



MIRADA INTEGRAL DEL TRIGO: CULTIVO Y COMERCIALIZACIÓN.



Mirada Integral del Trigo
Cultivo y Comercialización

Se autoriza la reproducción parcial de la información aquí contenida,
siempre y cuando se cite esta publicación como fuente.

Santiago, Chile
Febrero 2012

Autores

Comercializadora de Trigo S.A.
Andrés Schwember Neira, Ing. Agr, MSc., Ph.D.

Comité Asesor

Juan Eduardo Coeymans, Presidente COTRISA
Andrés Santa Cruz López, Vicepresidente COTRISA
Antonio Walker Prieto, Director COTRISA

Comité Editor

Eduardo Meersohn Ernst
Walter Maldonado Henríquez
Juan Ignacio Ramírez Vargas
Mauricio Quintana Sandoval

Biblioteca COTRISA

www.cotrisa.cl

A mediados del año 2011, y después de evaluar el impacto que tiene la información que provee COTRISA al proceso de toma de decisiones de los diversos agentes participantes de la cadena interna de granos, el Directorio de la Empresa estimó pertinente ampliar el espectro de información factible de ser entregada a todas aquellas personas interesadas en ser actores informados, y por ende, empoderados desde una perspectiva productiva – comercial.

En sintonía con las nuevas tecnologías de información, surge la publicación de este libro electrónico “Mirada Integral del Trigo: Cultivo y Comercialización”, concebido para satisfacer los requerimientos de contar con un instrumento único, integral y multidisciplinario, que aborde el cultivo del trigo en sus diferentes dimensiones, productiva, social, comercial, nutricional, entre otras.

En diecinueve secciones se recorre la importancia y valor nutritivo del cultivo, las zonas agroecológicas donde se siembra, aspectos de suelos y fertilización, el manejo del cultivo, sus problemas sanitarios y abióticos, la cosecha y comercialización de los granos, junto a consideraciones económicas del cultivo descritas en las fichas técnicas. Además, cada sección contiene una bibliografía en que los lectores podrán ahondar más sobre algún aspecto específico del cultivo.

Esperamos que esta publicación sea una real contribución para el desarrollo del cultivo del trigo, cereal que tiene gran importancia para la seguridad alimentaria del país y para la situación social y económica de los productores de trigo, especialmente de los más vulnerables.

Juan Eduardo Coeymans Avaria
Presidente de Cotrisa

contenidos.

01.

IMPORTANCIA DEL
TRIGO EN CHILE

02.

UTILIZACIÓN Y
VALOR NUTRITIVO

03.

BÓTANICA Y
TIPO DE TRIGO

04.

ZONAS AGROCLIMÁTICAS
DE TRIGO EN EL PAÍS

05.

ROTACIONES DE
CULTIVOS ASOCIADOS
AL TRIGO

06.

PREPARACIÓN DE
SUELOS

07.

SUELOS

08.

SISTEMAS DE SIEMBRA

09.

SEMILLAS Y ASPECTOS
RELACIONADOS

10.

CULTIVARES
EMPLEADOS EN CHILE

11.

FECHAS DE SIEMBRA

12.

MALEZAS Y SU
CONTROL

13.

FERTILIZACION

14.

ENFERMEDADES

15.

PLAGAS

16.

FICHAS
TECNICAS

17.

EL AGUA EN EL
CULTIVO DEL TRIGO

18.

COSECHA Y ASPECTOS
RELACIONADOS

19.

RENDIMIENTOS

20.

CALIDAD Y
COMERCIALIZACION DE
LOS GRANO

21.

REFERENCIAS
BIBLIOGRAFICAS

cap. **01.**



Importancia del Trigo en Chile

Importancia del Trigo en Chile

El trigo es el principal cultivo anual producido en Chile, por la connotación socioeconómica que tiene para el país, por su rol en la alimentación humana (contribuye alrededor del 34-40% de las calorías y 45-50% de las proteínas consumidas por habitante chileno), por las oportunidades de trabajo que genera (alrededor de 45.000 agricultores de trigo en el país), y por ser un cereal esencial en la rotación de cultivos de los agricultores, particularmente en el sur del país. Además, Chile es el segundo mayor consumidor de pan en el mundo con una media de 98 kilos al año per cápita, solamente superado por Alemania, donde demandan 106 kilos per cápita al año. En el 2007, el pan ocupó el primer lugar en una lista de productos habituales de consumo en los hogares nacionales.



Foto 1. El cultivo de trigo.

De acuerdo a la información del último Censo Agropecuario 2007, la superficie total sembrada anualmente alcanzaba a 230.767 ha y la producción totalizaba 11.045.706 quintales, siendo el cultivo anual más sembrado a nivel nacional, tanto por pequeños como grandes productores, en todo tipo de suelos, desde la región de Coquimbo a la región de Los Lagos. En la última década, la producción nacional contribuyó en alrededor del 76% de los requerimientos totales de la industria, por lo que el saldo restante se importó principalmente desde Estados Unidos, Canadá y Argentina. Desde el punto de vista de distribución geográfica, la mayor producción se concentra entre las regiones del Maule y Los Lagos. Un 97% de los productores del país y un porcentaje similar de la

producción total de trigo se ubican entre estas regiones, siendo la región de La Araucanía (43%) y del Bío Bío (29%) las dos principales regiones productoras de trigos harineros. De acuerdo a la información censal, alrededor de un 80% de la superficie sembrada de los trigos harineros se realizó en seco, mientras que el restante 20% correspondió a zona regada.

Desde el punto de vista de tamaño de las unidades productivas, un 14% de los productores serían productores de auto-subsistencia (superficie cultivada menor a 5 ha); un 68% serían pequeños agricultores empresariales (superficie mayor a 5 ha y menor a 50 ha); un 16% serían medianos agricultores (superficie mayor a 50 ha y menor a 500 ha) y un 2% serían grandes agricultores (superficie mayor a 500 ha). En términos productivos los productores de auto subsistencia aportarían un 1,4% de la producción, los pequeños agricultores empresariales un 21%, los medianos productores un 43% y los grandes agricultores cosecharían 34,7%. Según información censal, el rendimiento promedio de los productores de menos de 10 hectáreas alcanzó a 28,9 quintales por hectárea, en tanto el rendimiento promedio de los productores de más de 100 hectáreas es de 57,5 quintales, lo que refleja una diferencia importante en niveles tecnológicos aplicados.

De acuerdo a información de la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA), en la temporada 2010/2011 la superficie total de trigo alcanzó a 271.415 hectáreas con



una producción de 15.758.220 quintales y un rendimiento promedio nacional de 58,1 qq/ha, significativamente mayor al promedio censal del 2007 de 47,9 qq/ha, correspondiendo un 95% de la superficie sembrada a trigo harinero (para la elaboración de pan, galletas y repostería) y el 5% restante a trigo candeal (para la fabricación de pastas y fideos). ODEPA ha recientemente publicado que las intenciones de siembra del cultivo para la temporada 2011/2012 llegarían a algo más de 286.000 hectáreas.

La molinería constituye el destino principal de la producción de trigo del país; para procesar el grueso del trigo nacional e importado, Chile cuenta con alrededor de 80 molinos. Interesantemente, durante el año 2011 cerca de 49% de la molienda se efectuó en la Región Metropolitana, lejos de los más importantes centros de producción en el sur, situación que involucra un gasto importante en transporte, ya que los granos deben recorrer unos 700 km hasta el lugar de procesamiento.

En el mundo, la consolidación reciente de una demanda por un segmento de trigo de calidad responde a los cambios de hábitos y preferencias de los consumidores finales y es lo que está marcando los movimientos del mercado internacional. Esta tendencia está recién apareciendo en Chile y, probablemente, marcará el futuro del sector triguero y la posibilidad de su articulación con el entorno internacional. Sin embargo, la forma cómo ha operado la cadena productiva nacional (productor-molino-panadería/industria-consumidor) hasta ahora es mayoritariamente concorde con las exigencias de un mercado que demanda un producto primario sin diferenciación, solamente interesado en rendimiento y muy poco en la calidad de los granos. Nuestro país tiene poco futuro en la producción y comercialización de trigo de tipo genérico o commodity, donde sólo sobreviven aquellos actores que a nivel mundial pueden ofrecer el trigo y sus derivados a menor precio. La posibilidad de orientar buena parte de la producción nacional en la dirección de las nuevas tendencias del mercado, pasa por una serie de cambios estructurales en ámbitos claves, que permitirán que el agricultor conozca, antes de sembrar, el uso final de su producción, y que no siga como sólo un tomador de precios con muy pocas opciones para su cosecha, sin el conocimiento de los precios al momento y después de realizada la siembra.

Cotrisa, empresa creada en el año 1986, ha apoyado el funcionamiento transparente y competitivo del mercado nacional de granos y el mejoramiento de las condiciones de comercialización dentro de la cadena productiva, con énfasis en los pequeños y medianos productores. La empresa ha establecido un poder comprador a los productores que ha permitido acercar los valores de comercialización, disminuyendo la brecha de precios entre el grano nacional y el importado, lo que ha sido fundamental, particularmente en zonas con pocos poderes compradores (molinos).

A futuro, siendo el trigo un cultivo estratégico para Chile, el Ministerio de Agricultura y algunas empresas privadas van a probablemente seguir respaldando los trabajos de investigación en mejoramiento genético, agronomía, y agregación de valor al producto final. La cantidad de variedades de trigo producidas en el país dependerá de la demanda de los consumidores y de las exigencias de la industria molinera. En este contexto, será importante el rol de la economía globalizada y las nuevas tecnologías respecto al manejo del cultivo, el mejoramiento genético, y el uso del grano, todo lo cual puede afectar el intercambio tecnológico con otros países, que finalmente se reflejará en los rendimientos y la calidad de los granos producidos en Chile.



Foto 2. La espiga del trigo.



01. IMPORTANCIA DEL TRIGO EN CHILE

Fundación Chile. 2005. Una nueva visión para el sector triguero en Chile. Publicación del área Agroindustria. 99 p. Fundación Chile, Santiago, Chile.

INE. 2007. VII Censo Nacional Agropecuario. Instituto Nacional de Estadísticas. Departamento de Estadísticas Agropecuarias. Santiago, Chile.

INE. 2007. Enfoque estadístico sobre cambios en las pautas de consumo de los chilenos. Instituto Nacional de Estadísticas. Mayo 2007. Santiago, Chile.

Jobet C. 1989. Trigo: Pan nuestro de cada día. Investigación y Progreso Agropecuario 3:18-22.

Mellado M. 1998. Análisis del cultivo del trigo en Chile durante el siglo veinte. Agricultura Técnica (Chile) 58:230-240.

Morales L., W. Foster. 2004. Modelo estacional de demanda molinero de trigo blando en Chile. Ciencia e Investigación Agraria 31:39-49.

ODEPA. 2009. Comportamiento de precios al consumidor de productos agroalimentarios. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias. Septiembre 2009. Santiago, Chile.

ODEPA. 2011. Mercado de trigo temporada 2010/2011. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias. Agosto 2011. Santiago, Chile. 13 pp.

Peña, RJ. 2007. Grano para consumo humano. In M. Mellado (ed.) El trigo en Chile. Colección de libros INIA N°21. Instituto de Investigaciones Agropecuarias-Quilamapu, Chillán, Chile, pp. 501-557.

Ramírez, I. 2007. Importancia y evolución del trigo en Chile. In M. Mellado (ed.) El trigo en Chile. Colección de libros INIA N°21. Instituto de Investigaciones Agropecuarias-Quilamapu, Chillán, Chile, pp. 15-35.

cap. **02.**



Utilización y Valor Nutritivo

Utilización y Valor Nutritivo

El trigo blanco o harinero es la principal forma de consumo de trigo y es empleado para la elaboración de pan, galletas y repostería, mientras que el trigo candeal es utilizado para la fabricación de pastas y fideos. El trigo harinero, en forma de pan, provee más nutrientes que cualquiera otra fuente única de alimentación y el pan es particularmente importante como fuente de carbohidratos, proteínas, y vitaminas B y E.

El valor nutritivo del trigo está contenido en el endosperma, tejido de almacenamiento de las semillas (Figura 1), donde destaca los carbohidratos (del total de éstos, alrededor del 97% corresponde a almidón), siendo el almidón el principal componente del grano de trigo (70 a 75% del peso seco), seguido por las proteínas (8 a 17% del peso seco). En términos generales, con 100 kg de trigo de un grano bien lleno, se obtienen entre 72 y 78 kg de harina pura. A partir de la separación industrial de la harina, se obtiene por separado almidón y proteína (gluten), ambos productos se transan en el mercado y poseen usos específicos.

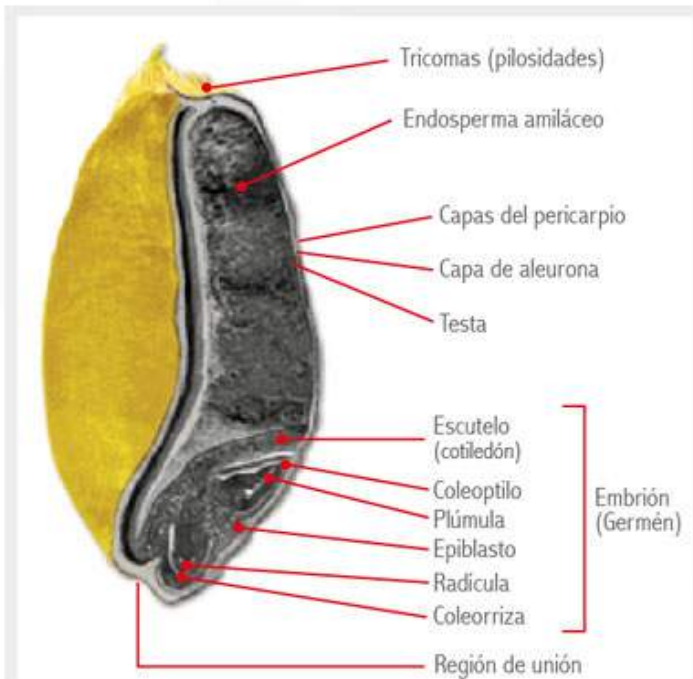


Figura 1. Los carbohidratos (almidón) y las proteínas están mayoritariamente contenidos en el endosperma, que es un tejido que constituye la mayor parte del volumen de la semilla de trigo

A partir del almidón del trigo, se elaboran productos como almidones modificados y dextrinas que se emplean en la industria papelera, textil, alimenticia, petrolífera y de adhesivos. El almidón tiene una importancia secundaria en las propiedades funcionales de las harinas de trigo empleadas en la elaboración de pan, galletas y repostería, aunque juega un importante rol en la absorción de agua y en los tiempos de fermentación de las masas panaderas, así como en el endurecimiento y en las propiedades texturales de la miga del pan.

Aunque químicamente la materia prima de donde se extrae la harina es carbohidrato que aporta energía, con un relativo bajo porcentaje de proteína distribuido principalmente en el endosperma, esta proteína es fundamental en la elaboración de pan, galletas y repostería. De hecho, la propiedad particular del trigo de poseer un complejo proteico de almacenamiento viscoelástico llamado gluten (que comprende hasta 85% del contenido total de la proteína del endosperma), le confiere los beneficios nutricionales y funcionales de las harinas. Además, el gluten se emplea como mejorador natural para aumentar la fuerza de la harina, para mejorar la resistencia a la cocción

de las pastas, la firmeza del producto cocido y el contenido proteico. Adicionalmente, el gluten se utiliza como sustituto proteico de los carbohidratos en formulas dietéticas, como aglutinante de embutidos crudos y cocidos, en carne vegetal, en cereales para el desayuno, en dietas para peces y en alimentos para mascotas. Además de los porcentajes de carbohidra

tos y proteínas señalados, el grano de trigo está compuesto en promedio por 1,5 a 2,0% de grasas y vitaminas; 1,2 a 1,6% de ceniza; 2,0 a 2,5% de fibra y 11 a 12% de humedad.

Hay tres tipos generales de pan: con levadura, sin levadura (plano) y al vapor. Aunque los tres tipos se preparan a partir de una mezcla de agua y de masa de harina, que es viscoelástica y cohesionada, cada tipo de pan es diferente dependiendo de las propiedades específicas del producto final, las condiciones de procesamiento y la calidad del grano. El pan con levadura es popular en casi todas partes del mundo y es elaborado en base a masas aireadas y viscoelásticas, que se expanden por la acción del gas producido por el proceso de fermentación por levaduras, para ganar volumen y disminuir sus densidades. El tamaño, el volumen y la densidad de un tipo de pan específico se determinan por una combinación de la receta empleada, la duración de la etapa de fermentación, el trabajo real que ejerce la masa panadera, y del tiempo que la masa tiene para subir antes de hornear.

El tipo de pan y el proceso de panificación determinan los requerimientos de resistencia de la harina (o masa). En general, los trigos duros (alto contenido de gluten) e intermedios son más adecuados para la producción mecanizada de pan con levadura, como el pan de molde, el pan para hamburguesas y el pan de "hot-dog". Además, aquellos trigos que generan masas fuerte-intermedia son apropiados para la producción de pan tipo francés (fermentado con levadura) y pan de tipo plano, como el pan árabe, el pan hindú (chapati), y las tortillas de harina de trigo mexicanas.

De acuerdo a un estudio de la Fundación Chile (2005) relacionado a la venta del pan en Chile, un 43% tiene lugar en los negocios tradicionales o almacenes, un 33% en las panaderías, un 17% en los supermercados y el resto por otros canales. Los tipos de pan más consumidos son la marraqueta o pan francés, con un 73%, seguido de la hallulla (pan plano) con 20% del mercado (Foto 1).

A diferencia de los panes, las galletas, las tortas y los productos para repostería (productos derivados de trigo suave, con bajo contenido de gluten) se elaboran con masas rígidas, no elásticas, o bien, con batidos densos y viscosos preparados en base a harinas de trigo suave en mezcla con agua, leche y/o huevos. En la elaboración de productos derivados de trigo suave, se impide la formación de masa viscoelástica por la adición de altos contenidos de azúcar y grasa en la fórmula para hornear. El vapor de agua, el aire y los productos químicos son los agentes de fermentación empleados en la producción de este tipo de alimentos.



Foto1. La marraqueta y la hallulla son los dos principales tipos de pan consumidos en Chile.

Además de la harina de trigo, en la industria se obtienen los siguientes productos:

- a) **Salvado:** corresponde al pericarpio y testa (cubierta del grano), que es empleado como componente de dietas alimenticias y como regulador del ritmo digestivo.
- b) **Germen (embrión de la semilla):** contiene un alto contenido de grasa (12,5% de su peso), vitaminas y sales minerales. Se emplea en la alimentación humana, en particular por los naturistas.
- c) **Afrecho:** producto constituido por germen y salvado, utilizado fundamentalmente en la alimentación animal.
- d) **Afrechillo:** posee la misma constitución del afrecho, pero su grado de molienda es más fino.
- e) **Harinilla:** se refiere a una harina oscura que es derivada de la capa más externa de los granos y que contiene algo de pericarpio y testa, y es utilizada en alimentación animal.

02. UTILIZACIÓN Y VALOR NUTRITIVO

Faiguenbaum H. 2003. Labranza, siembra y producción de los principales cultivos de Chile. Impresora y Editora Ograma S.A., Santiago, Chile. 760 pp.

Fundación Chile. 2005. Una nueva visión para el sector trigoero en Chile. Publicación del área Agroindustria. 99 pp. Fundación Chile, Santiago, Chile.

McGinnis, J. 1972. Biological evaluation of cereal grains for nutritional value: Triticales, rye, wheat: a report submitted to the Rockefeller Foundation and the Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. Dept. of Animal Sciences, Washington State University, Washington, USA.

Peña RJ. 2002. Wheat for bread and other foods. 2002. In B.C. Curtis, S. Rajaram, and H. Gomez Macpherson (eds.) FAO-UN, Rome, pp.483-494.

Peña RJ. 2007. Grano para consumo humano. In M. Mellado (ed.) El trigo en Chile. Colección de libros INIA N°21. Instituto de Investigaciones Agropecuarias-Quilamapu, Chillán, Chile, pp. 501-557.

Pomeranz Y. 1987. Bread around the world. In Y. Pomeranz (ed.) Modern cereal science and technology, VCH Publishers, Nueva York, USA, pp. 258-333.

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación. 2000. Análisis de la cadena de gluten de trigo, Argentina. En versión electrónica. Disponible en: http://www.alimentosargentinos.gov.ar/0-3/farina/glu_trigo/Gluten.htm (Consulta: 22-09-2011).

cap. **03.**



Botanica y Tipo de Trigo

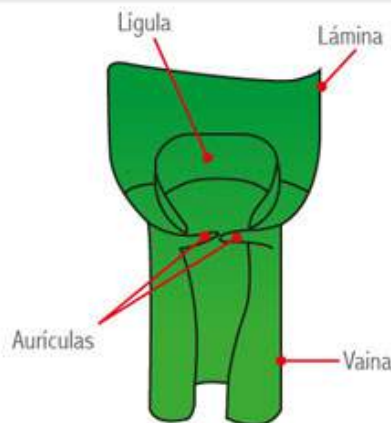
Botanica y Tipo de Trigo

El trigo es una monocotiledónea anual, perteneciente a la familia Poaceae (que abarca a todas las gramíneas) y al género *Triticum*, que contiene sobre 5.000 especies diferentes.

Este género se clasifica dentro de la tribu Triticeae, que también contiene a los géneros *Hordeum* y *Secale*, donde se incluyen la cebada y el centeno, respectivamente. Existen alrededor de 16 especies cultivadas distintas de trigo en el mundo, y en Chile sólo se cultivan el trigo harinero (*Triticum aestivum*) empleado en la elaboración de pan, galletas y repostería, y el trigo candeal (*Triticum turgidum* L.ssp. *durum*) para la fabricación de pastas y fideos.

Los estudios botánicos han revelado semejanzas sorprendentes entre las diferentes especies de trigo en relación a la estructura básica de las raíces, tallos, hojas e inflorescencias. El trigo posee dos tipos de raíces: las raíces seminales, que se desarrollan desde el embrión durante la etapa de germinación, y que constituyen el sistema primario de raíces, pero que pierden su funcionalidad cuando la planta alcanza el estado de cuatro hojas; y las raíces principales (o coronarias) que se desarrollan a partir de yemas situadas en los nudos de las coronas, que se ubican bajo la superficie del suelo y que constituyen el sistema radicular de sustento definitivo de la planta. Las raíces principales son muy numerosas y ramificadas, y se concentran en los primeros 30 cm del perfil del suelo, aunque pueden profundizar hasta casi 2 metros.

El tallo o culmo es recto y cilíndrico, con cinco a siete nudos macizos y entrenudos huecos que defieren en grosor según la cantidad de médula, lo que depende del cultivar empleado. La altura del tallo maduro varía entre 40 a 180 cm; y crece en longitud a partir del tejido meristemático de los nudos, contrario a la mayoría de las plantas que crecen a partir del ápice, y el tallo termina en una espiga. Los entrenudos se van alargando hacia arriba de la planta, siendo el pedúnculo el más largo y el que sostiene la espiga.



Las hojas están dispuestas en los tallos en forma alterna y son lineales y con venas paralelas, lo cual es típico de las gramíneas. Cada hoja se compone de una lámina, vaina, ligula (estructura delgada y membranosa situada en la unión de la lámina y la vaina, cuya forma y tamaño sirve para diferenciar las especies de cereales), y de un par de aurículas en la base de la lámina (Figura 1).

La presencia de aurículas y el tamaño de ellas son esenciales para diferenciar las distintas especies de cereales. Por ejemplo, las aurículas del trigo se entrecruzan ligeramente y son cortas, lo contrario a la cebada, en que las aurículas se cruzan completamente, mientras que en la avena estas estructuras están ausentes.

Figura 1. Componentes de una hoja de trigo (Fuente: Faiguenbaum y Mouat, 1998)

La inflorescencia es una espiga que está compuesta por 10 a 30 espiguillas sésiles, dependiendo del cultivar y de las condiciones de manejo, que van directamente unidas a un raquis, o eje de la inflorescencia (Foto 1).

Cada espiguilla contiene externamente dos brácteas (glumas) y presenta tres a cinco florecillas (antecios) dispuestas sobre una raquilla (Foto 1 y Figura 2). Cada espiguilla, a pesar de tener cinco florecillas, produce normalmente sólo tres de ellas que son fértiles, ya que las dos florecillas restantes contienen flores estériles y ocurre abscisión (caída) floral. Cada una de las florecillas se compone de una palea, una lema y de una flor (Figura 2). En muchos cultivares de trigo, las lemas se prolongan en forma de arista, dando origen a espigas barbadadas, siempre presentes y más largas en los trigos candeales que las aristas de los trigos harineros, donde pueden estar presentes o ausentes.

Foto 1. La espiga del trigo. A. Espiga entera; B. Raquis con las raquillas adjuntas; C. Raquis con las raquillas removidas

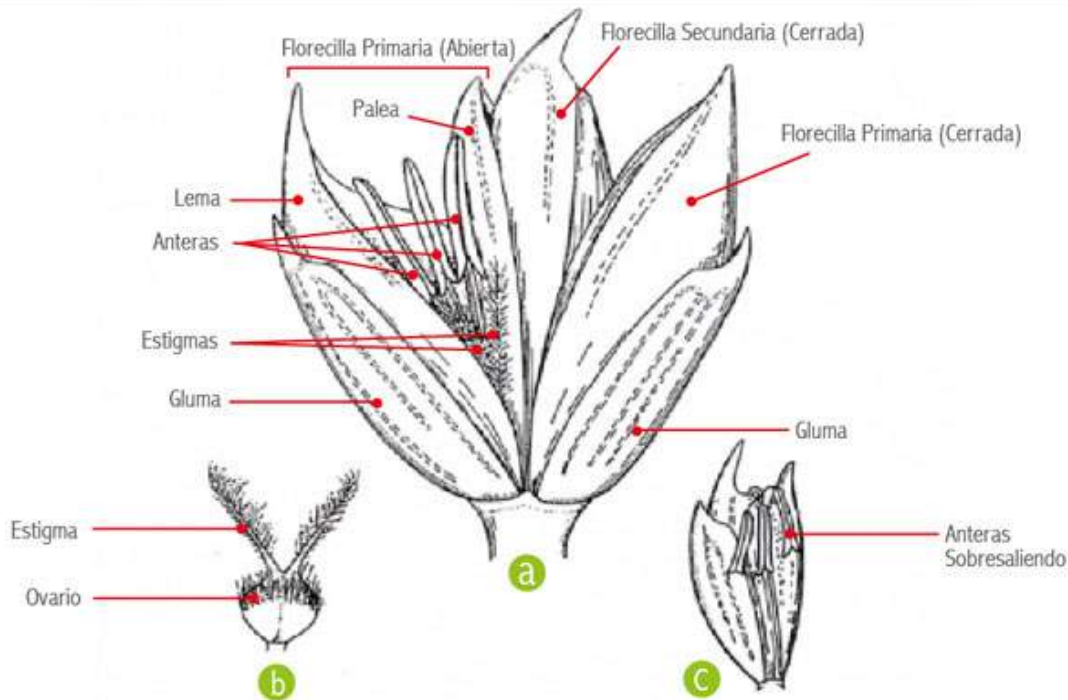


Figura 2. A. Espiguilla del trigo; B. Pistilo de la flor de trigo (parte femenina); C. Florecilla (antecio) durante la antesis (Fuente: Del Pozo, 2007).

Cada flor es hermafrodita (contiene ambos sexos) y posee tres estambres (parte masculina que produce polen) y dos estigmas plumosos que nacen directamente del ovario (parte femenina). La flor del trigo presenta autopolinización y proyecta sus anteras al exterior del antecio una vez ocurrida la antesis (liberación del polen) (Figura 2).

