

# Evaluación de la pérdida de grano en una nueva estructura del escudo del cabezal de la cosechadora de girasol (*Helianthus annuus* L.) en el híbrido confitero

## Evaluation of grain loss in a new structure of the shield of the sunflower harvesting header (*Helianthus annuus* L.) in the confectionery hybrid

Luca Mavolo <sup>1,4</sup>, Ezequiel Ricardo David Rivero <sup>2,5</sup>, Guido Fernando Botta <sup>3,6</sup>.

<sup>1</sup>Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Trenque Lauquen. Buenos Aires, Argentina. <sup>2</sup>Universidad Nacional de La Pampa. Facultad de Agronomía. Santa Rosa, La Pampa, Argentina. <sup>3</sup>Universidad Nacional de Luján. Departamento de Tecnología. Luján, Argentina. <sup>4</sup> ✉ [lucamavolo@gmail.com](mailto:lucamavolo@gmail.com); <sup>5</sup> ✉ [davidrivero79@hotmail.com](mailto:davidrivero79@hotmail.com); <sup>6</sup> ✉ [gfbotta@agro.uba.ar](mailto:gfbotta@agro.uba.ar)



<https://doi.org/10.15446/acag.v72n4.111988>

2023 | 72-4 p 338-345 | ISSN 0120-2812 | e-ISSN 2323-0118 | Rec.: 2023-11-03 Acep.: 2024-03-07

### Resumen

En la cosecha de girasol (*Helianthus annuus* L.) tipo confitero es importante considerar la estructura y el material del escudo del cabezal de la cosechadora, dado que es el implemento que presenta mayor porcentaje de pérdidas. Los objetivos del presente estudio son los siguientes: a) reducir el desgrane por impacto con un escudo de estructura plana y una altura que contemple la variabilidad en la altura del cultivo; y b) determinar si la variación de la velocidad de avance es significativa en el desgrane del girasol confitero. En los ensayos se utilizó un cabezal Mainero 1040 sobre un híbrido NTC 99 CL. Se realizaron 4 tratamientos, un escudo plano de policarbonato y el escudo convexo original del cabezal, ambos ensayados a 2 velocidades de avance 5.0 km/h y 5.5 km/h. Los resultados obtenidos fueron: a) no se observó una diferencia significativa de las medias en los tipos de escudos evaluados a una misma velocidad, pero el desgrane total provocado en ambas velocidades es menor en el escudo de policarbonato; y b) el aumento de la velocidad de 5.0 km/h a 5.5 km provocó un desgrane significativo. Conclusión: el uso de un escudo plano, de mayor altura y de material con menor módulo elástico impacta de manera uniforme al capítulo de girasol, lo que provoca menor desgrane a distintas velocidades.

**Palabras claves:** cosechadoras, desgrane, escudo, pérdida de grano, polímero.

### Abstract

In confectionery-type sunflower (*Helianthus annuus* L.), it is important to consider the characteristics of the harvesting header, as this implement presents the highest percentage of loss. This paper attempts to demonstrate that a shield with a flat height structure, which takes into account the crop's unevenness, reduces grain loss. It also examines whether variations in the advance speed significantly impact grain loss in confectionery-type sunflowers. The tests were conducted on an NTC 99 CL hybrid using a Mainero 1040 harvester header. Four treatments were tested: a flat polycarbonate shield and the original header shield, each evaluated at advance speeds of 5.0 km/h and 5.5 km/h. The score showed no significant differences between treatments evaluated at the same speed. However, the total grain loss was significant in the polycarbonate shield at both advance speeds. Increasing the speed from 5.0 km/h to 5.5 km caused a significant grain loss. Conclusion: the use of a flat shield, of greater height and of material with a lower elastic modulus impacts the sunflower head uniformly, which causes less shelling at different speeds.

**Key words:** grain fall, harvesters, grain loss, polymer, shield.

## Introducción

Existen 2 tipos de híbridos de girasol (*Helianthus annuus* L.), uno de semilla oleaginosa que se cultiva para obtener aceite vegetal y otro de tipo confitero, o no oleaginoso. El tipo de semilla oleaginosa tiene una mayor composición de aceite y las semillas son negras y más pequeñas, además, su aceite se utiliza para el consumo humano. El tipo confitero produce semillas grandes y rayadas de las cuales solo se utilizan los granos como alimento (McClure *et al.*, 2009).

La producción comercial de girasol en Argentina en la década de 1990 alcanzó un área máxima de 3 500 000 ha; a su vez, la producción actual (2023) se estabilizó entre 1 800 000 ha y 2 200 000 ha (Vega *et al.*, 2007). En la última campaña (2022-2023) se alcanzó una superficie de 2 500 000 ha (Treboux, *et al.*, 2023).

