

ENSAYO DEL ESCUDO PROTOTIPO DEL CABEZAL DE GIRASOL (*HELIANTHUS ANNUUS L.*) PARA LA REDUCCIÓN DEL DESGRANE DEL CAPÍTULO EN DOS HÍBRIDOS DIFERENTES.

Luca Mavolo¹, Franco Mieres², Joaquín Nievas³, Rodrigo G. Coppari⁴, Cielo Carro⁵

Facultad Regional Trenque Lauquen, Universidad Tecnológica Nacional (CP 6400, Racedo 298). lucamavolo@gmail.com

1. Resumen:

En el cabezal de la cosechadora se produce el mayor porcentaje de pérdidas de granos tanto en el girasol como en el resto de los cultivos, este porcentaje de pérdidas supera el 70% del total. Siendo uno de los principales factores los materiales y morfología del escudo del cabezal. El siguiente trabajo tiene como objetivos **a)** Analizar el desempeño de una morfología diferente del escudo del cabezal girasolero para tratar de lograr el menor desgrane al momento de cosecha. **b)** Evaluar el desgrane en 2 variedades de girasol diferente. Se realizaron 2 ensayos sobre 2 híbridos diferentes. Un primer ensayo sobre el Girasol confitero realizado y el segundo ensayo sobre un girasol oleico, ambos en la campaña 2021/22. En ambos ensayos, sobre la cosechadora se utilizó un cabezal marca Mainero, Modelo: 51739 de 40 pies, el mismo fue probado con 2 “escudos” contruidos con diferentes materiales: a) un escudo de chapa de 2 mm de espesor (original), b) un escudo de policarbonato de morfología plana. Las velocidades de avance en el girasol confitero fue de 6 Km/h y en el girasol oleico de 3,5 Km/h. El parámetro evaluado fue la pérdida de granos en el cabezal de la cosechadora. Los resultados obtenidos fueron: a) el escudo de policarbonato presentó una reducción del desgrane comparado al escudo original de chapa y presentó menor variación en el desgrane entre las repeticiones en ambos cultivos. Y b) el desgrane en el girasol confitero es 30 veces mayor al generado en el girasol oleico a pesar de las condiciones diferentes al momento del ensayo. La principal conclusión fue que el material elástico como en trabajos anteriores reduce el desgrane comparado a materiales metálicos y la morfología permitió un impacto más parejo a los capítulos de girasol ante un cultivo desuniforme en altura

Palabras clave: cultivo – rendimientos – cosechadoras

2. Introducción y antecedentes:

El girasol (*Helianthus annuus L.*) es el cuarto cultivo más importante de Sudamérica, siendo los principales productores Argentina y Paraguay (Botta, et al 2018).

En la última campaña 2021/22 de girasol, solo en Argentina, se sembraron 1.700.000 has, con una producción de unos 3.4 millones de toneladas. (Bolsa de Cereales 2022). Con estos rendimientos es muy importante reducir las pérdidas de cultivo al momento de la cosecha, considerando, que durante la labor de cosecha el mayor porcentaje de pérdidas de granos se produce en el cabezal de la cosechadora, siendo las mismas, según PROPECO-INTA, superiores al 80% del total de las pérdidas (Bragachini 2001).

Dentro de los factores que componen el rendimiento final que obtiene el productor la eficiencia de cosecha sigue siendo clave, dado que incide directamente en la rentabilidad, siendo todavía una materia pendiente para los sistemas productivos argentinos. Es importante destacar que, para Bragachini en el año 2001, las evaluaciones de pérdidas todavía indicaban valores de más de, 135 kg/ha en promedio (pre cosecha + cosechadora), fundamentalmente provocado por desgrane en el cabezal.

Según un importante número de autores; Hunt (2001); Chancellor y Cervinka (1975) y Nyborg et al., (2018), el éxito en la cosecha de cualquier cultivo de granos se basa en lograr la menor pérdida posible de los mismos, así como la calidad del grano cosechado. Esto no escapa al cultivo de girasol (*Helianthus annuus* L.), el mismo es un cultivo muy particular ya que las pérdidas de granos se estiman por el tamaño de las pérdidas de los capítulos sin cortar, los capítulos cortados (que quedaron en suelo) y las semillas, todo esto es afectado no solo por el diseño de los cabezales, sino también por los parámetros cinemáticos, en particular el de la velocidad de la cosechadora.