La semilla o grano de trigo es parte de un fruto llamado cariósipide que es de naturaleza indehisciente (no cae al madurar) y contiene una sola semilla por fruto. El grano harinero posee coloración que fluctúa del rojo al blanco, dependiendo de su textura. La forma de la semilla es ovalada, siendo acanalada en toda su longitud. En la extremidad no aguzada, se aloja el embrión o germen, el cual está constituido por la coleoriza que envuelve a la radícula, por el coleoptilo que protege a la plúmula, y por el cotiledón o escutelo, que almacena los nutrientes y vitaminas del embrión.



Tipos de Trigo

Los trigos se clasifican en invernales, primaverales y alternativos dependiendo del hábito de desarrollo y los requerimientos de frío que posee cada cultivar para cambiar del estado vegetativo al reproductivo (Foto 2). En Chile, se siembran los tres tipos dependiendo de la zona y la fecha de siembra

- a** Trigos invernales (tardíos): Poseen hábito de crecimiento inicial rastrero y un período de siembra a cosecha de 9 meses aproximadamente. En la fase vegetativa, entre la siembra y macolla, los trigos invernales necesitan de un período de bajas temperaturas (0-7°C) (vernalización) durante uno a dos meses, para inducir el espigado. La vernalización está asociada a una característica genética del cultivar y el número de horas frío de los cultivares invernales nacionales fluctúa entre 600-800 horas. Este requerimiento de frío sólo se cumple desde la región del Maule al sur de nuestro país, con siembras entre fines de abril hasta junio. Los cultivares invernales producen más macollas por planta y una mayor masa radicular que los primaverales, lo que debiera reflejarse en una mayor productividad de los invernales, aunque esto no siempre se cumple.
- b** Trigos primaverales (precoces): Poseen un hábito de crecimiento inicial erecto y un corto período vegetativo, y un período de siembra a cosecha de 5 a 7 meses según la fecha de siembra, que varía en nuestro país entre julio hasta septiembre. No tienen requerimientos de frío para poder pasar de su fase vegetativa a la fase reproductiva. Los cultivares precoces se siembran en todo el territorio nacional y presentan un crecimiento continuo desde siembra a cosecha, contrario a los cultivares invernales que en un cierto período de su fase vegetativa entran en un período de letargo, donde se produce un reducido crecimiento destinado a lograr una mayor adaptación al frío.
- c** Trigos alternativos: Estos cultivares poseen menos requerimientos de frío que los cultivares invernales para poder espigar, pero requieren de más frío que los primaverales. Presentan un hábito de crecimiento inicial semi-erecto y un período vegetativo intermedio entre los cultivares invernales y primaverales. Se siembran desde mayo a agosto, principalmente desde la región del Libertador Bernardo O'Higgins al sur.



Foto 2. Distintos hábitos de crecimiento entre los trigos rastreros invernales y los trigos erectos primaverales (Fuente: Iván Matus, INIA-Quilamapu, Chillán).

03. BÓTANICA Y TIPO DE TRIGO

Black M., JD. Bewley, P. Halmer. 2006. The encyclopedia of seeds: science, technology and uses. CAB International, Wallingford, UK. 828 pp.

Del Pozo, A. 2007. Botánica y aspectos fisiológicos de la planta. In M. Mellado (ed.) El trigo en Chile. Colección de libros INIA N°21. Instituto de Investigaciones Agropecuarias-Quilamapu, Chillán, Chile, pp. 65-95.

Faiguenbaum H. 2003. Labranza, siembra y producción de los principales cultivos de Chile. Impresora y Editora Ograma S.A., Santiago, Chile. 760 pp.

Faiguenbaum H., P. Mouat. 1998. Biología de cultivos anuales: Morfología y estados de desarrollo en cereales, leguminosas, papa y remolacha. Disponible en http://www.uc.cl/sw_educ/cultivos/index2.htm (Consulta: 12/10/2011).

Hayward, HE. 1953. Estructura de las plantas útiles. Imprenta López, Buenos Aires, Argentina. 668 pp.

Joarder N., SN. Sima. 2011. Cross-sectional anatomy of wheat (*Triticum aestivum* L.) culms: gross anatomy and its relationship with culm morphology and some agronomic traits. Verlag Dr. Muller (VDM) Publishing, Germany. 212 pp.

Mellado, M. 2004. Boletín de Trigo. Manejo Tecnológico. Boletín INIA N°114. Instituto de Investigaciones Agropecuarias-Quilamapu, Chillán, Chile. 186 pp.

Peterson RF. 1965. Wheat: botany, cultivation, and utilization. Leonard Hill Books, London, UK. 422 pp.

Quisenberry KS., LP. Reitz. 1967. Wheat and wheat improvement. American Society of Agronomy Publisher. Number 13 in the series Agronomy. Madison, Wisconsin, USA. 560 pp.

Schofield JD. 2000. Wheat structure, biochemistry and functionality. Royal Society of Chemistry, London, UK. 400 pp.

cap. **04.**

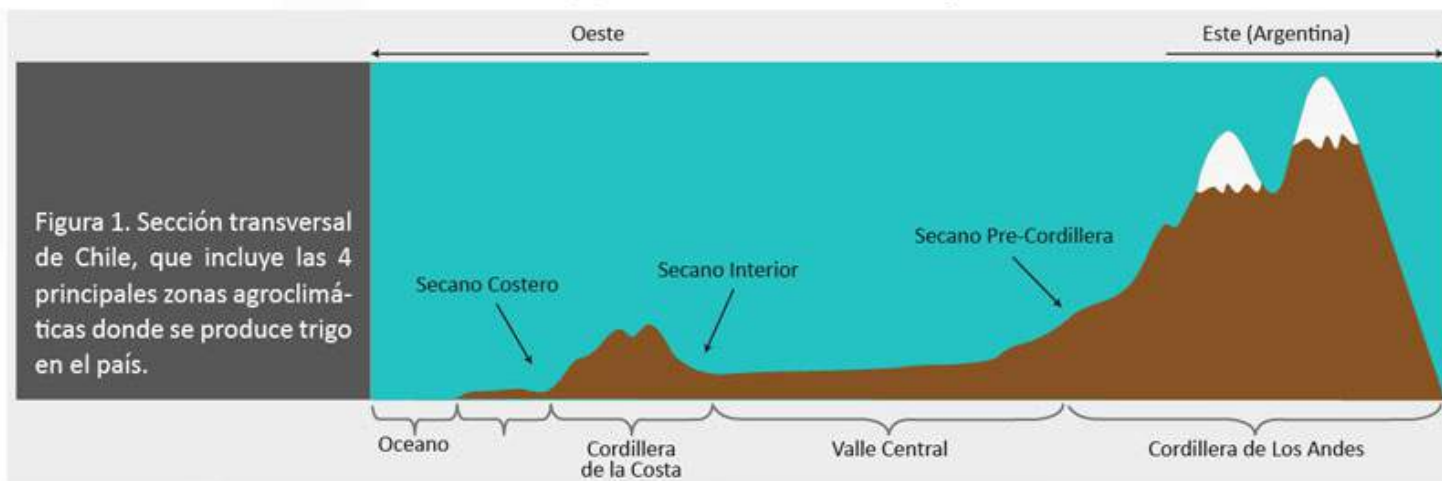


Zonas Agroclimáticas

Zonas Agroclimáticas

Chile continental está constituido por 75,6 millones de hectáreas (ha), aproximadamente un tercio tiene potencial silvoagropecuario, que se desglosan en 8,5 millones de ha con aptitud ganadera, 11,6 millones de ha con aptitud forestal y 5,1 millones de ha que son arables (INE, 2007). De la superficie arable (o cultivable), alrededor de 1,8 millones de hectáreas son regadas, 1,3 millones son potencialmente regables y 2 millones son de secano. Casi la totalidad de los suelos cultivables se localizan entre la región de Coquimbo y la región de Los Lagos.

La producción nacional de trigo se realiza en zonas agroclimáticas distintas, cada una de la cuales abarca varias regiones del país, y que se distinguen nítidamente en la sección transversal del país. Estas zonas denominadas Secano Costero, Secano Interior, Valle Central y Secano de Pre-Cordillera (de oeste a este, ver Figura 1), presentan características propias en cuanto a temperaturas, tipos de suelo, precipitaciones y presencia de enfermedades, según se analiza a continuación.



a Secano Costero

Se localiza en el costado oeste de la Cordillera de la Costa entre la región de Coquimbo y la región de Los Lagos (Fig. 1).

Presenta un clima mediterráneo marino con veranos secos y temperaturas moderadas, inviernos fríos y lluviosos, con baja oscilación térmica dada la influencia oceánica, generando humedades relativas altas, lo que origina rocíos y neblinas que favorecen la producción de trigo, a pesar del aumento de enfermedades fúngicas, como las manchas foliares (septoria) y las royas. En esta zona agroclimática, no se registran usualmente heladas y la humedad del suelo no es por lo general limitante para la producción de trigo.



Los tipos de suelos más utilizados para la producción de trigo incluyen suelos derivados de roca metamórfica de texturas variables (alfisoles e inceptisoles) y de algunos suelos arcillosos de mal drenaje entre la región de Coquimbo y la región del Maule. De la región del Bío Bío al sur, los suelos corresponden a suelos rojos arcillosos derivados de cenizas volcánicas antiguas. Los porcentajes de materia orgánica de los suelos aumentan a medida que se avanza hacia al sur, alcanzando niveles de hasta 8% en la sección más austral de esta área agroclimática, que coincide con los menores niveles de erosión de suelos. Estudios realizados por el INIA indican que los cultivares alternativos de trigo son los más recomendados en todo el Secano Costero ya que se pueden sembrar entre mayo y agosto, obteniéndose rendimientos máximos en las siembras de junio (alrededor de 45 qq/ha) (Novoa, 2007).

b) Secano Interior

Se localiza al este de la Cordillera de la Costa, donde limita al oriente con el Valle Central (Fig. 1). Los suelos del Secano Interior se ubican entre la región de Valparaíso a la región de la Araucanía.

En esta zona predominan los suelos rojos arcillosos (ultisoles) derivados de rocas metamórficas y de otros suelos que tienen su origen en la descomposición de materiales graníticos (alfisoles), que tiene en común ser suelos de textura franco arcillosa, con bajo contenido de materia orgánica, y que presentan severa erosión por las pendientes, lo que implica que posean muy bajos niveles de fertilidad natural. Los suelos de esta zona, de características muy frágiles, conforman una geografía de lomas y cerros muy erosionados, que se han ido paulatinamente convirtiendo en suelos forestales (pino y eucalipto).

El régimen de precipitaciones le confiere a la zona la característica de clima mediterráneo que, al finalizar la primavera, se caracteriza por un aumento de la sequía y un aumento de la temperatura, que dificulta significativamente el crecimiento de cultivos anuales durante el verano. Las precipitaciones se concentran entre los meses de mayo y agosto, cuando el trigo requiere de poco agua porque tiene escaso desarrollo. Desde octubre hasta diciembre son usuales las lluvias mensuales inferiores a 5 mm, que son escasas ya que los requerimientos hídricos de la planta en primavera son bastante mayores a esta cifra, lo que en definitiva afecta negativamente la producción ya que los rendimientos de trigo en secano son muy dependientes de las lluvias. No es común la ocurrencia de heladas en esta zona agroclimática.

Dadas las limitaciones hídricas y edáficas del Secano Interior, lo más racional es proponerse objetivos más bajos en términos productivos, con el objetivo de mejorar el recurso suelo como, por ejemplo, sembrar sólo los sectores más planos. Además, esto se puede complementar con el uso de cultivares precoces de trigo sembrados en el mes de mayo, lo que permitirá una mejor cobertura del suelo durante invierno, y habrá un menor efecto negativo de la sequía terminal en la etapa reproductiva que ocurre a partir de octubre.



En este contexto, estudios efectuados en el Secano Interior han mostrado claras diferencias en el comportamiento a la sequía debido, principalmente, al largo del período vegetativo del cultivar empleado. Por ejemplo, ensayos de trigos sembrados en otoño realizados por Mellado et al. (1994) en el Secano Interior de Cauquenes (región del Maule) concluyeron que los cultivares precoces inician la etapa reproductiva antes que el déficit hídrico primaveral se torne severo, lo que les confiere ventajas en el aprovechamiento de la humedad respecto a los tardíos. En efecto, este estudio demostró que cuatro cultivares de trigo precoces produjeron en promedio 34 qq/ha, mientras que un cultivar tardío empleado como testigo sólo rindió 14 qq/ha.

Los rendimientos de trigo del Secano Interior son normalmente inferiores a los del Secano Costero ya que en la primera área la pluviometría es comparativamente menor. En el Secano Interior, el cultivo se efectúa con muy baja tecnología y, en general, su producción está destinada al autoconsumo.

C Valle Central

Se localiza aproximadamente desde Santiago hasta Puerto Montt y físicamente abarca una parte importante de la zona ubicada entre la Cordillera de los Andes y la Cordillera de la Costa (Fig. 1).

Esta área es de poca pendiente y se producen casi la totalidad de los cultivos producidos en el país, siendo posible cultivar trigos primaverales, alternativos e invernales, los que se incluyen a diferentes rotaciones con otros cultivos como hortalizas, maíz, remolacha, arroz, canola, papa, entre otros, dependiendo de condiciones agroclimáticas. El Valle Central, o Depresión Intermedia, posee un clima mediterráneo, árido en la parte norte y más húmedo en la sección sur, con ocurrencia de heladas en otoño e invierno, que perjudican la producción de cultivos.

Entre Santiago y el sur de la región del Bío Bío se encuentra alrededor del 75% de la superficie regada del país, por lo que la pluviometría no es muy relevante, debido a la existencia de ríos y embalses, a diferencia de lo que ocurre de la región de la Araucanía al sur, donde predominan los suelos que no poseen riego artificial, pero que no presentan restricciones hídricas para el cultivo ya que en esa región se registran pluviometrías superiores a los 1.400 mm anuales (en años normales), además de tener primaveras relativamente frescas, lo que favorece los rendimientos de grano de trigo a la cosecha.

El Valle Central posee una gran variedad de tipos de suelos. Los suelos más comunes son los aluviales —inceptisoles, mollisoles, entisoles—, entre la Región Metropolitana (RM) y la región del Maule, formados por arrastre de material desde los ríos de la zona cordillerana, los suelos vertisoles (arcillosos), frecuentes en el sector este del Valle Central de la RM hasta la región del Bío Bío, los trumaos (andisoles), los suelos rojos arcillosos (alfisoles o ultisoles), y los suelos transicionales entre la región del Bío Bío y la región de Los Lagos, que son mezclas de trumaos y rojos arcillosos. Otros tipos de suelos se localizan en zonas específicas,



como los suelos arenosos en las riberas de ríos de la región del Bío Bío, y los suelos ñadis (región de Los Lagos), de origen volcánico y caracterizado por ser delgados y de muy mal drenaje.

d Secano de Pre Cordillera

Se localiza al este del Valle Central, entre los 300 y 600 metros sobre el nivel del mar y se caracteriza por la presencia de suelos trumaos (andisoles), derivados de cenizas volcánicas jóvenes, desde el sur de la región del Libertador Bernardo O'Higgins hasta la región de Los Lagos (Fig. 1).

Un alto porcentaje de esta zona no posee riego, aunque recibe más lluvias que los suelos del Valle Central ubicados a igual latitud, como en el caso de la latitud 36° Sur (Chillán) en que el Secano de Pre-cordillera registra aproximadamente 15% más de lluvias que el Valle Central. Además, por la mayor altitud, las temperaturas son comparativamente más bajas y las heladas más frecuentes e intensas extendiéndose entre mayo hasta diciembre, en la sección más al sur de la zona. Estos atributos convierten al Secano de Pre-cordillera en una zona con clima mediterráneo más frío y húmedo que el Valle Central.

Los suelos andisoles, o trumaos, tienen en común poseer buen drenaje, elevado contenido de materia orgánica, alta capacidad de retención de humedad y son profundos y tienen buena estructura. Además, poseen una alta capacidad de intercambio de iones, que se caracteriza por la alta capacidad de fijación de fosfatos, que se relaciona con el alto contenido de materia orgánica, entre otros factores. La alta fijación de fósforo, además de la presencia de materia orgánica, hierro y aluminio activos afines al fósforo, hacen que los suelos trumaos tengan una muy buena respuesta a los fertilizantes fosfatados. Por otro lado, estos suelos también responden muy bien a las fertilizaciones nitrogenadas ya que los suelos trumaos presentan, por lo general, escaso nitrógeno mineral pero abundante nitrógeno orgánico.

Los suelos trumaos de la serie Santa Bárbara, localizados en la pre-cordillera de Yungay, ilustran las propiedades positivas de estos suelos. Un estudio de Mellado et al. (1999) concluyó que, a pesar de no detectarse humedad aprovechable en los primeros 60 cm del perfil entre la floración y la madurez fisiológica del cultivo, cinco cultivos invernales arrojaron muy buenos rendimientos de grano y peso de hectolitro, que fluctuaron entre 72 y 86 qq/ha y 79,4 y 81,8 kg/hL, respectivamente. Esto indicaría que el cultivo podría haber profundizado a más de 60 cm del perfil debido al adecuado manejo del cultivo y al apropiado programa de fertilización nitrogenada y fosfatada, lo que habría generado una adecuada translocación de carbohidratos a los granos durante la fase reproductiva del cultivo.

Algunos especialistas consideran una quinta zona agroclimática denominada Secano Húmedo del Sur, ubicado en un sector del Valle Central entre el sur de la región de la Araucanía hasta Puerto Varas. Los suelos predominantes son trumaos (andisoles), que tienen características físico-químicas similares a los mencionados para los trumaos ubicados en el Secano de Pre-cordillera.



Sin embargo, el pH es más ácido que el de las zonas anteriormente descritas (4,8-5,0), por la mayor pluviometría. Los suelos son profundos a muy profundos, que descansan sobre toba¹ de granulometría media, y ocupan una posición de lomaje ondulado con pendientes de 5 a 8% y de buen drenaje. El clima de esta zona agroclimática corresponde a marino fresco, y aunque existe lluvia todo el año, entre 1.500 a 2.100 mm, ésta disminuye en verano, determinando 3 a 4 meses sub-húmedos, que coincide con el período libre de heladas. Desde el punto de vista de producción de cultivos, en esta zona destacan el trigo harinero y la papa, en rotación con praderas o arveja (Rouanet et al., 2005).

En resumen, los antecedentes señalados indican que la atención en el Secano Costero y en el Secano Interior, debe estar centrada en la conservación del agua (principal limitante de estas regiones agroclimáticas), en el manejo de los suelos erosionados (principalmente en los suelos con altas pendientes) y el uso de cultivares mejor adaptados a la sequía (cultivares precoces y siembras tempranas).

El foco de interés en el Valle Central debe estar en el uso de cultivares de alta productividad, particularmente en los trigos primaverales, con buena calidad industrial de granos y resistencia a enfermedades.

En el Secano de Pre-Cordillera, es necesario priorizar alternativas de rotación que eviten el monocultivo de trigo que favorece el desarrollo de enfermedades radiculares (por ej. Mal del pie). En este sentido, se ha incluido hace un tiempo los cultivos de la remolacha y la canola (raps), que son muy favorables para la rotación con el trigo en esta zona agroclimática.

Finalmente, en la zona de Secano Húmedo del Sur, es necesario seleccionar cultivares con mejor comportamiento en suelos ácidos (toxicidad por aluminio), y que toleren de mejor manera las lluvias en pre-cosecha, para evitar daños en la calidad de los granos debido a la germinación precoz en la espiga.

¹ Piedra caliza muy porosa y ligera formada por la cal que lleva en disolución las aguas de ciertos cursos de agua.



04. ZONAS AGROCLIMÁTICAS

Del Pozo A, P. Del Canto. 1999. Áreas agroclimáticas y sistemas productivos en la VII y VIII regiones. N°113. Instituto de Investigaciones Agropecuarias-Quilamapu, Chillán, Chile. pp. 116.

Honorato R. 1993. Manual de edafología. Ediciones textos universitarios. Pontificia Universidad Católica de Chile. pp. 196.

INE. 2007. VII Censo Agropecuario y Forestal. Enfoque estadístico. Instituto Nacional de Estadísticas. Marzo 2007. Santiago, Chile. Disponible en http://www.ine.cl/canales/sala_prensa/noticias/2007/marzo/files/septimo_censo_agropecuariao_pdf.pdf (Consulta: 02/11/2011).

Infante A., K. San Martín. 2001. Manual de agricultura sustentable para el secano. Diario el Sur S.A. División Imprenta, Chile. pp. 159.

Luzio W., S. Alcayaga. 1992. Mapa de asociaciones de grandes grupos de suelos de Chile. Agricultura Técnica (Chile) 52:347-353.

Mellado M., I. Matus, R. Madariaga. 1994. Importancia de las enfermedades foliares en el rendimiento de grano de variedades de trigo en el secano interior de Cauquenes. Agricultura Técnica (Chile) 54:106-111.

Mellado M., R. Madariaga, M. Ponce. 1999. Trigo en un año de sequía. Comportamiento en la precordillera de Ñuble de la VIII Región. Tierra Adentro 26:27-29.

Novoa R. 2007. Zonas agroclimáticas de producción de trigo. In M. Mellado (ed.) El trigo en Chile. Colección de libros INIA N°21. Instituto de Investigaciones Agropecuarias-Quilamapu, Chillán, Chile, pp. 37-63.

Pérez C. 2000. Propositiones tecnológicas para un desarrollo sustentable del secano. Boletín INIA N°42. Instituto de Investigaciones Agropecuarias-Quilamapu, Chillán, Chile, pp. 250.

Santibañez F., J. Uribe. 2001. Agroclimatología. In Agenda del Salitre. Sociedad Química y Minera de Chile (SOQUIMICH), Santiago, Chile. pp. 117-138.



cap. **05.**



Rotaciones de Cultivos Asociados al Trigo

Rotaciones de Cultivos Asociados al Trigo

La rotación es la sucesión repetida y regular de diferentes cultivos en el mismo terreno a lo largo de varios años y la secuencia o forma en que éstos se irán sucediendo hasta que vuelva a repetirse ese cultivo en el mismo lugar o terreno. Este sistema de producción de cultivos, dividido en potreros, permite las producciones sostenidas de cereales, leguminosas, otros cultivos (por ej. papa, remolacha, raps) y praderas en el tiempo, y es una práctica que data desde la Edad Media.

La alternancia de especies con diferente precocidad, hábito de crecimiento, sistema radical, uso de nutrientes y de agua, resistencia a enfermedades, diferentes comportamientos ante la presencia de malezas produce un mayor equilibrio de la biodiversidad y de las características físico-químicas del suelo. Esto conduce a una combinación de factores bióticos (plagas, enfermedades y malezas) y abióticos (suelo y clima) que favorece el crecimiento y desarrollo de las plantas.

En la práctica, los objetivos de la rotación de cultivos es reducir la incidencia de enfermedades y plagas del suelo, disminuir la presión de malezas, mejorar la extracción de nutrientes (principalmente el nitrógeno y fósforo), y favorecer la actividad y diversidad biológica del suelo, que se refleja en una reducción de los riesgos productivos del cultivo, que implica mayores retornos económicos para el productor.

El primer tipo de rotación de cultivos practicado en Chile fue la sucesión barbecho-trigo, práctica común utilizada en la producción de cereales en zonas de secano suficiente para satisfacer los requerimientos de agua del trigo. En la zona sur, el trigo se cultivaba en rotación con la papa.

El barbecho -práctica de secano que se efectúa desde la época de los Romanos- consiste en dejar el suelo invertido, sin producción, desde la cosecha del trigo o papa por un período de uno o más años (el suelo “descansa” según los productores), con el objetivo que el suelo acumule humedad y nutrientes. Después de un año de barbecho, el suelo se podía cubrir de vegetación natural y/o malezas que constituye lo que hoy se reconoce como, pradera natural, recurso que aún utiliza la agricultura campesina de la zona centro sur y sur del país, aunque con importancia decreciente.

En las décadas de 1970 y 1980, el INIA y las universidades definieron nuevas rotaciones, modelos semi-intensivos de uso del suelo, que comprenden una fase de praderas y una fase de cultivos anuales, aumentando la intensidad de uso del suelo a través del tiempo, dada la necesidad de diversificar e intensificar la producción agrícola para satisfacer los requerimientos de alimentos en el país, optimizando el rendimiento del



trigo y ajustándose en el tiempo a los cambios de precios y mercado de los granos. Este tipo de rotación tiene una duración que varía entre dos o más años de pradera y desde uno a tres años de cultivos anuales, disminuyendo significativamente el periodo de barbecho.

En la década de los noventa, y en especial en las zonas de Secano de Pre-cordillera y Secano Interior de la zona Sur las rotaciones de cultivos anuales se acortan, incluyendo trigo, lupino y avena, lo que ha derivado con mayor frecuencia a rotaciones muy cortas de dos años o a un monocultivo de trigo.

La intensificación de la agricultura chilena ha generado que las rotaciones tengan una duración menor, particularmente en los sistemas de producción de carne y leche en la zona Sur, donde los suelos son utilizados con cultivos anuales (por ej. trigo), rotación que se practica en forma habitual desde el año 2000 a la fecha, al igual que en algunos sectores de la región Centro Sur. Pese a las ventajas del uso de rotaciones, el aumento de la agricultura intensiva y los progresos tecnológicos en el control de plagas, enfermedades y malezas, han provocado una disminución en el uso de ellas, sin poder aprovechar todas las ventajas asociadas a la rotación de cultivos.

Desde el punto de vista sanitario, el principio esencial de las rotaciones consiste en sembrar cultivos que interfieran con el ciclo de vida de los organismos dañinos. En el caso del trigo, se utilizan distintas rotaciones dependiendo del tipo de suelo y de la zona agroclimática en que se establece el cultivo (ver Cuadro 1).

Cuadro 1. Cultivos sugeridos para usar en rotación con trigo, según tipo de suelo y zona agroclimática (Adaptado de Mellado, 2001).

Tipo de suelo y/o zona agroclimática	Cultivos precedentes
Trumaos de secano de pre-cordillera	Avena, canola, lupino, lenteja, praderas de leguminosas
Rojos Arcillosos de riego	Avena, remolacha, frejol, maravilla, praderas
Rojos Arcillosos de secano	Avena, canola, lenteja, lupino, praderas
Aluviales de riego	Frejol, canola, maravilla, maíz, tomates, papas
Franco limosos y franco arcillosos de riego	Praderas de leguminosas, avena, remolacha, frejol, arvejas, maíz, canola, maravilla, tomate, tabaco, papas
Arcillosos de riego	Arroz, maíz, frejol, maravilla
Arenosos de riego	Avena, frejol, maíz, praderas
Secano Interior	Praderas de leguminosas, garbanzo, chícharo, lenteja
Secano Costero	Avena, papas, frejol, maíz

Se recomienda integrar a la rotación con trigo, cultivos de distinto comportamiento biológico que produzcan un quiebre en el desarrollo de aquellos patógenos que



prosperan en plantas y rastrojos de trigo. Por ejemplo, el hongo causante del “mal del pie” (*Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*) en algunos cereales de invierno, particularmente trigo y cebada, es un patógeno peligroso que se acentúa en trigos invernales que siguen a un cultivo de cereal. El hecho que no dispongamos de tratamientos químicos 100% efectivos para controlar el mal del pie en el país implica que la rotación con una leguminosa es una práctica fundamental para el éxito del cultivo de trigo.

Las rotaciones son muy importantes para el programa de control de malezas del predio. El raps, cultivo de importancia económica en el sur de Chile, además de controlar el mal del pie, permite controlar malezas gramíneas, que son problemáticas en las siembras de trigo, a diferencia de lo que sucede con la avena, en que el control químico de malezas gramíneas es inviable por falta de graminicidas selectivos. Al incluir la avena en la rotación, se requiere controlar eficazmente las malezas gramíneas en los otros cultivos de la rotación.