Por su parte, el girasol confitero inició su producción en la década de 1990. Este es un cultivo de especialidad y su destino es la exportación. A diferencia del girasol oleico, con el que se busca maximizar el rendimiento por hectárea, por lo tanto, mayor contenido de aceite de grano, el girasol confitero busca aumentar el número de granos de mayor tamaño (Rondanini *et al.*, 2020), razón que lo hace un cultivo más susceptible al desgrane por impacto.

El tamaño de grano se determina por el genotipo sembrado. En Argentina la altura del grano varía entre 15 y 22 mm, mientras que el ancho (indicador de calidad que determina el precio) varía de acuerdo con el ambiente y el manejo. Los factores que determinan el rendimiento dependen del manejo, la calidad del suelo, la fecha de siembra, la fertilización aplicada, etc. Sus rendimientos son similares al girasol aceitero, que proyecta 2600 kg/ha hasta 4300 kg/ha (Rondanini *et al.*, 2020). La única diferencia con el girasol aceitero es el tamaño del grano y el contenido de aceite, mientras que las condiciones de ensayo para la medición del desgrane por impacto, como velocidad de avance, el cabezal a utilizar y la máquina cosechadora, son las mismas para el girasol confitero.

Las pérdidas de grano se producen por múltiples factores como excesiva velocidad y cultivo variable en su altura, entre otros, que no permiten la captación total de los capítulos y su desgranamiento por impacto. Cuando el cultivo presenta una alta variabilidad en altura dificulta las regulaciones del cabezal por parte del maquinista, por ello el proceso de siembra es clave para lograr una emergencia uniforme del cultivo, donde la precisión del dosificador es relevante para la uniformidad de las distancias entre plantas y la densidad del cultivo (Romito *et al.*, 2009). Por lo tanto, las fallas en este proceso no solo dificultan la regulación del cabezal, sino que además provocan un impacto variable sobre la planta, lo que da como resultado diferentes magnitudes de impacto que provocan mayor desgrane del capítulo.

Las características físicas del cultivo varían de acuerdo con el suelo, el clima y el manejo agronómico que se aplica, por esta razón los diseños de los cabezales deben considerar todos los escenarios posibles que pueden plantear las condiciones del cultivo para poder obtener un proceso de cosecha óptimo.

De igual manera, las condiciones climáticas al momento de la cosecha obligan al contratista a configurar continuamente el equipo de cosecha, ya sea desde la velocidad de avance, como altura del cabezal y el sistema de trilla (Braun, 2021). Este autor explica que la humedad óptima de cosecha es 9.5 %, puesto que permite un almacenamiento seguro. Además de considerar los puntos de humedad es importante el implemento que se va a utilizar; en algunos casos se puede utilizar un cabezal maicero con algunas modificaciones que permitan levantar el cultivo. Todo proceso de cosecha, independientemente del cabezal y la cosechadora que se utilicen, debe asegurar la recolección del mayor número de capítulos, evitando así la pérdida de semillas y reduciendo al mínimo el ingreso del tallo al sistema de trilla. Los ajustes inadecuados de la cosechadora contribuyen a pérdidas de cosecha que pueden resultar costosas.

Cosechar a niveles inferiores de humedad del 9 % da como resultado una pérdida de rendimiento, pues el capítulo del girasol se vuelve más seco y se parte en pequeños trozos difíciles de separar de las semillas. Por este motivo la configuración de la maquinaria es clave para un proceso de cosecha eficiente; tanto el tipo de cabezal a utilizar como la velocidad de avance (Charlesworth, 2017). Este autor afirma que el uso de cabezales con bandejas permite capturar en mayor medida las semillas que se pierden por desgrane del capítulo y, además, retienen los capítulos cortados.

Así mismo, es importante realizar constantemente ensayos sobre la maquinaria utilizada en la recolección de granos para buscar la optimización del proceso de cosecha. En el cultivo de girasol, la evaluación de pérdidas en cabezal se realiza mediante ensayos a campo, variando condiciones de cosecha, parámetros cinemáticos, materiales y mecanismos. Liu *et al.* (2021) llevaron adelante un banco de pruebas para ensayar distintos diseños de cabezales de girasol sin la necesidad de llevar la prueba a campo. El objetivo fue resolver el problema de desgrane durante la cosecha en los capítulos de girasol. La tasa de éxito del trabajo en el transporte del cultivo en el cabezal alcanzó un 85.16 % y el valor mínimo de la tasa de pérdida de grano fue del 1.57 %.

