

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.



# Manual del Cultivo de Trigo

Editores:  
*Guillermo A. Divito y Fernando O. Garcia*



## 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.gob.ar

### Pablo E. Abbate

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

### Cristian Álvarez

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

### Fernando Aramburu Merlos

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

### Mirian Barraco

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

### Ricardo Bartosik

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

### Dora Carmona

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

guillermomodivito@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 República. 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



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

# Capítulo I: El trigo, su difusión, importancia como alimento y consumo

**Pablo E. Abbate**

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

## Difusión del cultivo de trigo

El trigo es un cereal originario del oeste de Asia que se cultiva desde hace más de 6000 años. Actualmente constituye el cultivo más difundido en el mundo abarcando una superficie cosechada de 219 millones de ha por año (**Figura 1a**), seguido por el maíz (177 millones ha), el arroz (162 millones ha) y la soja (108 millones de ha). Estos cuatro cultivos cubren el 50% de la superficie cosechada mundial. Desde el punto de vista productivo, el trigo ocupa el cuarto lugar a nivel mundial luego de la caña de azúcar, el maíz y el arroz con cáscara (**Figura 1b**). Si se computa solamente la producción que podría utilizarse como alimento humano (descontando la fracción no comestible, p.ej. la cáscara del arroz), el trigo ocupa el segundo lugar luego del maíz (**Figura 1c**). Sin embargo, como la mayor parte del maíz se utiliza como alimento forrajero, actualmente el trigo constituye el principal alimento humano seguido por el arroz, la papa, la soja y el maíz.

Si bien en 120 de los 193 países reconocidos por las Naciones Unidas se produce algo de trigo, según los datos de la FAO (FAOSTAT, 2017), la mayor parte se siembra y produce entre los 35° y 55° de latitud del hemisferio norte y entre los 25° y 45° de latitud en el hemisferio sur (**Figura 2a y b**). En este hemisferio, la producción de trigo llega al límite norte de la Patagonia en Argentina, la Región XI en Chile, la isla de Tasmania en Australia y hasta la región más austral (Southland) en Nueva Zelanda. Sin embargo, en el hemisferio norte se siembra el 90%, se produce el 93% y se consume la mayor parte del trigo mundial (promedio del período 2012-2014, FAOSTAT, 2017). Uno de los motivos de la diferencia de difusión entre hemisferios se debe a que en el hemisferio sur hay 58% menos superficie continental entre las latitudes en que se cultiva el trigo. Otro motivo es la diferencia de rendimiento entre hemisferios (**Figura 2c**). Actualmente, la mayor parte de la producción de trigo se obtiene con rendimientos entre 2 y 7 t ha<sup>-1</sup>, lográndose los mayores rendimientos sin riego en el hemisferio norte, particularmente en Europa (**Figura 2c**). Los rendimientos más altos obtenidos en el hemisferio sur se dan en Chile y Nueva Zelanda. Tal como muestra la **Figura 2c**, pueden obtenerse altos rendimientos (mayores a 7.6 t ha<sup>-1</sup>) en latitudes medias a bajas de China, India, México y algunos países africanos por medio de riego.

Si bien el trigo tiene menor tolerancia al anegamiento que el arroz, menor tolerancia a la salinidad que la cebada y menor tolerancia a la sequía que el centeno, se ha difundido más que esos cereales como alimento humano. ¿A qué se debió su amplia difusión? Se pueden distinguir características ecológicas que favorecieron la difusión del cultivo y características del grano que lo hicieron máspreciado que el de otras especies vegetales. Las principales características ecológicas que favorecieron la difusión del trigo son:

- Buena adaptación a la mayor parte de los suelos agrícolas del mundo.
- El crecimiento del cultivo tiene un rango amplio de temperatura óptima, debido al rango amplio de temperatura óptima de la fotosíntesis, entre 10 y 20°C.

## Brechas de rendimiento de trigo en Argentina

Fernando Aramburu Merlos<sup>1</sup> y Juan Pablo Monzon<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Unidad Integrada Balcarce EEA, INTA - FCA, UNMdP

Balcarce, Buenos Aires, Argentina

La brecha de rendimiento es la diferencia entre dos niveles de rendimiento: el logrado por los productores y uno máximo de referencia. Para cultivos bajo riego, el límite superior es el rendimiento potencial (rendimiento de un cultivar que crece en un ambiente para el cual está adaptado, sin limitaciones hídricas ni nutricionales, libre de plagas y enfermedades). En regiones donde predominan cultivos de secano expuestos a estreses hídricos periódicos es más propicio utilizar el rendimiento potencial en secano (limitado sólo por el agua disponible) como referente para la estimación de brechas (**Figura 1**). El tamaño de las brechas de rendimiento puede tomarse como una aproximación de la capacidad de producción de grano sin explotar de una región, y da una idea del nivel tecnológico con el que se producen los cultivos.



**Figura 1.** Marco conceptual en el cual hay tres niveles de rendimiento: potencial (izquierda), potencial en secano (centro) y logrado por los productores (derecha). La diferencia entre estos dos últimos niveles representa la brecha de rendimiento en condiciones de secano.

Para cuantificar las brechas de rendimiento de trigo en Argentina se seleccionaron 16 localidades situadas en zonas relevantes para la producción, para las cuales se estimó el rendimiento potencial en secano utilizando modelos de simulación de cultivo calibrados localmente (**Figura 2a**). Las simulaciones se basaron en datos locales de clima, suelo y manejo de cultivo. Las estimaciones de rendimiento se realizaron primero a nivel de localidad y luego se extrapolaron a nivel de región y país, basándose en la distribución del área cosechada de trigo, y utilizando como marco zonas agroclimáticas homogéneas (**Figura 2a**). Las zonas climáticas donde se encuentran las localidades seleccionadas cubren más del 75% del área total de trigo Argentina.

El rendimiento promedio de trigo en la Argentina es de  $3020 \text{ kg ha}^{-1}$ , mientras que la brecha de rendimiento es de  $2140 \text{ kg ha}^{-1}$ , es decir del 41% del rendimiento potencial en secano, el cual es  $5160 \text{ kg ha}^{-1}$ . Los mayores rendimientos potenciales de trigo en condiciones de secano se encuentran en la región SE de Bs. As. (hasta  $7200 \text{ kg ha}^{-1}$ ), decreciendo fuertemente en dirección noroeste debido a un aumento en la frecuencia de estrés hídrico y en la temperatura media durante el período crítico

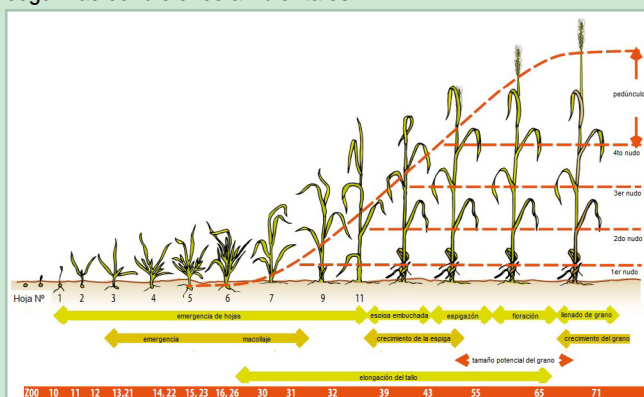
## Capítulo II: Como crece y se desarrolla el cultivo de trigo

Pablo E. Abbate<sup>1</sup> y Guillermo A. Divito<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Unidad Integrada Balcarce. EEA INTA-FCA UNMP, Buenos Aires, Argentina.

