trilla y retrilla serían los principales responsables del daño sobre las semillas, alcanzando aproximadamente un 76% de semillas viables dañadas. Asimismo, el daño que genera el tubo de descarga de la cosechadora es responsable de reducir la viabilidad de las semillas, tal como se mencionó anteriormente, pero las semillas viables sin daño que llegan a la monotolva son iguales a las que se obtienen en la base de la noria. Sin embargo no ocurre lo mismo con el mecanismo de sinfín que transporta el grano de la monotolva al camión, ya que el mismo es responsable significativamente de reducir no solo la viabilidad del grano, sino también de dañar a semillas viables y comprometerlas en la germinación y emergencia de la plántula. Del total de semillas viables que se encuentran en el camión, solo el 12,2% no tienen ningún tipo de daño, mientras que el 87,8% presentan algún tipo de daño que podría complicar la germinación.

Vigor

El vigor de una semilla se define como el conjunto de propiedades que determinan el nivel de actividad y capacidad de la misma durante la germinación y posterior emergencia de la plántula. Las semillas con alto vigor producirán plántulas normales y con tasas elevadas de crecimiento. Este parámetro permite analizar deterioros más sutiles que no llegan a afectar la

viabilidad de la semilla pero sí podrían afectar la germinación y posterior tasa de crecimiento de las plántulas.

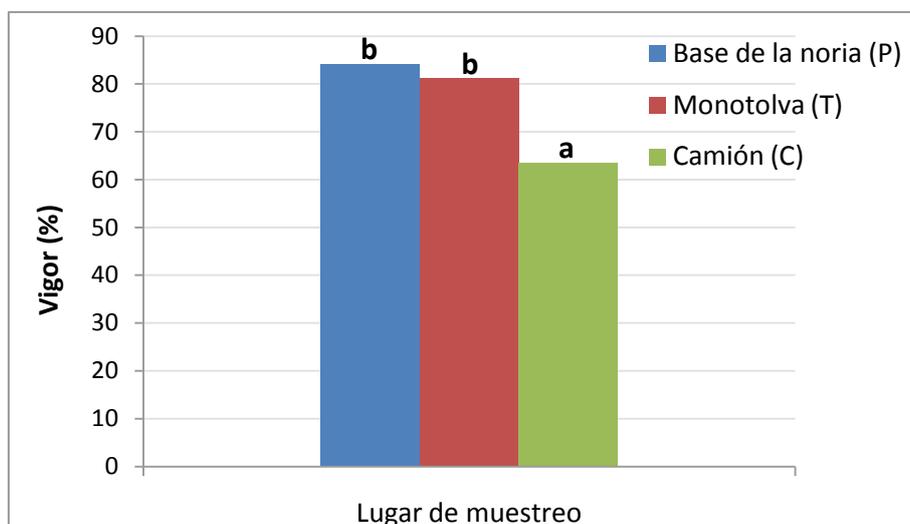


Figura N°10. Porcentaje de vigor en los tres lugares de muestreo: base de la noria (P), Monotolva (T) y Camión (C). Letras mayúsculas diferentes en las columnas indican de diferencias estadísticas significativas entre los lugares de muestreo según el test de Tukey ($p \leq 0,05$)

En la Figura N° 10 se observa el porcentaje de vigor de las semillas obtenidas de los diferentes lugares de muestreo. Nuevamente, los resultados reflejan lo analizado en las variables anteriores, el vigor de los granos disminuye conforme los mismos avanzan por los distintos sistemas dentro de la máquina cosechadora y fuera de esta. Cuanto a más mecanismos y/o elementos estén sometidos los granos, mayor será la pérdida de vigor de estos y por lo tanto menor la calidad de la semilla. El porcentaje de vigor de los granos obtenidos del camión es significativamente menor a los de la monotolva y base de la noria, confirmando lo discutido en las variables anteriores, respecto a que las características del tubo de descarga, principalmente su inclinación, serían las principales responsables de esta significativa disminución.

CONCLUSIONES

- El daño no visible, independientemente de la metodología usada, tiende a ser mayor que el porcentaje de grano quebrado en cualquiera de los lugares de muestreo.
- Los métodos rápidos a campo son menos precisos que los realizados en laboratorio
- Los sistemas de trilla y limpieza son los que mayor daño producen durante el proceso de cosecha y transporte de los granos hasta el camión.
- La inclinación del sinfín es más relevante en el daño generado que la luz entre tornillo y pared.
- Los mecanismos de sinfines involucrados en el transporte de los granos producen

daños que afectan tanto las propiedades físicas como fisiológicas del grano.