Desarrollar nuevos materiales que mejoren la calidad de cosecha y de las semillas obtenidas en el proceso es clave para un buen rendimiento en el cultivo de girasol. En Rusia se trabajó en la innovación de un material del sistema de trilla (Startsev *et al.*, 2022). La calidad de las semillas está determinada por la integridad de la cáscara. Startsev *et al.* exponen

que, de acuerdo con parámetros agronómicos para la cosecha de girasol, el porcentaje de daño en semilla por el sistema de trilla no debe exceder el 3 %. Los diseños actuales del sistema de trilla de las cosechadoras se centran en la trilla de cultivos cuyos granos tienen mayor capacidad de absorción del impacto que las semillas de girasol. A su vez, en la cosecha de girasol, el daño que se genera a la semilla en el sistema de trilla puede alcanzar el 10.42 %. Por esta razón, para reducir la capacidad de daño de este proceso, los autores presentaron una solución técnica que reduce el daño en las semillas en un 0.4 % gracias al uso de las barras batidoras de poliuretano del tambor de trilla, que tienen el ancho de la ranura igual al ancho de las semillas oleaginosas.

Por último, se identificó que en diferentes modelos de cosechadoras las pérdidas de granos ocurren, en mayor medida, en el cabezal y son causadas por varias razones, como el tipo de implemento, las regulaciones de la cosechadora, el tiempo de cosecha, entre otras. De tal manera, este trabajo se llevó a cabo para investigar el rendimiento y las pérdidas de grano, para lo cual se consideraron 3 tratamientos: la velocidad de avance (V) en 3 niveles (1, 2 y 4 km/h); la velocidad de rotación del carrete (W) en 3 niveles (25, 32 y 40 rpm); y la altura del cabezal (H) en 3 niveles (87, 110 y 118 cm). Los principales factores que afectan la pérdida de semilla son la velocidad de avance y la altura del cabezal (Jalali y Abdi, 2014). Este artículo aplica al cultivo maíz, pero no escapa a las variables que se pretendieron trabajar, dado que la variable velocidad de avance incide en las pérdidas de grano en el cabezal y su altura es clave para un corte óptimo del capítulo del girasol, sin embargo, esto último también se ve afectado por la desuniformidad de la altura del cultivo.

En Rusia se llevaron a cabo modificaciones al cabezal de la cosechadora de girasol con el objetivo de disminuir el desgrane del capítulo, ya que este es el principal cultivo oleaginoso, pues en este país ocupa el 95% de la superficie dedicada a cultivos oleaginosos. Específicamente en el cabezal, la pérdida no debía superar el 2.5 % del rendimiento total (Startsev *et al.*, 2020). Los autores presentaron distintas alternativas de accesorios para reducir la pérdida promedio de semillas. Para esto desarrollaron un diseño en el carrete que estuvo equipado con un bobinado que permite captar el capítulo y reducir la aceleración de su movimiento durante la recolección, lo cual dio como resultado una reducción de 0.63 % en la pérdida de semilla en el cabezal. En aquella investigación se encontró que la alta pérdida de semillas detrás del cabezal se debe al choque del tallo o capítulo contra el eje del tubo del carrete, lo que conduce al desgrane del capítulo.

Por otra parte, Stepanenko *et al.* (2022) desarrollaron un nuevo diseño experimental de un cabezal de girasol denominado Shampo-500. Con este se trabajó fundamentalmente en la reducción

de pérdidas de semillas considerando los niveles de humedad y velocidad de avance de la cosechadora. Para esto trabajaron en el molinete captador del capítulo del girasol, estudiando su diseño y velocidad para disminuir su impacto y evitar el desgrane del cultivo. Experiencias previas de estos autores demostraron que las pérdidas de semillas se reducen a valores entre el 1% y el 2% cuando los niveles de humedad se incrementan del 6 al 8 % y la velocidad de impacto se reduce de 5 a 3.6 km h<sup>-1</sup>. El resultado obtenido por este cabezal experimental fue una reducción de pérdidas de semilla detrás del cabezal del 2.5 % y un aumento del volumen de cosecha de semillas entre 5 % y 7 % en comparación con una cosechadora estándar.

Por lo anterior, el presente estudio tiene como objetivo: a) reducir el desgrane por impacto con un escudo de estructura plana y una altura que contemple la variabilidad en altura del cultivo; y b) determinar si la variación de la velocidad de avance es significativa en el desgrane de girasol confitero.

## Materiales y métodos

Se realizaron dos ensayos en el partido de Trenque Lauquen con la empresa Nueva Castilla, uno el 2 de marzo del 2023 a las 10:30 hs en el campo San Hermenegido, ubicado sobre ruta Nacional 5 km 474 (36°10'25.6"S - 62°58'02.1"W) y el otro el 17 de marzo del mismo año a las 9:30 hs próximo a la estación La Zanja, sobre ruta Nacional 33 km 336 (36°01'17.7"S - 62°52'33"W). La empresa sembró un total de 3000 ha distribuidas en el partido, el híbrido utilizado fue un girasol confitero NTC 99 CL de la firma Argensun (tamaño de grano 17-19 mm) implantado en octubre durante la campaña 2022-2023, con una separación entre líneas de 0.525 m. La humedad de grano medida desde la máquina fue para ambos ensayos del 9 %. El rinde promedio para el primer ensayo fue de 2100 kg/ha mientras que en el segundo fue de 2400 kg/ha.

