

Manual del Cultivo del Trigo



Instituto Internacional de Nutrición de Plantas
Programa Latinoamérica Cono Sur
<http://lacs.ipni.net>

Manual del cultivo de trigo / Bernardette Abadia ... [et al.]; compilado por
Guillermo A. Divito; Fernando Oscar García; editado por Guillermo A. Divito; Fernando Oscar García. -
1a ed. compendiada. - Acassuso: International Plant Nutrition Institute, 2017.
224 p.; 28 x 19 cm.

ISBN 978-987-46277-3-5

1. Agricultura. 2. Cultivo Agrícola. 3. Manuales. I. Abadia, Bernardette II. Divito, Guillermo A., comp. III.
García, Fernando Oscar, comp. IV. Divito, Guillermo A., ed. V. García, Fernando Oscar, ed.
CDD 633

Este libro no podrá ser reproducido, ni total ni parcialmente, sin el previo permiso de los editores.

1ra edición Octubre 2017

Impreso en Argentina

ISBN 978-987-46277-3-5



Presentación

La creciente demanda global de alimentos, forrajes, fibras, biocombustibles y biomateriales genera desafíos, oportunidades y amenazas para los sistemas de producción agrícola. Esta demanda requiere de sistemas que provean productos en cantidad y calidad mejorando la vida de las personas y preservando el ambiente. El crecimiento en producción y productividad registrado en los últimos 50 años ha generado costos y externalidades negativas a nivel económico, social y ambiental. Así, el desafío para la humanidad es reducir el impacto de estos costos y externalidades y evitar que los mismos se amplifiquen y/o que se sumen nuevos a los ya existentes.

En este marco, la expansión de la agricultura hacia áreas aún no explotadas a través de la deforestación e incorporación de ecosistemas más frágiles constituye una severa amenaza a la sostenibilidad de los sistemas, por lo que, entre las alternativas propuestas, impulsar el crecimiento de la productividad en las tierras actualmente en uso ha sido considerada prioritaria. En Argentina, se han estimado brechas entre los rendimientos actuales y los alcanzables en secano del orden del 32%, 41% y 41% para soja, maíz y trigo, respectivamente (ver Capítulo 1 de esta publicación).

El cultivo de trigo ha sido una de las principales producciones agrícolas en los países del Cono Sur de Latinoamérica y actualmente incluye aproximadamente 6 millones de ha en Argentina, Bolivia, Chile, Paraguay y Uruguay. Su importancia dentro de la economía de estas naciones, su relevante participación como proveedor de alimento para sus poblaciones y, desde el punto de vista agronómico, su rol en las rotaciones de cultivos anuales, han sido destacados y ampliamente discutidos en numerosas publicaciones.

Este manual trata de cubrir los temas más relevantes de la producción, industrialización y comercialización de trigo, con énfasis en los sistemas de la región triguera argentina. A través de catorce capítulos y una serie de anexos se revisan aspectos relacionados al crecimiento y la fenología; la ecofisiología y la generación de rendimiento; las nuevas variedades; la importancia del manejo del cultivo para calidad; la nutrición y las mejores prácticas de manejo de la fertilización; la identificación y manejo de malezas, enfermedades y plagas más relevantes; el manejo de cultivo en distintas regiones; la cosecha y el almacenamiento de granos; la molienda y la panificación; y el mercado actual.

Como editores queremos dejar expreso nuestro más sincero agradecimiento al trabajo, dedicación y paciencia que han demostrado los autores de los distintos capítulos. Estos destacados científicos y profesionales son referentes insoslayables en las distintas temáticas abordadas y es un honor contar con su contribución en este manual.

Guillermo A. Divito
Fernando O. García

EDITORES

Guillermo A. Divito

Ingeniero Agrónomo, Magister Scientiae y Doctor en Ciencias Agrarias. Actualmente se desempeña como asesor privado y Asistente Técnico de la Regional Necochea de Aapresid. Es especialista en manejo de cultivos agrícolas. Ha dirigido y asesorado tesis de grado y posgrado. Ha publicado trabajos en revistas científicas nacionales e internacionales con referato y de divulgación.

Fernando O. García

Ingeniero Agrónomo, Magister Scientiae y Ph.D. en Agronomía. Actualmente es Director Regional del International Plant Nutrition Institute (IPNI) Programa Cono Sur de Latinoamérica. Es especialista en fertilidad de suelos y nutrición de cultivos. Ha dirigido y asesorado tesis de grado y posgrado. Ha publicado numerosos trabajos en revistas científicas nacionales e internacionales con referato y de divulgación.