<sup>2</sup> Asesor privado. AAPRESID, Asistente Tecnico Regional Necochea, Buenos Aires, Argentina.

**D**urante el ciclo del cultivo ocurren dos procesos simultáneos: crecimiento y desarrollo. El crecimiento involucra aumento de la biomasa, mientras que el desarrollo hace referencia a la sucesión de estados morfológicos o fisiológicos que se presentan durante el ciclo de vida del cultivo. Ambos procesos están regulados genéticamente e influenciados por el ambiente. Por ello, el patrón de crecimiento y la sucesión de los estados de desarrollo (fenología) puede diferir entre variedades y, dentro de ellas, según las condiciones ambientales.



**Figura 1.** Crecimiento, desarrollo y definición de los componentes de rendimiento de trigo. Los estados fenológicos se definen según la escala Zadoks. Basado en M Stapper, 2007. Tomado de PROCOP (2008) © Department of Primary Industry, State of New South Wales, Australia.

La correcta identificación de los estados de desarrollo del cultivo es sumamente relevante para definir el manejo agronómico del mismo. En este sentido, las escalas fenológicas proveen una referencia común para describir la sucesión de éstos.

### Escala de Zadoks

La escala de Zadoks (Zadoks et al., 1974) es la más utilizada para describir los estados morfológicos externos en trigo. Divide el ciclo del cultivo en 10 estados principales (0, 1, 2..., 9) y, dentro de ellas, en 10 estados secundarios (0, 1, 2..., 9). Clásicamente, cada estado individual de la escala se indica con el prefijo DC (código decimal) seguido por un número de dos dígitos formado por la unión del estado principal y el secundario. Así, DC55 corresponde al estado principal 50 (espigazón) y a la etapa secundaria 5 (50% de la inflorescencia emergida). No obstante, actualmente se ha comenzado a admitir el uso del prefijo Z (Zadoks) en lugar de DC, por ejemplo: Z55.

Existen algunas consideraciones de importancia para el uso de esta escala:

- 1) La escala se creó para utilizarla en todos los cereales. Como consecuencia de ello, algunos de los estados de la escala no tienen significancia en trigo, por ejemplo Z38 (estado intermedio entre hoja bandera visible y hoja bandera expandida).
- 2) En trigo, los estados posteriores a Z39 se definen con números impares.



## Capítulo III: Bases ecofisiológicas del manejo del cultivo de trigo en la región pampeana

**Pablo E. Abbate**

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

En este capítulo se analiza el crecimiento del cultivo y la generación del rendimiento, prestándole especial atención a las particularidades de la región triguera argentina. En primer lugar, se analizan la producción de peso seco y la de grano por unidad de superficie en ambientes potenciales, es decir en ausencia de limitaciones de agua, nutrientes y adversidades climáticas y sanitarias. Luego se considera cuáles son las prácticas de manejo adecuadas (fecha y densidad de siembra) y los requerimientos de nutrientes y agua que permiten alcanzar el rendimiento potencial ( $RTO_p$  en  $kg\ ha^{-1}$ ) de cada ambiente, y el efecto de las deficiencias de estos recursos. Las variaciones de rendimiento dentro de la región pampeana argentina se analizan comparando los cuatro megambientes climáticos más característicos en temperatura y disponibilidad de agua durante el cultivo de trigo: Balcarce (fresco y húmedo), Bordenave (fresco y seco), Pergamino (templado y húmedo) y Manfredi (templado y seco). Este trabajo es una actualización de Abbate et al. (1994); Abbate (2004) y Abbate y Lázaro (2010). A través de todos estos análisis se priorizó la presentación de información local y la mínima presentación de referencias bibliográficas. Se espera que este análisis contribuya lograr un manejo del cultivo más racional y eficiente.

### CRECIMIENTO DEL CULTIVO

El análisis cuantitativo del crecimiento de un cultivo (Monteith, 1972), considera a la “tasa de crecimiento del cultivo” ( $TCC$  en  $g\ m^{-2}\ d^{-1}$ ; e.d. el aumento del peso seco aéreo del cultivo por unidad de superficie y de tiempo) como el producto entre:

- La “radiación fotosintéticamente activa” que incide sobre el cultivo (**RFA** en  $MJ\ m^{-2}\ d^{-1}$ ), e.d. la radiación solar capaz de generar actividad fotosintética, la cual equivale aproximadamente al 50% de la radiación solar total.
- La “eficiencia de intercepción” de la radiación incidente (**EIR** en  $MJ\ MJ^{-1}$ ), e.d. la proporción de la RFA incidente que es interceptada por el cultivo.
- La “eficiencia de uso de la radiación” (**EUR** en  $g\ MJ^{-1}$ ), e.d. la cantidad de peso seco que el cultivo produce por unidad de radiación interceptada.

Así,

$$(1) \quad TCC = RFA \cdot EIR \cdot EUR$$

A su vez, la EIR habitualmente se describe por medio de una función exponencial de dos parámetros basada en la Ley de Beer-Lambert de transmisión de la luz (Monsi y Saeki, 1953):

$$(2) \quad EIR = 1 - e^{-k \cdot IAV}$$

donde  $e=2,72$  es la base de los logaritmos naturales, **IAV** ( $m^2$  de hojas  $m^{-2}$  de suelo) es el índice de área verde y **k** es un coeficiente de extinción lumínica adimensional.

## Capítulo IV: Cambios recientes y perspectivas futuras en las variedades de trigo de mayor difusión en Argentina

**Lisardo González**

*Director Técnico de Buck Semillas*

Las variedades disponibles en el mercado condicionan, según sus características, el rendimiento alcanzable, la calidad comercial e industrial del grano y, a su vez, determinan el manejo agronómico del cultivo. En este sentido, durante los últimos 20 años, han ocurrido cambios significativos en las características de las variedades de trigo predominantes en Argentina. El objetivo de este capítulo es describir los hechos más relevantes, que se sintetizan en: 1) la introducción de las primeras variedades francesas de alto potencial de rendimiento hacia finales de la década de 1990, y 2) la difusión de materiales franceses y sus cruza, con mejoras en parámetros de calidad y sanidad, que se produjo hacia mediados de la década del 2000. Asimismo, se describirá brevemente cuáles son las perspectivas futuras de la oferta de variedades, tanto para trigo pan, como para candeal y trigo blando.