Además, las rotaciones de cultivo disminuyen la incidencia de algunas especies de malezas dañinas. Por ejemplo, en el Valle Central regado, el trigo reduce la presencia de correhuela, maicillo y otras malezas competitivas a los cultivos de primavera-verano. Este tipo de malezas disminuye su incidencia debido a que en septiembre-octubre, meses en que inician su crecimiento, el trigo cubre totalmente el suelo, interceptando el paso de la luz. Su disminución favorece a los cultivos de primavera como maíz, poroto o maravilla.

Las rotaciones son muy importantes para el programa de control de malezas del predio. La canola (o raps), cultivo de importancia económica en el sur de Chile, además de controlar mal del pie, permite controlar malezas gramíneas, que son problemáticas en las siembras de trigo, a diferencia de lo que sucede con la avena, en que el control químico de malezas gramíneas es inviable por falta de graminicidas selectivos. Al incluir la avena en la rotación, se requiere controlar eficazmente las malezas gramíneas en los otros cultivos de la rotación.

Por otro lado, la presencia de leguminosas de grano en rotación con cereales podría retardar la aparición y aumento de biotipos de gramíneas como ballica y avenilla resistentes a herbicidas, si durante el cultivo de la leguminosa se emplea un graminicida de un grupo químico diferente al del graminicida utilizado durante el cultivo del cereal. La posibilidad de utilizar triazinas (simazina, metribuzina) en cultivos de leguminosas ofrece la oportunidad para controlar *Vulpia* spp., maleza que constituye un problema en cereales establecidos con cero labranza.

Para poder estimar el aporte a la fertilidad del suelo de las especies integrantes en las rotaciones con trigo, se debe conocer el suministro y extracción de nutrientes, y la capacidad de liberación de éstos por parte de los cultivos involucrados. Por ejemplo, las leguminosas establecen relaciones simbióticas con bacterias del suelo del tipo *Rhizobium* sp., que forman nódulos en las raíces de la leguminosa, que suministran azúcares (carbohidratos) a la bacteria, mientras que ésta fija nitrógeno (N) atmosférico para que sea utilizado por la planta, siendo una relación de mutua conveniencia. Es así



como las leguminosas aportan N, que es muy favorable para un cereal después de la leguminosa en la rotación. En este contexto, un estudio de seis años conducido por el INIA, demostró la conveniencia de utilizar la rotación lupino (leguminosa)-trigo en términos de rendimientos más altos de trigo (53,8 qq/ha), en comparación con los rendimientos de trigo en monocultivo (37,4 qq/ha), y del trigo sembrado después de cebada (37,5 qq/ha), triticale (36,5 qq/ha) y centeno (28,0 qq/ha). Además, este estudio concluyó que la rotación lupino-trigo incrementó significativamente el fósforo disponible (54 mg P/kg), comparado con el suelo producido en monocultivo de trigo (14 mg P/kg) en la parte final del ensayo. Esto se explicaría por la exudación de citratos y enzimas ácidas (fosfatasas) de la raíz del lupino, que produciría una disminución del pH de la rizófera, que solubilizaría y liberaría una parte del fósforo que estaba retenido, dejándolo disponible a la planta del cultivo siguiente.

Existe abundante evidencia que las siembras de trigo realizadas después de pradera natural o en monocultivo, produce una fuerte caída en el rendimiento. Estudios en la región centro sur de Chile demostraron que el trigo sembrado en un suelo cultivado con pradera natural previamente produjo 31 qq/ha, y que en los dos años siguientes el monocultivo de trigo en ese mismo sitio sólo rindió 23 y 3 qq/ha. Otro estudio conducido en la Pre-cordillera de Bío-Bío concluyó que el rendimiento de trigo cultivado después de pradera natural fue sustancialmente inferior (sobre 25 qq/ha) a los obtenidos después de raps (algo superior a 45 qq/ha) y lupino (35 qq/ha), y que ello estuvo asociado con el porcentaje de daño radicular del trigo, causado principalmente por el mal del pie.

En resumen, existen efectos positivos generales de la práctica de las rotaciones tales como el aumento de rendimiento del trigo con otros cultivos antes y después de este cereal, lo que produce un quiebre del ciclo biológico de muchas especies de enfermedades, plagas y malezas, y el aumento de disponibilidad de nutrientes en los primeros 20 cm del suelo, conservando la calidad de éste, lo que permite un mejor enraizamiento de las plantas.

Por otro lado, las consideraciones económicas han tenido influencia en las decisiones de uso de la tierra, y en consecuencia, el uso de las rotaciones, que han sido de algún modo desconsideradas producto de la intensificación de la agricultura. Se han identificado, tanto en el país como en el extranjero, beneficios en la producción de cultivos empleando secuencias de diferentes especies en el tiempo, como por ejemplo, el uso exitoso de las rotaciones de lupino-trigo o raps-trigo en la zona centro sur y sur del país, y la inconveniencia de sembrar trigo después de una pradera natural, o bien, de realizar monocultivo de trigo.



05. ROTACIONES

Cook R.J. 1986. Wheat management systems in the Pacific Northwest. *Plant Disease* 70:894-898.

Crovetto C. 2007. Acondicionamiento del suelo, rotaciones y rastrojos. Colección de libros INIA N°21. Instituto de Investigaciones Agropecuarias-Quilamapu, Chillán, Chile, pp. 281-319.

Gardner W.K., D.A. Barber, D.G. Parbery. 1983. The acquisition of phosphorus by *Lupinus albus*. III. The probable mechanism by which movement in the soil/root interface is enhanced. *Plant and Soil* 70:107-124.

Infante A., K. San Martín. 2001. Manual de agricultura sustentable para el secano. Diario el Sur S.A. División Imprenta, Chile, pp. 159.

Karleen D.L., G.E. Varvel, D.G. Bullock, R.M. Cruse. 1994. Crop rotations for the 21st century. *Advances in Agronomy* 53:2-45.

Madariaga R., M. Mellado. 1988. Efecto del precultivo de raps (*Brassica napus* L.) en la incidencia de mal del pie (*Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*) en trigo. *Agricultura Técnica (Chile)* 48:182-187.

Mellado M. 2001. Capítulo XII. Cereales. Trigo, Centeno y Triticale. In *Agenda del Salitre*. Sociedad Química y Minera de Chile (SOQUIMICH), 11ª ed., Santiago, Chile, pp. 553-569.

Nelson P., R. Delane. 1991. Producing lupins in western Australia. *Bulletin* 4179. Department of Agriculture Western Australia. Geraldton. 94 pp.

Rodríguez N., F. Silva, C. Belmar. 1992. Factores que inciden en la producción de trigo en la región centro-sur. II. Rotaciones para los suelos de la precordillera andina. *Agricultura Técnica (Chile)* 52:11-17.

Rouanet J.L., M. Mera, E. Acevedo, P. Silva. 2005. Rotaciones de cultivos y sus beneficios para la agricultura del sur. Rouanet, J.L. (Ed.). Fundación Chile, Santiago, Chile. 91 pp.





cap. **06.**



Preparación de Suelos

Preparación de Suelos

La preparación de suelo debe considerar dos objetivos fundamentales: obtener un adecuado mullimiento de la parte superior del suelo donde ocurrirán los procesos de germinación y emergencia, y lograr un perfil descompactado donde se desarrollará el sistema radicular, usualmente en los primeros 60 cm del perfil de suelo.

Para el éxito de estos objetivos, es fundamental hacer un manejo integrado del suelo, el cual debe considerar la mantención e incorporación de rastrojo, una preparación del suelo con tres a cuatro labores, el uso alternado de arados subsoladores (Fig. 1) con arados de vertedera (Fig. 2), y el uso de rastras adecuadas a cada condición y tipo de suelo. Todos estos elementos contribuirán en forma importante al aumento de materia orgánica, y muy particularmente a la disminución de los niveles de compactación, aspecto que limita significativamente el crecimiento de las raíces, y en consecuencia, el rendimiento del cultivo de trigo.

En nuestro país, normalmente se efectúa un mayor número de labores respecto a lo que es técnicamente recomendado, efectuándose al menos cinco labores para preparar el suelo, que conlleva a un aumento de los costos de producción y a un incremento de los niveles de compactación, que es una consecuencia de las precipitaciones, de la presencia de animales en el predio, y del uso excesivo de maquinaria. Este último factor, especialmente los equipos de labranza y de tractores, constituye el principal factor que afecta la compactación de suelos, cuyo efecto está directamente relacionado con la humedad que tenga el suelo al momento de realizar las distintas labores.

Existen varias alternativas para lograr una buena preparación de suelo destinada a sembrar trigo, que depende de varios factores, como la época de preparación del suelo, las características físicas y topográficas del terreno, el cultivo anterior y el manejo de rastrojos, la maquinaria disponible, la condición de humedad en el suelo, y las condiciones climáticas, entre otros.

En relación a la época de preparación de suelo, es recomendable evitar al máximo el ingreso de rastras y arados durante el otoño-invierno, dada las altas precipitaciones concentradas en esta época, para escaparse de trabajar los suelos con exceso de humedad (que agravan los problemas de compactación), lo que aumenta el número de labores dada la menor disgregación del suelo, y al hecho que los avances de los trabajos son más lentos en otoño-invierno.

En consecuencia, como recomendación general, se aconseja dejar la preparación de suelos lo más avanzada entre diciembre a abril, para poder efectuar la siembra de trigo entre mayo a septiembre, dependiendo del cultivar y la localidad.



Figura 1. Arado subsolador con siete patas.



Respecto al manejo de rastrojos, la preparación de suelo dependerá del volumen de rastrojos del cultivo anterior al trigo. Por ejemplo, en presencia de volúmenes de alto rastrojo (por ej. maíz), y por lo tanto difíciles de manejar en superficie, debería considerarse una labor de incorporación, evitando las quemas.

Para maximizar la descomposición del rastrojo, se recomienda una buena humedad de suelo, ya que de lo contrario, se afectará negativamente la calidad de las labores, y se atrasará la descomposición de los rastrojos. Es fundamental picar el residuo del cultivo anterior de alto rastrojo, de modo de aumentar la superficie de contacto del rastrojo con el suelo para que la descomposición sea más rápida, y de esto modo, se incrementa el contenido de materia orgánica del suelo.

Para la incorporación de grandes volúmenes de rastrojo, es recomendable emplear un arado de vertederas grandes de tipo reversible, que permitirá una mayor profundización e inversión del suelo. Es fundamental que la incorporación del rastrojo se efectúe con anticipación a la siembra del trigo, dado que los residuos no descompuestos dificultan el accionar de los equipos de labranza y de las sembradoras. En estas últimas, pueden obstruirse los conductos por los cuales caen las semillas y fertilizantes, afectándose negativamente la calidad de la siembra de trigo.

Volúmenes medios o bajos de rastrojo (por ej. maravilla) pueden ser manejados en superficie, lo que disminuye significativamente los niveles de erosión. Bajo esta condición, es recomendable dejar el suelo arado a fines de verano y en otoño antes del comienzo de las lluvias, empleando arados de cinceles o subsoladores, que permiten que el suelo quede protegido en invierno y que el rastrojo se descomponga antes de la siembra de trigo.

Si el periodo entre el cultivo anterior y la siembra de trigo es muy corto (dos a tres meses), se recomienda evaluar si el rastrojo se deja o no en la superficie, considerando la cantidad de residuo, el nivel de picado del rastrojo, y la posibilidad de ocurrencia de lluvias en el periodo.

En Chile, se utilizan al menos cuatro sistemas de preparación de suelo para trigo, que se resumen a continuación:

a Labranza tradicional con tracción animal: Es muy común en pequeños agricultores, en la que se emplea bueyes y caballos como tracción animal (Fig. 3). Considera rotura y cruza del suelo con inversión, utilizando arado de vertedera, una a dos labores con una rastra de clavos para moler los terrones, y una labor de emparejamiento del suelo mediante una rastra de palo lisa o tablón.

Este tipo de labranza es muy usada en el Secano Costero e Interior, y se efectúa sin considerar la pendiente del terreno, lo que ha provocado graves problemas de erosión, que se acentúa por la costumbre de arar el suelo en el sentido de la pendiente, práctica no recomendable ya que produce más pérdida de suelo y disminución del carbono orgánico en el perfil del suelo.



Figura 2. Arado de vertedera.



Figura 3. Labranza con tracción animal.



Otra práctica muy utilizada en este tipo de labranza es el barbecho, que fue discutida en el capítulo de "Rotaciones", y que busca controlar malezas, acumular nitrógeno en los primeros 20 cm del perfil del suelo, y conservar humedad. Al usar este tipo de labranza, frecuentemente la semilla se siembra al voleo, y se incorpora con una rastra, de modo que la profundidad de siembra es muy desuniforme e irregular, lo que se traduce en una mala emergencia del cultivo y en una desuniformidad durante todo el ciclo de desarrollo del trigo.

- b) Labranza tradicional mecanizada:** Muy utilizada por medianos y grandes productores, que además de emplear arado de vertedera, contemplan el uso de arado y rastra de discos (los implementos más comunes en el país) (Figs. 4 y 5, respectivamente) y los vibrocultivadores (Fig. 6), que rompen y mullen el suelo, para obtener una cama de siembra adecuada para depositar la semilla de trigo.



Figura 4. Arado de discos.



Figura 5. Rastra de discos.



Figura 6. Vibrocultivador

Cuando se emplea este tipo de labranza, se debe evitar que los terrones mayores a 5 cm de diámetro sean muy abundantes, dado que su presencia modifica la profundidad de siembra y dificulta físicamente la emergencia del trigo, lo que se refleja en una disminución de la emergencia y en un cultivo desuniforme.

Otro implemento utilizado en este tipo de labranza son los arados subsoladores (Fig. 1), que penetran el suelo sin invertirlo, manteniendo su estructura sin alteraciones. El arado de subsolador debiera ser siempre considerado en el manejo de los suelos por su alta y efectiva capacidad de descompactar los suelos. Su frecuencia de uso dependerá de los cultivos que se consideren en la rotación.

Los cultivos que dejan poco rastrojo permiten utilizar el arado subsolador todos los años. En cambio, los cultivos que dejan un alto volumen de residuo (por ej. trigo y maíz), la frecuencia de uso del subsolador puede disminuir, ya que éste no se desempeña bien frente a cantidades altas de rastrojo por los atollamientos que limitan o impiden su acción. Sin embargo, se debiera contemplar el uso del subsolador a lo menos cada dos a tres años, con el objetivo de romper el pie de arado y descompactar al máximo el perfil del suelo en profundidad.

En un estudio efectuado en el estado de Mississippi, Estados Unidos, se comparó sistemas de producción en labranza mínima y convencional, en que los tratamientos que fueron sometidos a mínima labranza fueron anualmente subsolados, y luego de cinco años, los cultivos de soya y algodón arrojaron rendimientos 18 a 25% más altos, respectivamente, en condiciones de mínima labranza (con subsolado) en relación a los tratamientos bajo labranza convencional.

Otro estudio de cinco años efectuado en Carolina del Sur, Estados Unidos, evaluó el efecto del subsolador en los rendimientos de la rotación trigo-soya, y concluyó que los rendimientos de trigo fueron hasta 45% superiores en los tratamientos con subsolador versus los no subsolados.

La mayoría de los productores que preparan la cama de semilla en forma mecanizada, efectúan las siembras con máquina (por ej. cerealera de chorro continuo), lo que permite una distribución más uniforme y pareja de la semilla en el surco de siembra, lo que se refleja en un cultivo de trigo más parejo a lo largo del ciclo del cultivo.

- c Sistema de labranza vertical:** El implemento más empleado de este tipo de labranza es el arado de cincel (Fig. 7), que rompe las capas arables del suelo sin invertirlas ni mezclarlas, con lo que mejora la infiltración y el drenaje. El uso de arado de cincel se recomienda en suelos que tengan hasta 20% de pendiente y se integra muy bien con un implemento de acondicionamiento rápido, como el vibrocultivador que dispone de cinceles y rodillos, y que tampoco invierte el suelo.

El arado de cincel es recomendable en suelos de secano con limitaciones hídricas (por ej. Secano Interior) que se trabajan en verano casi sin humedad, o en suelos que quedan con poco rastrojo, de modo de dejar éste sobre la superficie para disminuir la erosión en otoño-invierno. Sin embargo, los arados de cincel han ido perdiendo importancia en los últimos años en relación a los arados subsoladores y de vertedera.

- d Sistema de cero labranza:** Este sistema no contempla labranza de suelos, empleándose máquinas sembradoras especializadas que pueden sembrar en suelos con rastrojo y endurecidos en superficie. El único movimiento de tierra es el que efectúa a través del sistema abridor de surcos, que se encarga de abrir y preparar los surcos en que será depositada la semilla de trigo, cultivo de importancia creciente producido bajo cero labranza.

Cuando se quiere adoptar el sistema de cero labranza en un suelo que anteriormente se manejó con los sistemas de labranza tradicionales, es necesario mejorar el micro-relieve (costras y ondulaciones), ya que la desuniformidad de la superficie limita una distribución pareja de la semilla y su posterior emergencia. Además, se debe eliminar la compactación, ya que suelos compactados producen un desarrollo radical superficial, y ello implica que el cultivo sea más sensible a la sequía, pudiendo afectar negativamente los rendimientos de trigo.

La siembra con cero labranza puede realizarse tanto en suelos planos como aquellos con pendiente. Por ejemplo, su uso ha aumentado considerablemente en suelos que tienen más de 20% de pendiente dado que esta práctica reduce sustancialmente la erosión, y por este motivo, en secano de pre-cordillera su uso se ha expandido, dejando de lado el tradicional barbecho de verano.

Otras ventajas de la cero labranza mencionadas en la literatura son la mayor retención de humedad en el suelo, mayor disponibilidad de fósforo, mejora de la actividad microbiana y el aumento del contenido de materia orgánica del suelo, y la disminución de los costos por menor uso de combustible en relación a la labranza convencional.



Figura 7. Arado de cincel de siete puntas.



Debido a que la mayoría de los cultivos en el Valle Central se efectúan bajo mínima labranza o labranza convencional, en esta área predominan las siembras convencionales de trigo por sobre las de cero labranza. Además, por tratarse de suelos de riego donde un alto porcentaje de productores no posee sistemas mecanizados para distribuir el agua, se necesita trazar canales de distribución, lo que restringe el uso de la cero labranza.

Otras desventajas de la cero labranza respecto a los sistemas convencionales son el atraso de la germinación del trigo, el aumento de riesgo de enfermedades que sobreviven en los rastrojos en la superficie del suelo (septoriosis y mancha ocular), efectos alelopáticos del rastrojo (compuestos liberados por los rastrojos que podrían afectar la germinación y emergencia de las plántulas de trigo), maquinaria de alta costo, bloqueo o inmovilización inicial del nitrógeno, y al aumento de algunas plagas (babosas).

Además, la mayoría de la superficie de trigo sembrado bajo cero labranza en nuestro país no cumple con el principio fundamental de dejar el rastrojo cubriendo la superficie del suelo. Por el contrario, se quema habitualmente el rastrojo, debido a la dificultad para sembrar a través de la paja existente en el suelo, y dada la excesiva presencia de babosas que se produce por la humedad acumulada bajo el rastrojo.

Independiente de esto, y considerando que en otros países la cero labranza se efectúa manteniendo el rastrojo en superficie, resulta esencial que en Chile se destine más recursos públicos y privados para investigaciones relacionadas al tema. Como consecuencia de esto, se podrán evaluar alternativas que permitan producir con el rastrojo dentro del sistema, sin quemar, validando de este modo el sistema de cero labranza.



06. PREPARACIÓN DE SUELOS

Acevedo E., P. Silva. 2003. Agronomía de la cero labranza. Serie Ciencias Agronómicas. N°10. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas, Santiago, Chile. 132 pp.

Allende P. 1993. Efecto de la compactación del suelo sobre el crecimiento radicular de especies pratenses. Tesis de Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile. 40 pp.

Busscher W.J., P.J. Bauer, J.R. Frederick. 2006. Deep tillage management for high strength southeastern USA Coastal Plain soils. Soil and Tillage Research 85:178-185.

Carrasco J., J. García-Huidobro. 1998. Parte I. Los problemas de la labranza y los equipos. Tierra Adentro 20: 24-27.

Crovetto C. 2007. Acondicionamiento del suelo, rotaciones y rastros. Colección de libros INIA N°21. Instituto de Investigaciones Agropecuarias-Quilamapu, Chillán, Chile, pp. 281-319.

Faiguenbaum H. 2000. Preparación del suelo. Mínimas labores, máximos resultados. Gestión y Tecnología 3:2-6.

Faiguenbaum H. 2003. Labranza, siembra y producción de los principales cultivos de Chile. Impresora y Editora Ograma S.A., Santiago, Chile. 760 pp.

Peña L., M. Brevis, M. Ibañez. 1998. Manejo de rastrojo y barbecho. Departamento de Mecanización y Energía. Facultad de Ingeniería Agrícola, Universidad de Concepción. Boletín de Extensión 64:1-20.

Rouanet J.L. 1996. Labranza conservacionista. Una agricultura amiga del ambiente. Tierra Adentro 9:40-41.

Rouanet J.L. 1996. Labranza conservacionista. Respuesta productiva de los cultivos anuales. Tierra Adentro 9:44-46.

Wesley R., C. Elmore, S. Spurlock. 2001. Deep tillage and crop rotation effects on cotton, soybean, and grain sorghum on clayey soils. Agronomy Journal 93:170-178.



cap. 07.



Suelos

Preparación de Suelos

El suelo es un cuerpo natural, que ocupa un espacio tridimensional, producto de la transformación del material originario (material parental), a través de procesos de síntesis y de destrucción. Es un sistema complejo, heterogéneo y trifásico, compuesto de las fases sólida, líquida y gaseosa. Además, los suelos presentan variaciones en función del tiempo relacionadas a los factores de formación de suelos, donde cada suelo puede considerarse como un individuo, que forma parte de un universo, con características únicas producto de una combinación específica de factores de formación.

Los cuerpos individuales de suelo rara vez se separan entre sí por límites abruptos. No son particulados, hay un cambio gradual entre uno y otro formando un continuo, y por ello, los límites se deben establecer en forma arbitraria, por los profesionales que se dedican a clasificar los suelos (pedólogos: estudian los factores de formación del suelo y su clasificación).

Como se analizó en el capítulo “Zonas agroclimáticas de trigo en el país”, el trigo se cultiva en una amplia gama de suelos, incluyendo los suelos aluviales, metamórficos y graníticos de la costa, y los suelos de origen volcánico como los rojos arcillosos, trumaos, transicionales, ñadis, entre otros. Algunos especialistas de suelos han adoptado la “taxonomía de suelos”, con diez órdenes donde se cultiva trigo en Chile, cuyas características se resumen a continuación:



ORDEN	CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES
Entisoles (aluviales)	<ul style="list-style-type: none"> • Carecen de horizontes bien desarrollados. Un horizonte es una zona más o menos homogénea que se desarrolla aproximadamente en forma paralela a la superficie del suelo, originada o diferenciada por procesos formadores del suelo de tipo genético y evolutivo. • Suelos jóvenes que no han tenido tiempo de desarrollarse o bien viejos, en sentido geológico, pero que no han desarrollado horizontes por poseer materiales resistentes a la intemperización (alteración física y química de la roca o minerales).
Inceptisol (aluviales, metamórficos)	<ul style="list-style-type: none"> • Suelos con un perfil un poco más evolucionado que el orden Entisol, pero cuyo desarrollo es incipiente. • Muestran evidencias poco significativas de distintos procesos genéticos. • Formación de horizontes que implican poco desarrollo.
Mollisol (aluviales)	<ul style="list-style-type: none"> • Suelos en los que se han producido la descomposición y acumulación de altas cantidades de materia orgánica. Esto entrega como resultado un humus rico en calcio. Son propios de zonas sub-húmedas o semiáridas, con vegetación de pradera que asegura aporte de materia orgánica en profundidad. • Horizontes superficiales friables, oscurecidos por la presencia de la materia orgánica. • El grado de saturación de bases (cationes) es alto. Esto expresa la proporción de la capacidad de intercambio de cationes (total de posiciones de cambio (cargas negativas) o cantidad total de cationes adsorbidos del suelo) ocupada por las bases de cambio, que en la mayoría de los suelos corresponden a Ca^{++} y Mg^{++}.
Espodosol	<ul style="list-style-type: none"> • Suelos desarrollados en climas húmedos y fríos, en presencia de vegetación de bosque. • Suelos con horizonte B2s que presentan acumulaciones significativas de arcillas amorfas, humus, sesquióxidos de aluminio, sin estructura, y a menudo parcialmente cementado.



ORDEN	CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES
Alfisol (rojos arcillosos y suelos más comunes en la Cordillera de la Costa)	<ul style="list-style-type: none"> • Suelos que se desarrollan en climas que tienen períodos áridos, por lo tanto, el perfil se presenta seco en parte del año. • Presentan un horizonte B textural con significativas cantidades de arcillas cristalinas. El horizonte B es un horizonte mineral en que las partículas minerales (solas o combinadas con humus) se han concentrado con el paso del tiempo. • Generalmente moderado a alto grado de saturación de bases.
Ultisol (rojos arcillosos, graníticos de la Cordillera de la Costa extensión sur)	<ul style="list-style-type: none"> • Presentan un horizonte B con cantidades significativas de arcillas cristalinas. • Generalmente con bajo grado de saturación de bases.
Oxisol	<ul style="list-style-type: none"> • Suelos fuertemente intemperizados (suelos que han sufrido cambios físicos y químicos respecto a los originales, producto del efecto de factores ambientales como el agua, viento, sol, temperatura). • Presentan horizonte B compuesto principalmente de sesquióxidos o arcillas 1:1 (caolinita).
Vertisol (arcillosos, al este del Valle Central entre la región Metropolitana y la región del Bío Bío)	<ul style="list-style-type: none"> • Suelos con textura fina. • Elevado contenido de arcillas expandibles. • Alta capacidad de intercambio de cationes, y alta materia orgánica. • Forman grandes grietas al estar secos.
Histosol (turberas, principalmente al sur del río Valdivia y más comunes en Chiloé)	<ul style="list-style-type: none"> • Suelos orgánicos.



ORDEN	CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES
Andisol (trumaos, ñadis)	<ul style="list-style-type: none"> • Suelos derivados de materiales volcánicos especialmente cenizas. • Complejo de intercambio dominado por minerales arcillosos de bajo grado de cristalinidad: alofán e imogolita. • Gran actividad del aluminio y por lo tanto fijadores de fósforo.

Además de la clasificación de los suelos, se requiere de la evaluación de éstos, que reflejen su aptitud agrícola. Mediante la evaluación se pretende asignar un valor de producción a las tierras, de manera de fijar impuestos, otorgar créditos agrícolas, o simplemente estimar producciones para una planificación de la rotación de cultivos. En este contexto, el sistema de capacidad de uso de los suelos, desarrollado por el Departamento de Agricultura de Estados Unidos y que se ha adoptado en Chile, es probablemente uno de los sistemas de evaluación de suelos más utilizados a nivel mundial.

El sistema de capacidad de uso de los suelos considera ocho clases, aumentando las limitantes desde la clase I a la clase VIII, representando esta última a los terrenos sin uso productivo. Clases I-IV es el grupo de los suelos arables, donde se incluye el trigo, y V-VIII corresponde al grupo de los no arables. A la denominación numérica de cada clase puede agregarse una letra minúscula que indique los factores limitantes principales que han incidido en su clasificación. Si son factores derivados de las características propias del suelo se emplea "s", y si es la erosividad se usa "e". Cuando predomina un exceso de agua en el suelo se utiliza "w", y si los factores limitantes son climáticos se emplea "cl" (presencia de heladas, baja pluviometría, entre otros). Así por ejemplo, "IVe" significa que un terreno fue categorizado en clase IV debido principalmente a factores como la alta pendiente y la erosión del suelo.

Una gran cantidad de suelos localizados en los Secanos Costero e Interior entre la región de Valparaíso y la región del Bío Bío, y en los Secanos de pre-cordillera de la región del Bío Bío, región de la Araucanía y región de Los Lagos, presentan pendientes muy pronunciadas mostrando un avanzado deterioro por efecto de la erosión. Ésta se ve acentuada en la medida que los suelos presentan pendientes más inclinadas, considerándose que suelos con más de 15% de pendiente no deberían sembrarse con trigo. No obstante, mucho de los suelos cultivados en las zonas mencionadas presentan desde un 15% y hasta más de un 40% de pendiente.