En relación con la velocidad de avance de la cosechadora, Hunt (2001) demostró la importancia de este parámetro. El autor encuentra que las pérdidas generales de granos en el cultivo de girasol aumentan a medida que aumenta la velocidad. El crecimiento de las pérdidas es directamente proporcional a la velocidad y puede alcanzar el 4% del rendimiento total del cultivo de girasol con un aumento de velocidad de avance de la máquina de 3,2 km/h. hasta 5,6 km/h.

Según los autores anteriores los principales factores y variables de las pérdidas son la velocidad de avance de la cosechadora y el impacto del escudo sobre el capítulo. Estas variables están vinculadas de forma directa con la energía cinética y la resiliencia del material del escudo del cabezal.

El uso de materiales más elásticos en la construcción del escudo del cabezal girasolero produce una reducción del desgrane al momento de la cosecha. El aumento de la velocidad de avance en la labor de cosecha de girasol en el orden de 8 km/h implica una potencial pérdida por desgrane que no es compatible con una producción agrícola sustentable (Mavolo, Rivero y Botta 2022).

De acuerdo al párrafo anterior se debe tener en cuenta que las variables de modulo elástico de los materiales del escudo y la velocidad de avance de la cosechadora son factores claves para la reducción del desgrane producto de una mejor absorción de tensiones por parte del material y una disminución del impacto ante una disminución de la velocidad. En ese trabajo se desarrolló una demostración matemática donde se determinan los factores claves que generan tensiones en el escudo al momento del impacto del capítulo del girasol. La demostración surge del cálculo barra-caída del objeto, es decir una barra simplemente apoyada y desde una altura "h" cae un peso Q, por efecto del choque aparecen tensiones. El planteo es de carácter dinámico y se resuelve por aplicación de trabajo de deformación, suponiendo que todo trabajo mecánico externo se transforma sin pérdida en energía de deformación y despreciando la energía de deformación del cuerpo que cae en nuestro caso el choque del capítulo con el escudo. La demostración obtenida es la siguiente:

$$\sigma = [(2 * E) / (A * l)] * (Q * v^2 / 2g)^{1/2}$$

Guzmán (1976) en la expresión nos muestra que la tensión producida por el choque en el caso de tracción simple, es directamente proporcional a la raíz cuadrada de la energía cinética y del módulo de elasticidad.

Por otra parte, la expresión indica que σ es proporcional al módulo elástico explicando, porque ciertos materiales como la goma o corcho absorben sin ruptura las tensiones producidas por choques.

La variable "h" está considerada en la demostración en caída libre, pero teniendo en cuenta esa distancia en función de la velocidad de avance de la cosechadora la expresión queda en función de la velocidad por el tiempo, quedando la expresión final en función de (m*v) en lugar de la energía cinética, siendo la variación de la "cantidad de movimiento" es decir el impulso provocado sobre el capítulo por el escudo.

De la demostración se obtiene que materiales de menor modulo elástico poseen mayor capacidad de absorción de tensiones. También se observa que ante un aumento de la superficie y el largo del escudo disminuye las tensiones producidas. Por lo tanto,

se destaca la importancia de trabajar en la morfología del escudo, una vez que ya se determinó que los materiales plásticos disminuyen el desgrane.

3. Objetivos:

Teniendo en cuenta lo visto en el capítulo de introducción, formularemos el propósito u objetivos del trabajo:

- a) *Analizar el desempeño de morfología diferente del escudo del cabezal girasolero para tratar de lograr el menor desgrane al momento de cosecha.*
- b) *Evaluar el desgrane en 2 variedades de girasol diferente.*

4. Materiales y métodos:

4.1. El Lugar y el Cultivo:

Se realizaron 2 ensayos, uno se llevó a cabo en el Establecimiento “Nueva Castilla”, situado en el Paraje Mari Lauquen, Partido de Trenque Lauquen (Buenos Aires) S36°08'38.6" W62°58'22.1", sembrado con Girasol Confitero, implantado durante la campaña 2021/2022. El Híbrido de Girasol era un NTC 99 de la firma Argensun. El ensayo fue realizado el 3 de marzo a las 15 pm. Mientras que el segundo se realizó en la localidad de Bocayuva km 390 de la Ruta Nacional 5 del partido de Pellegrini sobre un Girasol oleico híbrido RGT Cabildo CL el día 12 de marzo a las 10 am.

4.2. Del procedimiento Experimental:

4.2.1. Cosechadora

La cosechadora utilizada en el ensayo del establecimiento Nueva Castilla fue una John Deere S670 (Figura 1). La misma se desplazó a 6km/h durante el ensayo. La Cosechadora utilizada en el ensayo en el campo de Bocayuva fue una Massey Ferguson MF 34 que se desplazó a 3,5km/h (figura 2).