Se utilizó una cosechadora John Deere S670 con un cabezal Mainero de 40 pies (1219.2 cm) modelo 2020. La velocidad de avance para el primer ensayo fue de 5.0 km/h y para el segundo 5.5 km/h. Sobre el escudo del cabezal, se ensayó un prototipo del escudo, material policarbonato con una morfología plana, comparando como testigo el escudo convexo original del cabezal (Figura 1) para la disposición de los tratamientos. La balanza de precisión utilizada para el pesaje de las muestras fue la Scout Pro SP2001 (Max 2000 g - d = 0.1 g).

La altura de corte varía de acuerdo con las distintas alturas a las que se encuentra el capítulo. Por lo tanto, el maquinista en el proceso de cosecha varía constantemente la altura del cabezal de acuerdo con la altura del cultivo. La altura del cultivo promedio, dependiendo del tipo de suelo, puede variar entre 1 m a 1.45 m.



Figura 1. Distribución del escudo en el cabezal prototipo y original.

Para el escudo prototipo se decidió utilizar el material policarbonato, que es un termoplástico, es decir, un polímero que presenta grupos funcionales unidos por grupos de carbonato con una densidad de 1183 g/cm<sup>3</sup>, esfuerzo de tensión para fluencia de 527 MPa, elongación a la rotura mayor a 50 MPa y módulo de elasticidad de 2.4e-5 N/m<sup>2</sup>. El policarbonato presenta menor módulo que la chapa original, por lo tanto, materiales de menor módulo poseen mayor capacidad de absorber cargas dinámicas, es decir, absorción del impacto de los capítulos al momento del choque y, por ello, disminuiría el desgrane. La estructura plana presenta una mayor superficie que el original, con lo cual también disminuirían las tensiones generadas por el impacto en el escudo. Además, esta morfología plana permitiría que los capítulos del girasol impacten de manera más uniforme cuando estos presenten variabilidad en altura.

La selección de la estructura y del material del escudo prototipo deriva de la demostración obtenida por Guzmán (1976), quien muestra que la tensión producida por choque de un objeto hacia una barra, en el caso de tracción simple, es directamente proporcional a la raíz cuadrada de la energía cinética y del módulo de elasticidad e inversamente proporcional a las dimensiones de la barra, en este caso, al escudo del cabezal.

$$\sigma = \sqrt{\left[ \frac{2E}{Al} \frac{Qv^2}{2g} \right]} \quad \text{Ec. (1)}$$

El módulo elástico del material propuesto en el prototipo contra el del escudo original es aproximadamente 8291 veces menor, por lo que el policarbonato provocaría una mejor absorción de tensiones que la chapa. Las dimensiones en el prototipo son mayores al escudo original, dado que se aumentó la altura para absorber la variabilidad del cultivo, mientras que el original posee una altura de 50 cm con pliegues cada 10 cm, por lo cual, al aumentar la superficie de impacto (ecuación 1), se disminuyen las tensiones generadas en el escudo por impacto del capítulo.

Para evaluar y visualizar las tensiones absorbidas por cada escudo se diseñaron ambas propuestas en el Software Soliworks 2017. Para la evaluación del impacto en los escudos se simuló el impacto de un objeto de igual dimensión que el capítulo del girasol, pero con una densidad similar a la del cultivo (densidad del material de madera balsa isotrópico elástico lineal); el módulo elástico del objeto fue de 3e+009 N m<sup>-2</sup>. El estudio fue de carácter no lineal - dinámico y los objetos definidos en malla sólida. Se establecieron los parámetros cinemáticos en un impacto del escudo sobre el capítulo con una velocidad constante de 6.0 km/h como parte móvil, mientras que el capítulo se hallaba fijo hasta el momento del impacto. Las condiciones del choque son sin penetración, es decir, es un choque elástico en el cual los objetos no se fusionan.

### Evaluación del impacto escudo original

El material del escudo se designó como AISI 1010 (barra de acero laminada en caliente). La estructura fue un sólido de masa 7.71 kg, volumen: 0.000979946 m<sup>3</sup> y densidad 7870 kg m<sup>-3</sup>. El resultado del impacto provocó en la superficie más afectada una tensión de 1.503e08 N m<sup>-2</sup> (Figuras 2 y 3).