Algunos manejos agronómicos para reducir la erosión de suelos con altas pendientes incluyen: (1) sembrar en las fechas más tempranas para lograr un cubrimiento



más rápido del suelo, y evitar las sequías de primavera y verano; (2) efectuar los barbechos al final de la época de lluvias; (3) sembrar trigo cada 3 a 4 años, dando lugar en el intervalo a cultivos de praderas; (4) cultivos de cero labranza manteniendo el rastrojo en superficie; y (5) realizar siembras en contorno siguiendo curvas de nivel.

Aunque el trigo tolera en algún grado los excesos de humedad, los suelos de mal drenaje o pesados (arcillosos) presentan restricciones, ya que gran parte del desarrollo del cultivo transcurre durante los meses de mayor pluviometría. En este sentido, son usuales los problemas de saturación de humedad en el suelo y compactación, lo que implica disminuciones del crecimiento de las plantas, y consiguientemente de los rendimientos.

En este contexto, se recomienda la realización de siembras en camellones, las que deben efectuarse con trompo y el tapado de semillas se hace con un implemento surqueador, permitiendo el desagüe a través de los surcos. Este sistema es también útil en suelos delgados, ya que al emplearlo se gana profundidad de suelo. Esta idealmente debiera ser entre 90 a 100 cm, aunque con más de 50 cm de profundidad se puede aspirar a rendimientos de trigo relativamente altos.

La acidificación (pH bajo) es un fenómeno que ocurre en los suelos como consecuencia de la pérdida de bases (Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ , Na^+) y, en general, aumenta hacia el sur del país. Los cationes o bases que se pierden son generalmente reemplazados por iones H^+ y Al^{+++} , responsables, en especial el último (aluminio), de generar acidez que restringe el crecimiento de las plantas de trigo. Aunque el trigo es más tolerante a pH bajos que las leguminosas, la acidez de los suelos afecta el desarrollo de la mayoría de los cultivares de trigo, pero hay marcadas diferencias genéticas.

El rango de pH adecuado para el metabolismo de la planta de trigo varía entre 5,5 y 7,5. Otros cereales como la avena, centeno y triticale son más tolerantes a la acidez que el trigo, mientras que la cebada es el cereal más sensible. En suelos que tienen pH inferior a 5,5, es muy importante utilizar cultivares de trigo tolerantes a la acidez, y efectuar además el encalado del suelo. Además, es importante que la saturación de aluminio obtenida por el análisis de suelo sea inferior a 4%, para un buen crecimiento de las plantas de trigo.

Finalmente, el trigo es moderadamente tolerante a la salinidad, creciendo sin restricciones en suelos que presentan hasta 6 mmhos/cm de conductividad eléctrica, pero con niveles de 13 mmhos/cm, el rendimiento puede disminuir en alrededor de 50%. Sin embargo, suelos con alta salinidad no son comunes en las principales áreas cultivadas de trigo en Chile.



07. SUELOS

Etchevers J. 2007. Fertilidad del suelo y nutrición del cultivo. In M. Mellado (ed.) El trigo en Chile. Colección de libros INIA N°21. Instituto de Investigaciones Agropecuarias-Quilamapu, Chillán, Chile, pp. 361-421.

Faiguenbaum H. 2003. Labranza, siembra y producción de los principales cultivos de Chile. Impresora y Editora Ograma S.A., Santiago, Chile. 760 pp.

Honorato R. 1993. Manual de edafología. Ediciones textos universitarios. Pontificia Universidad Católica de Chile. 196 pp.

Luzio W., S. Alcayaga. 1992. Mapa de asociaciones de grandes grupos de suelos de Chile. Agricultura Técnica (Chile) 52:347-353.

Luzio W., M. Casanova, O. Seguel. 2010. Suelos de Chile. Luzio W. (Editor). Universidad de Chile. Santiago, Chile. 364 pp.

Rawson H., H. Macpherson. 2001. Trigo regado. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Roma, Italia. 105 pp.

Rodríguez J. 1993. La fertilización de los cultivos, un método racional. Colección en agricultura. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Pontificia Universidad Católica de Chile. 362 pp.

Schlatter J.E., R. Grez, V. Gerding. 2003. Manual para el reconocimiento de suelos. 3ª Ed. Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile. 114 pp. más 9 anexos.



cap. **08.**



Sistemas de Siembra

Sistemas de Siembra

El trigo se siembra mayoritariamente con algún grado de mecanización en Chile y las siembras manuales sólo deben ser consideradas en aquellos casos en que no sea posible acceder a ningún tipo de mecanización. Existen los siguientes métodos o sistemas de siembra en nuestro país:

- a **Al voleo o en hileras:** Se debe considerar el trompo para las siembras al voleo (Foto 1), y una máquina sembradora específica en el caso de siembras en hileras.



Foto 1. El trompo agrícola es empleado para realizar siembras al voleo en el cultivo de trigo.

Las siembras al voleo con trompo se efectúan cuando no se dispone de una sembradora, y puede recomendarse en siembras en seco en trigos de secano. Las siembras con trompo dejan la semilla distribuida sobre el suelo, siendo ésta posteriormente incorporada con una rastra de disco, o bien, con un implemento surqueador. Las mayores desventajas de sembrar al voleo con trompo corresponden a la gran desuniformidad que se produce en la profundización de las semillas y en el plano horizontal del predio, y la dificultad para lograr un adecuado traslape entre pasadas, lo que implica aumentar la dosis de semilla en alrededor de 20% en relación a las siembras a máquina.

Existe una amplia gama de máquinas sembradoras de trigo en el mercado, que realizan una siembra muy adecuada si se consideran cuatro factores principales: (a) regular la cantidad de semilla a sembrar (las dosis fluctúan entre 160 a más de 300 kg de semilla de trigo/ha usando sembradoras convencionales, dependiendo del cultivar, de la época de siembra, y del sistema de siembra empleado), (b) regular la cantidad de fertilizante a aplicar a la siembra, (c) regular la profundidad de siembra (3-4 cm en el trigo), y (d) regular la velocidad de siembra (5-7 km/hora). Para la correcta regulación de estos factores, lo más aconsejable es seguir las recomendaciones del manual del operador.



Las máquinas sembradoras de chorro continuo, conocidas como cerealeras, son las más empleadas en el cultivo de trigo en nuestro país (Foto 2). Las distancias entre hileras son normalmente de 15 a 18 cm.

Sin embargo, las cerealeras presentan algunas desventajas, como la desuniforme distribución y profundización de las semillas en el suelo en relación a las sembradoras de precisión, la falta de guías para marcar el suelo para mantener la distancia entre hileras luego da cada pasada de la sembradora, y la imposibilidad de localizar fertilizantes.

En los últimos años se han introducido en nuestro país las sembradoras cerealeras neumáticas, las que han aumentado notoriamente la calidad de siembra, ya que se desempeñan como máquinas de precisión (Foto 3). Por ejemplo, se consigue una dosificación bastante exacta de semilla y una distribución mucho más homogénea. Además, la profundidad de siembra es más uniforme, lo que reduce las pérdidas y disminuyen las dosis de semilla en un 50% aproximadamente. Adicionalmente, estas sembradoras permiten sembrar a distancias entre hileras de 12,5 cm, que son menores respecto a las cerealeras.

En consecuencia, las cerealeras neumáticas permiten obtener distribución en cuadratura, lo que optimiza la competencia por luz, agua, y nutrientes entre las plantas. En cambio, las sembradoras de chorro continuo resultan en siembras con distribución en rectángulo, lo que disminuye la eficiencia en el uso de los factores productivos anteriormente señalados, por la mayor competencia entre las plantas, lo que puede afectar negativamente los rendimientos (Figura 1).

En relación a los sistemas de cero labranza, existen varias sembradoras convencionales empleadas en el cultivo de trigo, como las de triple disco, las de monodisco, y las de abresurco tipo cincel, entre otras. Cualquiera sea la marca o modelo de la sembradora, ésta cuenta con un mecanismo dosificador de semilla que, de acuerdo al manual de operaciones de la máquina, indica la dosis esperada para una determinada posición del dosificador.

Además, en la siembra de cero labranza, es necesario la adecuada profundización de la semilla, en suelos que no siempre son parejos. Para ello, la sembradora cuenta con un sistema de resorte en cada abresurco que permite seleccionar la tensión apropiada de ellos, así como de mecanismos controladores de profundidad.

Adicionalmente, es conveniente revisar los dispositivos compactadores de semilla, que dependen del contenido de humedad del suelo. En un suelo muy seco, existirá la tendencia a la formación de terrenos, mientras que en uno muy húmedo, el surco tenderá a quedar abierto. Por ello, la mejor condición de humedad del suelo será una consistencia friable, en la que el suelo se cierra por su propia propiedad cohesiva, inmediatamente después de abierto el surco.



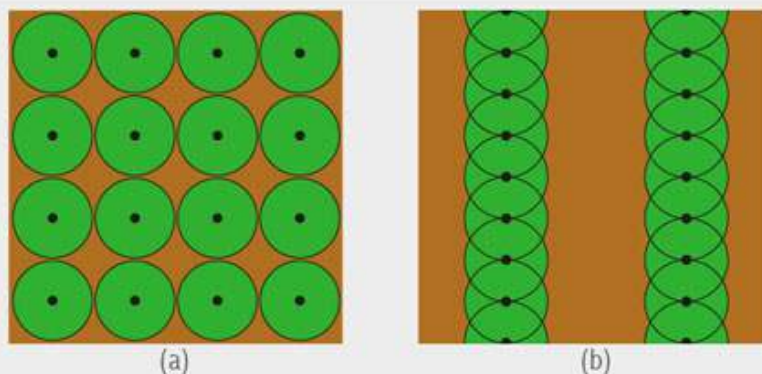
Foto 2. Sembradora de chorro continuo (cerealera).



Foto 3. Sembradora cerealera neumática.



Figura 1. La distribución óptima teórica es en cuadrado (a) pero, debido a la necesidad de realizar prácticas culturales con animales o máquinas, desde mediados del siglo XVIII se usan distribuciones rectangulares, con distancias diferentes entre y sobre hileras (b).



- b En seco o en húmedo:** Las siembras en seco se refieren a aquellas que se efectúan prácticamente sin humedad en el suelo. Estas siembras son recomendadas en suelos arcillosos, tanto de riego como secano, en los cuales se corre el riesgo de no poder entrar a sembrar una vez que comienzan las lluvias en otoño. Además, se recomiendan en suelos de secano entre las región de Valparaíso y la región del Maule, que presentan condiciones limitadas de lluvias. Al sembrar en seco se logra aprovechar todo el ciclo de lluvias, disminuyendo los efectos de la falta de pluviometría que ocurre a partir de la primavera. Por otro lado, las siembras en húmedo se efectúan sobre suelos que han recibido lluvias, o que se han regado antes de sembrar.
- c En plano o en camellones:** La mayoría de las siembras de trigo en Chile se efectúan en suelos planos o de lomaje. Además, se puede establecer el cultivo usando camellones. Las siembras en camellón se llevan a cabo con trompo distribuyendo la semilla y el fertilizante al voleo sobre el suelo. Luego, se usa un surqueador, implemento que al pasar va formando los camellones en los cuales queda incorporada la semilla (Figura 2).

La ventaja fundamental de sembrar trigo en camellones es la reducción de ocurrencia de anegamiento, lo que es habitual en la época de otoño-invierno, especialmente en suelos pesados y arcillosos (por ej. Vertisoles y Rojos Arcillosos). Además, en esta época el cultivo está expuesto a condiciones de falta de oxígeno en el suelo, debido a la saturación hídrica producto de la alta pluviometría. Esta condición resulta en disminuciones en el crecimiento y rendimiento de las plantas, las que se acentúan en suelos que presentan mayores contenidos de arcilla.

Suelo Preparado



Distribución al voleo del fertilizante y la semilla



Realización de surcos y camellones



Trigo emergido



08. SISTEMAS DE SIEMBRA

Acevedo E., P. Silva. 2003. Agronomía de la cero labranza. Serie Ciencias Agronómicas. N°10. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas, Santiago, Chile. 132 pp.

Faiguenbaum H. 2003. Labranza, siembra y producción de los principales cultivos de Chile. Impresora y Editora Ograma S.A., Santiago, Chile. 760 pp.

Márquez L. 2001. Maquinaria para la preparación de suelo, la implantación de cultivos y la fertilización. B&H, Madrid, España. 496 pp.

Matus I. 2007. Manejo del cultivo. Etchevers J. 2007. Fertilidad del suelo y nutrición del cultivo. In M. Mellado (ed.) El trigo en Chile. Colección de libros INIA N°21. Instituto de Investigaciones Agropecuarias-Quilamapu, Chillán, Chile, pp. 361-421.

Ortiz-Cañete J. 1993. Las máquinas agrícolas y su aplicación. Mundi-Prensa, España. 467 pp.

Riquelme J. 2004. Sistemas de preparación de suelo para el establecimiento del trigo. In M. Mellado (ed.) Boletín de trigo 2004: Manejo tecnológico. Boletín INIA N°114. Instituto de Investigaciones Agropecuarias-Quilamapu, Chillán, Chile, pp. 27-47.



cap. **09.**



Semillas y Aspectos Relacionados

Semillas y Aspectos relacionados

La semilla de trigo es parte de un fruto llamado cariósipide, en el cual las paredes del ovario (pericarpio) y la testa (cubierta protectora) están estrechamente unidas. El fruto es de carácter indehiscente (no cae al madurar) y contiene una sola semilla por fruto. La semilla es la base en la cual se apoyan todas las tecnologías que permiten explotar el potencial de una variedad de trigo. Por lo tanto, el uso de una buena semilla es el primer paso para obtener una cosecha sana y económicamente rentable.

La ley reconoce dos clases de semillas: certificadas y corrientes. La semilla certificada es controlada por el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) durante sus diferentes etapas de producción y comercio, debiendo reunir los requisitos establecidos en las normas de certificación. La semilla corriente, en cambio, es controlada solamente en el comercio, donde se verifica que cumpla las exigencias contempladas en la legislación vigente.

En el comercio de semillas agrícolas es posible distinguir la semilla corriente de la certificada por las etiquetas de los envases. Las semillas certificadas llevan una etiqueta rectangular, foliada, entregada por el propio SAG, cuyo color depende de la categoría de que se trate. Así, en el caso de la categoría certificada primera generación (C1) es de color azul y la certificada segunda generación (C2), que es la que normalmente llega a manos del agricultor, es de color rojo. La etiqueta de semilla corriente, en cambio, es confeccionada por el propio envasador y es de color amarillo.



- a Calidad de semillas:** El agricultor que compra semilla de origen clandestino, está pagando por un insumo que no ha sido producido de acuerdo a normas legales y es muy probable que estos granos no cumplan ni siquiera con las exigencias de una semilla corriente y/o certificada.

Las semillas ilegales comercializadas en el mercado informal adolecen de varias problemáticas, entre ellas, que no correspondan a la variedad que se desea, lo que a veces implica tener dificultades para determinar si se trata de una variedad de primavera o de invierno; además, en la mayoría de los casos, se desconoce el porcentaje de germinación y vigor e incluso el año de cosecha. A lo anterior, se agrega la presencia de malezas, y a veces, signos visibles de enfermedades.

Por el contrario, la alta calidad de semilla tiene gran incidencia en la calidad del producto final ya que el uso de semilla certificada garantiza la calidad fisiológica (alto porcentaje de germinación y vigor), la pureza genética (concordancia de la semilla adquirida con la variedad deseada), la calidad física (la semilla es de trigo y no de otros cereales, y viene libre de semillas de malezas) y la pureza sanitaria (semilla libre de enfermedades), y un adecuado y uniforme tamaño de semilla, lo que en conjunto permite obtener rendimientos más elevados con un producto homogéneo de mayor calidad.

En este contexto, considerando que el porcentaje de germinación de la semilla certificada varía normalmente entre 90 y 95% (el mínimo legal es 85%), un productor no debería conformarse con un porcentaje inferior a 93%. En cuanto a pureza física, la semilla certificada garantiza valores cercanos o superiores a 99%, siendo 98% el mínimo legal.

Un tamaño de semilla grande y uniforme, además de asegurar una emergencia más rápida y uniforme, es también un factor importante a considerar dentro de los parámetros de calidad; en este sentido, un mayor tamaño de semilla se relaciona con un mayor vigor, el cual determina que las plántulas presenten una mayor capacidad para sortear condiciones desfavorables como la presencia de terrones, profundidad de siembra excesiva o compactación del suelo, factores que fueron discutidos en los capítulos anteriores, y que pueden mermar los rendimientos en forma significativa.

Por otro lado, las semillas certificadas de trigo no contienen semillas prohibidas de malezas. Algunas malezas prohibidas según la ley de Semillas vigente (SAG, 1999), tanto para semillas certificadas como corrientes, son las siguientes: cúscuta o cabello de angel (*Cuscuta suaveolens*); hierba de San Juan (*Hypericum perforatum*); maicillo (*Sorghum halepense*); cardo negro (*Carduus pycnocephalus*); cardo blanco (*Sylibum marianum*); cizaña púrpura (*Agrostemma githago*); galega (*Galega officinalis*); pasto ajo o ajo silvestre (*Allium vineale*). La norma permite un máximo de 12 semillas objetables por kg de semilla certificada. Las semillas objetables son avenilla (*Avena fatua*), arvejilla (*Vicia spp.*) y clarincillo (*Lathirus spp.*).



Aunque no existen cifras precisas del volumen de semilla certificada que se comercializa anualmente, a partir de las estadísticas oficiales de certificación del SAG, se puede estimar que la disponibilidad de semilla certificada en el mejor de los casos sólo alcanzaría para la siembra de 40.000 a 50.000 hectáreas. Al año 2009, según un estudio de competencias sectoriales, desarrollado por Fundación Chile y Minagri, un 21,1% de los productores de trigo blanco del país estarían utilizando semilla certificada.

Según otro estudio de la misma Fundación Chile (2005), "el uso de semilla certificada es uno de los elementos a manejar en un escenario de fortalecimiento del sector triguero, ya que es uno de los factores que más influyen en la productividad y calidad de los productos derivados del trigo y cuyo valor dentro de la producción representa solamente un 6 a 8% de los costos totales". Otros autores (Engler, 2007), afirman que, en la distribución de costos de producción de trigo (para un rendimiento de 70 qq/ha), la semilla certificada representaría un 14% de los costos totales. En consecuencia, el costo de semilla es un ítem relativamente secundario en el costo total del cultivo, por lo que la compra de semilla certificada -a pesar de su mayor valor respecto a la semilla comercializada en el mercado informal- genera las importantes ventajas anteriormente señaladas, que son claves para el éxito económico y comercial del cultivo.

Como se indicó en el capítulo "Importancia del trigo en Chile", la producción de trigo en el país está muy atomizada porque existen muchos pequeños productores, por lo cual el producto transado tiende a ser muy heterogéneo. Eso no significa necesariamente una peor calidad, sino que, con tanta variedad en los lotes ofrecidos, la mezcla resultante no será buena desde el punto de vista de calidad industrial.

En consecuencia, gran parte del trigo producido en Chile es un producto genérico (commodity), sin diferenciación y que carece de identidad. Esto exige que se analice cada partida de trigo antes de decidir el lugar de almacenaje, lo que encarece los costos y repercute en que los productores reciban un menor precio por su producto. La zonificación de las principales regiones productoras de trigo por variedades, así como un mayor uso de semilla certificada, permitirían revertir este escenario y aumentar la calidad del producto final, que se reflejaría en mayores precios a los productores.

- b Desinfección de semillas:** La semilla debe ser tratada con un fungicida de tipo sistémico para proteger la sanidad de la semilla, del cultivo en los primeros estados, y de las espigas en el caso de los carbonos. Idealmente, la semilla debe ser desinfectada con fungicidas de formulación líquida por medio de máquinas desinfectadoras. De no contar con este tipo de equipos, lo más recomendable para lograr una buena desinfección de semillas es el uso de una betonera (tambor revolvedor).

Con el fin de evitar la presencia de carbón hediondo (*Tilletia foetida*), carbón de la hoja (*Urocystis agropyri*), o carbón volador (*Ustilago tritici*), se recomienda la desinfección con un fungicida sistémico de reconocida eficacia. Para este fin actualmente existen en



el comercio productos químicos que ejercen un control total, tales como flutriafol, tebuconazole, triadimenol, entre otros. La desinfección de semillas también es recomendada para el control del mal del pie (*Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*), siendo los productos silthiofam y triticonazole, los más eficaces en la disminución del daño causado por esta enfermedad.

La desinfección de semilla con insecticida puede ser importante desde la región del Bío Bío al sur, donde el ataque de gusanos blancos (*Hylamorpha elegans* y *Phytoloe-ma herrmanni*), en especial después de praderas, puede originar severos daños. Otra plaga que puede ser controlada al desinfectarse la semilla es la mosca de la raíz (*Tana paulseni*), conocida comúnmente como “mosca tonta”. Para ambas plagas, se recomienda el tratamiento de las semillas con insecticidas como el fipronil, imadacloprid o teflutrina.



09. SEMILLAS Y ASPECTOS RELACIONADOS

Andrade O. 2003. Efectividad de diferentes desinfectantes de semilla sobre la pudrición radical (*Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*) del trigo, en el sur de Chile. *Agricultura Técnica* 63 (4).

Engler A. 2007. Comercialización y costos de producción. In M. Mellado (ed.) *El trigo en Chile*. Colección de libros INIA N°21. Instituto de Investigaciones Agropecuarias-Quilamapu, Chillán, Chile, pp. 603-627.

Faiguenbaum H. 2003. Labranza, siembra y producción de los principales cultivos de Chile. Impresora y Editora Ograma S.A., Santiago, Chile. 760 pp.

Fundación Chile. 2005. Una nueva visión para el sector triguero en Chile. Publicación del área Agroindustria. 99 pp.

Fundación Chile. 2009. Estudio sectorial: Competencias Laborales Sector Trigo. Publicación del área Agroindustria. 44 pp.

Portilla B. 2007. Grano de trigo como semilla. In M. Mellado (ed.) *El trigo en Chile*. Colección de libros INIA N°21. Instituto de Investigaciones Agropecuarias-Quilamapu, Chillán, Chile, pp. 559-581.

SAG. 1999. Normas generales y específicas de certificación de semillas. Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), Santiago, Chile. 109 pp.

Sociedad Nacional de Agricultura (SNA). 1996. Reglamento para las transacciones según calidad, de trigo harinero de pan. *El Vocero Agrícola*. N°345. 4 pp.



cap. **10.**



Cultivares empleados en Chile

Cultivares empleados en Chile

Un cultivar (o “variedad cultivada”) corresponde a poblaciones de plantas cultivadas que son genéticamente homogéneas y que comparten características de relevancia agrícola que permiten distinguir claramente a la población de las demás poblaciones de la especie, y traspasan estas características de generación en generación, de forma sexual o asexual.

El cultivar (variedad) mejorado de trigo es fundamental para lograr éxito en producción, ya que ha sido desarrollado para alcanzar un comportamiento óptimo en cuanto a rendimiento, resistencia a enfermedades y calidad industrial. Es por esto que un cultivar de trigo debe reunir un conjunto de características deseables desde el punto de vista de productividad, es decir, que tenga un alto rendimiento como respuesta a la aplicación de insumos, haciendo un uso eficiente de éstos.

Además del rendimiento, que al final se traduce en el principal factor de rentabilidad para el agricultor, un cultivar debe ser capaz de producir un grano de calidad (por ej. alto contenido y calidad de proteínas (gluten)), lo cual es fundamental para su comercialización.

Otra de las características que deben estar presentes en un buen cultivar es su resistencia genética a las principales enfermedades existentes en el país, las cuales se discutirán en detalle en el capítulo “Enfermedades del trigo”. Por el momento, es suficiente señalar que la resistencia genética de los cultivares es de suma importancia, ya que representa la forma más económica y aceptable desde el punto de vista ambiental para el control de las enfermedades que afectan al cultivo de trigo en el país.



a Historia de los cultivares empleados en Chile

En la primera mitad del siglo XX (1900-1950), la mayoría de los cultivares de trigo utilizados en el país provenían del extranjero con materiales producidos en Europa y Norteamérica, no existían programas de fitomejoramiento (cruzamientos e hibridaciones) a nivel nacional, y se sembraban a lo largo del país en la medida que los datos de experimentos y rendimientos de los productores confirmaban las ventajas de los cultivares introducidos. Estos cultivares se caracterizaban por no poseer genes de enanismo, eran muy altos (susceptibles a la tendedura), y generalmente con un grano blando y calidad industrial muy débil.

En la segunda mitad del siglo XX, y coincidente con la fundación del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) en 1964, se impulsa significativamente el desarrollo de cultivares producidos en Chile (por medio de cruzamientos e hibridaciones, y con herramientas biotecnológicas en los últimos años), lo que mejora en forma sustantiva la respuesta de los cultivares nacionales ya que son producidos bajo las condiciones ambientales específicas de nuestro país. La consecuencia de esto es que los trigos nacionales producidos con posterioridad a 1960 son de menor altura, tienen resistencia genética a las principales enfermedades presentes en el país, poseen mejores índices de calidad y contenido de gluten, y producen granos de mayor dureza.

Una exhaustiva revisión de publicaciones nacionales (Jobet, 2007) permitió establecer que en Chile durante el siglo XX y comienzos del siglo XXI se han sembrado alrededor de 254 cultivares de trigo. De ellos, un 6% corresponde a cultivares creados por la Pontificia Universidad Católica de Chile, un 14% a la Sociedad Nacional de Agricultura (SNA), un 16% a la empresa privada Semillas Baer, y el 64% restante al Ministerio de Agricultura (el INIA a partir de 1964). Estos porcentajes no incluyen el trabajo que ha efectuado la empresa Agrícola Nacional S.A.C. e I. (ANASAC), que ha introducido desde el extranjero cultivares de trigo a Chile en las últimas dos décadas.

En la actualidad, existe un número importante de cultivares de las más diversas aptitudes climáticas e industriales, así como el uso de semilla no certificada proveniente del mercado informal, que afectan claramente la competitividad del sector triguero nacional, y que se discutió en el capítulo "Semillas y aspectos relacionados". En la temporada 2010 -2011, se certificaron 35 cultivares en el país, lo que sumado a materiales genéticos antiguos y a la producción de trigos forrajeros, que también son comercializados como trigo, generan a nivel nacional una producción de grano altamente heterogénea.

b Tipos de cultivares

Como se discutió en el capítulo "Botánica y tipos de trigo", según su hábito de desarrollo y requerimientos de temperatura, los cultivares de trigo se clasifican en cultivares invernales, alternativos, y primaverales.

Los actuales cultivares de invierno y alternativos empleados en el país presentan una altura de planta que fluctúa entre 90 y 115 cm, mientras que los primaverales presentan 80 a 110 cm de altura. Los días de siembra a espigadura fluctúan entre 90-110 días (primaverales), 150-175 días (alternativos), y 160-190 días (invernales).



Para seleccionar correctamente un cultivar es fundamental considerar la zona y la fecha de siembra. En este sentido, en la Zona Centro Norte (Región de Valparaíso, Región Bernardo O'Higgins, Región Metropolitana), deben utilizarse sólo cultivares primaverales, ya que en general no existe el nivel de frío (vernalización) requerido para que ocurra la floración, y así garantizar el éxito de los cultivares alternativos e invernales. Los cultivares primaverales, en cambio, no requieren vernalización, y encuentran en esta zona un clima muy adecuado para expresar rendimientos del más alto nivel.

Desde la Región del Maule a la Región de Los Lagos también se emplean cultivares primaverales, pero utilizando las fechas de siembra más tardías recomendadas para trigo en cada zona, ya que son materiales más precoces (tienen un ciclo de vida más corto que los cultivares alternativos e invernales).