- Variaciones de humedad del grano entre 13,4% y 14,1% no afectan la calidad de la semilla.

BIBLIOGRAFÍA

- **Addo, A., A. Bart-Plange, R.A. Asuboah & K. Dzisi.** 2004. Effect of different threshing cylinder on soybean quality. Journal of science and technology. Vol. 24, n° II. pp. 121-125.
- **Angelovič, M.** 2013. Effect of Manipulation Technique on the Grains Quality in Post-harvesting Lines. Scientific Papers Animal Science and Biotechnologies, vol. 46, n°2. pp 431-436.
- **Arantes Rodrigues da Cunha, J.P., G. Piva & C.A. Alves de Oliveira.** 2009. Efeito do sistema de trilha e da velocidade das colhedoras na qualidade de sementes de soja. Biosci. J., Uberlândia. Vol. 25 n° IV. pp. 37-42.
- **Bragachini, M., R. Bongiovanni, A. von Martini, A. Méndez, C. Casini, J. Rodríguez & R. E. Bartosik.** 2003a. Eficiencia en cosecha. En: Eficiencia de cosecha y almacenamiento de granos. Ed. INTA. pp. 3-13.
- **Bragachini, M., R. Bongiovanni, A. von Martini, A. Méndez, C. Casini, J. Rodríguez & R. E. Bartosik.** 2003b. Cosechadoras y daño mecánico. En: Eficiencia de cosecha y almacenamiento de granos. Ed. INTA. pp. 13-17.
- **Bragachini, M; J. Peiretti & D. Russi.** 2005. Metodología para medir semilla quebradas en el cultivo de soja utilizando el kit de zarandas PRECOP. INTA Manfredi. 3 p.
- **Bragachini, M., J. Peiretti & D. Damen.** 2007a. Eficiencia de cosecha de soja. Gacetillas de prensa. INTA PRECOP. Disponible en: <http://www.cosechaypostcosecha.org/data/gacetillas/2007/20070126eficienciaSoja.asp>. Último acceso: Mayo 2017
- **Bragachini, M., J. Peiretti, R. Craviotto & M. Arango.** 2007b. Daño mecánico en la cosecha de Soja ¿Cómo y dónde controlarlo? INTA PRECOP. Disponible en: <http://www.cosechaypostcosecha.org/data/articulos/calidad/danoMecanicoCosechaSoja.asp>. Último acceso: agosto 2017.
- **Bragachini, M. & J. Peiretti.** 2008. Cosecha de Soja Argentina 2007/2008. Más granos con calidad. INTA PRECOP. Act. Técn. N° 39. Disponible en: www.cosechaypostcosecha.org/data/folletos/FolletoCosechaSoja2007-2008.pdf. Último acceso: julio 2017.
- **Ferrel, M.** 2008. Efecto de la humedad relativa ambiente según el momento de trilla sobre las Pérdidas y calidad de granos de soja. INTA – PRECOP. Ensayos. Disponible en:

<http://www.cosechaypostcosecha.org/data/ensayos/2008/EfectoHumedadRelativaAmbienteTrilla.asp>. Último acceso: Febrero 2017