### La difusión de las variedades francesas

Durante las décadas de 1980 y 1990, las variedades de mayor difusión en Argentina fueron producto de la colaboración entre programas de mejoramiento de criaderos nacionales y el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). Estas líneas de genética “mexicana” llegaron a cubrir más del 80% del mercado nacional y se caracterizaban por el buen potencial de rendimiento, la buena aptitud comercial e industrial y el buen perfil sanitario.

Desde comienzos de la década de 1990 hubo intentos de introducir variedades de alto potencial de rendimiento, cercano a las 10 toneladas (o 100 quintales), provenientes de Gran Bretaña y Francia. Uno de los propulsores fue el INTA, que gestionó el ingreso y prueba de variedades pertenecientes a compañías privadas europeas. Sin embargo, estas variedades eran invernales, con requerimientos de frío y, en consecuencia, no lograron adaptarse a la mayoría de las condiciones ambientales de la Región Pampeana.

Por su parte, la empresa francesa Benoist comenzó, a mediados de la década de 1990, ensayos independientes en Argentina a fin de probar la performance de variedades desarrolladas en el sur de Francia, con menores requerimientos de frío y mayor adaptación a las condiciones locales. La empresa Nidera obtuvo la licencia para comercializar las primeras de estas variedades en el país, que denominaron Baguette 10 y 12. Ambas salieron al mercado en 1999 y la primera de ellas fue la de mayor difusión.

Estos cultivares se caracterizaron por tener un muy buen potencial de rendimiento, que superaban, en ambientes de mejor calidad, hasta en un 20% a las variedades tradicionales del mercado. Sin embargo, sus características industriales no eran buenas, principalmente debido al muy bajo peso hectolítrico y bajo contenido de proteína. Eran, además, muy susceptibles a roya de hoja y de tallo. Por ello, la empresa Nidera incentivó a que estos cultivares fueran manejados con un uso más intensivo de tecnologías, fundamentalmente aplicación de fungicidas y fertilización con dosis de nitrógeno más elevadas que lo usual para la época.

Las variedades francesas demandaron un mayor uso de fungicidas para preservar la sanidad de las hojas y un mayor uso de nitrógeno para satisfacer la mayor demanda y corregir la deficiencia de proteína en grano

## Capítulo V: ¿Por qué es importante la calidad del trigo?

J. A. Fraschina

EEA INTA Marcos Juárez, Córdoba, Argentina.

En nuestro país, el artículo 657 del Código Alimentario Argentino reconoce como **trigo pan** (*Triticum aestivum* L.) al trigo destinado a molienda para obtener harina de trigo, y como **trigo candeal** (*Triticum turgidum ssp durum* L.) al trigo duro destinado a molienda para obtener sémola, cuyo destino principal es la industria de fideos. También se individualiza como **trigo blando** al trigo cuya harina tiene una especial aptitud para la elaboración de galletitas dulces entre otros usos, y cuyo color de grano debe ser blanco. Los tres tienen características agronómicas similares y diferente uso industrial después de la molienda. La información presentada en este capítulo se refiere al valor de calidad del trigo pan, salvo en casos con referencia específica.

Debido a su importancia en la alimentación humana, el valor de la producción de trigo es proporcional a su calidad. Por esto, tanto productores como asesores deben pensar no sólo en la cantidad de granos que producen sino también en su calidad, siempre relacionada con el uso posterior.

El trigo aporta aproximadamente el 20% de los carbohidratos en la dieta de la humanidad (Peña et al., 2014). Además de ser una de las principales fuentes de energía, representa un aporte significativo de proteínas y otros componentes, que en menor magnitud contribuyen a una adecuada nutrición, como lípidos, vitaminas, minerales y fitoquímicos. El endospermo del grano de trigo, que representa más del 80% del peso del grano, es el lugar donde se acumula la mayor parte de la proteína (75%). También en la aleurona y el germen hay contenidos importantes de proteína (14% y 7.5% respectivamente).

El milenar consumo de trigo por parte de la raza humana se debe a las propiedades únicas del gluten, el cual representa la porción más importante de las proteínas de reserva en la harina de trigo (80% de las proteínas de una célula del endospermo). La extensibilidad y elasticidad de una masa de harina de trigo durante el proceso de panificación dependen de las proteínas constituyentes del gluten. En la denominación de gluten se incluye dos tipos principales de proteínas: las gliadinas (proteínas monoméricas) y las gluteninas (proteínas poliméricas).

No obstante, los constituyentes más importantes del grano de trigo son los carbohidratos (85%), y entre ellos el almidón, que representa entre 60% y 70% de la masa total del grano o el 70-85% de la harina. Dicho carbohidrato cumple un rol importante en el proceso de panificación, en la retención de agua y como sustrato de la fermentación. A nivel molecular se divide en dos fracciones: la amilosa y la amilopectina, que representan el 25% y 75% del almidón respectivamente. El almidón se almacena en gránulos que se rompen durante la molienda dependiendo de la dureza del grano, permitiendo así la absorción de agua por parte de la masa. La textura del endospermo afecta la dureza del grano y de ésta depende la mayor o menor rotura de los gránulos de almidón durante la molienda. En la molienda de un trigo blando se rompen menos gránulos de almidón y la harina resultante absorbe menos agua, característica buscada para la elaboración de galletitas dulces y bizcochuelo.

El contenido y tipo de almidón en trigo también tiene características buscadas para otros usos. Por ejemplo, el almidón de trigo se usa como agente endurecedor en la conservación de alimentos por su temperatura de gelificación, o cuando genéticamente se modifica su constitución y prevalece la amilopectina sobre la amilosa, y el almidón adquiere una textura cerosa con mayor viscosidad y retención de agua (almidón waxy).

## Capítulo VI: La nutrición del cultivo de trigo

Guillermo A. Divito<sup>1</sup>, Adrián A. Correndo<sup>2</sup>, y Fernando O. García<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Asesor Privado. AAPRESID, Asistente Técnico Regional Necochea. Buenos Aires, Argentina.

<sup>2</sup>Instituto Internacional de Nutrición de Plantas (IPNI), Latinoamérica-Cono Sur. Acassuso, Buenos Aires, Argentina.