Los cultivares alternativos se recomiendan fundamentalmente a partir del sur de la Región Bernardo O'Higgins hacia el sur, mientras que los cultivares invernales, que requieren la mayor cantidad de frío, deben sembrarse solamente a partir del sur de la Región del Maule. Sin embargo, el mayor uso de los cultivares invernales se produce en la Región de la Araucanía y Región de Los Lagos (Zona Sur), y especialmente en suelos pesados, en los cuales debe sembrarse temprano para asegurar la siembra del cultivo.

En este sentido, los cultivares invernales, por presentar un ciclo más largo, son los únicos que pueden recomendarse para su siembra durante los meses de Abril y Mayo en la Zona Sur; los trigos primaverales y alternativos sembrados en esa época florecerían antes del término del período de heladas. Por otro lado, si los trigos invernales en la zona Sur se siembran después de Junio, es muy probable que ocurran lluvias a la cosecha al finalizar el verano y comenzar el otoño, lo que afecta negativamente la calidad y el rendimiento de granos.

En los trigos alternativos e invernales, existen cultivares precoces, semiprecoces, semitardíos y tardíos. Además, al seleccionar un cultivar, sea primaveral, alternativo, o invernacional, es importante considerar su adaptación a la zona de siembra y saber acerca de su resistencia o susceptibilidad a los distintos tipos de roya presentes en el país.

Al adquirir la semilla al distribuidor, el productor debe siempre solicitar la ficha técnica del cultivar, donde se especifica la adaptación del cultivar a la región en que éste se produce, y además, las distintas susceptibilidades y resistencias a las principales enfermedades del trigo (por ej. royas, manchas foliares, oídio, carbonos, virus del enanismo amarillo de la cebada) que posee el cultivar en particular.

C Rendimientos

Como se mencionó en el capítulo "Importancia del trigo en Chile", la oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA) reportó que en la temporada 2010/2011 la superficie total de trigo alcanzó a 271.415 hectáreas y el rendimiento promedio nacional



correspondió a 58,1 qq/ha, el mayor rendimiento promedio de trigo alcanzado en el país en toda su historia.

El cultivar mejorado (o genética utilizada) es responsable de alrededor del 50% del rendimiento final, mientras que el otro 50% está asociado con las prácticas de manejo agronómico que el agricultor debe realizar para tener éxito en su cultivo de trigo. Entre las prácticas de manejo figuran la preparación de suelos, dosis de semilla, uso de semilla certificada, fecha de siembra adecuada, fertilización, riego, control de malezas, entre otras. Con esto el agricultor está asegurando una buena cosecha.

Al comparar 8.598 cultivares y líneas experimentales de trigo invernal y 9.514 cultivares y líneas experimentales de trigo primaveral, Jobet (2007) concluyó que existió una evolución positiva de los rendimientos de trigo en los experimentos efectuados entre 1970 (superior a 35 qq/ha) y 1999 (superior a 75 qq/ha) (Figura 1).

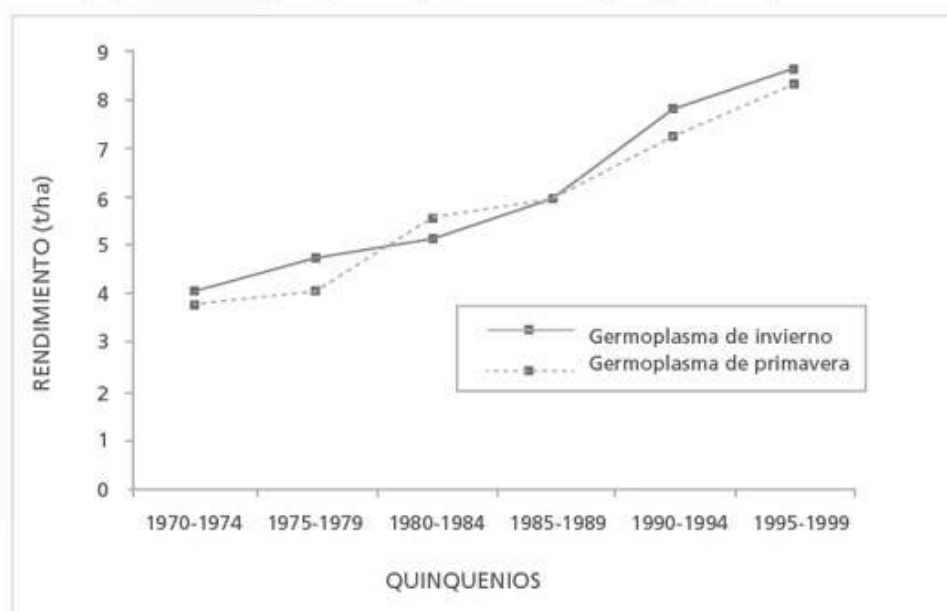


Figura 1. Evolución de los rendimientos de 8.598 cultivares y líneas experimentales de trigo invernal y 9.514 cultivares y líneas experimentales de trigo primaveral entre los años 1970 y 1999 (Jobet, 2007).

Como se discutió en el capítulo “Botánica y tipos de trigo”, los cultivares invernales producen más macollas por planta y una mayor masa radicular que los primaverales, lo que debiera reflejarse en una mayor productividad de los invernales, aunque esto no siempre se cumple, como se puede apreciar en la Figura 1.

d Calidad de granos

La calidad del grano de un cultivar de trigo está determinado principalmente por las características genéticas del cultivar, pero también es influenciada por factores ambientales y la interacción que pueda existir entre el cultivar y el ambiente en que el cultivar se desarrolla.

Un factor fundamental para asegurar la obtención de un grano de buena calidad está asociado al manejo agronómico del cultivo, destacándose el manejo de la fertilización nitrogenada. En este sentido, para optar a los valores altos de proteínas (gluten) de



granos, se recomienda aplicar una adecuada fertilización nitrogenada, según análisis de suelo, y aplicar el nitrógeno en 3 parcialidades (a la siembra, en estado de macolla, y en estado de encañado).

Existen varias características de calidad que son importantes a considerar al momento de decidir qué cultivar sembrar, las cuales son tomadas en cuenta por la industria molinera durante la compra del grano, ya que están directamente relacionadas con la obtención de una harina de buena calidad. El peso de hectólitro, sedimentación y gluten húmedo son algunos parámetros de calidad utilizados que permiten comparar y clasificar los trigos desde el punto de vista de calidad, de acuerdo a la Norma Oficial Chilena, NCh 1237. Of. 2000. Discutiremos y profundizaremos más de este tema en el capítulo "Calidad y comercialización de los granos".

e **Dónde puedo obtener información técnica de los cultivares usados en Chile?**

Agrícola Nacional S.A.C. e I. (ANASAC):

<http://www.anasac.cl/agropecuarios/producto/semillas/cereales/trigo>

Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA)

<http://www.inia.cl/link.cgi/ProductosYServicios/Semillas/Trigo/?pos=0>

Pontificia Universidad Católica de Chile (PUC)

<http://www.fundacionagrouc.cl/frameobjetivos.htm> (Ir a "Servicios", y luego clicar "Características de las variedades de trigo de la P. Universidad Católica de Chile")

Semillas Baer

<http://www.semillasbaer.cl/web/siembra.htm>



10. Cultivares empleados en Chile

Cotrisa, Unidad de estudios. 2011. Informe comportamiento del mercado nacional e internacional de trigo, maíz y arroz. Publicación Junio, 2011.

Faiguenbaum H. 2003. Labranza, siembra y producción de los principales cultivos de Chile. Impresora y Editora Ograma S.A., Santiago, Chile. 760 pp.

Fundación Chile. 2005. Una nueva visión para el sector triguero en Chile. Publicación del área Agroindustria. 99 p. Fundación Chile, Santiago, Chile.

INN. 2000. Norma Chilena Oficial N°1237 Of 2000. Trigo-Harinero-Requisitos. Instituto Nacional de Normalización (INN), Santiago, Chile, 16 p.

Jobet C. 2007. Mejoramiento genético del trigo. In M. Mellado (ed.) El trigo en Chile. Colección de libros INIA N°21. Instituto de Investigaciones Agropecuarias-Quilamapu, Chillán, Chile, pp. 201-279.

Matus I, A. Vega. 2004. Variedades. In M. Mellado (ed.) Boletín de trigo 2004: Manejo tecnológico. Boletín INIA N°114. Instituto de Investigaciones Agropecuarias-Quilamapu, Chillán, Chile, pp. 7-26.

Mellado, M. 1998. Análisis del cultivo de trigo en Chile durante el siglo veinte. Agricultura Técnica (Chile) 58:230-240.

Mellado, M. 2001. Trigo. Recursos Genéticos. Tierra Adentro n°40. pp. 26.

ODEPA. 2011. Mercado de trigo temporada 2010/2011. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias. Agosto 2011. Santiago, Chile. 13 pp.



cap. **11.**



Fechas de Siembra

Fechas de Siembra

La fecha de siembra es un factor muy relevante en la producción de trigo en nuestro país y efectuarla oportunamente no implica normalmente aumentar los costos de producción del cultivo. Las fechas de siembra recomendadas dependen de la zona, tipo de suelo, y el cultivar empleado, como se discutió en el capítulo "Cultivares empleados en Chile". Otros factores que influyen son la fecha de cosecha del cultivo anterior al trigo, el grado de avance que se tenga en la preparación del suelo, y la pluviometría durante el período de siembra (que puede atrasarla en años lluviosos).

El Cuadro 1 resume las fecha de siembra de trigo entre la Región de Coquimbo y la Región de Los Lagos, dependiendo de las zonas agroclimáticas y el tipo de cultivar (variedad), existiendo un consenso en la literatura que las fechas de siembra se extienden desde Abril hasta fines de Septiembre en nuestro territorio, basado en estudios que datan del siglo XIX en adelante.



Zonas agroecológicas	Tipo de variedad	Fecha de siembra
Suelos regados (IV a V regiones y RM ¹)	Primaveral	15 Junio - 5 Julio
Secano Costero (VI región)	Alternativo	15 Abril - 15 Mayo
	Primaveral	15 Mayo - 15 Junio
Secano Interior (VI región)	Primaveral	15 Mayo - 15 Junio
Secano precordillerano (VII y VIII regiones)	Invernal	15 Abril - 15 Mayo
	Alternativo	15 Mayo - 15 Junio
	Primaveral	15 Junio - 15 Julio
Suelos regados franco limoso y franco arcilloso (VII y VIII regiones)	Invernal	Mayo - Junio
	Alternativo	Mayo - Julio
	Primaveral	Julio - Septiembre
Suelos arcilloso (VII y VIII regiones)	Invernal	15 Abril - 15 Mayo
	Alternativo	15 Abril - 15 Mayo
	Primaveral	Agosto - Septiembre
Suelos interior (VII y VIII regiones)	Alternativo	Abril
	Primaveral	Mayo
Suelos costero (VII y VIII regiones)	Invernal	Mayo
	Alternativo	Mayo 15 Junio
	Primaveral	15 Junio - 15 Julio
Secanos (IX y X regiones)	Invernal	Abril - Junio
	Alternativo	Mayo - Junio - Agosto ²
	Primaveral	Agosto - Septiembre ²
Suelos Regados (IX y X regiones)	Invernal	Mayo - Junio
	Alternativo	Junio - Agosto - Septiembre ²
	Primaveral	Agosto - Septiembre

¹ RM: Región Metropolitana; ² No se recomienda el mes de Julio.
Fuente: adaptado de Mellado, 2001

En el Valle Central regado (Región de Coquimbo a Región Bernardo O'Higgins), los resultados de distintos estudios utilizando diferentes temporadas y cultivares, permiten concluir que Junio es el mes en que se logran los mejores rendimientos en esta zona. Por ejemplo, Cortázar y colegas (1982, 1985, 1987) determinaron que la segunda quincena de Junio arrojó los rendimientos más altos de trigo, los rendimientos disminuyeron entre 10-12% en siembras efectuadas en la segunda quincena de Julio, en un 20% en la primera quincena de Agosto, 34% a fines de Agosto, para alcanzar un 50% de disminución en las siembras de Septiembre respecto a la fecha de referencia de Junio.

Otro estudio utilizó 5 cultivares primaverales de trigos producidos bajo riego en la Región Metropolitana, permitió determinar que los rendimientos más altos se obtuvieron en las siembras de mediados de Junio, se produjo una caída de 11% al sembrar a mediados de Julio, 20% al sembrar a principios de Agosto, 36% en la siembra de fines de Agosto, alcanzando un 41% de disminución al sembrar el 9 de Septiembre en relación a la siembra de Junio (Parodi, 1985).



En consecuencia, siembras desde Agosto en adelante en el Valle Central regado acortan el ciclo de vida de las plantas ya que las temperaturas comienzan a subir más tempranamente durante la etapa vegetativa del cultivo, acelerando su desarrollo y disminuyendo con ello el crecimiento de las plantas; además, las mayores temperaturas que se producen durante la etapa de llenado de granos afectarán negativamente la fotosíntesis y los granos generados son de menor peso, lo que explica la caída de rendimientos de las siembras tardías.

A pesar de esta disminución de rendimientos, las siembras de Agosto puede seguir generando resultados económicos atractivos ya que en esta época se reduce la incidencia de manchas foliares (causadas por Septoria), y hay una disminución de ocurrencia de tendadura, ya que las plantas alcanzan una altura menor respecto a las siembras más tempranas.

En los secanos de la Región Bernardo O'Higgins, las siembras se realizan entre el 15 de Abril y 15 de Junio, dependiendo del tipo de secano y de la pluviometría. Cuando las precipitaciones superan los 450 mm, es posible recomendar cultivares primaverales semiprecoces y semitardíos, mientras que con pluviometrías superiores a 500 mm (Secano Costero), se puede recomendar el uso de cultivares alternativos con siembras tempranas dentro del rango señalado.

Un estudio en la Región Bernardo O'Higgins concluyó que los cultivares primaverales sembrados temprano en otoño en años lluviosos en el secano costero pueden ver sus rendimientos afectados por el ataque de Septoria, mientras que en años muy secos, los cultivares de período de desarrollo más largo presentan rendimientos bajos aún con siembras tempranas (Letelier y Tortello, 1990). En el secano interior de esta región, se aconseja sembrar trigos primaverales entre mediados de Mayo y mediados de Junio, a pesar de la ocurrencia habitual de septoriosis en esa área.

Entre la Región del Maule y Región del Bío Bío, existe un amplio período de siembra del cultivo entre el 15 de Abril y Septiembre (ver Cuadro 1). Los trigos invernales tienen importancia en el secano de pre-cordillera, recomendándose la siembra entre mediados de Abril y fines de Mayo.

En el caso de los alternativos, las fechas de siembra recomendadas en las zonas regadas fluctúan entre Mayo y fines de Julio en la Región del Bío Bío. En el caso de los secanos, las siembras de trigos alternativos se producen entre Mayo y mediados de Junio en el secano costero, y desde mediados de Mayo hasta fines de Junio en la pre-cordillera.

Respecto a los trigos primaverales, éstos se siembran entre mediados de Junio y mediados de Julio en los secanos costero y pre-cordillerano, y Mayo en el secano interior de la Región del Maule y Región del Bío Bío.

Siembras más tardías en el secano no son aconsejables, ya que puede ocurrir déficit hídrico en la etapa reproductiva del cultivo, que puede mermar los rendimientos en los tres tipos de secano, como se discutió anteriormente.



En las Región de la Araucanía y Región de Los Lagos, los cultivares invernales se siembran con mayor frecuencia respecto a zonas más al norte del país. Un estudio del INIA señala que se pueden establecer dos períodos de siembra, siendo entre Abril y Junio lo más recomendado para los trigos alternativos e invernales, y entre Agosto y Septiembre para los trigos alternativos y primaverales (Hewstone, 1985). Basados en este estudio, no se recomienda realizar siembras en Julio en estas regiones dada las elevadas precipitaciones y bajas temperaturas del suelo.

En general, en la Región de la Araucanía, las siembras de primavera no deben extenderse más allá del 15 de Septiembre, mientras que en la Región de Los Lagos se puede sembrar hasta inicios de Octubre en el caso de los cultivares de trigo más precoces.

Con el objetivo de evitar posibles daños por bajas temperaturas durante la espigadura y antesis, y dado que las heladas en la Región de la Araucanía y Región de Los Lagos ocurren durante todo el mes de Noviembre, es recomendable que la espigadura y antesis ocurran siempre a partir de fines de Noviembre, siendo la elección de la fecha de siembra y del cultivar muy importantes para el éxito agronómico y económico del cultivo.



11. Fechas de Siembra

Castillo H., F. Santibañez. 1987. Efecto de la temperatura sobre la fenología del trigo. *Agricultura Técnica (Chile)* 47:29-34.

Cortázar R., I. Ramírez, O. Moreno, E. Hacke, F. Riveros, M. Zolezzi. 1982. Efecto de la época de siembra de trigo sobre el ataque de *Puccinia graminis* y el rendimiento, en la zona centro-norte de Chile. *Agricultura Técnica (Chile)* 42:227-233.

Cortázar R., I. Ramírez, O. Moreno, E. Hacke, F. Riveros. 1985. Determinación de la mejor época de siembra de trigo en terrenos de riego del centro-norte de Chile. *Agricultura Técnica (Chile)* 45:253-258.

Cortázar R., I. Ramírez, E. Hacke, O. Moreno. 1987. Épocas de siembra, cultivares y dosis de semilla en trigo. *Agricultura Técnica (Chile)* 47:419-421.

Faiguenbaum H. 2003. *Labranza, siembra y producción de los principales cultivos de Chile.* Impresora y Editora Ograma S.A., Santiago, Chile. 760 pp.

Gay H. 1865. *Historia física y política de Chile.* Tomo 2. Agricultura. E. Thunot y Cia., Paris, Francia. 450 pp.

Hewstone C. 1985. Análisis relacionados con el hábito de desarrollo alternativo en variedades de trigo de la Estación Experimental Carillanca. *Agricultura Técnica (Chile)* 45:129-134.

Letelier E., L. Tortello. 1990. Ensayos de variedades de trigo, por fechas de siembra, por aplicación de fungicidas, en el secano marítimo de la VI Región de Chile. *Agricultura Técnica (Chile)* 50:93-103.

Matus I. 2007. Manejo del cultivo. In M. Mellado (ed.) *El trigo en Chile.* Colección de libros INIA N°21. Instituto de Investigaciones Agropecuarias-Quilamapu, Chillán, Chile, pp. 321-359.

Mellado M., R. Madariaga, H. Chamorro, L. Barrales. 1983. Épocas de siembra para el trigo (*Triticum aestivum* L.) en la provincia de Arauco. Rendimiento, peso del hectolitro y sedimentación. *Agricultura Técnica (Chile)* 43:291-296.

Mellado M. 2001. Capítulo XII. Cereales. Trigo, Centeno y Triticale. In *Agenda del Salitre.* Sociedad Química y Minera de Chile (SOQUIMICH), 11ª ed., Santiago, Chile. pp. 553-569.

Parodi P. 1985. Aspectos técnicos de la producción de trigo en Chile. In *Seminario de trigo,* 16-17 de Abril 1985. Pontificia Universidad Católica de Chile,





cap. **12.**



Malezas y su control

Malezas y su control

El término maleza se define como “toda planta que crece fuera de lugar”, o bien siendo más optimistas, “toda planta a la que aún no se le ha encontrado utilidad”. Además, las malezas se desarrollan en un momento inoportuno durante el cultivo de trigo, lo que está asociado al concepto de interferencia, donde plantas anuales deseadas (trigo) compiten con una población de plantas indeseables (malezas).

El resultado de esta interferencia es negativa ya que el trigo y las malezas compiten por los mismos recursos (agua, nutrientes y luz), y esto se refleja en una caída de los rendimientos del trigo cuando no se controlan las malezas adecuadamente, que varía dependiendo de la localidad, época de siembra, tipo y cantidad de malezas presentes en el predio, y el manejo agronómico del cultivo (Foto 1.).



Foto 1. Cultivo de trigo enmalezado.

Dependiendo de estos factores, se han reportado disminuciones de rendimiento de trigo superiores al 30% en la zona centro sur, en relación al trigo manejado libre de malezas (Ormeño, 1992; Pedreros, 2007). Otro estudio arrojó que el efecto de la interferencia de las malezas causó en promedio un 27% de disminución de rendimiento de trigo respecto al cultivo sin malezas (Kogan et al., 1979).

Además de afectar los rendimientos, las malezas pueden generar problemas en la trilla mecanizada (atrasando esta labor), favorecer la tendadura, y contaminar el producto cosechado.

Para evitar los problemas asociados a la presencia de malezas, existen distintos métodos de control de malezas: cultural, mecánico, biológico y químico, siendo la combinación de estos métodos, o sea, el control integrado de malezas, una herramienta muy útil y efectiva para maximizar los rendimientos de trigo.



- a Control cultural:** uso de semilla certificada (libre de malezas), preparación temprana del suelo que permita la germinación de malezas anticipada (quedando expuestas al control), limpieza de todo tipo de maquinaria para evitar el transporte y dispersión de semillas de malezas de campo a campo, uso apropiado de rotaciones de cultivo (ver capítulo "Rotaciones"), fecha de siembra adecuada dependiendo del cultivar, fertilización de acuerdo a las necesidades del cultivo, control de plagas y enfermedades, entre otros.
- b Control mecánico:** como se discutió en el capítulo "Preparación de suelos", esta labor (uso de arados, rastras) es muy importante para eliminar malezas que están emergiendo y enterrar semillas de otras malezas. Además, permiten remover estructuras vegetativas de malezas perennes (por ej. pasto cebolla), y dejarlas expuestas en la superficie. Se recomienda como última labor antes de la siembra, el uso de una rastra liviana para destruir las primeras malezas que están emergiendo.
- c Control mecánico:** se emplean enemigos naturales específicos de un organismo (por ej. hongos o insectos), para reducir el nivel de malezas de modo que éstas no causen daño económico. Este método de control es poco utilizado por el momento, pero ha sido exitoso en el control de algunas malezas perennes (por ej. Hierba de San Juan), maleza común en trigo (prohibida en semilleros), producto de la introducción de los insectos coleópteros *Chrysolina quadrigemina* y *C. hyperici*.
- d Control químico:** es el control más utilizado por los agricultores y debe considerarse un complemento a los métodos anteriormente señalados, ya que el trigo difícilmente va a alcanzar su máximo potencial de rendimiento empleando el control químico por sí sólo. Éste se basa en la utilización de herbicidas que destruyen selectivamente las malezas sin dañar al cultivo, inhibiendo la germinación (herbicida de pre-siembra), la emergencia (herbicida de pre-emergencia), y/o el crecimiento parcial o total de la maleza (herbicida de post-emergencia). Se recomienda rotar y mezclar los distintos herbicidas, para impedir el desarrollo de malezas resistentes a éstos.

En trigos cultivados bajo cero labranza, lo normal es que se usen herbicidas totales de amplio espectro en forma previa a la siembra, siendo los productos glifosato, gramoxone, glufosinato de amonio y sulfosato los más utilizados.

Durante el cultivo, lo más recomendable es aplicar herbicidas tempranamente luego de iniciado el estado de macolla del trigo, cuando las malezas presentan entre dos y seis hojas para ser controladas efectivamente; en la medida que las malezas están más desarrolladas, menor es la susceptibilidad de éstas a los herbicidas (Foto 2). Además, hay que tener precaución de esperar mayores niveles de enmalezamiento, dado que las malezas que han emergido primero pueden generar competencia con el trigo y escapar al control químico por presentar mayor grado de desarrollo. Si las malezas son bien controladas, el cultivo, en caso de presentar una buena población, logrará un completo cubrimiento impidiendo el crecimiento de nuevas malezas.



Foto. 2 Malezas anuales de hoja ancha y angosta en estado óptimo de control en trigo (Fauguenbaum, 2003).

Existe en nuestro país un amplio abanico de herbicidas y distintas empresas que comercializan diferentes productos para controlar malezas en trigo, por lo que el análisis de cada uno escapa a los objetivos de este capítulo. Sin embargo, lo importante es seleccionar aquellos herbicidas que controlan las malezas específicas que son problemáticas en el potrero particular del agricultor. Estos productos son fundamentalmente herbicidas de pre-emergencia y post-emergencia, estos últimos se aplican desde el estado de macolla hasta inicios de encañado del trigo.

Los tres grupos de herbicidas de post-emergencia más empleados en el país son los herbicidas hormonales (por ej. 2,4-D, MCPA); los que actúan inhibiendo la enzima acetilcoenzima A carboxilasa (ACCase) (por ej. clodinafop propargil, diclofop metil, fenoxaprop etil y tralkoxidim, entre otros); y los inhibidores de la enzima acetolactato sintasa (ALS) (por ej. sulfonilureas (clorosulfuron, iodosulfuron, metsulfuron, nicosulfuron, triasulfuron, tribemuron), imidazolinonas (imazaquim, imazetapir, imazapir), flucarbazone sódico, entre otros).

La elección del herbicida específico depende del tipo de malezas que se presenten en el predio del agricultor:

- a Malezas anuales de hoja angosta (gramíneas monocotiledóneas):** Las principales malezas gramíneas anuales que se presentan en el trigo son la avenilla, bromo, ballica, cola de zorro, piojillo, tembledera y vulpia (ver Cuadro 1). Estas malezas son particularmente abundantes desde la Región del Maule al sur, las principales zonas productoras de trigo del país, y los herbicidas más usados para controlarlas son clodinafop-propargil, diclofop metil, diclofop metil+fenoxaprop etil, flucarbazone sódico y iodosulfuron-metil-sodio.

Ninguno de ellos controla íntegramente el espectro de malezas previamente mencionadas, por lo que se recomienda el uso de mezclas para optimizar el control, y resulta esencial seleccionar el tratamiento herbicida más adecuado para el espectro de malezas presentes en cada caso.



Foto 3. El pasto cebolla (*Arrhenatherum elatius* ssp. *bulbosus*) y sus cormos (Kogan, 1992).



Foto 4. La chéptica (*Cynodon dactylon*) y sus rizomas (Kogan, 1992). En el sur de Chile, se desarrolla otra especie de chéptica (*Agrostis capillaris*).



El control óptimo de las malezas gramíneas anuales se obtiene cuando las malezas presentan entre dos y cuatro hojas, y los trigos a partir de tres a cuatro hojas. En el caso del pasto cebolla (Foto 3) y la chéptica (Foto 4), especies gramíneas perennes provenientes de cormos y rizomas, respectivamente, se recomienda la aplicación de herbicida en plantas de mayor follaje (10-15 cm de altura), dado que se requiere una adecuada retención del producto en las hojas, para su posterior translocación hacia los cormos y rizomas que están localizados bajo el suelo, de modo de optimizar el control de aquellas malezas.

b Malezas anuales de hoja ancha (dicotiledóneas): Un amplio espectro de este tipo de malezas afecta al cultivo de trigo en nuestro país (ver Cuadro 2). Flurocloridona es un herbicida que controla este tipo de malezas y es recomendado en pre-emergencia del trigo. En post-emergencia del cultivo, el 2,4-D o el MCPA son productos que controlan principalmente especies crucíferas (yuyo, rábano), pero no controlan muchas otras especies.

Por su uso continuo y prolongado en el tiempo, se han desarrollado malezas anuales de hoja ancha que son resistentes al 2,4-D y MCPA: manzanillón, manzanilla, sanguinaria, duraznillo, mil en ramas, verónica, quillo-y quillo, hierba del chanco, falsa ortiga o gallito, galega, entre otras.

Para el control de estas malezas (no controladas por el 2,4-D y MCPA), se recomiendan los productos cianazina, dicamba, metabenzthiazuron y picloram. Estos herbicidas se deben utilizar en mezcla con el 2,4-D o MCPA, partir del momento en que las plantas de trigo alcanzan el estado de cinco hojas.