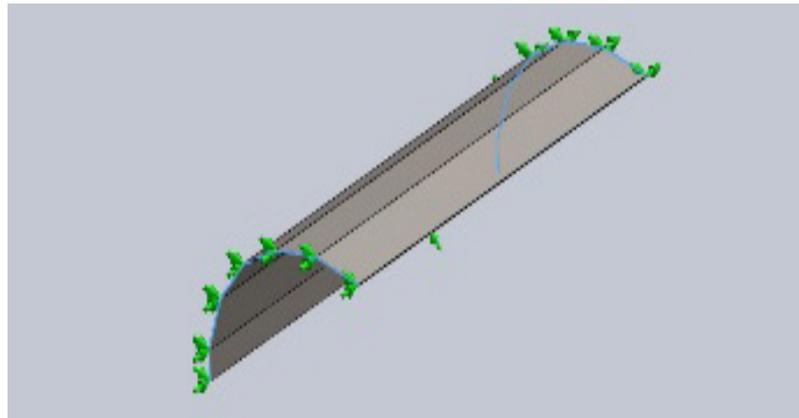


Figura 2. Diseño en SolidWorks del escudo original.

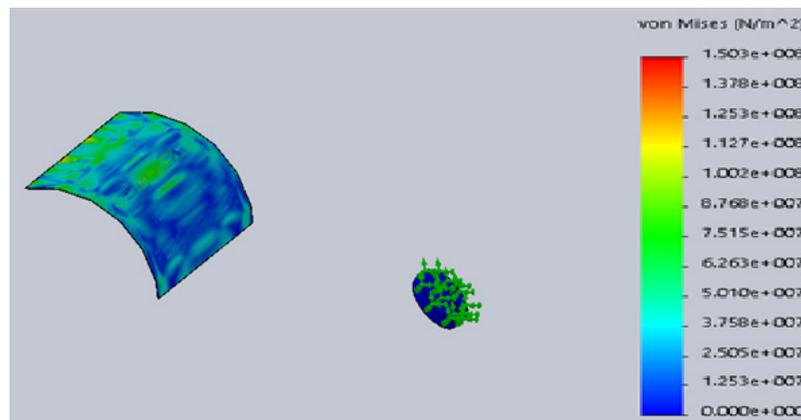


Figura 3. Tensiones generadas por impacto en escudo original.

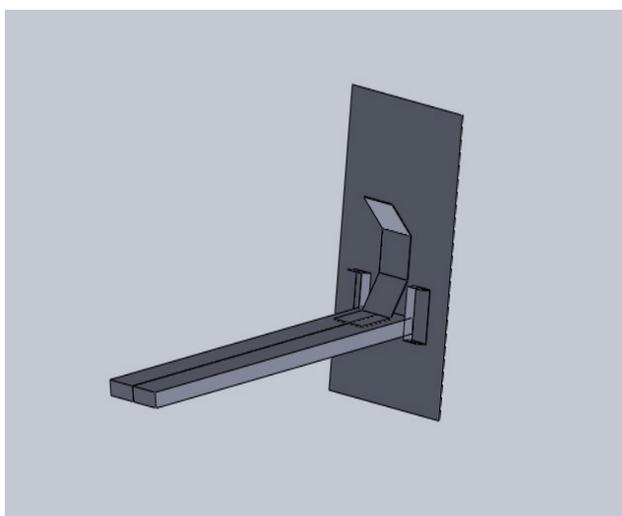


Figura 4. Diseño en SolidWorks del escudo prototipo.

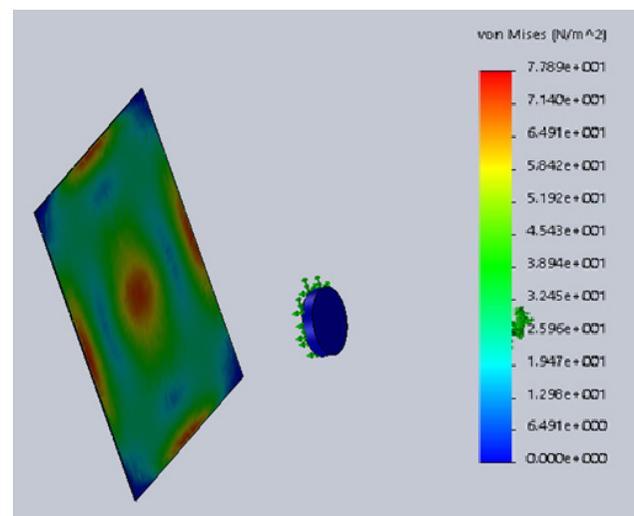


Figura 5. Tensiones generadas por impacto en escudo prototipo.