### Importancia de la nutrición mineral para el rendimiento del cultivo

Como se desarrolló en el **Capítulo 3**, el número de granos por unidad de superficie es la variable que mayormente explica el rendimiento del trigo, y es el resultado de la tasa de crecimiento del cultivo alrededor de floración (período crítico). Para que dicha tasa sea máxima, se requiere que las hojas intercepten más del 90-95% de la radiación y que la conviertan en biomasa con la mayor eficiencia posible. Para que estos objetivos puedan ser alcanzados se requiere de una adecuada disponibilidad de nutrientes. Por otra parte, la deficiencia de nutrientes también puede reducir el rendimiento al acortar el período crítico, reducir la partición de biomasa hacia estructuras reproductivas o disminuir la fotosíntesis durante el llenado de granos. En general, el cultivo puede tolerar deficiencias nutricionales tempranas sin que se resienta el rendimiento, siempre que éstas se reviertan antes del período crítico. Cada nutriente cumple funciones específicas en el metabolismo de las plantas. Brevemente, se destaca que el nitrógeno (N), fósforo (P) y azufre (S) son constituyentes esenciales de moléculas orgánicas. El potasio (K), siempre como ión, es osmoregulador y, al igual que el magnesio (Mg), es activador enzimático. El calcio (Ca) cumple funciones primordialmente estructurales como estabilizador de membranas celulares. Los micronutrientes, por su parte, son constituyentes esenciales de varias enzimas. El rol específico de cada nutriente escapa a los objetivos de la presente publicación y puede ser consultado en Echeverría y García (2015). En el **Anexo IV** se presentan fotos de deficiencia de distintos nutrientes en trigo.

### Requerimientos de nutrientes

En la **Tabla 1** se detalla la cantidad de nutrientes que el cultivo de trigo requiere para producir 1 tonelada de grano, la proporción de lo absorbido que particiona a granos (índice de cosecha) y la extracción en dichos órganos.

Además de los requerimientos totales, es importante conocer la dinámica de absorción durante el ciclo del cultivo. El trigo, al igual que otros cultivos, se caracteriza por un adelantamiento de la absorción de los nutrientes respecto a la materia seca. De este modo, mientras que hasta antesis acumula cerca del 40-45% de la biomasa aérea total, la acumulación de N a floración representa el 70-75% del total a madurez fisiológica. En el caso del P, el cultivo absorbe hasta antesis entre el 75-85% del total acumulado a madurez. Para S, la acumulación pre-antesis representa alrededor del 50-60% del total de S total.

## Capítulo VII: Identificación y manejo de malezas

Leaden, María Inés

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

El manejo de las malezas puede ser abordado desde dos ópticas, la que se podría llamar “reduccionista” o de “tecnología de insumos” -que implica el uso de cultivares de trigo competitivos y de alto potencial de rendimiento, herbicidas de alta eficacia, etc.-; o mediante la aplicación de “tecnología de procesos”, que involucra el conocimiento de las relaciones competitivas entre malezas y cultivos. En programas de manejo sustentables es deseable contemplar la complementariedad de ambos abordajes. Las malezas ejercen competencia sobre el cultivo, la cual puede definirse como el proceso por el cual las plantas comparten recursos provistos en cantidades insuficientes para satisfacer sus requerimientos conjuntos, lo que causa una reducción en su supervivencia, crecimiento o su habilidad reproductiva. El efecto más relevante es la pérdida de rendimiento en grano (Catullo et al., 1983; Leaden, 1995; Scursoni y Satorre, 2005), siendo éste mayor en la medida que aumenta la densidad de las malezas y el tiempo de convivencia con el cultivo. Se destaca que la competencia con el cultivo es mayor si se trata de especies de similares características, como lo son la avena negra y el raigrás.

### 1. Malezas de mayor importancia

Relevamientos de malezas realizados por Catullo y colaboradores en 1982 (Catullo et al., 1983) en partidos del sudoeste y sudeste de Buenos Aires, indicaron que *Polygonum convolvulus* (enredadera anual) fue la especie más frecuente en lotes de trigo (64%), siguiéndole en orden de importancia *Polygonum aviculare* (sanguinaria) (58%), *Lolium multiflorum* (raigrás anual) (53%), *Rapistrum rugosum* (mostacilla) (49%), *Avena fatua* (avena negra, cebadilla) (42%) y *Chenopodium album* (quinoa) (37%). Otras especies como *Ammi majus* (apio cimarron), *Senecio madagascariensis* (senecio), *Cynara cardunculus* (cardo de Castilla), *Stipa brachychaeta* (paja vizcachera), *Matricaria chamomilla* (manzanilla), *Anthemis cotula* (manzanilla cimarrona), *Cirsium vulgare* (cardo negro), etc, fueron encontradas en frecuencias menores. Asimismo, en los lotes provenientes de girasol, sus plántulas se constituían como malezas de trigo. En el **Anexo VII** se presentan fotos de las malezas mas frecuentes en el cultivo de trigo.

En las últimas décadas, los cambios a nivel de sistema de producción –sistema de labranza, reducción de rotaciones, intensificación agrícola, etc.- han provocado algunos cambios en la flora acompañante de los cultivos.

Scursoni et al. (2014) proporcionan una aproximación de los cambios observados en los últimos años en la zona sur de la provincia de Buenos Aires. En 2004 se identificaron 54 especies en el sudeste bonaerense. *Stellaria media* (capiquí), *Ammi majus* (apio cimarron), *Polygonum aviculare* (sanguinaria) y *Raphanus sativus* (nabón) fueron las malezas que presentaron la mayor constancia, es decir las veces que aparece una determinada especie en el total de lotes revelados (**Tabla 1**). Dentro de las gramíneas, la constancia de *Avena fatua* (avena negra, cebadilla) fue de 65% en 2005, mientras que *Lolium multiflorum* (raigrás anual) tuvo una constancia del 40%. En la actualidad, en el sudeste se observa mayor diversidad de especies y las gramíneas malezas del cultivo de trigo tienen constancias similares en ambas zonas de producción.

Uno de los cambios notables, es la constancia de *Avena fatua* y *Lolium multiflorum* que se observa actualmente en el sudeste, dado que lotes con problemas de estas dos gramíneas eran muy escasos en década del 80 del siglo pasado.



## Capítulo VIII: Criterios para el manejo integrado de las enfermedades del cultivo de trigo

Carmona Marcelo<sup>1</sup> y Francisco Sautua<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Agronomía - UBA, Buenos Aires, Argentina

Existe consenso general respecto a que las enfermedades causan significativas y crecientes pérdidas en la mayoría de los cultivos extensivos. Sólo en el cultivo de trigo y para América del sur, el daño promedio estimado oscila entre 20% y 30%. Estos valores pueden puntualmente ser mayores dependiendo del genotipo, características del patógeno y de las condiciones ambientales.