- **Giordano, J.M. & E.D. Bianchi.** 2006. Pérdidas de Cosecha en Función de la Tenencia de la Cosechadora. INTA PRECOP. Informe técnico. Disponible en:<http://www.cosechaypostcosecha.org/data/articulos/cosecha/PerdidasCosechaEnFuncionTenenciaCosechadora.asp>. Último acceso: junio 2017
- **Hamer, E. & S. Teichertpeske.** 1997. Colheita de sementes de soja com alto grau de umidade. Qualidade física. Revista Brasileira de Sementes. Vol. 19, nº 1. pp. 106-110.
- **Hollatz, B. & G.R. Quick.** 2003. Combine tailings returns, part 2: the relationship between tailings and grain quality. En International Conference on Crop Harvesting and Processing. ASAE. 7 pp.
- **Marcondes, M.C., E. Miglioranza & I.C. Batista De Fonseca.** 2005. Danos mecánicos e qualidade fisiológica de semente de soja colida pelo sistema convencional e axial. Revista Brasileira de Sementes. Vol. 27, nº II. pp. 125-129.
- **Méndez, J. M. & R. D. Roskopf.** 2006. Evolución del daño mecánico (% de grano partido) en el proceso de cosecha y transporte de soja. PRECOP-INTA Oliveros. Disponible en: <http://agrolluvia.com/wp-content/uploads/2010/01/precop-evaluacion-del-cilindro-de-trilla-forrado-en-la-cosecha-de-maiz.pdf>. Último acceso: Agosto 2017.
- **Mesquita, C.M., M.A. Hanna & N.P. Costa.** 2006. Crops and harvesting operation characteristics affecting field losses and physical qualities of soybeans. American Society of Agricultural and Biological Engineers ISSN 0883-8542. Vol. 22, nº II. pp. 325-333.
- **Mesquita, C.M., M.A. Hanna & N.P. Costa.** 2007. Crop and harvesting operation characteristics affecting physiological qualities of soybeans. American Society of Agricultural and Biological Engineers ISSN 0883-8542. Vol. 23, nº IV. pp. 433-438.
- **Moore, R.P.** 1966. Tetrazolium tests for diagnosing causes for seed weakness and for predicting and understanding performance. Proceedings of the Association of Official seed Analysts of North America. 56:70.
- **Newbery, R.S., W.R. Nave & M.R. Paulsen.** 1980. Soybean Quality with Rotary and Conventional Threshing. TRANSACTIONS of the American Society of Agricultural Engineers 0001-2351/80/2302-0303. pp. 303-308
- **Oliveira Batista, W., E. Fialho dos Reis, I.A. Devilla, L.S. Barboza, L.R. Maciel & P.C. França.** 2006a. Qualidade fisiológica de sementes de soja colida com sistema de trilha radial com diferentes rotações do cilindro trilhador. Disponible en: <http://www.prp2.ueg.br/06v1/conteudo/pesquisa/inicci/en/eventos/sic2007/flashsic2007/arquivos/resumos/resumo37.pdf>. Último acceso: mayo 2017

- **Oliveira Batista, W., E. Fialho dos Reis, I.A. Devilla, L.S. Barboza, L.R. Maciel & P.C. França.** 2006b. Qualidade fisiológica de sementes de soja em uma colhedora de fluxo axial. Disponible en: <http://www.prp2.ueg.br/06v1/conteudo/pesquisa/inicci/en/eventos/sic2007/flashsic2007/arquivos/resumos/resumo38.pdf>. Último acceso: mayo 2017
- **Pereira Da Costa, N., C. De Mello Mesquita, A.C. Maurina, J. De Barros França-Neto, J.E. Pereira, J.R. Bordignon, F.C. Krzyzanowski & E. Assis Henning.** 2001. Efeito da colheita mecânica da soja nas características físicas, fisiológicas e químicas das sementes em tres estados do Brasil. Revista Brasileira de Sementes. Vol. 23, nº 1. pp. 140-145.
- **Pozzolo, O., R. Hidalgo, A. Parra, H. Ferrari & G. Botta.** 2007. Cosecha de soja: incidencia del sistema axial vs convencional sobre porcentaje de grano quebrado y pérdidas de grano. Informe Técnico. Disponible en: <http://www.cosechaypostcosecha.org/data/articulos/cosecha/CosechaSojalIncidenciaSistemaAxialVsConvencional.asp>. Último acceso: marzo 2017.
- **Rademacher, F.J.C.** 1981. On seed damage in grain augers. Journal of Agricultural Engineering Research, vol. 26, nº1. pp 87-96.
- **Roberts, A.W. & P.C. Arnold.** 1966. Grain Damage due to Agricultural Machinery Part 1 - Harvesting Machines (survey only) and Auger. Bulletin nro 8. pp 18-42 Conveyors.
- **Roskopf, R.D. & J.M. Méndez.** 2009. Evolución del daño mecánico (% de grano partido) en el proceso de cosecha y transporte de soja. X Congreso Argentino de Ingeniería Rural y II del MERCOSUR. Rosario, Santa Fe. pp. 68-70.
- **Vieira, B.G.T. L., R.P. Silva & R.D. Vieira.** 2006. Qualidade física e fisiológica de semente de soja colhida com sistema de trilha axial sob diferentes velocidades de operação e rotações do cilindro trilhador. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, 26 (2): 478- 482.
- **Ybran, R.G. & G.A. Lacelli.** 2016. Informe estadístico mercado de la soja. INTA - Proyecto Nacional "Desarrollo y difusión de tecnología para aumentar la eficiencia de cosecha y postcosecha y mejorar la calidad de los granos de Cereales y Oleaginosas" Proyecto Nº 520207 (1597). Disponible en: http://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_informe_estadistico_del_mercado_de_soja.pdf Último acceso: julio 2017.