AUTORES

Bernadette Abadía

Unidad Integrada Balcarce. EEA INTA-FCA UNMP, Buenos Aires, Argentina.
abadia.maria@inta.gov.ar

Pablo E. Abbate

Unidad Integrada Balcarce. EEA INTA-FCA UNMP, Buenos Aires, Argentina.
abbate.pablo@inta.gov.ar

Cristian Álvarez

INTA Gral. Pico, La Pampa, Argentina.
alvarez.cristian@inta.gov.ar

Fernando Aramburu Merlos

Unidad Integrada Balcarce. EEA INTA-FCA UNMP, Buenos Aires, Argentina.
aramburumerlos.f@inta.gov.ar

Mirian Barraco

INTA Gral. Villegas, Buenos Aires, Argentina.
barraco.miriam@inta.gov.ar

Ricardo Bartosik

Unidad Integrada Balcarce. EEA INTA-FCA UNMP, Buenos Aires, Argentina.
bartosik.ricardo@inta.gov.ar

Javier Bujan

Kimei Cereales S.A. y Cámara Arbitral Bolsa de Cereales de Buenos Aires
bujan@kimei.com.ar

Leda E. Campaña

Molino Campodónico, La Plata, Buenos Aires, Argentina.
laboratorio@molinocampodonico.com.ar

Miguel J. Cardoso

Molino Campodónico, La Plata, Buenos Aires, Argentina.
laboratorio@molinocampodonico.com.ar

Leandro Cardoso

Unidad Integrada Balcarce. EEA INTA-FCA UNMP, Buenos Aires, Argentina.
cardoso.marcelo@inta.gov.ar

Dora Carmona

Unidad Integrada Balcarce. EEA INTA-FCA UNMP, Buenos Aires, Argentina.
carmona.dora@inta.gov.ar

Marcelo Carmona

Facultad de Agronomía - UBA, Buenos Aires, Argentina
carmonam@agro.uba.ar

Pablo Calviño

Asesor y director técnico. Tandil, Buenos Aires, Argentina.
calvinopabloa@gmail.com

Adrián A. Correndo

Instituto Internacional de Nutrición de Plantas (IPNI), Latinoamérica-Cono Sur. Acassuso, Buenos Aires, Argentina.

acorrendo@ipni.net

Diego de la Torre

Unidad Integrada Balcarce. EEA INTA-FCA UNMP, Balcarce, Buenos Aires, Argentina.

delatorre.diego@inta.gob.ar

Guillermo A. Divito

Asesor Privado. AAPRESID, Asistente Técnico Regional Necochea. Buenos Aires, Argentina.

guillermodivito@yahoo.com.ar

Oswaldo Ernst

EEMAC, Facultad de Agronomía, Universidad de la República. Paysandú, Uruguay.

oernst@fagro.edu.uy

Ariel Jesús Faberi

Unidad Integrada Balcarce. EEA INTA-FCA UNMP, Balcarce, Buenos Aires, Argentina.

faberi.ariel@inta.gob.ar

Jorge A. Fraschina

EEA INTA Marcos Juárez, Córdoba, Argentina.

fraschina.jorge@inta.gob.ar

Fernando O. García

Instituto Internacional de Nutrición de Plantas (IPNI), Latinoamérica-Cono Sur. Acassuso, Buenos Aires, Argentina.

fgarcia@ipni.net

Lisardo González

Buck Semillas. La Dulce, Buenos Aires, Argentina.

lgonzalez@bucksemillas.com.ar

Esteban Hoffman

EEMAC, Facultad de Agronomía, Universidad de la Republica. Paysandú, Uruguay.

tato@fagro.edu.uy

María I. Leaden

Facultad de Ciencias Agrarias, UNMP, Balcarce, Buenos Aires, Argentina.

mileaden@hotmail.com

Gisele Maciel

Unidad Integrada Balcarce. EEA INTA-Facultad de Ciencias Agrarias, UNMP, Balcarce, Buenos Aires, Argentina.

maciel.gisel@inta.gob.ar

Pablo Manetti

Unidad Integrada Balcarce. EEA INTA-Facultad de Ciencias Agrarias, UNMP, Balcarce, Buenos Aires, Argentina.

manetti.pablo@inta.gob.ar

Juan Pablo Monzon

Unidad Integrada Balcarce. EEA INTA-Facultad de Ciencias Agrarias, UNMP, Balcarce, Buenos Aires, Argentina.

monzon.juanpablo@inta.gob.ar

Carla Salvio

Unidad Integrada Balcarce. EEA INTA-Facultad de Ciencias Agrarias, UNMP, Balcarce, Buenos Aires, Argentina.

salvio.carla@inta.gob.ar

Francisco Sautua

Facultad de Agronomía - UBA, Buenos Aires, Argentina

sautuaensayo@gmail.com

Santiago Néstor Tourn

Unidad Integrada Balcarce. EEA INTA-Facultad de Ciencias Agrarias, UNMP, Balcarce, Buenos Aires, Argentina.

tourn.santiago@inta.gob.ar

María Celia Tulli

Unidad Integrada Balcarce. EEA INTA-Facultad de Ciencias Agrarias, UNMP, Balcarce, Buenos Aires, Argentina.