## Evaluación del impacto del escudo prototipo

El material del escudo prototipo se designó como PC alta viscosidad. La estructura fue un sólido de masa 3.52716 kg, volumen 0.002964 m<sup>3</sup> y densidad 1190 kg m<sup>-3</sup>. El resultado del impacto provocó en la superficie más afectada una tensión de 7.798e+001 N m<sup>-2</sup> (Figuras 4 y 5).

El análisis se realizó con una computadora Lenovo 4G con 4GB de memoria RAM, sistema operativo de 64 bits, Intel® Core™ I3 CPU M370 2.40 GHz, disco sólido Ssd 1tb M.2 Kingston Snv2s/1000g Nvme Pcie 4.0. El tiempo de procesamiento para el escudo prototipo fue de 63 minutos, mientras que en el original fue de 84 minutos.

## Análisis de las tensiones en los escudos evaluados

Como se observó en la simulación del impacto, las tensiones que se generaron en el escudo prototipo fueron 1 926 923 veces menores que las que se generaron en el escudo original. Esto se debe a múltiples factores, como se vio en la ecuación 1. Primero el escudo prototipo posee un material de menor módulo elástico que le permite absorber las tensiones generadas por el impacto del capítulo. Luego la dimensión del escudo propuesto posee mayores dimensiones que el original, lo cual también provoca una reducción de tensiones. Además, se observa en las Figuras 4 y 5 que la propagación de las tensiones se distribuyó de mejor manera en el cuerpo plano si se compara con el original, que presenta pliegues que se concentraron en las superficies planas afectadas por el impacto. De manera que se puede determinar, desde el punto de vista del diseño, que el aumento de las dimensiones del escudo desde una superficie que permita la propagación de las tensiones las disminuye durante el impacto, caso contrario en los diseños con pliegues que le dan estructura a la pieza (escudo), lo cual no permite propagar las

tensiones. Por lo tanto, como define Guzmán (1976) en la demostración matemática, objetos de material polimérico absorben tensiones de mejor manera que otros materiales cuando estos sufren cargas dinámicas.

Los tratamientos aplicados desde la modificación de los materiales y estructura fueron, el escudo original del cabezal como testigo identificado OR y escudo de policarbonato identificado como PB. Los otros tratamientos considerados en el ensayo fueron la velocidad de avance a 5.5 km/h, identificada como V55 y 5.0 km/h como V50.

Las regulaciones de la máquina en ambos ensayos fueron realizadas por el maquinista y la metodología del ensayo fue la utilizada en el trabajo Mavolo *et al.* (2022), pero en esta oportunidad se realizaron 7 pasadas en cada ensayo

## Análisis estadístico

Los datos fueron analizados con un modelo ANOVA en un diseño en bloques anidados en el factor velocidad con un nivel de significancia estadística establecido en ( $p < 0.05$ ) como límite superior de probabilidad para no cometer un error tipo I. El test de comparación de medias fue LSD Fisher. Para la aplicación del modelo estadístico se utilizó el programa InfoStat Versión 2020 (Di Rienzo *et al.*, 2020).

## Resultados

En la Tabla 1 se observa una diferencia significativa en los tratamientos entre la velocidad 5.0 km/h y 5.5 km/h con un p-valor = 0.0003. También se observa una diferencia significativa en los tratamientos de los tipos escudos utilizados, policarbonato y escudo original, con un p-valor = 0.0184. Por otro lado, se observa que no existe interacción entre los tratamientos de velocidad y escudo con un p-valor de 0.9734.

**Tabla 1.** Análisis de la varianza de los tratamientos ( $p < 0.05$ ) Infostat 2020

Tratamientos	p-valor
Velocidad	0.0003
Escudo	0.0184
Vel*Escudo	0.9734

**Tabla 2.** Promedio del desgrane según el tratamiento de velocidad

Desgrane por variación de la velocidad de avance	
V55	174.21 g a
V50	95.29 g b

**Tabla 3.** Promedio del desgrane según el tratamiento de escudo

Desgrane por cambio de material y forma estructural	
OR	143.33 g a
PB	126.17 g b

**Tabla 4.** Promedio del efecto del tratamiento escudo a distintas velocidades

Desgrane promedio recolectado por bandejas (datos del ensayo)	
OR-V55	182.69 g a
PB-V55	165.74 g a
OR-V50	103.97 g b
PB-V50	86.60 g b

En la Tabla 2 se observa una diferencia significativa entre los tratamientos de velocidad y en la tabla 3 entre los tratamientos de tipos de escudos, luego de aplicar el test de medias LSD Fisher. En la tabla 4 se observa que los tratamientos de los 2 tipos de escudos dentro de una misma velocidad, ya sea 5.0 km/h o 5.5 km/h no muestran una diferencia significativa.