El espectro de organismos patógenos de trigo es considerable (en el **Anexo VIII** se presentan fotos de enfermedades del cultivo de trigo). Sin embargo, sólo un grupo limitado es el que alcanza suficiente difusión y niveles de desarrollo epidémicos como para constituirse en reales problemas para la producción (**Tabla 1**). El daño es consecuencia de los efectos morfo-fisiológicos directos del patógeno y de la interferencia con los mecanismos generadores del rendimiento del cultivo. Los principales procesos biológicos afectados por los patógenos son:

- la fotosíntesis,
- la respiración,
- la translocación de agua y nutrientes
- la reproducción

Cualquier interferencia en estos procesos vitales genera un mal funcionamiento de la planta y, en consecuencia, un menor aprovechamiento de los recursos del ambiente. Probablemente, los efectos más negativos que muchas de las enfermedades causan son: ineficiencia en la absorción y en el uso de la radiación. Esto genera disminución de la fotosíntesis y menor producción de biomasa. Además, es frecuente que las plantas desvíen fotoasimilados y energía que son usufructuados por los patógenos o utilizados por la éstas para sus mecanismos de defensa. Estos efectos se visualizan mediante un anticipo de la senescencia, disminución del índice de área foliar (IAF), de la radiación solar absorbida y de la duración del área foliar sana (DAFS). De modo general, los principales componentes del rendimiento del trigo afectados por los patógenos son el número de granos m<sup>-2</sup> y el peso de los mismos.

## Capítulo IX: Caracterización y manejo de plagas animales

Carmona Dora; Pablo Manetti; María Celia Tulli<sup>1</sup>; Carla Salvio<sup>1</sup> y Ariel Jesús Faberi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ex aequo

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

El cultivo de trigo es afectado por diversos organismos fitófagos, cuya importancia dependerá, principalmente de su estadio, densidad poblacional y del estado de desarrollo del cultivo. La descripción de todas las especies fitófagas que afectan al cultivo supera el objetivo de este capítulo, por lo que solo se consideran las plagas principales, es decir aquellas que ocasionan daños de importancia económica en las diferentes etapas del desarrollo del cultivo. Las plagas se describirán considerando el momento que se presentan de acuerdo al desarrollo fenológico. No obstante, algunas especies afectan durante varias etapas del desarrollo, superponiéndose con otras especies.

### “Gusanos blancos” *Diloboderus abderus* (Sturm)

Es un complejo de larvas de varias especies de la familia Scarabaeidae entre las que se destaca *Diloboderus abderus* Sturm (“bicho torito”, considerada como una de las especies de mayor importancia económica en el cultivo de trigo (Iannone, 1998; Fava e Imwinkelried, 2004; Vázquez, 2005).

**Descripción.** Las larvas presentan la cabeza color castaño - rojizo con mandíbulas prominentes, cuerpo blanco lechoso dispuesto en forma de “C”, con el último segmento abdominal oscuro debido a la acumulación de tierra en la parte final del tracto digestivo (**Figura 1a**). Se distinguen de otras larvas de “gusano blanco” por el ráster, cara ventral del último segmento abdominal, caracterizado por presentar setas largas en su periferia y setas cortas en el centro del mismo.

*Diloboderus abderus* desarrolla una generación al año, con emergencias de adultos escalonadas, desde fin de noviembre a principio de diciembre, principalmente. No obstante, y en función de los años, pueden registrarse emergencias hasta febrero - marzo. Los machos del “bichos torito” no vuelan por tener las alas soldadas (**Figura 1b**), mientras que las hembras, una vez fecundadas, realizan vuelos cortos, hacen cuevas pequeñas de 10 a 15 cm de profundidad, preferentemente en suelos duros, compactos y en la profundidad de las mismas depositan los huevos (esféricos y blancos). El período de incubación varía entre 7 y 10 días. Durante su desarrollo pasan por tres estadios larvales. El último estadio larval es el más voraz y generalmente se encuentra a partir de la segunda quincena de marzo. Promediando el mes de octubre, según las temperaturas, la larva entra en un período de



Figura 1. *Diloboderus abderus*. a) Larva 3; b) macho adulto “bicho torito”. Autor fotos: Pablo Manetti

## Capítulo X: Manejo del cultivo de trigo en distintas regiones

### a. Pampeana central

Jorge A. Fraschina

EEA INTA Marcos Juárez

Por su amplia adaptación, el trigo es el cultivo de invierno más generalizado en la agricultura argentina. Además permite la siembra de cultivos de verano con diferente resultado agronómico según las regiones. Sin duda, los factores ambientales como el período libre de heladas, la disponibilidad de agua y la temperatura ponen límite a la expresión agronómica del cultivo estival subsecuente, pero la tecnología disponible actualmente puede ayudar a mejorar los resultados en muchos casos. Prueba de esto son los buenos rendimientos obtenidos en la región central con la secuencia del cultivo trigo-soja de segunda siembra (trigo-soja) y con maíz tardío.

En la situación actual en la región central con alto predominio de sistemas de soja continua, la secuencia trigo-soja representa un aporte para la necesaria rotación de cultivos y para la sustentabilidad, principalmente por su aporte de rastrojo. Se reconoce el **aporte del rastrojo de trigo** por su distribución homogénea y su permanencia en la superficie del suelo, como así también su efecto supresor de malezas, especialmente anuales. Otra característica reconocida por los especialistas es el aporte de materia orgánica que realiza el sistema radicular del trigo en los primeros centímetros de suelo, con beneficio directo sobre la capacidad de infiltración del agua de lluvia (Gil, 2005; Bacigaluppo et al., 2011; Alvarez, 2013). Si bien la experiencia regional muestra que los resultados agronómicos dependen de la calidad del ambiente, cabe destacar su importancia como aporte de rastrojo y materia orgánica también en ambientes de inferior calidad.

Cuando se analiza la **eficiencia en el uso de los recursos disponibles** (suelo, agua, clima), la secuencia trigo-soja también surge como una de las opciones de interés (Andrade y Satorre, 2015; Andrade et al., 2015), aun considerando el menor rendimiento del cultivo de soja de segunda siembra por el atraso de la fecha de siembra respecto de la fecha óptima. Un pilar de la agricultura de secano es el aprovechamiento del recurso agua, y la región central tiene como valor normal de ocurrencia de precipitaciones en la serie climática 1960-2011 un promedio de 375-450 mm en el período diciembre a marzo.

En el momento de decidir la siembra de trigo hay varios aspectos a considerar que pueden modificar el resultado del cultivo de trigo y también de la secuencia trigo-soja. Algunos no están bajo el control directo del productor o asesor, como la ocurrencia de lluvias o de altas y bajas temperaturas en momentos críticos para la definición del rendimiento de ambos cultivos, pero si hay otros aspectos sobre los que se puede ejercer mayor control y que vale la pena considerar.