tulli.maria@inta.gob.ar

Índice	Pág.
1. El trigo, su difusión, importancia como alimento y consumo _____	7
Pablo E. Abbate, Miguel J. Cardos y Leda E. Campaña	
Brechas de rendimiento de trigo en Argentina _____	20
Fernando Aramburu Merlos y Juan Pablo Monzon	
2. Como crece y se desarrolla el cultivo de trigo _____	22
Pablo E. Abbate y Guillermo A. Divito	
3. Ecofisiología y manejo del cultivo de trigo _____	33
Pablo E. Abbate	
4. Cambios recientes y venideros en las variedades de mayor difusión en Argentina ____	53
Lisardo González	
5. ¿Por qué es importante la calidad del trigo? _____	57
Jorge A. Fraschina	
6. La nutrición del cultivo de trigo _____	67
Guillermo A. Divito, Adrián A. Correndo y Fernando O. García	
7. Identificación y manejo de malezas _____	85
María I. Leaden	
8. Criterios para el manejo integrado de las enfermedades _____	93
Marcelo Carmona y Francisco Sautua	
9. Caracterización y manejo de plagas animales _____	109
Dora Carmona, Pablo Manetti, María C. Tulli, Carla Salvio y Ariel J. Faberi	
10. Manejo del cultivo de trigo en distintas regiones _____	123
10.a Región Pampeana Central	
Jorge A. Fraschina	
10.b Región Sudeste de Buenos Aires	
Pablo Calviño y Guillermo A. Divito	
10.c Noroeste de Buenos Aires y Este de La Pampa	
Cristian Álvarez y Mirian Barraco	
10.d Uruguay	
Esteban Hoffman y Oswaldo Ernst	
11. Eficiencia en la cosecha de trigo _____	143
Santiago N. Tourn	
12. Almacenamiento y acondicionamiento de trigo _____	152
Ricardo Bartosik, Bernadette Abadía, Leandro Cardoso, Diego de la Torre y Gisele Maciel	
13. Calidad, molienda y panificación de trigos _____	172
Miguel J. Cardos, Leda E. Campaña y Pablo E. Abbate	
14. ¿Y tranqueras afuera? Consideraciones para la comercialización _____	194
Javier Bujan	
Anexos _____	198

Capítulo XI: Eficiencia en la cosecha de trigo

Santiago Tourn

Unidad Integrada Balcarce. EEA INTA-FCA UNMP, Buenos Aires, Argentina.

Situación actual de la cosecha de trigo en Argentina

En la última campaña 2016/17, fueron efectivamente recolectadas por máquinas cosechadoras 15 millones de toneladas de trigo. Sin embargo, si a ese número se le suma los granos que quedaron en los lotes la cifra aumentaría, como mínimo, 700.000 toneladas. Si bien esta situación ha mejorado en la última década, se repite cada año y justifica un mayor esfuerzo de inversión, capacitación y concientización hacia la búsqueda de una rápida solución. Es necesario comprender mejor el papel de la cosechadora de granos en la producción agrícola, como una integrante más del ciclo y la importancia de adquirir conocimientos sobre los factores que la afectan y la forma de hacerlos más eficientes.

Mercado de cosechadoras

Durante el año 2016 se vendieron en Argentina 860 cosechadoras, con mayor tamaño y equipamiento que en 2015 y 2014. Esto indica un volumen de inversión en dólares superior al 50% respecto del 2015 (622 máquinas cosechadoras) y 65% respecto del 2014 (636 máquinas de menor costo que 2015). El aumento marcado de ventas en 2016 respecto al 2015, fue generado por la disponibilidad de máquinas en tiempo y forma y por la disminución de los límites de importación por balanza comercial (que predominaron en el 2015). Durante el 2016 se vendieron menos máquinas nacionales que en 2015, alcanzando éstas últimas sólo el 5% del mercado. Las máquinas vendidas en el 2016 presentaron, en general, un aumento de tamaño, potencia y carga tecnológica (Tabla 1).

Tabla 1. Tendencias de los sistemas de las cosechadoras comercializadas. Fuente: Bragachini y Sánchez, 2016.

Sistema de la Cosechadora	Tendencia
Sistema de Trilla	Aumento de capacidad de trilla (trilla axial y aceleradores más eficientes).
Sistema de Limpieza	Aumento del área de zarandas y sistema de distribución uniforme del viento
Sistema de corte y recolección	Predominancia de cabezales flexibles integrales para soja/trigo/sorgo de gran ancho labor de trabajo. Sistemas Drapper de gran ancho de labor (hasta 49 pies) Molinetes de tipo orbitales, con dientes "patas de ganso" y memorias electrónicas.
Sistema de Almacenamiento	Aumento de capacidad de tolva (11000 L a 14000 L)
Sistema de rodadura	Aumento de ancho y alto de neumáticos, con carcasa radial y baja presión de inflado. Uso de bandas de caucho (orugas) en cosechadoras de más de 400 CV
Sistema Electrónico	Cosechadoras equipadas con monitor de rendimiento, auto-guía satelital, sensores para auto-regulación de trilla, separación y limpieza en tiempo real, sensores de calidad y trazabilidad de productos.
Motores	Preparados para cumplir normas de polución y de funcionamiento con mayor porcentaje de biodiesel y baja emisión de gases de escape.