## Discusión

En Rusia, dependiendo del híbrido sembrado, la altura media del cultivo es de 120.5 cm (Dalmis *et al.*, 2013). Distintos ensayos en ese país sobre los cabezales de girasol, en los cuales se trabajó en la captación de los capítulos de forma precisa, se encontraron con una dificultad: el cultivo presentaba diferentes alturas, entre 110 cm y 145 cm (variabilidad de 35 cm).

La variabilidad en la altura del cultivo es un factor que también se presenta en el girasol confitero. El rango de la altura del cultivo durante el primer ensayo a 5.0 km/h (medido en 12 plantas en 2 sectores distintos del lote) varió entre 51 y 70 cm; en el segundo ensayo a 5.5 km/h se midió la altura de 13 plantas en 2 sectores distintos del lote y se obtuvo una variación de 33 a 43 cm. Esta variabilidad en altura afecta a la regulación del cabezal y en el escudo original, que posee una altura de impacto de 40 cm (dimensiones del escudo original), dado que la barra de corte debe tomar el capítulo más bajo, lo que da como resultado que impacte en distintas partes de la planta produciendo un movimiento agresivo en el capítulo y provocando su desgrane. Por su parte el escudo propuesto con una altura de 90 cm (superficie de impacto) y una inclinación hacia delante de 75° produce un impacto uniforme al capítulo a lo largo de todo el surco, independientemente de la altura del cultivo.

Este impacto producido en el capítulo del girasol por el escudo plano de policarbonato, como se mencionó, es uniforme a lo largo de todo el surco, a diferencia del escudo original, puesto que este impacta a distintas alturas del girasol por su estructura convexa. Es importante considerar que cuando ocurren cambios de velocidad el escudo prototipo posee menor variabilidad de lugares de impacto e intensidad sobre el cultivo, por lo tanto, se logra una disminución en el desgrane, como se observa en la Tabla 3, donde el desgrane del escudo de policarbonato es menor cuando se consideran ambas velocidades.

En la Tabla 2 se observó una diferencia significativa entre las medias de los tratamientos cuando se considera el cambio de velocidad; esta situación puede ocurrir cuando la máquina debe modificar la velocidad por las condiciones del terreno, la altura del cultivo y el aumento o disminución de la densidad de planta, entre otras. Como es sabido y se analizó en la

sección de introducción, el aumento de velocidad en cosecha es proporcional al aumento de pérdidas de semillas, lo cual es un factor clave entre el equilibrio de una cosecha eficiente y la capacidad de trabajo óptima de la empresa prestadora del servicio de cosecha.

El trabajo que llevaron adelante Startsev *et al.* (2022) tuvo como objetivo disminuir el desgrane por impacto, al igual que se planteó en el presente trabajo. El cabezal con el que trabajaron (en lugar de un escudo) posee un rolo giratorio, el cual se modificó para lograr una captación del capítulo considerando la aceleración de giro del rolo y su acompañamiento hacia la barra de corte; de esta manera se disminuye el impacto al tallo o capítulo y se reduce el desgrane. En nuestro caso, el impacto se reduce a través del uso de un material polimérico de menor módulo elástico, dado que este material permite mayor absorción de tensiones, a diferencia del escudo original que posee mayor módulo elástico, como se explicó en la sección de materiales y métodos. Por otro lado, la estructura plana reduce las tensiones generadas en el escudo (mayor superficie de transferencia de tensiones) a diferencia del escudo original, que posee una forma convexa con pliegues que aumenta su rigidez estructural, por lo tanto, no permite absorber las tensiones que genera el capítulo al impactar contra el escudo, lo que deriva en un aumento del desgrane producto de una deformación plástica.

Otro factor que hay que considerar es que el Startsev *et al.* (2022) debieron tener en cuenta a lo largo del recorrido de la máquina la variabilidad en altura del cultivo para una captación precisa del capítulo, mientras que la propuesta realizada en este trabajo considera un escudo con una altura de 90 cm que absorbe esta variabilidad del girasol, por lo que el impacto es uniforme para todos los capítulos.

## Conclusiones

El aumento de la velocidad de avance en un 10 % impacta de manera directa en el desgrane del girasol confitero, dada sus características propias, como, por ejemplo, el tamaño del grano y la humedad de cosecha requerida en este tipo de híbrido (humedad obtenida en el ensayo). La velocidad estipulada para el personal técnico de la empresa es 5.0 km/h; aumentar la velocidad a 5.5 km/h implicaría aumentar las pérdidas a 35.4 kg/ha. Considerando que el límite aceptable de pérdidas es 91 kg/ha en el proceso de cosecha, la posibilidad de reducir estas pérdidas a 35.4 kg/ha únicamente (disminuyendo la capacidad de trabajo de la máquina en un 10 %) es aceptable.