La problemática más generalizada se refiere a la necesidad de corregir la deficiencia de nutrientes para el trigo y la secuencia trigo-soja, principalmente N, P y S (Correndo et al., 2015; **Capítulo 6**). La estrategia de fertilización siempre debe adecuarse a la expectativa de rendimiento según la calidad del ambiente. La idea de calidad de ambiente para la secuencia trigo-soja necesariamente considera varios aspectos agronómicos (combinación suelo-clima de una región, disponibilidad de agua, años de rotación, disponibilidad de nutrientes en el sistema, presencia de napa, etc.), pero resulta relevante considerar la disponibilidad de agua almacenada en el suelo en el momento de la siembra de trigo.

## b. Sudeste de la provincia de Buenos Aires

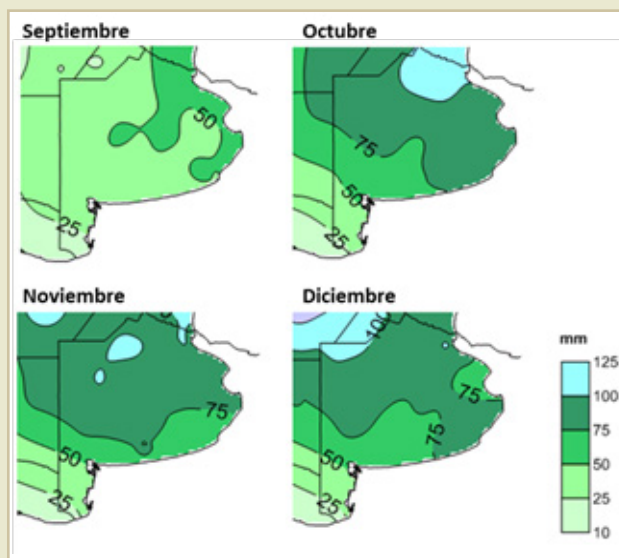
Pablo Calviño<sup>1</sup> y Guillermo Divito<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Asesor y director técnico. Tandil, Buenos Aires, Argentina.

<sup>2</sup>Asesor Privado. AAPRESID, Asesor Técnico Regional, Necochea. Buenos Aires, Argentina.

El sudeste bonaerense es la zona triguera por excelencia en Argentina debido, fundamentalmente, a que es la región de rendimientos más altos por las condiciones climáticas favorables para el crecimiento y desarrollo del cultivo. Aunque toda la región presenta buena aptitud productiva, existe variabilidad asociada a las precipitaciones, temperatura y a características del suelo, que es fundamental analizar y comprender para optimizar el manejo del cultivo.

En general, cuando se maneja adecuadamente el barbecho existe baja probabilidad de ocurrencia de déficit hídrico previo al período crítico para la definición del rendimiento, que ocurre entre mediados de octubre y mitad de noviembre. La **Figura 1** muestra que las precipitaciones son suficientes para asegurar rendimientos adecuados en toda la región, aunque la cantidad disminuye hacia el sudoeste.



**Figura 1.** Precipitación mensual. Valor normal. Serie 1960-2011. Extraído de Instituto Clima y gua. INTA.

En la **Figura 2** se observa que las temperaturas medias mensuales varían entre 12°C y 15°C durante octubre y disminuyen de norte a sur. La misma tendencia se observan durante noviembre y diciembre, pero con valores térmicos más elevados. Estos valores moderados de temperatura definen valores de cociente fototermal (relación entre la radiación solar media diaria y la temperatura media) muy favorables para el logro de altos rendimientos (ver **Capítulo 2**). Se destaca que, así como aumenta la temperatura media, los períodos de temperaturas máximas elevadas en noviembre y diciembre también son más frecuentes desde la costa hacia el continente y sudoeste. Esto último puede tener consecuencias negativas para el llenado de los granos. Por otra parte, en la región existe alto riesgo de ocurrencia de heladas en fechas cercanas a espigazón y floración del cultivo. El mismo aumenta desde áreas costeras a continentales (Tandil, Azul y Olavarría presentan el mayor riesgo) y es aún mayor en posiciones bajas del paisaje.

### c. Noroeste de Buenos Aires y este de La Pampa

Álvarez, Cristian<sup>1</sup> y Mirian, Barraco<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>INTA Gral. Pico, La Pampa, Argentina. <sup>2</sup>INTA Gral. Villegas, Buenos Aires, Argentina.

El rendimiento potencial de trigo depende primariamente de la radiación y de la temperatura. Sin embargo, en las regiones subhúmedas y semiáridas como en el noroeste de Buenos Aires y este de La Pampa (región de la pampa arenosa), este rendimiento se encuentra fuertemente limitado por la disponibilidad de agua durante el ciclo de producción. Las lluvias de invierno son, en promedio, deficitarias para que se expresen los rendimientos potenciales de las variedades actualmente disponibles en el mercado. A su vez, es importante considerar la distribución de las lluvias durante el ciclo del cultivo, ya que comúnmente, desde encañazón (fines de setiembre-principio de octubre), las precipitaciones resultan escasas en un alto porcentaje de años. A modo de ejemplo, en la **Tabla 1** se muestra la probabilidad de ocurrencia de precipitaciones durante el ciclo de trigo para tres localidades de la pampa arenosa. Se comprueba que la probabilidad de precipitaciones superiores a 350 mm (adecuado para trigo) es inferior al 35%, resultando en consecuencia significativa la contribución del agua almacenada con anterioridad a la siembra del cultivo y las estrategias de su manejo.

**Tabla 1.** Probabilidad de que el agua de lluvia cubra el 80% y 50% del requerimiento hídrico (350 mm) del cultivo de trigo en tres localidades de la región de la pampa arenosa.

Localidad	Probabilidad	
	80 % del requerimiento	50% del requerimiento
Trenque Lauquen (Buenos Aires)	30	80
General Villegas (Buenos Aires)	35	90
Dorila (La Pampa)	20	60

#### Manejo del agua

Este factor adquiere mayor relevancia en las regiones semiáridas y subhúmedas, donde el manejo del agua previo a la siembra del cultivo, asociado con una adecuada capacidad de retención (CRA) por parte de los suelos (mayor a 120 mm de agua útil), resulta clave para compensar los requerimientos de agua que normalmente no son cubiertos por las precipitaciones. El agua almacenada en el suelo depende de la CRA y del agua que efectivamente queda disponible para el cultivo. Esta última está condicionada por las lluvias previas y otros factores de manejo tales como cultivo antecesor, cobertura del suelo (infiltración y conservación), tipo de labranzas, manejo de los rastrojos (distribución, pastoreo) y manejo de los barbechos (control de malezas), entre otros. La CRA resulta muy variable en la región, condicionada por la textura de los suelos (**Tabla 2**) y su espesor.