Otra posibilidad para ampliar la acción del 2,4-D y MCPA es emplear herbicidas pertenecientes al grupo de las sulfonilureas. Otras alternativas disponibles para el control de malezas anuales de hoja ancha en trigo son flumetsulam, iodosulfuron-metil-sodio, metsulfuron+picloram, y tritosulfuron+dicamba. Los tres últimos productos deben utilizarse en mezcla con el producto metsulfuron metil para optimizar el control de malezas. Ejemplos de las distintas alternativas de control químico en trigo se resumen en los Cuadros 1, 2 y 3.

Ingrediente Activo	Malezas						
	Avena	Avenilla	Ballica	Cola de Zorro	Piojillo	Vulpia	Chéptica
Clodinafop propargil + antídoto	A	A	A	A	B	B	M
Diclofop metil	A	A	A	B	B	B	B
Diclofopmetil + fenoxaprop etil	A	A	A	B/R	B	B	B
Lodosulfuron	R	M/A	A	B	A	B	B
Lodosulfuron	R/M	M/A	M/A	M/A	s.i.	R/M	B
Diuron	B	B	A	s.i.	A	A	B

A: control alto (91-100%); M: control mediano (81-90%); R: control regular (71-80%).
 B: control bajo (70%); s.i.: sin información.
 Fuente: Pedreros, 2004.

Cuadro 1. Ejemplos de herbicidas empleados en trigo para controlar algunas malezas de hoja angosta (gramíneas) comercializados en Chile (Pedreros, 2007).

Cuadro 2. Control relativo de las principales malezas de hoja ancha con algunos herbicidas recomendados en trigo en Chile (Pedreros, 2007).

Malezas	Productos Químicos					
	MCPA	MCPA + Dicamba	MCPA + Metsulfuron Metil	Triasulfuron	Lodosulfuron	lodosulfuron + Mesosulfuron
Diente de león	A	A	A	M	A	A
Hierba del chancho	A	A	A	M	A	A
Manzanillón	R	A	A	A	A	M
Hierba azul	R	A	A	A	A	A
Rabano	A	A	A	A	A	A
Yuyo	A	A	A	A	A	A
Pasto pinito	R	A	A	A	A	A
Quilloy - quilloy	R	A	A	A	A	A
Arvejilla	A	A	M/A	A	M	M
Siete venas	M	M	A	M	M	M
Duraznillo	B	A	A	M	A	A
Porotillo	B	A	A	A	A	A
Sanguinaria	B	A	A	B	A	A
Vinagrillo	B	A	A	R/M	A	A
Verónica	B	B	M	B	R	B
Violeta	B	R	R	R	A	M
Pasto negro	B	A	R	M/A	A	A
Pata de laucha	A	A	A	s.i.	A	s.i.
Belardia	B	B	A	s.i.	M	s.i.

A: control alto (91-100%); M: control mediano (81-90%); R: control regular (71-80%),
 B: control bajo (70%); s.i.: sin información.
 Fuente: Pedreros, 2004.

Cuadro 3. Mezclas de herbicidas de post-emergencia empleados en el control de malezas del cultivo de trigo en Chile (Pedreros, 2007).

Malezas controladas	Ingredientes activos	Dosis (g i.a./ha) ¹
Hoja ancha	MCPA + dicamba	500 - 700 + 96
Hoja ancha	MCPA + metsulfuron metil	500 - 700 + 4,8
Hoja ancha	MCPA + picloram	500 - 700 + 36
Hoja ancha	Metsulfuron + triasulfuron	4,8 + 3,75
Hoja ancha	Triasulfuron + dicamba	7,5 + 72
Gramíneas y hoja ancha	Metsulfuron + diclofop	4,8 + 560
Gramíneas y hoja ancha	Metsulfuron + clodinatop	4,8 + 60
Gramíneas y hoja ancha	Metsulfuron + Metsulfuron + clodinatop	4,8 + 3,75 + 60

¹ g i.a./ha = gramos de ingrediente activo por hectárea
 Fuente: Pedreros, 2004.



La introducción en 1996 de los cultivos genéticamente modificados (transgénicos) resistentes a herbicidas han revolucionado el manejo de las malezas, en particular, de los transgénicos que confieren resistencia al glifosato, el herbicida más consumido en el mundo, ya que estos cultivos simplifican el programa de malezas y reducen los costos asociados a éste.

Hace algunos años atrás, se desarrollaron algunos cultivares de trigo transgénicos resistentes al glifosato, abriendo una nueva área en el control de malezas, donde se introdujo un gen no relacionado al trigo que le confiere resistencia a la planta transgénica de trigo que al ser asperjada en post-emergencia con glifosato no ve afectada su crecimiento, mientras que todas las plantas (no transgénicas) de malezas mueren, ya que carecen este gen de resistencia al herbicida.

En Chile, no se siembran aún trigos transgénicos con resistencia a glifosato, pero se prevé que la introducción comercial de este producto ocurrirá en Estados Unidos en el año 2017.

Otro desarrollo importante en trigo involucra a los herbicidas pertenecientes al grupo de las imidazolinonas (IMI), que son productos con características similares al glifosato, o sea, con un amplio espectro de control de malezas, de bajo impacto ambiental, baja toxicidad en mamíferos, de amplia flexibilidad de aplicación y están registrados en muchos países, y para diversas situaciones.

Recientemente, se desarrolló el trigo Clearfield® (trigos resistentes a las IMI), obtenido de 2 genes de trigo con resistencia a las IMI que fueron introducidos en cultivares superiores de trigo existentes en el mercado, usando técnicas no transgénicas de mejoramiento genético (cruzas, retrocruzas, y selección utilizando marcadores moleculares). En Chile, los trigos Clearfield® fueron lanzados al mercado en 2010 (variedad Bicentenario-INIA), y se usan en la actualidad en la zona sur del país, por tratarse de un cultivar invernoso tardío.



12. Malezas y su control

Cerdeira A.L.; S.O. Duke. 2006. The current status and environmental impacts of glyphosate-resistant crops: a review. *Journal of Environmental Quality* 35:1633-1658.

Espinoza N. 2002. Avances en el control de malezas en trigo. Boletín INIA n°83. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Carillanca, Temuco, Chile. 49 pp.

Espinoza N. 2005. Problema difícil de resolver malezas gramíneas del trigo. *Tierra Adentro* n°63, 43-45 pp.

Faiguenbaum H. 2003. Labranza, siembra y producción de los principales cultivos de Chile. Impresora y Editora Ograma S.A., Santiago, Chile. 760 pp.

Groenteman R., S.V. Fowler, J.J. Sullivan. 2011. St. John's wort beetles would not have been introduced to New Zealand now: A retrospective host range test of New Zealand's most successful weed biocontrol agents. *Biological Control* 57:50-58.

Kogan M., M. Meyer, H. Faiguenbaum, H. Monardes. 1979. Evaluación económica de las pérdidas ocasionadas por malezas en los cultivos de trigo y maíz. Facultad de Agronomía, Universidad de Chile. Boletín Técnico n°43, pp. 3-20.

Kogan M. 1992. Malezas. Ecofisiología y estrategias de control. Colección en agricultura. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Pontificia Universidad Católica de Chile. 402 pp.

Kogan M., A. Pérez. 2003. Herbicidas Fundamentos fisiológicos y bioquímicos del modo de acción. Ediciones Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile. 333 pp.

Matthei O. 1995. Manual de las malezas que crecen en Chile. Alfabet Impresores, Santiago, Chile. 545 pp.

Ormeño, J. 1992. Efecto de la avenilla (*Avena fatua* L.) sobre la producción de trigo (*Triticum aestivum* L.). *Agricultura Técnica (Chile)* 52:104-105.

Pedrerros A. 2004. Malezas en producción de trigo. In M. Mellado (ed.) Boletín de trigo 2004: Manejo tecnológico. Boletín INIA N°114. Instituto de Investigaciones Agropecuarias-Quilamapu, Chillán, Chile, pp. 77-102.



12. Malezas y su control

Pedreiros A. 2007. Las malezas en trigo. In M. Mellado (ed.) El trigo en Chile. Colección de libros INIA N°21. Instituto de Investigaciones Agropecuarias-Quilamapu, Chillán, Chile, pp. 423-453.

Schwember A.R. 2008. An update on genetically modified crops. Ciencia e Investigación Agraria 35: 231-250.

Las fotos exhibidas en este capítulo son de dominios públicos en internet, que fueron consultados el 01-13-2012:

http://www.google.cl/imgres?q=trigo+malezas+foto&start=767&hl=es&sa=X&biw=1600&bih=783&tbn=isch&prmd=imvns&tbnid=Ocit6VGmwf8FeM:&imgrefurl=http://www.eldia.com.bo/index.php%3Fcat%3D1%26pla%3D3%26id_articulo%3D75255&docid=p3V0rgN4XKe3BM&imgurl=http://www.eldia.com.bo/images/Noticias/11-10-5/Okina.JPG&w=448&h=298&ei=enBPT5juG8igtwfo8NS3DQ&zoom=1&iact=hc&vpx=1260&vpy=171&dur=38&hovh=183&hovw=275&tx=152&ty=137&sig=100822346826837951823&page=15&tbnh=111&tbnw=148&ndsp=56&ved=1t:429,r:16,s:767 (Foto 1)

referencias
bibliográficas



cap. **13.**



Fertilización del Trigo

Fertilización del Trigo

El fertilizante (o abono) es definido como “material orgánico o inorgánico cuya función principal es proporcionar elementos nutrientes a las plantas”, y la acción consistente en aportar un abono se llama fertilización. Los fertilizantes han sido utilizados desde la Antigüedad, cuando se añadían al suelo los fosfatos de los huesos (calcinados o no), el nitrógeno de las deyecciones animales y humanas, y el potasio de las cenizas.

El concepto de fertilidad del suelo implica tres aspectos: la fertilidad química proveniente del material madre que le dio origen; la fertilidad biológica, producto de la descomposición de la materia orgánica, que aporta elementos esenciales y moléculas orgánicas (humus); y una fertilización física, asociada con las dos anteriores, y que influye en aspectos como densidad aparente y espacio poroso. Todo lo anterior determina una fertilidad química residual (o actual), resultante del balance entre la contribución natural de cada nutriente, más los que aportan las aplicaciones de fertilizantes y residuos orgánicos, menos lo que las plantas extraen. Cuando las plantas extraen un nutriente más de lo que reciben del suelo, se hace necesario fertilizar al cultivo con el nutriente que es limitante, para impedir pérdidas de rendimiento del cultivo. Una de las maneras más comunes de conocer la fertilidad actual aproximada del suelo es por medio del análisis del suelo, que empezó a ser utilizado en Chile por los productores a partir de fines de la década de los sesenta. En general, este análisis permite establecer un indicador de la disponibilidad de nutrientes, y así predecir la respuesta de un cultivo a la aplicación de un fertilizante determinado, pero no indica cuánto producirá un cultivo, dado que el rendimiento está determinado por el conjunto de las condiciones agroecosistémicas en que aquel se desarrolla. Los niveles de nutrientes que tiene un suelo se determinan mediante tres tipos de análisis:

- a Análisis rutinario: incluye el pH (acidez del suelo), la materia orgánica, el nitrógeno (N)



inorgánico, el fósforo (P) extraíble, y el potasio (K) intercambiable, estos tres elementos son llamados macronutrientes primarios, por ser requeridos en mayor cantidad por las plantas, y por ser en general los tres elementos más deficitarios en los suelos.

- b) Análisis de bases intercambiables:** comprende el calcio (Ca), magnesio (Mg), potasio (K), aluminio (Al) y sodio (Na).
- c) Análisis de micronutrientes:** comprende el zinc (Zn), cobre (Cu), boro (B), hierro (Fe) y el manganeso (Mn), que son requerido por las plantas en cantidades pequeñas.

Se han establecido categorías de nivel de disponibilidad de nutrientes en suelos destinados a sembrar trigo (Cuadro 1), según análisis de suelo, aunque se debe ser cuidadosos al usar estos rangos, ya que depende de la zona agroecológica, de la condición del suelo y del rendimiento esperado. Por ejemplo, la demanda nutricional será mayor en suelos regados, de buena estructura y textura, donde se esperarían altos rendimientos; y será inferior en suelos de secano y con algún grado de erosión, de modo que una aplicación baja o moderada de fertilizantes en el primer caso, puede ser alta para el segundo caso.

Cuadro 1. Categorías de nivel de disponibilidad de nutrientes en suelos destinados a sembrar trigo, según análisis de suelo (Etchevers, 2007).

Análisis	Categorías		
	BAJO	MEDIO	ALTO
ph en agua 1:2,5	< 5,5	5,5-6,0	> 6,0
N-NO disponible mg/kg	0-20	21-35	> 35
P Olsen, mg/kg	0-10	11-20	> 20
K disponible mg/kg	0-99	100-180	> 180
Materia orgánica, %	< 5	5-12	> 12
Ca intercambiable, cmol(+)/kg	< 5	5-9	> 9
Mg intercambiable, cmol(+)/kg	< 0,5	0,5-1,0	> 1,0
Na intercambiable, cmol(+)/kg	< 0,20	0,20-0,30	> 0,30
Al intercambiable, cmol(+)/kg	< 0,25	0,25-0,50	> 0,50
Suma bases intercambio, cmol(+)/kg	< 6,0	6,0-10,0	> 10,0
Saturación aluminio	< 5,0	5,0-10,0	> 10,0
S-SO extractable,	< 10,0	10,0-16,0	> 16,0
Fe, mg/kg	< 2,5	2,5-4,5	> 4,5
Mn, mg/kg	< 0,5	0,6-1,0	> 1,0
Zn, mg/kg	< 0,5	0,5-1,0	> 1,0
B, mg/kg	< 0,5	0,5-1,0	> 1,0
Cu, mg/kg	< 0,3	0,3-0,5	> 0,5

Cuadro elaborado a partir de la información del laboratorio de Diagnóstico Nutricional de INIA. cmol (+)/kg=meq/100g. Si los centimoles se quieren expresar en partes por millón, se debe multiplicar por diez veces el número atómico del elemento considerado. Por ejemplo, si se trata del potasio se multiplicará por 391, dado que el número atómico del K es 39,1.



El programa de fertilización del trigo en nuestro país comprende normalmente nitrógeno, fósforo y en menor medida potasio. En el sur, debido a la acidez de suelos (pH bajo), es muy frecuente que se deban encalar los suelos, para elevar los pH, de modo de prevenir la toxicidad por hierro y aluminio, y dejar el fósforo más disponible a las plantas.

I) MACRONUTRIENTES PRIMARIOS

- a Nitrógeno:** El N está relacionado con el crecimiento vegetativo de la planta, teniendo una función estructural (el N se requiere para la formación de aminoácidos, proteínas y ácidos nucleicos), y funcional (en la formación de enzimas, que son compuestos que catalizan y aceleran reacciones químicas en la planta). Por lo tanto, crecimientos vigorosos indican excesos en el suministro de N, ya sea desde el agua, suelo, o fertilizantes nitrogenados. La deficiencia de N se manifiesta en las hojas maduras, presentándose coloraciones verde pálido o amarillas (clorosis) (Foto 1), lo cual indica una pérdida de la clorofila, compuesto esencial para la fotosíntesis. Cuando la deficiencia es severa, se aprecia una amarillez generalizada en toda la planta. Los excesos de N se manifiestan en color verde oscuro en las hojas, lo cual aumenta la susceptibilidad de la planta al ataque de fitopatógenos, lo que a la vez retarda la madurez de la planta.

Como el N es el elemento nutritivo que el trigo demanda en mayor cantidad, y en general no es abastecido en cantidades suficientes por el suelo, casi siempre resulta económicamente rentable aplicarlo a este cereal, aunque el costo de la unidad de N sea elevado. Para calcular correctamente la dosis de N es necesario estimar el nivel de rendimiento a obtener, calcular la demanda de N del cultivo, calcular el suministro de N del suelo, y estimar la eficiencia de la fertilización nitrogenada (Rodríguez et al., 2001). La complejidad que involucra el cálculo exacto de la dosis de N escapa a los objetivos de este capítulo, por lo que se entregarán algunas recomendaciones generales de fertilización N en el país, donde la cantidad de N a aplicar no debiera ser inferior a 50 kg N/ha, nivel recomendado para los suelos de baja calidad (por ej. Secano Interior), hasta 200 kg N/ha, los cuales corresponden a los mejores suelos y los más altos niveles de tecnología (por ej. Valle Central Regado y algunos trumaos en las regiones Centro Sur y Sur). Fertilizaciones superiores a 200 kg/ha pueden ser en algunos casos recomendadas, especialmente en suelos con bajos suministros de N (inferiores a 50 kg N/ha), pero con altos potenciales de rendimientos. Diversos estudios realizados en Chile señalan que la respuesta del trigo al salitre y la urea es similar, no produciéndose diferencias en los rendimientos. En consecuencia, la decisión debe tomarse fundamentalmente basados en el nivel de acidez de los suelos, y del costo de la unidad del nitrógeno. En suelos muy ácidos (pH bajos), debido al efecto acidificante de la urea (y de otros fertilizantes amoniacales), se recomienda la aplicación de nitratos o fertilizantes nitrogenados neutros (mezcla de fertilizantes amoniacales con nitratos). Para maximizar el aprovechamiento del N, nutriente móvil en el suelo, es muy importante aplicarlo en dos o tres parcialidades, contemplando no más de 20 a 30% de la dosis al momento de la siembra. En trigos harineros primaverales deben efectuarse a lo menos dos aplicaciones, una en la siembra y otra en plena macolla. En trigos harineros invernales, alternativos sembrados en zonas lluviosas, y en suelos



Foto 1. Trigo con déficit de nitrógeno.



arenosos, en los que el N se lixivia (pierde) más fácilmente, es recomendable parcializar la dosis en tres oportunidades: el primer 20% a la siembra, un 30% a media macolla y un 50% en las proximidades del encañado.

- b Fósforo:** El P es constituyente de algunas proteínas y enzimas, se relaciona además con el metabolismo energético de la planta y con el crecimiento radical, y también contribuye a la madurez de diversos tejidos. Las deficiencias de P se detectan por la presencia de coloraciones rojizas en las hojas maduras de trigo, las cuales normalmente se inician desde los márgenes de ellas (Foto 2). Otros síntomas de deficiencia son un escaso desarrollo radicular y un menor tamaño de hojas, como también una madurez prematura de la planta.

Los suelos en nuestro país difieren sustancialmente respecto a la disponibilidad de P, produciéndose una disminución gradual de norte a sur de Chile. En suelos de origen volcánico (Rojos Arcillosos, Trumaos desde la VII región al sur), es muy importante el problema de inmovilización del P, debiendo aplicarse cantidades mayores de fertilizantes fosfatados. La dosis de P se define en base al rendimiento que se espera obtener y el contenido de P aprovechable en el suelo (índice de suministro), obtenido a través del análisis de suelo, siendo niveles superiores a 16 ppm de P en el suelo, cantidades suficientes para alcanzar rendimientos altos de trigo. Una detallada recomendación de fertilización P por tipo de suelo y zona agroclimática se presenta en el cuadro 2, basado en el rendimiento esperado de trigo y en el índice de suministro de P-Olsen (ppm).



Foto 2. Trigo con deficiencia de fósforo.

Cuadro 2. Recomendaciones de fertilización P en nuestro país, basadas en rendimientos esperados e índices de suministros del nutriente, considerando distintos tipos de suelos y zonas agroclimáticas diferentes (Rodríguez, 1992).

Suelos Aluviales V a Vii Región								TRIGO
Rendimiento esperado qq/ha	Dosis de P (kg P ₂ O ₅ /ha) Índices de suministro P-Olsen (ppm)							
	2	4	6	8	10	12	16	20
40	125	75	25	25	25	25	25	25
50	175	125	75	25	25	25	25	25
60	225	175	125	75	50	50	50	50
70	275	225	175	125	75	50	50	50
80	325	275	225	175	125	75	75	75



Suelos Secano de la Costa								TRIGO
Rendimiento esperado qq/ha	Dosis de P (kg P ₂ O ₅ /ha) Indices de suministro P-Olsen (ppm)							
	2	4	6	8	10	12	16	20
40	175	125	75	25	25	25	25	25
50	225	175	125	75	25	25	25	25
60	275	275	175	125	75	50	50	50
70	325	275	225	175	125	75	50	50
80	375	325	275	225	175	125	75	75

Suelos Rojo Arcillosos VIII y XI Región								TRIGO
Rendimiento esperado qq/ha	Dosis de P (kg P ₂ O ₅ /ha) Indices de suministro P-Olsen (ppm)							
	2	4	6	8	10	12	16	20
40	175	125	75	25	25	25	25	25
50	225	175	125	75	25	25	25	25
60	275	225	175	125	75	50	50	50
70	325	275	225	175	125	75	50	50
80	375	325	275	225	175	125	75	75

Suelos Rojo Arcillosos X Región								TRIGO
Rendimiento esperado qq/ha	Dosis de P (kg P ₂ O ₅ /ha) Indices de suministro P-Olsen (ppm)							
	2	4	6	8	10	12	16	20
40	175	125	75	25	25	25	25	25
50	225	175	125	75	25	25	25	25
60	275	225	175	125	75	50	50	50
70	325	275	225	175	125	75	50	50
80	375	325	275	225	175	125	75	75



Suelos Pardo Arcillosos								TRIGO
Rendimiento esperado qq/ha	Dosis de P (kg P ₂ O ₅ /ha) Indices de suministro P-Olsen (ppm)							
	2	4	6	8	10	12	16	20
40	150	100	50	25	25	25	25	25
50	200	150	100	50	25	25	25	25
60	250	200	150	100	50	50	50	50
70	300	250	200	150	100	50	50	50
80	350	300	250	200	150	100	75	75

Suelos Trumaos VIII Región								TRIGO
Rendimiento esperado qq/ha	Dosis de P (kg P ₂ O ₅ /ha) Indices de suministro P-Olsen (ppm)							
	2	4	6	8	10	12	16	20
40	150	100	50	25	25	25	25	25
50	200	150	100	50	25	25	25	25
60	250	200	150	100	50	50	50	50
70	300	250	200	150	100	50	50	50
80	350	300	250	200	150	100	75	75

Suelos Trumaos IX y X Región								TRIGO
Rendimiento esperado qq/ha	Dosis de P (kg P ₂ O ₅ /ha) Indices de suministro P-Olsen (ppm)							
	2	4	6	8	10	12	16	20
40	150	100	50	25	25	25	25	25
50	200	150	100	50	25	25	25	25
60	250	200	150	100	50	50	50	50
70	300	250	200	150	100	50	50	50
80	350	300	250	200	150	100	75	75



Como se puede apreciar en el Cuadro 2, las dosis de P son muy variables en el país, fluctuando entre 25 y 375 kg P₂O₅/ha, dependiendo del rendimiento esperado, de la zona agroclimática, y del tipo de suelo.

A diferencia del N, el P es un nutriente poco móvil en el suelo, por lo que se recomienda aplicar la dosis completa de P a la siembra. No se han reportado diferencias entre las distintas fuentes de fertilizante P, siendo las alternativas más empleadas el fosfato mono y diamónico, superfosfato triple, y superfosfato magnésico. La acidificación que pueden causar al suelo los fosfatos (fertilizantes amoniacales) y el costo son los dos factores a considerar para la elección del fertilizante P, que debe aplicarse con la máquina sembradora, o bien, usando un trompo, que se utiliza cuando se requiere alta fertilización P (zona Centro Sur y Sur del país). Por ejemplo, se usa el trompo cuando se fertiliza con fosfato de amonio, para evitar cualquier potencial daño a la semilla o plántula debido al N amoniacal. Si se quiere utilizar una sembradora para fertilizar con P en altas dosis, se recomienda el fosfato monoamónico o el superfosfato triple. No se aconseja mezclar el fertilizante y la semilla en el trompo ya que su peso específico es muy diferente, y es conveniente hacer dos pasadas de trompo separadas en este caso. La incorporación de la semilla y del fertilizante debe efectuarse con rastra en suelos planos, o bien, con un implemento surqueador en suelos con pendiente.

- **Potasio:** Entre las funciones del K destaca su rol en la economía del agua, por lo que contribuye a soportar sequías, a mantener la turgencia de las células, lo cual es necesario para el crecimiento, y participa en la formación y transporte de carbohidratos. Las deficiencias de K están asociadas a áreas foliares descoloridas, con bordes necróticos y la típica flecha verde de la lámina (Foto 3). Como el K se mueve de las hojas viejas a las jóvenes, la necrosis afecta típicamente a las hojas más antiguas de la planta.

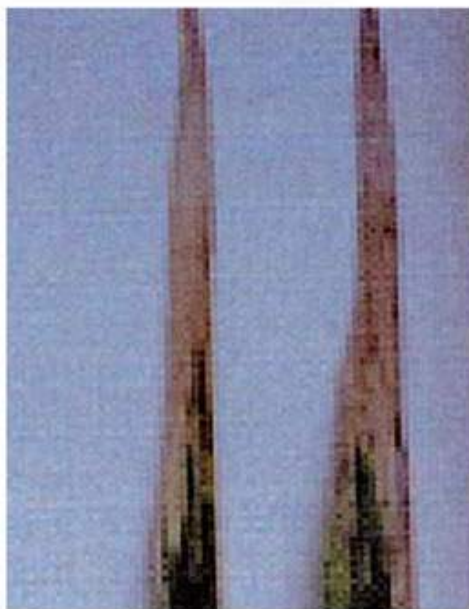


Foto 3. Hojas de trigo con deficiencia de K (Etchevers, 2007).

La dosis de K se define en base al rendimiento que se espera obtener y el contenido de K intercambiable en el suelo (índice de suministro), obtenido a través del análisis de suelo, siendo niveles superiores a 150 ppm de K en el suelo, cantidades generalmente suficientes para alcanzar rendimientos altos de trigo. Una detallada recomendación de fertilización K por tipo de suelo y zona agroclimática se presenta en el cuadro 3, basado en el rendimiento esperado de trigo y el índice de suministro de K-intercambiable (ppm).

Cuadro 3. Recomendaciones de fertilización K en nuestro país, basadas en rendimientos esperados e índices de suministros del nutriente, considerando distintos tipos de suelos y zonas agroclimáticas distintas (Rodríguez, 1992).



Suelos Aluviales Francos							TRIGO
Rendimiento esperado qq/ha	Dosis de K (kg K ₂ O/ha) Indices de suministro K-Intercambio (ppm)						
	30	60	90	120	150	180	210
40	125	25	25	25	25	25	25
50	200	100	25	25	25	25	25
60	275	175	75	25	25	25	25
70	350	250	150	50	50	50	50
80	420	325	225	125	50	50	50

Suelos Aluviales Arcillosos							TRIGO
Rendimiento esperado qq/ha	Dosis de K (kg K ₂ O/ha) Indices de suministro K-Intercambio (ppm)						
	30	60	90	120	150	180	210
40	175	50	25	25	25	25	25
50	275	150	25	25	25	25	25
60	375	250	125	25	25	25	25
70	475	350	225	100	50	50	50
80	575	450	325	200	75	50	50

Suelos Aluviales Arcillosos							TRIGO
Rendimiento esperado qq/ha	Dosis de K (kg K ₂ O/ha) Indices de suministro K-Intercambio (ppm)						
	30	60	90	120	150	180	210
40	100	25	25	25	25	25	25
50	150	75	25	25	25	25	25
60	200	125	50	25	25	25	25
70	250	175	100	50	50	50	50
80	300	225	150	75	50	50	50



Suelos Trumaos y Rojo Arcillosos							TRIGO
Rendimiento esperado qq/ha	Dosis de K (kg K ₂ O/ha) Indices de suministro K-Intercambio (ppm)						
	30	60	90	120	150	180	210
40	50	25	25	25	25	25	25
50	75	50	25	25	25	25	25
60	125	100	75	50	25	25	25
70	150	125	100	75	50	50	50
80	175	150	125	100	75	50	50

Al igual que el P, como se puede apreciar en el Cuadro 3, las dosis de K recomendadas son muy variables en el país, fluctuando entre 25 y 575 kg K₂O/ha, dependiendo del rendimiento esperado, de la zona agroclimática, y del tipo de suelo. En suelos aluviales de textura arcillosa, o franco-arcillosa, el trigo es susceptible a presentar deficiencias de K. Los suelos originados de cenizas volcánicas (Rojos Arcillosos y Trumaos), normalmente suministran cantidades adecuadas de K a las plantas, no obstante, la aplicación de este elemento debe realizarse anualmente.