Estimaciones de las eficiencias de cosecha

En la campaña 2016 de trigo, se cosecharon aproximadamente unas 4.7 millones de ha con un rendimiento promedio de 3270 kg ha⁻¹. Si se mantienen las pérdidas promedio nacionales de cosecha de años anteriores (115 kg ha⁻¹), quedaron en el suelo aproximadamente 700.000 kg de trigo que representarían U\$S 116.2 millones. Si bien es imposible actualmente recuperar la totalidad del grano perdido, con simples ajustes a los sistemas de las cosechadoras se podría recuperar un 30% de tales pérdidas, que representarían un ingreso extra de U\$S 37.9 millones (**Tabla 2**). Estas cifras justifican la realización de esfuerzos de inversión, capacitación y concientización de contratistas y productores con el objetivo de hacer más eficiente la cosecha de granos. Los niveles de pérdidas promedio citados anteriormente son superiores a las tolerancias fijadas por INTA (**Tabla 3**). Reducir un 30% la pérdida permitiría acercarnos a dichas tolerancias, logrando una muy alta eficiencia de cosecha.

En el 2016, gran superficie del cultivo de trigo en el sudeste de la provincia de Buenos Aires sufrió sequías en fin de ciclo y heladas en floración y llenado de granos. Estas condiciones hicieron problemática la cosecha. Los bajos volúmenes de material que ingresaban a las cosechadoras y el bajo peso específico del grano generaron que los sistemas de la cosechadora funcionen a capacidad sub-óptima y se registren pérdidas extremas de 600 a 700 kg ha⁻¹. Relevamientos realizados por técnicos del Módulo de Cosecha de Granos de INTA, arrojaron que en promedio de 17 máquinas cosechadoras evaluadas en el sudeste Bonaerense se perdieron 400 kg de trigo ha⁻¹. Estos valores son alarmantes y muy superiores las tolerancias fijadas para este cultivo (**Tabla 3**).

Tabla 2. Estimaciones de pérdidas de trigo promedio para la campaña 2016. Fuente: INTA PRECOP.

Superficie cosechada (ha)	Pérdidas estimadas (kg/ha)	Pérdidas estimadas (t)	Valor (U\$S/t)	Pérdidas (U\$S)	30% pérdidas (U\$S)
4.660.000	115	700.000	166,06	116.242.000	37.872.600




Tabla 3. Origen de las pérdidas, pérdidas promedio nacional y tolerancias de pérdidas fijadas para el cultivo de trigo. Fuente: INTA PRECOP.

Origen de las pérdidas	Pérdidas promedio nacional estimado (kg ha ⁻¹)	Pérdidas promedio sudeste Bs As 2016 (kg ha ⁻¹)	Tolerancias (kg ha ⁻¹)
Pre-cosecha	15	10	0
Cosechadora	100	390	80
Total Pérdidas	115	400	80
Cabezal	52	50	40
Cola	48	340	40

1. Método de evaluación de pérdidas de cosecha

La evaluación de pérdidas de cosecha es una tarea sencilla y de muy bajo costo. En la **Tabla 4** se presentan los elementos mínimos necesarios para las evaluaciones.

Tabla 4. Elementos mínimos necesarios para la determinación de pérdidas de cosecha

ELEMENTOS	
Aros de 56 cm de diámetro:	
Abierto para determinación de pérdidas de pre-cosecha	
Ciegos para determinación de pérdidas por cosechadora	
Balanza de precisión (peso mínimo 1 g)	
Vaso medidor desarrollado por INTA	

1.1. Determinación de pérdidas de pre-cosecha

La determinación de pérdidas de pre-cosecha se realiza colocando, al azar en el cultivo sin cosechar, con cuidado de no quebrar espigas y/o tallos, cuatro aros de alambre de 56 cm de diámetro (1/4 m² c/u) (Figura 1). Se recolectan granos sueltos, espigas caídas y/o plantas volcadas que se consideren que no serán captadas por el cabezal de la máquina. Se pesan o cuentan los granos obtenidos en los cuatro aros y se determinan los kg ha⁻¹. Se debe tener en cuenta que aproximadamente 333 granos observados en 1 m² representan 100 kg ha⁻¹. En el caso de que se pesen los granos, debe considerarse que cada gramo de grano pesado por m² representa 10 kg grano ha⁻¹. Es importante repetir esta determinación en diferentes zonas del lote donde se van a medir las pérdidas por cosechadora.

Estimaciones de pérdidas:

Por recuento de granos: 333 granos en 1 m² representan 100 kg ha⁻¹.