El cabezal utilizado en los ensayos a campo fue el mismo, un Mainero Modelo: 51739 Serie 21.



Figura 1 - Cosechadora John Deere S670 (ensayo anterior, pero misma cosechadora)



Figura 2 - Cosechadora Massey Ferguson MF34

Al cabezal mencionado, anteriormente, se le hicieron las reformas pertinentes para emular 2 (dos) alternativas de morfología del escudo: Tratamiento **OR**: escudo Original del cabezal (chapa de 2mm), tratamiento **PB**: escudo construido de Policarbonato con una morfología plana de 75° de ataque hacia delante. El objetivo, dado que es un material más elástico que la chapa, capaz de absorber el impacto de los capítulos y por lo tanto disminuir el desgrane e impactar de manera uniforme los capítulos del girasol ante un cultivo despajeado. El material es un termoplástico, es decir un polímero que presenta grupos funcionales unidos por grupos de carbonato en una larga cadena.



Figura 3 – Escudo policarbonato y topes

Las regulaciones en la cosechadora en ambos ensayos fueron realizadas por el maquinista, la velocidad de cosecha para el ensayo del girasol oleico fue de 3,5 km/h (MF 34) y para el girasol confitero fue de 6 km/h (John Deere S670). Todo el ensayo se realizó sobre 4 hileras para el girasol confitero con 3 repeticiones y sobre 2 hileras para el girasol oleico con 5 repeticiones, en ambas con pasadas de 50 metros medidas desde la máquina, donde debajo de cada una se colocó un tope para evitar que las semillas ingresen al sinfín del cabezal. Luego de cada pasada se recolectaron las semillas que se encontraban en las bandejas en una bolsa codificada con velocidad y tipo de escudo para su posterior pesaje en una balanza de precisión del laboratorio.

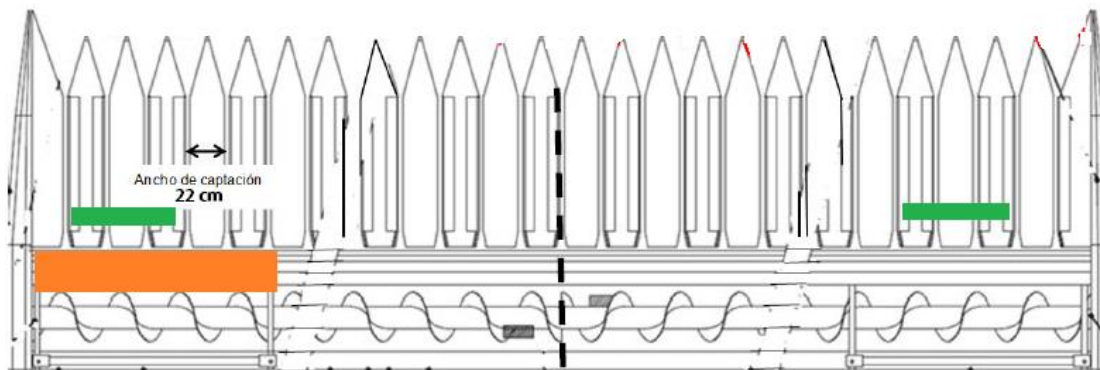


Figura 4 – Disposición del escudo PB, OR y topes en ensayo Bocayuva.

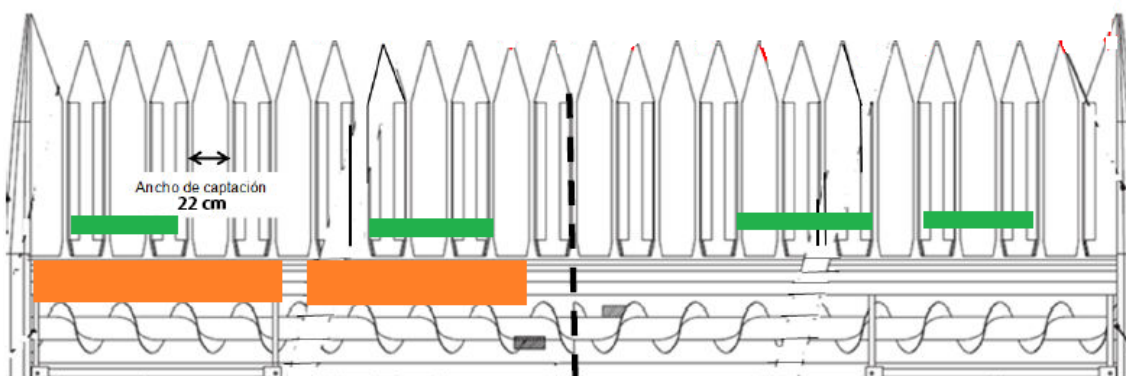


Figura 5 – Disposición del escudo PB, OR y topes en ensayo Nueva Castilla.