La corrección de un nivel de K deficiente en el suelo se realiza al momento de la siembra del cultivo. Cuando el suelo no presenta limitaciones, se puede emplear cloruro (muriato) de K, sulfato de K, nitrato de K o sulpomag. El uso de nitrato de K genera un aporte de N a considerar dentro de la fertilización total. Por otro lado, el uso de sulpomag genera un aporte de azufre y magnesio, otros dos elementos esenciales para el trigo.

II) MACRONUTRIENTES SECUNDARIOS

El déficit de azufre (S) ocasiona una clorosis general en la planta, pero a diferencia de lo que ocurre con el N, esta es mayor en las hojas nuevas. La clorosis comienza en el ápice de la hoja, extendiéndose al resto de la superficie foliar. El contenido de S en los suelos es en general suficiente, pudiendo presentarse deficiencias específicas en suelos arenosos o de muy bajo contenido de materia orgánica. Además, en suelos de uso muy intensivo y/o de alta productividad, se han detectado puntualmente deficiencias de S. En estos casos, la aplicación de 50 kg de S/ha es suficiente para optar a altos rendimientos de trigo, utilizándose más comúnmente el yeso (sulfato de calcio).

El magnesio (Mg) es un macronutriente secundario y es el componente central de la molécula de clorofila, por lo que resulta esencial para la fotosíntesis. El Mg puede ser fijado en suelos arcillosos, al igual que el potasio y el calcio, disminuyendo el suministro hacia las plantas. En general, los suelos de pH ácido (Zona Sur) presentan deficiencias de Mg. En estos casos, la corrección de Mg al suelo (50-100 kg de MgO/ha en los casos de disponibilidad muy baja) se puede efectuar con cal dolomítica aplicada durante la época otoño-invierno, o con fertilizantes magnésicos como el sulfato de Mg, sulpomag y nitrato de Mg. Los dos primeros se pueden utilizar en

cualquier época, mientras que el nitrato de magnesio se recomienda aplicar en períodos libres de lluvia, para evitar pérdidas de nitratos por lixiviación.

III) MICRONUTRIENTES

La deficiencia de micronutriente más importante del trigo es el boro (B), que se traduce en una esterilidad parcial de la espiga, en una reducción del peso de los granos, y/o en la producción de grano chupado. El primer síntoma de la deficiencia de B es el crecimiento anormal de los ápices meristemáticos, generando plantas pequeñas y amarillas en los primeros estados de desarrollo del cultivo. Condiciones de alta acidez del suelo y/o pluviometría, pueden originar bajos contenidos de B en el suelo, y se debe considerar la información del análisis de suelo, donde niveles inferiores a 0,5 ppm de B hacen recomendable la aplicación de un fertilizante foliar de B al estado de hoja bandera. Otra posibilidad es la aplicación de B al suelo al momento de pre-siembra o siembra, empleando fertilizantes como la boronatrocalcita o bórax (20-50 kg del fertilizante/ha).

IV) ENCALADO

Como se mencionó anteriormente, el objetivo del encalado (aplicación de carbonato de calcio al suelo) es subir el pH del suelo y desplazar el Aluminio intercambiable de las arcillas del suelo, para evitar los problemas de acidez en los suelos de la Zona Sur de Chile.

Un ejemplo de cálculo de la dosis de encalado se presenta en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Cálculo de una dosis de encalado en una rotación de remolacha-trigo en un suelo trumaos del sur de Chile (Rodríguez et al., 2001).

Ejemplo 7 Cálculos de la Dosis de Encalado	
Rotación:	Remolacha - Trigo
Dosis de N - Urea:	200 kg N/ha
pH inicial:	5,6
pH a alcanzar:	
cultivo más sensible	Remolacha pH 6,1
Delta pH:	6,1-5,6=0,5 pH
Grupo de Suelos:	Trumaos
Capacidad tampón	0,12 pH/t CaCO ₃
Frecuencia encalado:	cada 4 años
Corrección acidez del Suelo:	0,5 pH/0,12 pH t CaCO ₃ /ha =4,2 t CaCO ₃ /ha
Neutralización N-Urea:	2 kg CaCO ₃ /kg N =200 kg N/ha/año * 4 años*2 kg CaCO ₃ /kg N =1.600 kg CaCO ₃ /ha =1,6 t CaCO ₃ /ha
Dosis encalado:	4,2+1,6 =5,8 t CaCO ₃ /ha, cada 4 años

El análisis de suelo arroja el valor de pH inicial. La dosis de N (200 kg N/ha) se determina mediante el método racional de fertilización nitrogenada (Rodríguez, 1992; Rodríguez et al., 2001). El valor de pH a alcanzar para el trigo es 5,6 (menos sensible a la acidez que la remolacha). La capacidad tampón del suelo (determinada por un conjunto de características de los suelos para el cambio de pH en los primeros 20 cm de profundidad del suelo) son: Trumaos: 0,12; Rojos Arcillosos: 0,15, Graníticos y Metamórficos: 0,18, y Aluviales Valle Central: 0,20 pH/t CaCO₃/ha. La dosis de encalado es el resultado de la suma de la corrección de la acidez del suelo y de la neutralización de N-urea, y correspondió a 5,8 ton CaCO₃/ha, cada 4 años (Cuadro 4).



13. Fertilización del Trigo

Campillo R., C. Jobet, P. Undurraga, C. Toro, G. Marin. 2005. Manejo eficiente del nitrógeno. *Tierra Adentro* n°62:39-41.

Etchevers J. 2007. Fertilidad del suelo y nutrición del cultivo. In M. Mellado (ed.) *El trigo en Chile. Colección de libros INIA N°21.* Instituto de Investigaciones Agropecuarias-Quilamapu, Chillán, Chile, pp. 361-421.

Faugenbaum H. 2003. Labranza, siembra y producción de los principales cultivos de Chile. Impresora y Editora Ograma S.A., Santiago, Chile. 760 pp.

Hirzel J. 2004. Fertilización del cultivo. In M. Mellado (ed.) *Boletín de trigo 2004: Manejo tecnológico. Boletín INIA N°114.* Instituto de Investigaciones Agropecuarias-Quilamapu, Chillán, Chile, pp. 49-75.

Mellado M. 2001. Capítulo XII. Cereales. Trigo, Centeno y Triticale. In *Agenda del Salitre. Sociedad Química y Minera de Chile (SOQUIMICH), 11ª ed.,* Santiago, Chile. pp. 553-569.

Mellado M. 2004. Efecto del azufre y del nitrógeno en el rendimiento y calidad del trigo. *Simiente* 74:43-50.

Mengel K., E.A. Kirby. 2000. Principios de nutrición vegetal. 4ª Ed. Instituto Internacional de la Potasa, Basilea, Suiza. 606 pp.

Rodríguez J. 1992. Manual de fertilización. Colección en agricultura. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Pontificia Universidad Católica de Chile. 362 pp.

Rodríguez J, D. Pinochet, F. Matus. 2001. Fertilización de los cultivos. LOM Ediciones, Santiago, Chile. 117 pp.

Ruiz R. 2001. Capítulo VI. Cereales. Nutrición vegetal, fertilizantes y fertilización. In *Agenda del Salitre. Sociedad Química y Minera de Chile (SOQUIMICH), 11ª ed.,* Santiago, Chile. pp. 175-196.

Suárez D., M. Márquez. 1992. Necesidades de encalado. *Agricultura Técnica (Chile)* 52:388-393.



13. Fertilización del Trigo

Las fotos exhibidas en este capítulo son de dominios públicos en internet, que fueron consultados en diferentes fechas:

http://www.google.cl/imgres?q=trigo+falta+nitrogeno+foto&hl=es&biw=1600&bih=783&tbm=isch&tbnid=zQdAD4eKGNMTUM:&imgrefurl=http://www.fao.org/DOCREP/006/X8234S/x8234s09.htm&docid=GEMJsWFDm_dqTM&imgurl=http://www.fao.org/DOCREP/006/X8234S/x8234s1k.jpg&w=400&h=419&ei=1cFsT47KIsTmOQGvL23Bg&zoom=1&iact=hc&vpx=595&vpy=258&dur=2294&hovh=230&hovw=219&tx=156&ty=173&sig=100822346826837951823&page=1&tbnh=135&tbnw=129&start=0&ndsp=33&ved=1t:429,r:27,s:0 (deficiencia nitrógeno, 01-03-2012)





cap. 14.



Enfermedades del Trigo

Enfermedades del Trigo

Se han descrito sobre 200 patologías que afectan a los cereales, entre las que destacan las enfermedades causados por hongos, bacterias, virus, nemátodos y plantas parásitas, aunque sólo algunas son verdaderamente importantes desde el punto de vista agronómico y económico. Las pérdidas de rendimiento debidas a las enfermedades varían considerablemente de un año a otro, de acuerdo con las condiciones ambientales (temperatura, pluviometría y humedad relativa), manejo del cultivo (densidad de siembra, fertilidad, riego), según la susceptibilidad del cultivar y de acuerdo a cuándo la enfermedad ocurre durante el cultivo de trigo, siendo los daños muy severos cuando los ataques son muy tempranos.

Es mayoritariamente aceptado que gran parte de las enfermedades del trigo en nuestro país son causadas por hongos, especialmente aquellos del orden basidiomicetes (grupo de hongos que se caracterizan por producir basidios), que alberga a los agentes causales de las royas y carbonos, y otros en el orden ascomicetes (aquellos hongos que forman la estructura reproductiva conocida como ascos), donde se clasifican en forma destacada, el agente causal de la septoriosis (mancha foliar), del oídio, del mal de pie, y de la mancha parda, entre otros. Todos estos hongos son capaces de llevar a la ruina a un productor cuando su cultivo de trigo se afecta a nivel de epifitía (desarrollo epidémico de una enfermedad en especies vegetales), y este agricultor no controla la enfermedad.

La forma más sustentable y económica de controlar las enfermedades es prevenirlas mediante decisiones acertadas en la rotación de cultivos (ver capítulo "Rotaciones de cultivos asociados a trigo"), la elección del cultivar de trigo (que posea resistencia genética a la enfermedad de interés), los fungicidas desinfectantes de semilla y al follaje, entre otros. Una vez que tenemos el cultivo establecido, y la enfermedad en su proceso infectivo, será difícil poder controlarla completamente, teniéndose que aceptar



una cierta pérdida de rendimiento y de la calidad del grano y, probablemente, mayores costos al tener que realizar aplicaciones tardías de fungicidas. En consecuencia, el correcto diagnóstico de las enfermedades del trigo asegura que las decisiones de control sean las adecuadas, y es muy importante poder reconocer las enfermedades que afectan al trigo para que no nos equivoquemos en la estrategia para mantener el cultivo sano, siendo la prevención un elemento clave en el éxito del control de las enfermedades del trigo. A continuación se analizarán las nueve principales enfermedades que afectan al trigo en Chile.

1) ROYAS O POLVILLOS

Las royas del trigo, conocidas como polvillo de la caña (Figura 1), polvillo colorado (o café) de la hoja (Figura 2) y amarillo o estriado (Figura 3), causados por los hongos *Puccinia graminis* f. sp. *tritici*, *Puccinia triticina* f. sp. *tritici* y *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*, respectivamente, son consideradas las enfermedades que causan las mayores pérdidas de producción de trigo en Chile y a nivel mundial. La enfermedad se manifiesta inicialmente en forma de pústulas de color rojo ladrillo (roya de la hoja) o amarillo anaranjado (roya estriada) en las hojas, que en ataques intensos pueden terminar completamente secas, apareciendo pústulas incluso sobre los tallos (roya de la hoja), o bien, al interior de las glumas, afectando los granos en formación (roya estriada). Ataques severos de ambos tipos de roya afectan el número de espiguillas por espiga, el número de granos por espiga, y el peso y tamaño de los granos, lo que se refleja en disminuciones de rendimiento y calidad industrial de los granos.



Figura 1. Roya de la caña (Hacke y Auger, 2009).



Figura 2. Roya colorada (café) de la hoja (Hacke y Auger, 2009).



Figura 3. Roya estriada o amarilla (Hacke y Auger, 2009).

a Zonas agroclimáticas favorables:

Entre las tres royas del trigo, la roya estriada o amarilla es la que causa mayor daño económico en el país y la que posee los menores requerimientos de temperatura, siendo sus temperaturas mínima, óptima y máxima las de 0, 11 y 23°C, respectivamente. Este hongo es muy sensible al calor y detiene bruscamente su desarrollo cuando aumentan las temperaturas, por lo que tiene alta importancia en la zona agroclimática comprendida entre Chillán y Puerto Montt, dado que los climas más húmedos y fríos favorecen su desarrollo; al norte de Chillán los ataques de esta roya son poco frecuentes. La roya colorada de la hoja afecta al trigo cuando dispone de un período de tres horas de follaje mojado con temperaturas sobre 20°C, causando pérdidas de rendimiento y calidad de grano cuando la planta es infectada antes de la anthesis (liberación de polen), y su mayor importancia la tiene en las Zonas Centro y Centro Sur. En cambio, en las Regiones IX, X y XIV, debido a que esta roya requiere de temperaturas relativamente altas, la enfermedad aparece tarde en la temporada alcanzando una menor importancia relativa. La roya del tallo perdió importancia después de 1960 en nuestro país, debido fundamentalmente al uso de cultivares resistentes, y se ha presentado sólo esporádicamente en algunos trigos cultivados en la Zona Centro Norte (III a la VII Regiones).

b Medidas de control:

La base para el control de las royas de la hoja y amarilla es la utilización de cultivares con resistencia genética, información provista por la empresa que desarrolla y/o comercializa los cultivares (ver capítulo "Cultivares empleados en Chile"). Además, la vida útil del cultivar de trigo que está perdiendo su resistencia a la roya, por adaptación de la población patógena del hongo, se puede alargar en manos de los productores mediante la aplicación de algún fungicida efectivo. Por ejemplo, se ha comprobado que el triadimenol, aplicado a la semilla, posee un efecto residual de 51 días para proteger a la planta. Otras moléculas de acción similar son el propiconazole y difenconazole. En el caso que se produzca un ataque más tardío se debe aplicar fungicidas al follaje. Actualmente se dispone de una serie de productos del grupo químico de las estrobilurinas (por ej. epoxyconazole + kresoxim metil) y triazoles (por ej., tebuconazole + triadimenol), que aplicados solos o preferentemente en mezcla al follaje, ejercen un efectivo control de las royas del trigo.

2) SEPTORIOSIS O MANCHA FOLIAR

El nombre más conocido es el de *Septoria tritici*, que corresponde a la fase asexual y la que ve el agricultor como unos puntos negros en las hojas, los que corresponden a los picnidios. Sin embargo, es a partir del rastrojo infectado el año anterior, desde donde se liberan y dispersan las ascosporas, que el hongo ha desarrollado en su fase sexual. En este estado, el hongo recibe el nombre de *Mycosphaerella graminicola* y son sus esporas diseminadas por el viento, las que inician la enfermedad. La septoriosis, dependiendo de las condiciones climáticas y de la fecha de siembra, puede atacar a las plantas desde sus primeros estados. La infección se presenta inicialmente en las hojas inferiores, pero progresa hasta llegar a la hoja bandera. Los primeros síntomas corresponden a pequeños puntos amarillos, los cuales al unirse unos con otros, van



formando machas foliares longitudinales que finalmente derivan en una necrosis de las áreas afectadas (Figura 4).



Figura 4. Síntomas de mancha foliar causada por septoriosis (BASF, 2000).

a Zonas agroclimáticas favorables:

Condiciones de alta precipitación, viento y temperaturas cercanas a los 15°C, favorecen la acción del hongo, mientras que aumentos de temperatura, y disminuciones en la humedad, desfavorecen el ataque, el cual tiende a detenerse cuando las temperaturas sobrepasan los 25°C. En este contexto, la septoriosis es una enfermedad de importancia en todo el país, pero las mejores condiciones para su desarrollo se presentan desde Bío-Bío al sur. Igualmente, toda la Zona Costera desde Bío-Bío al norte presenta condiciones muy favorables para la enfermedad (por ej. Secano Costero e Interior). En el Valle Central de la zona comprendida entre la Región Metropolitana y Bío-Bío, la mancha foliar alcanza menor intensidad, especialmente en la medida que se avanza hacia el norte. Además, las siembras tempranas de trigos precoces en inviernos fríos y lluviosos que terminan en primavera húmedas y templadas, constituyen el ambiente propicio para el desarrollo de septoriosis. La cero labranza sin quema de rastrojo también se asocia a mayor incidencia de mancha foliar.

b Medidas de control:

La siembra de semillas certificadas de cultivares resistentes a septoriosis, o al menos tolerantes, es una práctica muy recomendada. Además, el riesgo de que la enfermedad se presente se incrementa mientras más temprano se realiza la siembra. Las medidas curativas con fungicidas son efectivas, especialmente con productos sistémicos, muy similares a los empleados para el control de las royas, idealmente aplicados a comienzos del encañado, destacándose los fungicidas





Figura 5. Oídio (BASF, 2000).

tebuconazole + triadimenol, epoxiconazole + cardendazima, epoxyconazole + kresoxim metil + fenpropimorph, y azoxystrobin + [propiconazol + fenpropidin]. Otros fungicidas recomendados son azoxystrobin, cyproconazol, flutriafol, prochloraz, propiconazol + cyprodinil, tebuconazole + spiroxamina, triadimefon y trifloxistrobin + cyproconazole. Los tratamientos de semillas con fungicidas, combinados con métodos de cultivo que eliminen la exposición de los desechos de cultivos infestados pueden reducir aún más la infección de las plántulas de trigo.

3) OÍDIO

El oídio es causado por el hongo ascomicete *Blumeria graminis* f. sp. *tritici*, y se manifiesta a través de la presencia de micelio blanco grisáceo principalmente en las hojas, y en menor medida en los tallos (Figura 5). En situaciones de ataques severos, el hongo llega a la espiga.

a Zonas agroclimáticas favorables:

Esta enfermedad alcanza importancia en todo el país, y es más peligrosa en primaveras con humedad relativa mayor de 75% y con temperaturas entre 15 a 22°C. Una vez que se inicia la infección, el hongo continúa su crecimiento independientemente de la condición atmosférica. El trigo es más susceptible cuando se encuentra en crecimiento rápido, y una alta fertilización nitrogenada favorece el ataque severo del oídio.

b Medidas de control:

Se recomienda el uso de semillas certificadas de cultivares resistentes, o al menos tolerantes a la enfermedad. La interpretación correcta del análisis de suelo permite al productor suministrar la cantidad de nitrógeno que efectivamente la planta puede convertir en grano, evitando el desarrollo excesivo de la vegetación que predispone al ataque de oídio. El daño económico del oídio es significativo cuando la enfermedad progresa hasta la hoja bandera y la espiga. Antes que esto ocurra, se recomienda aplicar un fungicida sistémico, similar a los empleados en el control de septoriosis.

4) MAL DEL PIE

El hongo ascomicete *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici* ataca, en orden de susceptibilidad, primero a trigo y cebada, y en menor grado a triticale y centeno, mientras que avena es inmune. Lo habitual es que las raíces del trigo comiencen gradualmente a infestarse a partir de la fase de macolla, hasta provocar la muerte de las plantas durante la etapa de crecimiento de los granos, que quedan chupados. Esto determina que las espigas, al tener poco peso, se mantengan erectas hasta el momento de cosecha. Las plantas espigadas comienzan a amarillar, como consecuencia de la muerte de sus raíces, presentando una pudrición seca de color café oscuro o negro en la parte basal de los tallos, mientras que las espigas adquieren un color blanquecino (Figura 6).





Figura 6. Síntomas de mal del pie (BASF, 2000).

a Zonas agroclimáticas favorables:

Es una enfermedad de gran importancia, y si bien se presenta en toda la zona triguera del país, aparece con mayor frecuencia e intensidad desde la VIII Región al sur. El principal factor que favorece esta enfermedad es el buen precio del trigo, dado que una buena rentabilidad del cereal estimula al productor a sembrarlo intensamente, acortando las rotaciones y cayendo, incluso, en monocultivo de trigo en el mismo suelo, lo que favorece significativamente al mal del pie. El monocultivo y la siembra de trigo después de paderas naturales, especialmente en los trumaos húmedos del Secano de pre-cordillera, donde predominan las especies gramíneas que son portadoras del hongo, predisponen al ataque de mal del pie, con grandes pérdidas económicas para el agricultor.

b Medidas de control:

La rotación de cultivos del trigo con especies diferentes de gramíneas es la base para prevenir la enfermedad, siendo el raps, lupino, trébol, remolacha y maíz, buenas alternativas de rotación al trigo, que previenen el ataque del mal del pie. Los fungicidas desinfectantes de semilla triticonazole, silthiofam + triadimenol, y fluquinconazole + procloraz + sales de cobre han demostrado un efecto de control parcial del mal de pie, con mejores rendimientos de las plantas protegidas, pero inferiores a los obtenidos en ese mismo suelo cuando la enfermedad se encuentra ausente, producto de una buena rotación. Hasta el momento no se cuenta con cultivares genéticamente resistentes al mal del pie.





Figura 7. Mancha parda o helmintosporiosis (Madariaga, 2004).

5) HELMINTOSPORIOSIS O MANCHA PARDA

Antiguamente conocida como *Helminthosporium tritici*, hoy en día esta enfermedad corresponde a *Drechslera tritici repentis* (estado asexual), y al ascomicete *Pyrenophora tritici repentis* (estado sexual). Se manifiesta a través de pequeñas y numerosas manchas alargadas sobre la hoja; estas manchas son de color café y bordes amarillentos y tienen una forma ovalada (Figura 7).

a) Zonas agroclimáticas favorables:

Es una enfermedad de creciente importancia en Chile, y la presencia de rastrojos intactos le ofrece al hongo un sustrato donde se genera el inóculo primario, el cual se establece la enfermedad en la nueva siembra. El hongo se favorece con temperaturas cálidas (20-28°C), alta humedad y siembras de trigo bien fertilizadas.

b) Medidas de control:

Se recomienda el uso de semilla de cultivares con resistencia genética, desinfectadas, y sembrar en potreros donde se quemaron los rastrojos de trigo del ciclo anterior, evitando, en los posible, la práctica de monocultivo de trigo.

6) VIRUS DEL ENANISMO AMARILLO DE LA CEBADA (VEAC)

La enfermedad es causada por Barley Yellow Dwarf Virus, un Luteovirus que es completamente dependiente del insecto vector para transmitirse, o sea, en ausencia del áfido (pulgón), no se observará este virus. Este se manifiesta a través de una amarillez en el ápice de las hojas, la cual va progresando hacia la base. En algunos cultivares pueden aparecer tonalidades rojizas o púrpuras (Figura 8). En ataques severos el crecimiento puede verse afectado, produciéndose un enanismo en las plantas.



Figura 8. Síntomas del Virus del Enanismo Amarillo de la Cebada (VEAC) (Madariaga, 2007).

c Zonas agroclimáticas favorables:

Prácticamente todas las especies gramíneas (por ej. poas, ballicas, cebada, avena) son hospederos de los áfidos vectores de este virus. El clima templado y frío, y la presencia de rastrojo sin quemar favorecen la sobrevivencia de áfidos que transmiten la virosis.

d Medidas de control:

Se recomienda el uso de cultivares con resistencia genética. El control químico con aficidas (insecticidas) reduce la población de pulgones, pero no siempre disminuye la presencia de esta virosis.

7) CARBONES

Son enfermedades que pueden ser transmitidas directamente por semillas, o que atacan desde el suelo infestando las raíces. El carbón hediondo (*Tilletia caries* y *Tilletia foetida*) se hace notorio después de la aparición de las espigas, afectando principalmente a los granos; éstos aparecen manteniendo su forma, pero el contenido ha sido reemplazado por masas carbonosas, las cuales al ser presionadas liberan un fuerte olor hediondo. El carbón volador (*Ustilago tritici*) manifiesta los primeros síntomas alrededor de la floración del trigo. Las espigas presentan una masa carbonosa negra que reemplaza totalmente las estructuras florales, quedando el raquis prácticamente a la vista (Figura 9). Otra diferencia respecto al carbón hediondo es que el carbón volador no tiene mal olor.



Figura 9. Síntomas de carbón hediondo (izquierda) y de carbón volador (derecha)



e Zonas agroclimáticas favorables:

Ambos carbones son monocíclicos, es decir, poseen un solo ciclo durante el desarrollo del cultivo de trigo. El carbón hediondo es no sistémico, o sea, el hongo se disemina desde los granos en que se encontraba reemplazado por esporas, a granos sanos por el efectomecánico de la trilla. En cambio, para que el carbón volador se presente, el grano a utilizarse como semilla tiene que estar infectado desde la temporada en que fue producido, y el hongo se manifiesta en la espigadura (efecto sistémico). Ambos carbones son independientes de las condiciones medio ambientales para que se expresen.

f Medidas de control:

El carbón hediondo es una enfermedad de fácil prevención, mediante el uso de semilla certificada, y como el hongo se ubica en la parte externa del grano, la desinfección de semilla con un fungicida es suficiente, siendo esto altamente efectivo en el control. En forma similar, el control de carbón volador se logra usando semilla certificada y desinfectando la semilla con fungicidas de acción sistémica, lo que explica la casi total desaparición del carbón volador de los cultivos de trigo en nuestro país. Dada la naturaleza sistémica del carbón volador, es necesario utilizar fungicidas que se desplazan dentro de los tejidos. El uso correcto de dosis y métodos de cubrimiento (por ej. polímeros que disminuyen la contaminación de las personas y el medio ambiente) de semillas con fungicidas triazólicos, del grupo de inhibidores de la biosíntesis del ergosterol (fungicidas IBE), controla eficientemente esta enfermedad.



Figura 10. Mancha ocular del tallo (Hacke y Auger, 2009).

8) MANCHA OCULAR DEL TALLO

Esta enfermedad es causada por el hongo ascomicete *Tapesia yallundae* (forma sexual), conocido en su forma asexual como *Pseudocercospora herpotricoides*. Se caracteriza por la aparición de lesiones ovaladas o elípticas en la base de los tallos (Figura 10); éstas usualmente presentan márgenes verde cafésosos y a menudo un punto oscuro en el centro. Aún cuando la infección se produce en los primeros estados de desarrollo, los síntomas sólo se hacen evidentes al estado de hoja bandera, aumentando su intensidad en la medida que las plantas se acercan a madurez fisiológica.

g Zonas agroclimáticas favorables:

Los trigos invernales son los más afectados por esta enfermedad (sur de la VII región hacia el sur) ya que las plantas están más expuestas por más tiempo a las precipitaciones y a temperaturas bajas (óptima a 5°C) que son favorables para la esporulación y infección, aunque las siembras tempranas de trigos primaverales también pueden ser dañadas. De hecho, en los años de abundantes lluvias en primavera, la mancha ocular causa severos daños. El hongo se restringe a las partes basales de las plantas, sin afectar raíces. Todos los cereales y muchos pastos son afectados por la mancha ocular del tallo.

h Medidas de control:

Siembra de semillas certificadas de cultivares resistentes, adecuadamente tratadas con desinfectantes de semilla, aseguran el establecimiento de una siembra sana. Es necesario evitar el monocultivo, especialmente en aquellos suelos donde se observó anteriormente la enfermedad. El manejo del rastrojo es importante, toda vez que aumentan las probabilidades de contaminar siembras futuras al conservar rastrojos infectados intactos. Las aplicaciones foliares de fungicidas como prochloraz y epoxyconazole, especialmente combinadas con productos acortadores de caña (cloruro de clormequat), si bien no controlan completamente la enfermedad, reducen significativamente la tendadura por un lado, y por otro aumentan el rendimiento de grano. Además, el control de malezas gramíneas, es una práctica importante, ya que muchas de ellas son hospederas del hongo. El efecto de la rotación de cultivos puede verse disminuido al no existir un efectivo control de malezas.