Por peso de granos: 1 g en 1 m² representa 10 kg ha⁻¹

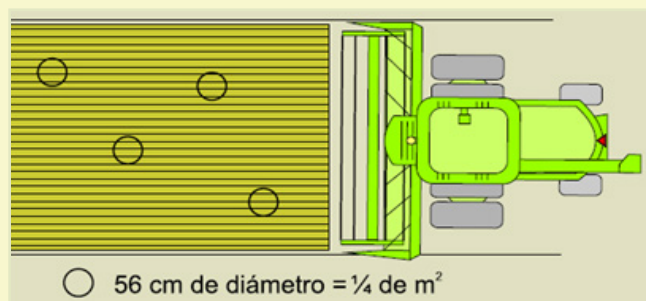


Figura 1. Esquema demostrativo de evaluación de pérdidas de pre-cosecha. Cada círculo vacío representa un aro de alambre. Fuente: INTA PRECOP.

1.2. Determinación de pérdidas por cosechadora

La determinación de pérdidas por cosechadoras se debe realizar con aros ciegos (con fondo) de $\frac{1}{4}$ m² cada uno. Si la máquina presenta desparramador y esparcidor, se realiza arrojando 4 aros ciegos en el piso luego que pasó el cabezal de la máquina y antes de que pase el eje trasero y el esparcidor de residuo de la misma. Tres de los cuatro aros ciegos se colocan entre la rueda y el separador lateral del cabezal, en el ancho de trabajo del cabezal y antes del paso del desparramador de residuo. El cuarto aro se coloca por debajo de la máquina, lo más al centro posible del cajón de zarandas (Figura 2). Esto es importante que se cumpla, porque de esta forma se muestrea un sector de la máquina donde está el mayor porcentaje de pérdidas por cabezal y cola.

Luego del paso de la máquina se recolectan los granos que quedaron sobre los 4 aros. Estos granos son considerados pérdidas por cola, generadas por los sistemas de trilla y/o separación y/o limpieza. Se cuentan o pesan los granos y se determinan las pérdidas producidas por cola. Los granos y espigas que se encuentran debajo de los aros ciegos se recolectan y se cuentan o pesan. Estas pérdidas son las producidas naturalmente (pre-cosecha) y las producidas por el cabezal. Por lo tanto, para obtener el valor de pérdidas por cabezal, se debe restar al valor obtenido debajo de los aros, el valor estimado de pre-cosecha (Tabla 5).

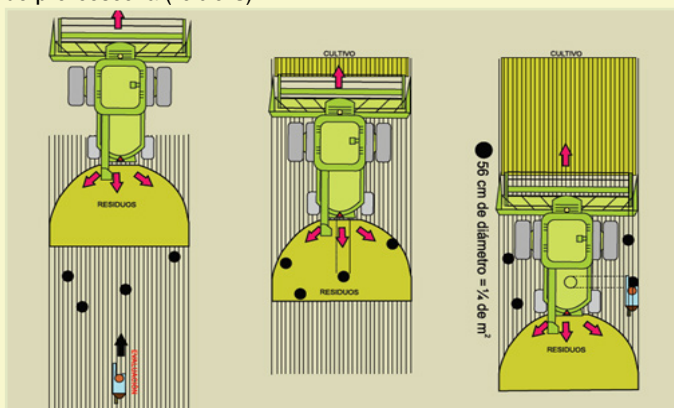


Figura 2. Esquema demostrativo (derecha a izquierda) de la determinación de pérdidas por cosechadora (cola y cabezal) para trigo. Los círculos llenos representan los aros ciegos utilizados. Fuente: INTA PRECOP

Si el análisis de las pérdidas arroja valores superiores a las tolerancias (Tabla 4), se deben determinar las causas y realizar las regulaciones junto con el operario hasta lograr disminuirlas, siempre que el cultivo lo permita.

Tabla 5. Origen de las pérdidas de cosecha y forma de determinación.

Determinación	Metodología
Pérdidas Pre-cosecha	Pesar o contar granos dentro de los 4 aros
Pérdidas por Cola	Pesar o contar granos sobre los 4 aros ciegos
Pérdidas por Cabezal	Pesar o contar granos debajo de los aros ciegos y restarle las pérdidas de pre-cosecha
Pérdidas por Cosechadora	Suma de las pérdidas por cola y cabezal
Pérdidas Totales	Suma de las pérdidas por cosechadora más pre-cosecha.

2. Aumento de la eficiencia de cosecha

El aumento de la eficiencia de cosecha de trigo se basa en puntos clave de manejo que deben conocerse para poder actuar sobre los mismos. Es un trabajo conjunto entre técnicos, productores y contratistas.

2.1. Momento de cosecha

Cosechar en el momento oportuno previene que fuentes de pérdidas naturales se manifiesten en gran medida y aumenta la eficiencia de los sistemas de la cosechadora, resultando en menores pérdidas. A partir de que el cultivo de trigo llega a madurez fisiológica (30% humedad del grano) comienza el proceso de secado y aumentan progresivamente las pérdidas de pre-cosecha (vuelcos, desgrane por pájaros, etc.), la infestación de malezas y otras adversidades.