## d. Uruguay

Esteban Hoffman y Oswaldo Ernst

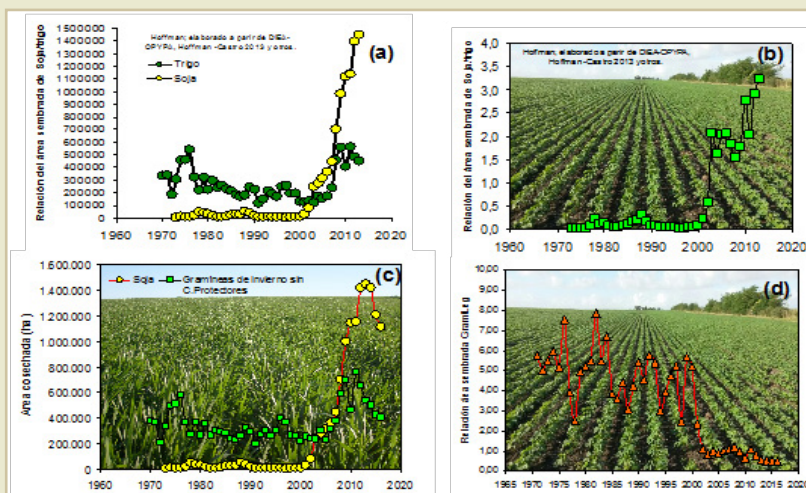
EEMAC, Facultad de Agronomía, Universidad de la República. Paysandú, Uruguay.

En los últimos años se sucedieron cambios significativos en el área sembrada con trigo y su distribución espacial, a lo cual se suman cambios en la estructura de producción, intensidad de uso agrícola del suelo y transformación del sistema de producción en el que se inserta el cultivo.

Las características más importantes del proceso de cambio en la agricultura a partir del año 2002 se podrían resumir en:

- I. el sistema de producción agrícola ganadero tradicional en el que los cultivos rotaban con pasturas en una relación 50/50% del tiempo, cambió a agricultura continua sin labranza (**Figura 1a**),
- II. la superficie sembrada con cultivos de verano, dominada por el cultivo de soja, es mayor a la sembrada con cultivos de invierno, pero el trigo siguió siendo el cultivo de invierno de mayor importancia (**Figura 1b**),
- III. la superficie sembrada con cultivos gramíneas (invierno+verano) en relación a la sembrada con soja se redujo al mínimo (**Figura 1c**),
- IV. la agricultura se expandió a zonas con menor aptitud agrícola, llegando ésta a ser el 48% del área bajo agricultura en el año 2011, año en el que también se alcanzó la mayor superficie sembrada con trigo (**Figura 1d**);
- V. la posterior contracción de la superficie agrícola, volviendo a ubicarse mayoritariamente en el litoral oeste del país (**Figura 2**).

La región litoral oeste, que abarca los departamentos de Paysandú, Río Negro, Soriano y Colonia, es la de mejor aptitud por suelos y condiciones agroclimáticas específica para el cultivo de trigo, definidas éstas en base a temperatura media y probabilidad de exceso hídrico durante el período setiembre-noviembre ((regiones I y II, Corsi, 1982) (**Figuras 2 y 3**). En ella se concentra actualmente la siembra del cultivo y la mayor proporción de la superficie bajo agricultura (66 % según DIEA MGAP 2017). El crecimiento de la superficie sembrada con trigo en el pasado reciente se realizó expandiéndose a zonas agroecologías menos aptas y suelos con limitantes de drenaje (**Figura 2**).



**Figura 1.** (a) Área cosechada de soja y de trigo, (b) relación área de soja/área de trigo, (c) área de soja y el área cosechada de cultivos gramínea de invierno y (d) relación área cosechada de cultivos gramínea/área de oleaginosas totales. Elaborado en base a Hoffman et al. (2013) y DIEA (2017). Período 1970-2016.

# 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.

## Capítulo XII: Almacenamiento y acondicionamiento de trigo

Ricardo Bartosik<sup>1,2</sup>; Bernadette Abadía<sup>1</sup>; Leandro Cardoso<sup>1</sup>; Diego de la Torre<sup>1</sup>; y Gisele Maciel<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Unidad Integrada Balcarce. EEA INTA-FCA UNMP, Buenos Aires, Argentina.

<sup>2</sup>CONICET, Argentina.

La poscosecha de granos es una etapa esencial de la cadena productiva de cereales y oleaginosas que comprende su almacenaje, transporte y acondicionamiento posterior a la cosecha y previo a su industrialización y uso final. Una adecuada conservación es esencial ya que el deterioro durante el almacenaje puede ser muy rápido debido a los efectos de la respiración de los propios granos y, principalmente, al desarrollo de hongos e insectos que proliferan fácilmente al encontrarse con condiciones óptimas de humedad y temperatura.

El almacenamiento y acondicionamiento de trigo tiene particularidades que se derivan de sus características físicas y químicas. La **Tabla 1** lista algunas de las propiedades importantes de los granos, entre las que se destacan que el trigo tiene una alta densidad volumétrica y un tamaño de semilla relativamente chico. En las secciones siguientes se tratarán las problemáticas específicas derivadas de estas características.

**Tabla 1. Parámetros físicos, contenido de aceite, humedad de recibo y humedad de almacenamiento segura de los diferentes granos. Fuente: ASAE (2001); ASAE (2013); ASAGIR (2010); Maciel et al. (2015); MWPS-22 (1980); SAGyP (1994).**

Parámetro	Girasol	Trigo	Maíz	Soja	Cebada	Colza	Arroz
Densidad volumétrica (kg/m <sup>3</sup> )	410	770	720	770	620	670	580
Peso de 1000 granos (g)	130-170	30-45	380	150-220	30-45	2-3	27
Contenido de aceite (%. rango)	39-55	2-4	5-7	18-22	2-4	43-45	2-4
Humedad de recibo (%)	11	14	14.5	13.5	12.0	8	14
Humedad de almacenamiento segura (para 20°C y 67% HR)	7-12	14	13-14	12-13	14	8	14
Ángulo de reposo promedio (°)	27	25	23	25	28	22	36
Pendiente	0.51	0.47	0.42	0.47	0.53	0.40	
Espacio poroso (%)	35-45	40-45	40-44	35-40	45-50	35-40	45-50

### 1 Principales problemáticas del trigo en la poscosecha

En líneas generales se pueden identificar tres problemáticas distintivas de la poscosecha del trigo:

- 1) necesidad de segregar por calidad
- 2) inocuidad (residuos de insecticidas y presencia de micotoxinas)
- 3) efecto del secado sobre la calidad

La comprensión de los fundamentos de estas tres problemáticas es crítica para garantizar un adecuado tratamiento en la poscosecha y garantizar el éxito en su comercialización y procesamiento en alimentos. En las siguientes secciones se abordan los conceptos teórico-prácticos necesarios para implementar un programa de **Buenas Prácticas en la Poscosecha de trigo**, haciendo especial énfasis en los tres ejes mencionados.