El desgrane provocado en el capítulo, producto del impacto del mismo con el escudo, se midió pesando los granos recolectados en las bandejas del cabezal, para esto se colocó un tope en las bandejas (ver figura 3, 4 y 5) en los surcos definidos para la recolección total de semillas en bandejas.

El pesaje de las muestras tomadas en los ensayos se realizó con una balanza de precisión marca Acculab en el laboratorio de aguas de la UTN Facultad Regional Trenque Lauquen. Cada una de las muestras se pasó por una zaranda para eliminar impurezas que desvíen el resultado.

4.3. Análisis estadístico

El análisis de los datos obtenidos se realizó mediante un modelo de ANOVA para una vía con el programa InfoStat Versión 2018. El criterio empleado para expresar los resultados de los test de comparación de medias. Para evitar errores inherentes en los análisis de los resultados en la comparación de medias se empleó el test LSD Fisher, con un nivel de significancia ($P < 0,1$).

5. Resultados y discusión:

Los resultados obtenidos del ensayo se codificaron de la siguiente manera para el muestreo y posterior análisis estadístico. Los análisis de los resultados de cada ensayo se analizarán por separado, dado que los mismos no fueron realizados en las mismas condiciones (diferente velocidad de avance) por lo tanto solo se analizará la diferencia en el desgrane para cada cultivo con respecto a la utilización del escudo de policarbonato:

Ensayo girasol oleico

- **OR35**: escudo Original a velocidad de 3,5 km/h
- **PB35**: escudo Policarbonato a velocidad de 3,5 km/h

Ensayo girasol confitero

- **PBA6**: escudo Policarbonato a velocidad de 6 km/h
- **PBB6**: escudo Policarbonato a velocidad de 6 km/h
- **ORA6**: escudo Original a velocidad de 6 km/h
- **ORB6**: escudo Original a velocidad de 6 km/h

5.1. Análisis para el ensayo del girasol oleico:

Tabla 1 – Test LSD Fisher a 3,5 km/h

Desgrane promedio recolectado por bandejas (datos del ensayo)		
OR35	4,45 gramos	b
PB35	2,14 gramos	a

Medias con la misma letra indican que no hay diferencias significativas ($p > 0,1$)

Como se puede observar en la tabla 1 con el test LSD Fisher, las medias de cada uno de los tratamientos demuestran diferencias significativas en el desgrane provocado, siendo el de menor proporción el escudo de PB35 y luego el OR35. Como la velocidad ha sido la misma para los tratamientos los resultados derivan de una sola variable que afecta en 2 aspectos. Como se vio en el capítulo “introducción” y en trabajos previos realizados por el equipo de investigación, se destaca como en la demostración matemática, el impacto provocado sobre el capítulo induciendo cargas dinámicas en el mismo, es directamente proporcional al módulo elástico de cada material y de la energía cinética. El modulo elástico al ser menor en materiales poliméricos que en los metales, permite una mejor absorción de las cargas instantáneas, tal y como se ve en el resultado del desgrane del girasol. También y a donde a punta el presente trabajo, la morfología del escudo permite un mejor acompañamiento del capítulo de girasol hacia la barra de corte y permite impactar de igual forma al cultivo, aunque el mismo se encuentre desperejo en altura. Estas variables como el material, la morfología y el tamaño del escudo permite una reducción del desgrane a lo largo de las distintas pasadas.

5.2. Análisis para el ensayo del girasol confitero:

Tabla 2 – Test LSD Fisher a 6,0 km/h

Desgrane promedio recolectado por bandejas (datos del ensayo)		
PBA6	125,42 gramos	a
PBB6	107,40 gramos	a b
ORA6	146,52 gramos	a b
ORB6	129,20 gramos	b

Medias con la misma letra indican que no hay diferencias significativas ($p > 0,1$)

En la tabla 2 se observa a diferencia del ensayo anterior un aumento considerable en el desgranamiento en el promedio de las repeticiones. Este aumento se debe a que el ensayo es sobre un girasol confitero, donde en el cultivo el tamaño de la semilla es mucho mayor y la humedad del cultivo es menor a la de un girasol oleico. Además, la velocidad de avance de la cosechadora es de 6km/h mientras que en el anterior es de 3,5km/h, en trabajos anteriores se observó que la velocidad es un factor clave en el desgranamiento dado que independientemente del material usado en el escudo, al aumentar la velocidad puede aumentar entre un 48% a 60% el desgrane.