El momento oportuno de cosecha está definido por una serie de factores económicos y técnicos como la disponibilidad de equipos de cosecha, presencia de malezas de fin de ciclo, riesgos climáticos, capacidad de acopio en el campo o en la zona, y humedad máxima tolerada para el almacenamiento seguro en el campo, entre otros.

La máxima eficiencia del sistema de trilla y separación de la máquina se logra cuando se cosecha con 16%-17% de humedad del grano, produciéndose el mínimo desgrane por cabezal y mínimo triturado del material no grano, favoreciendo la trilla, la limpieza y la separación (**Figura 3**). Sin embargo, cosechar con estos niveles de humedad no es seguro para el almacenamiento del grano y requerirá un proceso de secado y acondicionamiento con un costo alto. Ante estos impedimentos, se recomienda comenzar la cosecha con 14% de humedad del grano, ya que en las horas centrales del día el contenido de humedad disminuirá y las partidas de trigo presentarán un nivel inferior al del inicio.

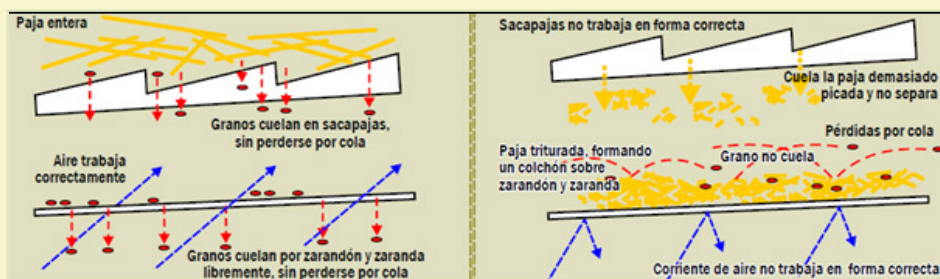


Figura 3. Esquemas de una situación ideal de separación y limpieza (izquierda) y una situación con el cultivo muy seco o el cilindro mal regulado. Fuente: INTA PRECOP.

2.2. Velocidad de avance de la cosechadora

Es motivo de muchos estudios en el mundo detectar como afecta la velocidad de avance a las pérdidas producidas por la cosechadora. Una forma de estimar la velocidad óptima de cosecha es a partir de la cantidad de material procesado por la cosechadora por unidad de tiempo ($t\ h^{-1}$). Esto se conoce como **Índice de Alimentación de Grano (IAG)** y, para un mismo ancho de labor y rendimiento, aumenta cuando se aumenta la velocidad de avance.

El **Índice de Alimentación de Grano (IAG)** óptimo hace referencia a las $t\ h^{-1}$ que la máquina puede procesar sin que se superen los $80\ kg\ ha^{-1}$ de pérdidas tolerables.

La regulación del IAG óptimo se puede realizar fácilmente con el monitor de rendimiento de la máquina cosechadora y la determinación de pérdidas de cosecha. El monitor de rendimiento permite detectar las $t\ h^{-1}$ que van ingresando a la tolva de la máquina y una vez definido el IAG óptimo, el operario aumentará la velocidad de avance cuando el IAG disminuya respecto al límite fijado o la disminuirá

cuando el flujo de granos en $t\ h^{-1}$ aumente respecto a dicho límite. Actualmente existen máquinas cosechadoras con la capacidad de variar automáticamente la velocidad de avance ante situaciones que modifiquen el IAG fijado. En la **Tabla 6** se presentan resultados de ensayos de IAG sobre diferentes máquinas cosechadoras.

Tabla 6. Variación del Índice de Alimentación de Grano y pérdidas de cosecha con la velocidad de avance en tres diferentes clases de máquinas. ¹ INTA PRECOP 2006; ² Tourn, S. 2016, (inédito).

Clase Cosechadora	Velocidad ($km\ h^{-1}$)	IAG ($t\ h^{-1}$)	Pérdidas totales ($kg\ ha^{-1}$)
IV ¹ (180 a 214 CV)	4	12	14
	6	18	55
VI ¹ (268 a 322 CV)	6	22	45
	8	28	450
VII ² (323 a 374 CV)	5,5	37	75
	7,5	44	600

2.3. Configuración del cabezal triguero

El cabezal triguero es un punto clave que define la eficiencia de cosecha de trigo. Las nuevas tendencias de cabezales se basan en modificaciones en el molinete, sistema de corte y sistema de entrega de material al embocador con el objetivo de adaptarse a las distintas condiciones de cultivo.