## Capítulo XIII: Calidad, molienda y panificación del trigo pan

Miguel J. Cardós<sup>1</sup>; Leda E. Campaña<sup>1</sup> y Pablo E. Abbate<sup>2</sup>

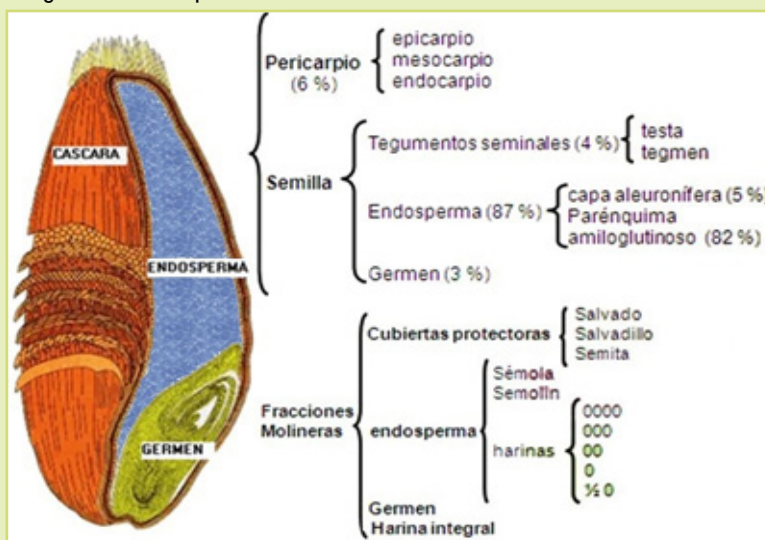
<sup>1</sup>Molino Campodónico, La Plata, Buenos Aires, Argentina.

<sup>2</sup>Unidad Integrada Balcarce. EEA INTA-FCA UNMP, Buenos Aires, Argentina.

El principal uso del grano de trigo es como alimento humano o animal. Sin embargo, este no tiene una estructura fácil para ser utilizado, por lo cual, durante años, se desarrollaron técnicas para la obtención de productos y subproductos del trigo que sirvan para la alimentación, que incluyen la molienda y clasificación de sus componentes.

### 1. Características del grano de trigo pan

El grano de trigo, llamado cariopse, es un fruto seco, indehisciente, cuyo pericarpio está en íntimo contacto con las envolturas seminales. En la **Figura 1** se presentan las principales partes morfológicas del grano desde el punto de vista de su molienda.



**Figura 1.** Principales partes morfológicas del grano de trigo, su porcentaje en peso aproximado, y las correspondientes fracciones molineras (adaptado de Wheat Foods Council, 2012).

#### 1.1. Pericarpio

Son las cubiertas protectoras del grano. Representa 4–6 % del peso del grano y se origina por el desarrollo de las paredes del ovario. Durante el proceso de molienda sale como residual, constituyendo parte de lo que se conoce como “afrecho o afrechillo” y “semita”.

#### 1.2. Semilla

Representa 84-86% del peso del grano e incluye tegumentos seminales (testa y tegmen), endosperma (capa aleuronifera y parénquima amilo-glutinoso) y germen o embrión (cotiledón o escutelo, epiblasto,

## Capítulo XIV: ¿Y tranquilas afuera?

Javier Bujan

*Kimei Cereales S.A. y Cámara Arbitral Bolsa de Cereales de Buenos Aires*

**A** sí decidí llamar a este capítulo con el que finaliza este manual. El mismo se encuentra en el lugar que le corresponde: al final. Algo totalmente lógico, ya que hasta aquí se ha desarrollado todo lo que hay que saber para realizar una buena siembra, cuidar el desarrollo del cultivo y finalizar obteniendo una buena cosecha. Eso se hace tranquilas adentro. Pero la historia y los hechos nos demuestran que lo mejor que se haga tranquilas adentro puede perderse total o parcialmente tranquilas afuera no solo por razones climáticas, políticas, etc. Tranquilas afuera también se realiza la comercialización y ahí es desde donde, con 40 años de vivir el comercio de granos, pretendo aportar mi experiencia.

Seguramente algunos productores dirán: “pero yo nunca hice nada, esperé la cosecha, vendí algo, guarde otro poco y mal no me fue”. Mientras otros dirán, “al final tomé coberturas y resulta que perdí todas las primas que pagué. “¡Me hubiese ido mejor si no hacía nada!”. ¡Y la verdad es que ambos seguramente tengan razón! Dicho esto, se presentarán algunos conceptos y reflexiones básicas sobre estrategias comerciales.

### Comparemos un seguro de precio agrícola con un seguro automotor

¿Usted se pone molesto cuando le llega la renovación de la póliza de su auto porque pagó una prima y no la utilizó? Seguramente su respuesta es NO. Eso significa que no ha tenido ningún siniestro y, por ende, no tuvo que utilizar a su compañía de seguros. En las coberturas agrícolas pasa lo mismo.

Cuando se pierde una prima pagada para tener un seguro de precio, significa que el mercado se encuentra por encima del valor asegurado, con lo cual es muy factible que recupere parte o la totalidad de la prima pagada y obtenga una rentabilidad mayor respecto del precio asegurado.

¿Usted arriesgaría salir a conducir su auto cero kilómetro sin tener contratado un seguro? ¡La respuesta nuevamente será NO! Y es lógico. Usted ha pagado una suma importante por la unidad nueva y no va a poner en juego ese capital por no abonar una prima de seguro, aunque este fuese simplemente contra terceros y/o destrucción total, pero un seguro mínimo tomará.

Entonces: ¿por qué invierte, se endeuda, toma compromisos a futuro, hace canje en una inversión a cielo abierto y no piensa en tener asegurado al menos el capital invertido? No hablo de asegurar rentabilidades, solo el capital invertido.

### Referencias básicas de los contratos de futuros agrícolas

**Contrato de Futuro:** Asegura un precio de compra y/o de venta de la mercadería para un mes determinado. Se requiere garantía por cada operación y produce diferencias diarias entre el precio del contrato tomado y la cotización diaria. Se puede cancelar en el momento que desee.

**Put:** Su compra asegura un precio mínimo de venta de la mercadería, pero no obliga al asegurado a vender. Así, el asegurado solo tomará ese precio si el mercado se encuentra por debajo del precio de ejercicio del Put comprado. No requiere garantía y su costo es solo la prima que se decidió pagar. Se puede cancelar en el momento que desee.