Considerar un escudo de estructura plana, material polimérico y una altura que absorba la variabilidad en altura del cultivo, en situaciones en que la máquina cosechadora debe modificar su velocidad de avance, permite reducir el desgrane del

capítulo al momento del impacto. El aumento de la velocidad en ambas alternativas de escudos aumenta considerablemente el desgrane. Pero considerando la velocidad recomendada de cosecha en 5.0 km/h la reducción que se obtiene con el escudo prototipo es de 7.89 kg/ha.

## Referencias

- Braun, N. (2021). *Harvesting sunflowers*. Dakota: South Dakota State University. <https://extension.sdstate.edu/sites/default/files/2021-08/P-00205-08.pdf>
- Dalmis, I.; Kayisoglu, B.; Bayhan, Y. y Ulger, P. (2013). Development of a chopper unit for chopping of sunflower stalk during harvesting by combine harvester. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 19(5), 4-5.
- Di Rienzo, J. A.; Casanoves, F.; Balzarini, M. G.; González, L.; Tablada, M. y Robledo, C. W. (2020). *InfoStat versión 2020*. Córdoba: Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. <http://www.infostat.com.ar>
- Charlesworth, K. (2017). *Harvest sunflowers*. GRDC Grownotes - Northern. [https://grdc.com.au/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0026/370619/GrowNote-Sunflower-North-12-Harvest.pdf](https://grdc.com.au/__data/assets/pdf_file/0026/370619/GrowNote-Sunflower-North-12-Harvest.pdf)
- Guzmán A. (1976). *Resistencia de materiales*. Séptima edición. La Plata: CEIPL.
- Jalali, A. y Abdi, R. (2014). The effect of ground speed, reel rotational speed and reel height in harvester losses. *Journal of Agriculture and Sustainability*, 5(2), 221-231.
- Liu, Y.; Luo, C.; Zong, W.; Huang, X.; Ma, L. y Lian, G. (2021). Optimization of clamping and conveying device for sunflower oil combine harvester header. *Agriculture*, 11(9), 859. <https://doi.org/10.3390/agriculture11090859>
- Mavolo, L.; Rivero, D. y Botta, G. (2022). Evaluación de distintos materiales de construcción en el escudo del cabezal de la cosechadora de girasol (*Helianthus annuus* L.) para la reducción del desgrane del capítulo. *AgriScientia*, 39(2), 65-73. <https://doi.org/10.31047/1668.298x.v39.n2.37537>
- McClure, A.; Allen, F.; Johnson, R. y Heatherly, L. G. (2009). *Sunflower: An alternative crop for Tennessee producers*. Tennessee: University of Tennessee. [https://trace.tennessee.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1016&context=utk\\_agexcrop](https://trace.tennessee.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1016&context=utk_agexcrop)
- Rondanini, D.; Szemruch, C. y López Pereira, M. (2020). Girasol. El confitero se abre camino. *Investigación HA*. <https://www.researchgate.net/publication/348276457>
- Startsev, A. S.; Demin, E. E.; Danilin, A. V.; Vasilyev, O. A. y Terentyev, A. G. (2020). Results of the production test of sunflower harvesting attachment with an auger reel. *International AgroScience Conference*, 433, 1-5. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/433/1/012006>
- Startsev, A.; Demin, E.; Kunshin, A.; Shardina, G. y Nesterov, E. (2022). Comparative evaluation of the threshing machine operation when threshing sunflower heads with polyurethane beaterbars. *AIP Conference Proceedings*, 2503(1), 030014. <https://doi.org/10.1063/5.0101336>
- Stepanenko, S.; Aneliak, M.; Kuzmych, A.; Kustov, S. y Lysaniuk, V. (2022). Improving the efficiency of harvesting sunflower seed crops. *INMATEH - Agricultural Engineering*, 67(2). <https://doi.org/10.35633/inmateh-67-34>
- Romito, A.; Damico J.; Paredes D.; Roba M.; Colombo, C.; Pollacino, J.; Pincu, M. y Tesouro, M. O. (2009). *Efecto de la uniformidad del tamaño de la semilla de girasol (Helianthus annuus L.) sobre la precisión del sistema dosificador mecánico de placas alveoladas de fondo plano*. Informe Técnico de siembra n.º 10. Buenos Aires: Instituto de Ingeniería Rural.
- Treboux, J.; Bergero, P. y Calzada, J. (2023). *Análisis de la hoja de balance de girasol 2022/23 en Argentina y primeros indicadores comerciales de la campaña*. Rosario: Dirección de Informaciones y Estudios Económicos. Bolsa de Comercio de Rosario.
- Vega, A. J.; DeLacy, I. H. y Chapman, S. C. (2007.) Progress over 20 years of sunflower breeding in central Argentina. *Field Crops Research*, 100(1), 61-72. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2006.05.012>