Algunas recomendaciones para evitar las pérdidas por cabezal y mejorar la entrega del material al interior de la máquina se presentan a continuación:

- Barra de corte:
 - o Comenzar la campaña con cuchillas y puntones en excelente estado.
 - o Reponer cuchillas y puntones gastados o rotos en el transcurso de la campaña de cosecha.
 - o Ajustar la velocidad de avance sin sobrepasar la óptima requerida para cada sistema de corte. (3" x 3" hasta 6.5 $km\ h^{-1}$; 4" x 2" hasta 7.0 $km\ h^{-1}$).
 - o Elegir la altura de corte tratando de captar la totalidad de las espigas.
- Molinete:
 - o Regular altura y velocidad según condición de cultivo, evitando que se despidan espigas fuera del cabezal y que se golpeen agresivamente las espigas con los dedos provocando desgrane.
 - o Utilizar molinetes orbitales permite un entrega más pareja al sinfín, eliminando el punto ciego entre molinete y sinfín que se produce con molinetes de movimiento circular.
- Alimentación:
 - o El uso de sinfines con dedos retráctiles huecos en todo su ancho de trabajo favorece una alimentación más pareja al embocador.
 - o El uso de alimentadores de lona (*drapper*) permiten proveer al embocador el material dispuesto en el mismo sentido, lo cual posibilita aumentar el rendimiento de la máquina en un 15%. Generando mayor uniformidad a la trilla, a la separación y la limpieza y generando un consumo de potencia más parejo, respecto al sistema sinfín.

2.4. Configuración de sistema de trilla, separación y limpieza

Estos tres sistemas definen el resultado final de las pérdidas obtenidas por la cola de la máquina y gran parte del éxito de la cosecha de trigo.

La correcta calibración de estos sistemas dependerá del estado de los órganos involucrados, del estado del cultivo y del tipo de cosechadora. En las **Tablas 7 y 8** se presentan las principales regulaciones de los sistemas de trilla, separación y limpieza. Estas configuraciones son orientativas y pueden utilizarse al momento de iniciar la cosecha e ir modificándolas hasta obtener la mejor eficiencia de trilla posible.

Tabla 7. Principales regulaciones del sistema de trilla convencional para la cosecha de Trigo (orientativos). Fuente: INTA PRECOP

Condición de Cultivo	Velocidad del cilindro (RPM)				Separación Cilindro Cóncavo (mm)		Separación entre alambres (mm)
	510 mm diámetro	560 mm diámetro	610 mm diámetro	660 mm diámetro	Adelante	Atrás	
Seco (<14% humedad)	895	815	750	692	20	14	5 a 8
Húmedo (>14% humedad)	1315	1200	1100	1015	10	7	

Tabla 8. Principales regulaciones del sistema de trilla axial para la cosecha de trigo (orientativos). Fuente: INTA PRECOP.

Estado del Cultivo	Velocidad Cilindro (RPM) (750 mm diámetro)	Muelas	Cóncavos
Seco (<14% humedad)	400	Dentadas (revisar estado)	Alambres finos
Húmedo (>14% humedad)	610		Alambres finos o gruesos

El sistema de limpieza puede regularse al inicio de la cosecha siguiendo las siguientes recomendaciones:

- Recorrer una distancia representativa con la máquina cosechando y detener la marcha.
- Cerrar las cribas de zarandón y colocar una muestra de grano cosechado
- Abrir cuidadosamente el zarandón hasta que todos los granos caigan a la zaranda. Por ejemplo, 8mm.
- Abrir la zaranda 8mm, el zarandón un 50% más (12 mm) y el prolongador del zarandón un 100 más (16 mm).
- Continuar con la cosecha y observar el material recogido en la tolva y determinar las pérdidas por la cola de la máquina.

Otras recomendaciones para lograr alta eficiencia de limpieza:

- Mantener un espesor de material uniforme en todo el recorrido del zarandón.
- Cuando la alimentación es abundante (condiciones normales), el zarandón debe estar bien horizontal
- Con poco volumen de material la posición de éste debe ascender progresivamente hasta lograr una capa uniforme en toda su longitud. Si no se logra un eficiente colado, se envía mucha cantidad de granos limpios a la retrilla, aumentando el daño por partido y graves pérdidas por sacapajas.
- Se considera aceptable hasta un 10 % de grano limpio en el retorno
- Si el retorno está cargado de pajas largas y muchas puntas de espiga, se debe corregir la trilla y aumentar el caudal de aire del ventilador.

2.5. Limpieza de cosechadora para eliminar malezas

Evitar la diseminación de semillas de malezas en los lotes por medio de cosechadoras es otro punto clave en la **Eficiencia de Cosecha**. Signos de diseminación de semillas por cosechadoras pueden ser:

- Aparición de malezas resistentes de una campaña a otra
- Aparición de manchones en forma lineal por donde transitó la cosechadora
- Manchones de malezas por donde se ingresó a cosechar.

La limpieza de las máquinas debe realizarse al finalizar la cosecha de un lote o al llegar la máquina al lote y en sectores donde no puedan desarrollarse las malezas y se puedan recolectar y quemar los residuos.

Guía Rápida para la limpieza de máquinas:

- Generar flujo de aire con una sopladora desde las zonas altas de las máquinas hacia las bajas
- En máquinas convencionales es muy importante limpiar adecuadamente el sacapajas, donde es común que queden adheridas inflorescencias de malezas.
- Limpiar el sistema de zarandas
- Destapar y limpiar zonas de acumulación de semillas como los sinfines de retrilla y de grano limpio
- Destapar las norias de retrilla y de grano limpio para poder eliminar las semillas.
- Una vez realizadas las tareas de limpieza por flujo de aire: poner en funcionamiento la cosechadora (todos los sistemas), acelerar a régimen normal de trabajo, colocar el variador de velocidad de ventilador al máximo, hacer funcionar el sistema de descarga y revisar zonas críticas nuevamente.