En los resultados obtenidos, se puede determinar que en ambos tratamientos donde se tiene el escudo de policarbonato el desgrane disminuye entre un 3% y 14%, comparado a ORB6 y entre un 17% y 26% comparado a ORA6. Al igual que el ensayo en el girasol oleico, el material plástico permitió una mayor absorción de las tensiones logrando menor impacto por lo tanto menor desgrane. También la morfología durante el ensayo permitió un mejor acompañamiento del cultivo hacia la barra de corte y un impacto más parejo a los capítulos ante la desuniformidad en la altura del cultivo.

5.3. Consideraciones finales:

De acuerdo a los resultados obtenidos, se observó tanto en el girasol oleico como en el confitero una reducción en el desgrane, vinculada al tipo de material utilizado dado que un material de menor modulo elástico, permite una mejor absorción de las tensiones al momento del impacto disminuyendo el desgrane. Pero también la nueva morfología del escudo permite no solo un mejor acompañamiento el capítulo hacia la barra de corte, sino también un impacto uniforme al capítulo ante la des uniformidad del cultivo evitando impactos directo al tallo produciendo un movimiento más agresivo del capítulo. De esta manera se observó que el uso de esta morfología en ambos cultivos disminuyo la variación del desgrane entre las repeticiones dado que el desvió estándar en cada tratamiento es menor al de los escudos testigos es decir los originales.

Por ultimo analizando el desgrane obtenido en ambos cultivos independientemente de las condiciones de los ensayos, el desgrane en el girasol confitero es 30 veces mayor que en el girasol oleico. Sabiendo que la velocidad y la humedad fueron factores claves para el desgranamiento del mismo.

6. Conclusiones:

Dentro de los límites de este trabajo, las conclusiones obtenidas son las siguientes:

- El uso de un escudo con una morfología plana con un ángulo de ataque de 75° y de un material polimérico, disminuye el desgrane y su variación entre las repeticiones.
- El desgrane producto del impacto del capítulo contra el escudo del cabezal en el girasol confitero es mucho más representativo que en el girasol oleico. Por lo tanto, se propone continuar trabajando en este cultivo por el interés de la reducción de potenciales perdidas y también permitir encontrar una velocidad de avance optima en este cultivo dentro de un parámetro de perdidas tolerables con una nueva morfología de mayor superficie.

7. Referencia Bibliográfica:

- Botta G., Tolon A., Bienvenido F., Rivero D., Laureda D., Contessotto E. "Sunflower (Helianthus Annuus L.) harvest: Tractor and grain chaser traffic effects on soil compaction and crop yields" DOI: 10.1002/ldr.3181 wileyonlinelibrary.com/journal/ldr.-
- Bragachini M., Martin A. y Mendez A., "Eficiencia de cosecha de girasol" INTA PRECOP 2005.-
- Bolsa de Cereales (2022), Informe de cierre de campaña Girasol. Estimaciones agrícolas-Instituto de Estudios Económicos. <https://www.bolsadecereales.com/imagenes/informes/2022-04/183-informecierrecampgirasol202122.pdf>
- Casini C., Bragachini M., "Girasol Eficiencia de cosecha y postcosecha" Manual N°2 3era Edicion ISSN 1667-9199 INTA PRECOP. 2004.-
- Chancellor W.J., Cervinka V. (1975), Potential Harvesting Improvement with Optimum Combine Management. Tras, World Applied Sciences Journal, ASAE, Vol. 18(1). pp. 59-65, California / USA.-
- Gonzalez C. , Palazon A. "Ensayos Industriales de materiales, combustibles y lubricantes" 1960 3era edición.-
- Guzman A. "Resistencia de Materiales" C.E.I.P.L. Séptima edición 1976

- Hunt D. (2001), Farm Power and Machinery Management. 10th Edition. Iowa State University press, 376 p. ISBN-13: 978-1577665731, Iowa / USA.-
- Nyborg E.O. Nyborg E.O., Gregory R., (2018), Evaluation Report. URL: [http://pami.ca/pdfs/reports_research_updates/\(4c\)%20Grain%20Combines%20and%20Attachments/204.PDF](http://pami.ca/pdfs/reports_research_updates/(4c)%20Grain%20Combines%20and%20Attachments/204.PDF) (data of applying: 19.03.2018).-