3. Recomendaciones para evitar incendios en cosecha

Anualmente se queman unas 40 máquinas cosechadoras en Argentina. En 2016, el sur de la provincia de Buenos Aires y la provincia de La Pampa presentaron condiciones ambientales que favorecieron que se generaran una cantidad anormal de incendios de máquinas y cultivos. Prevenir los incendios es una tarea que se debe realizar entre productores, asesores, contratistas y demás actores de la cosecha. A continuación, se presenta un listado de recomendaciones para prevenir y extinguir incendios en cosecha:

- Evitar realizar la cosecha en momentos del día bajo condiciones ambientales que provoquen alto riesgo de incendios. (Temperatura mayor 35°C, humedad relativa menor a 35% y velocidad del viento mayor a 35 km h⁻¹).
- Limpiar con sopladora, al menos tres veces al día, sitios de acumulación de granza como el motor, sistema de admisión de aire, zonas de rodamientos y piezas con fricción.
- Avanzar de forma contraria a la dirección del viento para evitar la acumulación de material en la zona de admisión del motor.
- Cubrir la salida de los tubos de escape de los tractores y cosechadoras con mallas metálicas que impidan la salida de chispas de gran tamaño o carbones encendidos.
- Cubrir los tanques de combustible con tela ignífugas. Esto disminuye el riesgo de que se prolongue un incendio hacia allí.
- Evitar y solucionar toda pérdida de aceite y/o gasoil del motor de la cosechadora y tractor. La granza se adhiere fácilmente a restos de lubricantes generando puntos de posibles incendios.
- Llevar en las máquinas cosechadoras y los tractores extinguidores de polvo acorde al área de incendio de cada uno. Asimismo, cargar envases de agua con gas o tanques de agua con bomba eléctrica para poder llegar a rodamientos sobrecalentados o focos de incendio en lugares de difícil acceso para extinguidores.
- Proteger la cercanía del motor y del sistema de turbo de cualquier acumulación de material.
- En lo posible cargar los camiones o bien armar silo bolsa en zonas sin rastrojo y alejados del lote en cuestión.
- Si es posible, cosechar primero la cabecera del lote y emplear una herramienta de labranza (ras-tras de discos) para generar contrafuegos ante un incendio. Disponer de la herramienta durante todo el periodo de cosecha.
- Comunicar y controlar que no se fume en la zona de trabajo, es una causa muy común de inicio de incendios.
- Registrar los números de teléfono de los Bomberos Voluntarios y Policía y comunicarse rápidamente ante un foco de incendio.

Bibliografía

Bragachini, M.; Peiretti, J.; Sánchez, F. 2012. Capacitación en cosechadoras y eficiencia de cosecha de soja. Ediciones INTA. 131p.

Bragachini, M.; Peiretti, J. 2007. Aumentos de la eficiencia de cosecha de trigo. Actualización Técnica N° 46. Ediciones INTA. 30p.

Bragachini, M.; Sánchez, F. 2016. La maquinaria agrícola en Argentina: una mirada prospectiva al 2025. Ediciones INTA. En línea:

<http://www.cosechaypostcosecha.org/data/articulos/maquinaria/LaMaquinariaAgricolaArgentinaMiradaProspectiva2025.asp>

Dencker, C. 1966. Manual de Técnica Agrícola. Barcelona. Edit. Omega S.A. 3ra. Parte. Capítulo VII.

Kepner, R.A.; Bainer, R.; Barger, E.L. 1978. Principles of Farm Machinery. Tercera Edición. AVI Publishing Company. Capítulo 17.

Lanfranconi, L.; Bragachini, M.; Peiretti, J.; Sánchez, F.; Urrets Zavalía, G. 2014. Guía de limpieza de cosechadoras. Actualización Técnica N° 86. Ediciones INTA.

Márquez, L. 2014. Maquinaria Agrícola para la Recolección. Capítulo II. Granos y Semillas. 125p.

Ortiz-Cañavate, J. Las Máquinas Agrícolas. 2003. 6ta. Edición. Ediciones Mundi-Prensa. Referencia 84-8476-117-7.

Tourn, S. 2016. Recomendaciones para prevenir incendios en cosecha. Informe técnico. Ediciones INTA. En línea:

<http://www.cosechaypostcosecha.org/data/articulos/cosecha/Incendios-En-Cosecha-Prevenir-antes-que-Lamentar.asp>

Wilkinson, R; Braunbeck, O. 1977. Elementos de Maquinaria Agrícola. Tomo II. Boletín de Servicios Agrícolas de la FAO Nro. 12. FAO. Capítulo 16, pp. 121-154.