9) PUNTA NEGRA

Esta enfermedad es de origen fungoso que con frecuencia se observa en precosecha, y los granos afectados presentan la zona del embrión oscurecida, aunque a veces el daño se extiende a otras partes del grano (Figura 11). De los granos con punta negra se aíslan varios hongos, pero predomina *Alternaria* spp. Los trigos candeales son más susceptibles a esta enfermedad que los trigos harineros, y su presencia reduce la calidad molinera del trigo.

i Zonas agroclimáticas favorables:

Es más frecuente en siembras de riego y en zonas con mucha neblina, porque la inoculación ocurre en el estado de postantesis, especialmente en ambientes húmedos. El exceso de riego durante la antesis predispone a la presencia de punta negra. Por el contrario, en ambientes secos durante la formación y madurez del grano como ocurre en el Secano Interior de la zona central, la punta negra es muy escasa.

j Medidas de control:

Evitar la siembra de cultivares con mayor tendencia a presentar punta negra. El control químico con fungicidas no ha sido efectivo para controlar esta enfermedad. Considerando las condiciones que favorecen su infección, la modalidad de riego por pivote podría aumentar la presencia de punta negra.



Figura 11. Punta negra (Madariaga, 2004).



14. Enfermedades del Trigo

Agrios GN. 2005. Plant Pathology. 5th ed. Elsevier Academic Press Inc. 952 pp.

Andrade O. 2003. Efectividad de diferentes desinfectantes de semilla sobre la pudrición radical (*Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*) del trigo, en el sur de Chile. Agricultura Técnica 63 (4).

Apablaza G. 2000. Patología de cultivos. Epidemiología y control holístico. Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile. 347 pp.

BASF Chile. 2000. Manual de enfermedades del trigo y otros cereales. Ograma SA, Chile, 54 pp.

Faiguenbaum H. 2003. Labranza, siembra y producción de los principales cultivos de Chile. Impresora y Editora Ograma S.A., Santiago, Chile. 760 pp.

Gerding M., M. Mellado, R. Madariaga. 1990. Evaluación del daño producido por royas, áfidos y virus del enanismo amarillo de la cebada en dos variedades de trigo. Agricultura Técnica (Chile) 50:43-48.

Hacke E., J. Auger. 2009. Enfermedades del trigo y otros cereales. 1° edición. LOM Ediciones, Santiago, Chile. 256 pp.

Latorre B. 2004. Enfermedades de las plantas cultivadas. 6ª ed. Ediciones Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. 637 pp.

Madariaga R., M. Mellado. 1988. Estudios sobre la enfermedad 'punta negra' en trigos de primavera, sembrados en la zona centro-sur de Chile. Agricultura Técnica (Chile) 48:43-45.

Madariaga R. 2004. Enfermedades. In M. Mellado (ed.) Boletín de trigo 2004: Manejo tecnológico. Boletín INIA N°114. Instituto de Investigaciones Agropecuarias-Quilamapu, Chillán, Chile, pp. 103-128.

Madariaga R. 2007. Enfermedades del trigo y su control. In M. Mellado (ed.) El trigo en Chile. Colección de libros INIA N°21. Instituto de Investigaciones Agropecuarias-Quilamapu, Chillán, Chile, pp. 97-155.

Zillinsky FJ. 1983. Common diseases of small grain cereals. A guide for identification. México DF: Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). 141 pp.





cap. **15.**



Plagas del Trigo

Plagas del Trigo

Los insectos son organismos muy abundantes en la naturaleza, que en general contribuyen al equilibrio biológico del ecosistema, existiendo algunas especies que constituyen plagas en los cultivos ya que afectan negativamente los rendimientos de granos, así como también pueden afectar la calidad de ellos. Existen alrededor de 47 especies de insectos en nuestro país, que en diferentes niveles, afectan al cultivo de trigo, aunque no todas estas plagas están presentes en el mismo potrero ni durante todo el periodo que se produce el cultivo. Las principales plagas que perjudican al trigo serán analizadas a continuación.



Figura 1. Colonia de *Metopolophium dirhodum* (Gerding, 2007).

a PLAGAS DURANTE EL CULTIVO DE TRIGO

1) Pulgones o áfidos:

Los pulgones representan la plaga más importante del cultivo, ocasionando un daño directo a las plantas al succionar savia de las estructuras que colonizan, produciendo amarillez y muerte prematura de las hojas donde se alimentan. Además, los pulgones provocan un daño indirecto a través de la transmisión del virus del enanismo amarillo de la cebada (VEAC) (Ver capítulo "Enfermedades del trigo").

Las especies de pulgones que han atacado el trigo en Chile durante los últimos 40 años son las siguientes:

1.1) Pulgón de la hoja o pulgón verde pálido (*Metopolophium dirhodum*)

Ataca el follaje y, ocasionalmente, los tallos del trigo, localizándose principalmente en las hojas intermedias (Figura 1). A medida que avanza el desarrollo de las plantas, tiende a ubicarse en las hojas superiores. La infestación empieza a través de individuos alados que llegan a las plantas cuando las temperaturas comienzan a aumentar. De este modo, esta especie aparece en la segunda quincena de Agosto en la Zona



Central, aumentan en Septiembre, y alcanzan su máximo entre fines de Octubre y la primera quincena de Noviembre. El daño causado por el pulgón de la hoja aumenta entonces al sembrar en fechas más tardías, acentuándose con infestaciones tempranas de este tipo de pulgón.

1.2) Pulgón de la avena (*Rhopalosiphum padi*)

Se ubica en las hojas (Figura 2), en las espigas y en la base de los tallos, por lo que a veces es difícil observarlo. Este pulgón se observa en invierno ya que se adapta bien a bajas temperaturas (12-14°C)..

1.3) Pulgón verde oscuro de la espiga (*Sitobion avenae*)

Produce su máxima descendencia durante la espigadura del trigo, o sea, entre noviembre y enero, dependiendo de la zona. Se alimenta de las hojas superiores (Figura 3) y de la espiga cuando está formando sus granos.

1.4) Pulgón verde de los cereales (*Schizaphis graminum*)

Se localiza en las partes inferiores de los tallos, en la lámina foliar (Figura 4) y en la base de la espiga; inyecta una toxina que decolora las hojas. Requiere de temperaturas cálidas, por lo que se le observa tarde en la primavera.

1.5) Pulgón ruso del trigo (*Diuraphis noxia*)

Este pulgón causó gran alarma al ser detectado a fines de la década de los 80, debido a los antecedentes del daño provocado en otros países. Se ha encontrado esta especie desde la IV a la IX Región, siendo escasa su importancia en las zonas de mayor precipitación; en este sentido, la alta humedad favorecería la actividad de hongos entomopatógenos y con ello el control natural de este pulgón. Por el contrario, su ataque se favorece en siembras tardías de primavera, y este áfido tiene la particularidad que al succionar savia de las plantas inyecta una toxina (no virósica) que causa enrollamiento de las hojas, y produce estrías blancas longitudinales, con tonalidades rojizas o púrpuras, por lo que su detección es relativamente fácil (Figura 5). Lo controla eficientemente el parasitoide *Aphelinus asychis* que produce momias negras y alargadas, parasitoide introducido para controlar los otros pulgones del trigo.

Control de las distintas especies de áfidos

Los pulgones tienen una serie de enemigos naturales que afectan sus poblaciones. Entre ellos hay hongos del género *Entomophthora*, e insectos depredadores, tales como larvas de mosca de la familia *Syrphidae*, larvas y adultos de la familia *Coccinellidae* (chinitas) y minúsculas avispas que parasitan a los pulgones consumiéndolos internamente. Varias especies de avispas microhimenópteras y de chinitas han sido introducidas, criadas y liberadas en el país por el Programa de Control Biológico del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) a partir de la década de los 70. En muchos casos la importancia de *Sitobion avenae* y *Metopolophium dirhodum* se ve significativamente reducida a causa de los enemigos naturales. En consecuencia, sólo debe realizarse control químico en caso que los enemigos naturales no sean



Figura 2. Pulgón de la avena (*Rhopalosiphum padi*) (Gerding, 2004).



Figura 3. Pulgón de *Sitobion avenae* (Gerding, 2007).



Figura 4. Pulgón y colonia de *Schizaphis graminum* (Gerding, 2004).



Figura 5. Pulgón de *Diuraphis noxia* y síntomas foliares de ataque de pulgón ruso en trigo (Gerding, 2007).

capaces de mantener un bajo nivel la población de pulgones. El Cuadro 1 indica las poblaciones que harían recomendable la aplicación de algún insecticida (afícida) en distintas etapas de desarrollo de la plantas de trigo.

Estado de desarrollo	Población promedio de pulgones	
	por tallo	por espiga
Macolla	2	---
Encañado	10	---
Hoja bandera	20 a 25	---
Espigadura a floración	20 a 25	5
Fin floración a grano lechoso	30	15

Cuadro 1. Niveles de población de *Sitobion Avenae* y *Mentopolophium dirhodum*, que harían recomendable la aplicación de un insecticida en trigo (Faiguenbaum, 2003).

Algunos productos que se recomiendan para el control de los diferentes tipos de pulgones son: dimetoato, imidacloprid (tratamiento de semillas), metamidofos, pirimicarb, lambdacialotrina + pirimicarb, y triazamato + alfacipermetrina, entre otros.

El control integrado ha sido muy utilizado en trigo, en que se emplea el máximo de controles naturales de la plaga, incluyendo el cultivar, prácticas de manejo como fecha de siembra y uso de parásitos y predadores, y un mínimo de insecticidas selectivos. Las siembras tempranas de otoño permiten escapar en cierta medida las infestaciones que llegan tarde en la temporada (a partir de Septiembre), permitiendo que las plantas tengan un mayor desarrollo que las hace menos vulnerable. El período fenológico del trigo más crítico, en que el daño por pulgones es mayor, es el comprendido entre inicios de encañado y hoja bandera, por lo que la protección de las plantas entre macolla y hoja bandera es lo más efectivo.

2) Cuncunillas:

Las cuncunillas son larvas de lepidópteros que hibernan en el suelo. En la primavera nacen las mariposas o polillas, las que posterior a la fecundación ponen sus huevos en las hojas del trigo, de las que nacen nuevas generaciones de cuncunillas. Tres son las especies más abundantes, especialmente en trigos.

2.1) Faronta albilinea

es la cuncunilla que cuando se presenta provoca más daño al cultivo. Se conoce como la "cuncunilla de la espiga" ya que, además de atacar al follaje, se alimenta de la espiga cuando el grano está lechoso, llegando en ocasiones a cortar la espiga, la que aparece caída en el suelo.

2.2) Pseudaletia unipuncta

se conoce como la "cuncunilla de los pastos", también llamada gusano ejército o gusano soldado. Las larvas atacan al follaje del trigo durante la noche, cuando la planta se encuentra en su fase reproductiva y ya tiene su espiga expuesta.



2.3) *Agrotis ypsilon*

conocida también como la “cuncunilla de las chacras”. La larva se ubica bajo tierra en la zona próxima al cuello de la planta, donde produce cortes, causando su caída. En ocasiones sube a la parte aérea, donde consume follaje y ocasionalmente la espiga.

Control de las distintas especies de cuncunillas

Las cuncunillas causan poco daño en comparación con el ataque de pulgones y el VEAC. A fin de determinar la presencia de cuncunillas, y evaluar si procede un control químico, la mejor hora para hacer observaciones es al atardecer, o bien, temprano en la mañana, ya que posteriormente algunas de estas especies tienden a ubicarse en lugares protegidos, lo que dificulta su detección.

3) Gusanos blancos

Los gusanos blancos corresponden a larvas de varias especies de escarabeidos (*Hylamorpha elegans*, *Hylamorpha cilindrica*, *Phytoloema hermanni*, *Athlia rustica*, *Athlia plebeya*) (Figuras 6 y 7). En general, estas especies se distribuyen a lo largo del país, concentrándose entre la VIII y la X Región. El estado larvario de *Hylamorpha elegans* se observa entre Enero y Octubre, mientras que el de *Phytoloema hermanni*, se presenta entre Noviembre y Julio. El ataque de las larvas es a nivel de las raíces, siendo difícil su control a través de insecticidas al suelo. Una alternativa para controlar estas larvas, es desinfectar las semillas con productos como fipronil, imidacloprid o teflutrina. Independiente de esto, es importante observar el suelo durante su preparación, ya que es muy fácil detectar la presencia de estos gusanos sobre el suelo, una vez que han pasado rastras o arados de inversión. Su infestación, después de cultivos de pradera, puede llegar particularmente a nivel muy alto.

4) Gusanos alambre

Los gusanos alambre corresponden a otra familia de coléopteros, cuyo nombre común es salta perico (*Medonia deromecoides*, *Conoderus rufangulus*). Las larvas tienen forma de alambre, son alargadas, cilíndricas y rectas, con tres pares de patas verdaderas, los segmentos del cuerpo bien marcados y la cabeza bien definida (Figura 8). Las larvas son las causantes de daño en las raíces del cultivo. Su distribución es en toda el área triguera desde la VIII Región al sur. El control químico específico no existe, dado que los productos recomendados para el control de los gusanos blancos también actúan sobre los gusanos alambre.

5) Zancudo patón del trigo

Corresponde a una larva (*Tipula apterogyne*), cuyo adulto macho es el zancudo patón, siendo las larvas de color plomizo y sin patas (Figura 9) las que provocan daño al cultivo, que es a nivel del cuello de las plantas. Se les encuentra en lugares húmedos y sombríos, y se les asocia a suelos pesados (arcillosos) y con mal drenaje, en donde la humedad en el invierno se mantiene superficial, y es en consecuencia, cerca de la superficie del suelo que se localizan las larvas de esta plaga. Todos los años es posible apreciar su daño desde la VIII Región al sur, aunque sin alcanzar un nivel económico, salvo algunas excepciones.

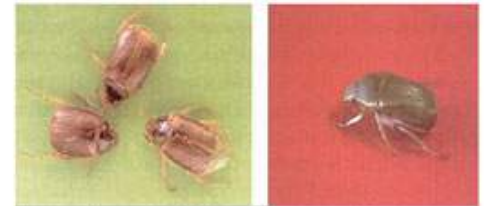


Figura 6. Adultos de gusano blanco (*Phytoloema hermanni* (izquierda) y *Hylamorpha* (derecha))



Figura 7. Larva de gusano blanco (*Gerding*, 2007), *elegans* (derecha) (*Gerding*, 2004).



Figura 8. Larva de gusano alambre (*Medonia deromecoides*) (izquierda), y plántulas de trigo dañadas en la corona por larvas de gusano alambre (derecha) (*Gerding*, 2007).

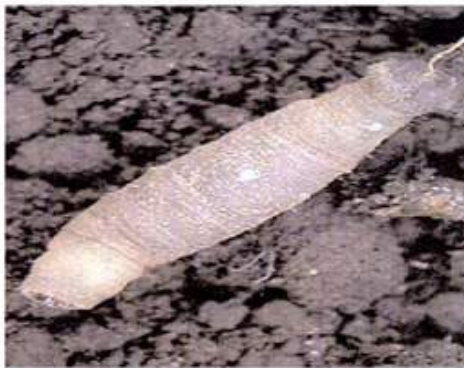


Figura 9. Larva de *Tipula* spp. (Gerding, 2004).

6) Mosca de la raíz

Corresponde a una especie díptera autóctona (*Tana paulseni*), cuya distribución geográfica abarca desde la VIII Región a la X Región, siendo los hospederos principales de esta plaga la avena, ballica, cebada, chéptica, festuca, pasto cebolla, pasto ovillo, raps y trigo. Los adultos se caracterizan por realizar vuelos muy cortos y por sus lentos movimientos, lo que permite capturarlos fácilmente con las manos; de ahí su calificativo de “moscas tontas”. Los ataques importantes, que limitan las poblaciones de trigo, ocurren en los primeros estados de desarrollo de las plantas; en la medida que éstas alcanzan una mayor masa de raíces, las larvas no causan un daño significativo. El control químico debe hacerse preventivamente, desinfectando la semilla con fipronil, imidacloprid o teflutrina, y/o aplicando un insecticida al suelo.

b) PLAGAS DE LOS GRANOS DE TRIGO ALMACENADOS

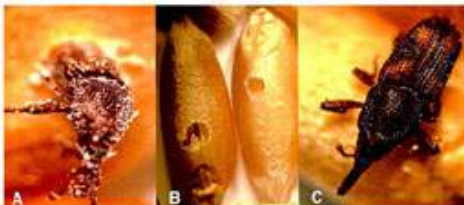


Figura 10. Gorgojo del maíz (*Sitophilus zeamais*). A: Emergiendo del grano de trigo. B: Orificio de salida del insecto. C: Insecto adulto

A pesar que en general las condiciones de clima de nuestro país no favorecen la multiplicación de insectos de bodega, las malas condiciones de almacenaje colaboran en gran medida a las pérdidas de granos de trigo. Esta pérdida la ocasiona la larva al alimentarse del grano, mientras que el adulto es el encargado de la reproducción de la especie. Los granos de textura blanda son más fácilmente atacados por insectos de almacenaje. Algunas de las plagas más importantes descritas por Arias y Dell’Orto (1983) son las siguientes: Gorgojo del arroz (*Sitophilus oryzae*), Gorgojo del trigo (*Sitophilus granarius*), Gorgojo del maíz (*Sitophilus zeamais*) (Figura 10), Gorgojo dientes de sierra (*Oryzaephilus surinamensis*), Pequeño barrenador de los granos (*Rhizopertha dominica*), Polilla de los cereales (*Sitotroga cerealella*) (Figura 11), y Polilla de la harina (*Ephestia kuehniella* y *Plodia interpunctella*).



Figura 11. Larva de la polilla de los cereales (*Sitotroga cerealella*) (Gerding, 2007).

A diferencia del cultivo de trigo, que en el campo puede tolerar la presencia de plagas hasta un nivel crítico sin causar un daño económico, en el almacenaje de los granos, en cambio, se debe tender a la ausencia total de las plagas o disminuir a un mínimo su multiplicación. Los efectos principales del ataque de los insectos en granos almacenados son la pérdida de calidad y peso de los granos, reducción de la germinación debido al daño al embrión, calentamiento de los granos por la actividad de los insectos y pérdida en valor nutritivo. Además, hay que agregar la potencial proliferación de hongos debido a la temperatura y humedad.

En nuestro país el almacenamiento no se realiza en forma apropiada y por ello, es usual la aplicación de insecticidas en las bodegas, aunque es sabido que estas aplicaciones pueden crear resistencias de los insectos, además de la contaminación del medio ambiente. Respecto a los granos destinados a semillas, puede ser riesgoso aplicar insecticidas por el riesgo de disminución de su potencial germinativo. Por ello se recomienda una buena higiene de las bodegas, para eliminar residuos que puedan servir de hospedaje a los insectos. En lo posible utilizar ambientes ventilados y refrigerados, y estar de manera permanente controlando los depósitos, y registrando datos de temperatura y humedad. Como recomendación general, las bajas temperaturas y humedad generan una condición favorable para el almacenamiento del grano de trigo.



Como las plagas de los granos almacenados requieren de un ambiente cálido, no poseen tolerancia a las bajas temperaturas, encontrándose el óptimo entre los 25 y 30°C. Bajo los 20°C estos insectos no pueden reproducirse, excepto los gorgojos. Por ello, como medidas de control se sugiere mantener las bodegas con temperaturas inferiores a 18°C, y para evitar que proliferen hongos en estas condiciones de temperatura, se recomienda mantener una humedad relativa baja, inferior a 70%. Además, la aireación es fundamental para controlar la temperatura. Es sabido que cuando los insectos disponen de una bodega con granos que ofrezca condiciones de temperatura y humedad adecuadas para su sobrevivencia, ellos se desarrollarán rápidamente en todos sus estados, o sea, huevo, larva, pupa y adulto.



15. Plagas del trigo

- Apablaza J. 1983. Trigo: Control de plagas. *El Campesino* 114(6):20-23.
- Arias C., H. Dell'Orto. 1983. Distribución e importancia de los insectos que dañan granos y productos almacenados en Chile. Proyecto PFL/CHI/001. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Santiago, Chile. 67 pp.
- Artigas J. 1994. Entomología Económica: Insectos de interés agrícola, forestal, médico y veterinario, Vol. I. Ediciones Universidad de Concepción, Concepción, Chile. 1126 pp.
- Artigas J. 1994. Entomología Económica: Insectos de interés agrícola, forestal, médico y veterinario, Vol. II. Ediciones Universidad de Concepción, Concepción, Chile. 943 pp.
- Faiguenbaum H. 2003. Labranza, siembra y producción de los principales cultivos de Chile. Impresora y Editora Ograma S.A., Santiago, Chile. 760 pp.
- Gerding M. 2004. Principales insectos perjudiciales en trigo. In M. Mellado (ed.) Boletín de trigo: Manejo tecnológico. Boletín INIA N°114. Instituto de Investigaciones Agropecuarias-Quilamapu, Chillán, Chile, pp. 129-141.
- Gerding M. 2007. Plagas del trigo y su control. In M. Mellado (ed.) El trigo en Chile. Colección de libros INIA N°21. Instituto de Investigaciones Agropecuarias-Quilamapu, Chillán, Chile, pp. 157-177.
- Klein Koch C., D.F. Waterhouse. 2000. The distribution and importance of arthropods associated with agriculture and forestry in Chile (Distribución e importancia de los artrópodos asociados a la agricultura y silvicultura en Chile). ACIAR Monograph No. 68, 234 pp.
- Prado E. 1991. Artrópodos y sus enemigos naturales asociados a plantas cultivadas en Chile. Serie Boletín Técnico N°169. Instituto de Investigaciones Agropecuarias-estación Experimental La Platina, Santiago, Chile. 207 pp.
- Quiroz C., M. Zolezzi. 1978. Los pulgones del trigo y su control. Informativo N°11. INIA La Platina, Santiago, Chile. 4 pp.
- Zerené M., M. Caglevic, I. Ramírez. 1988. Un nuevo áfido de los cereales detectado en Chile. *Agricultura Técnica (Chile)* 48:60-61.
- Zuñiga. 1985. Ochenta años de control biológico en Chile. Revisión histórica y evaluación de los proyectos desarrollados (1903-1983). *Agricultura Técnica (Chile)* 45:175-183.





cap. **16.**



Fichas Técnicas del Trigo

Fichas Técnicas del Trigo

Una **ficha técnica** es un documento en forma de resumen que contiene la descripción de las características de un cultivo de manera detallada, de modo de poder estimar los costos totales de producción y los ingresos por hectárea. Los contenidos varían dependiendo del rendimiento esperado de trigo, del precio de venta del grano en el mercado interno, del costo de la jornada hombre, de aspectos económicos (por ej. tasa de interés, financiamiento) y de las especificaciones técnicas del cultivo (por ej. programa de fertilización y el manejo sanitario del cultivo), entre otros.

Una herramienta muy útil para poder estimar los costos e ingresos por hectárea para el productor de trigo se encuentra disponible en el sitio web de la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA), donde se actualizan todos los años las fichas técnicas desde el año 2009, las que están disponibles en: www.odepa.gob.cl luego se debe acceder a **PRECIOS** y dentro de ellos se ingresa a **POR RUBRO**, luego **CEREALES**, y luego se accede a **COSTOS DE PRODUCCIÓN DE TRIGO**. Ahí se encuentran las fichas técnicas de las 4 últimas temporadas, descargables en Excel y pdf. En cada temporada se publican 4 fichas técnicas, dos para la VIII Región de Bío Bío y dos para la IX Región de la Araucanía. Las dos fichas que se construyen para cada Región están diferenciadas por el nivel de tecnología (pequeño y mediano productor) y por el potencial de rendimiento (50 a 70 qq/ha).

Adicionalmente en **COSTOS DE PRODUCCIÓN DE TRIGO**, se publica una planilla Excel (Trigo.xls) que se puede completar con los antecedentes de cada productor para la estimación de sus costos de producción. Este es un programa de simulación de costos, en que la planilla Excel permite modificar los valores predefinidos, obteniendo así, costos más ajustados a la realidad del agricultor. Además, se pueden simular resultados para distintos escenarios de precio de venta y de productividad.

Para la temporada 2012-2013, ODEPA presenta las siguientes fichas técnicas:

a VIII Región:

En la primera ficha técnica se hace la simulación empleando el cultivar Ciko-INIA (primaveral precoz), con un rendimiento esperado de 60 qq/ha (pequeño productor), mientras que en la segunda ficha técnica se utiliza el cultivar Pandora-INIA (primaveral), con un rendimiento esperado de 70 qq/ha (mediano productor).

El costo de producción más importante es el costo de fertilización que constituye entre 40-44% de los costos directos totales, seguidos por los costos de maquinaria (~23%), y los de semilla (11-14%). Los márgenes (ingresos-costos) fluctúan entre \$ 218.000 a 266.000/ha.



FICHA TÉCNICA ECONÓMICA

1 ha abril 2012
 Régimen hídrico: seco
 Destino de producción: industria molinera

TRIGO
 variedad: cilo - INIA
 Región: VII

Densidad (pl/ha) no
 Producción (qq/ha) 80
 Precio (\$/kg) 13.600 (1)

PARAMETROS GENERALES

Rendimiento (qq/ha)	80
Precio de venta mercado interno (\$/Kg):	13.500
Costo Jornada Hombre (\$/H)	10.000
Tasa Interés mensual (%):	1,26%
Nivel de endeudamiento sobre costo directo (%):	60%
Meses de financiamiento:	8

LABOR/INSUMO	EPOCA	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO(\$/un)	VALOR(\$/un)	OBSERVACIONES
MANO DE OBRA (a)	EPOCA	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO(\$/un)	VALOR(\$/un)	OBSERVACIONES
Desinfección semilla	Julio - Agosto	0,3	JH	10.000	3.000	
Apoyo a la siembra	Agosto	0,2	JH	10.000	2.000	
Hacer reguerros	Agosto	0,9	JH	10.000	9.000	
Aplicación herbicidas	Septiembre	0,9	JH	10.000	8.000	
Aplicación nitrógeno	Septiembre	0,9	JH	10.000	9.000	
Fuego	Septiembre - Noviembre	3,4	JH	10.000	34.000	
Aplicación pesticida	Octubre - Noviembre	0,8	JH	10.000	8.000	
Apoyo a la trilla	Diciembre - Enero	0,4	JH	10.000	4.000	
TOTAL MANO DE OBRA					77.000	

MAQUINARIA	EPOCA	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO(\$/un)	VALOR(\$/un)	OBSERVACIONES
Arado cincel	Mayo - Julio	1,0	ha	24.000	24.000	
Rastraje	Mayo - Julio	2,0	ha	22.000	44.000	
Siembra y fertilización	Agosto	1,0	ha	23.000	23.000	
Trilla Automotriz	Diciembre - Enero	1,0	ha	35.000	35.000	
TOTAL MANO DE OBRA					128.000	

INSUMO (2) (0)	EPOCA	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO(\$/un)	VALOR(\$/un)	OBSERVACIONES
Semilla Trigo	Agosto	200,0	Kg	375	75.000	
Flete insumo - Producto	Agosto - Enero	6,8	Ton	6.000	40.800	
Fertilizantes:						
Fosfato DI Amónico	Agosto	250,0	Kg	437	109.250	
Urea	Octubre	300,0	Kg	363	108.900	
Herbicidas:						
Metsulfuron Metil	Septiembre	1,0	Sobre	987	987	
Sal Dimetilamina de MCPA	Septiembre	1,0	L	5.705	5.705	
TOTAL MANO DE OBRA					340.842	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (a+b+o) 643.842

OTROS COSTOS (d)

Imprevistos		6%			27.182	
Costo Financiero	Meses	1,25%	tasa %		20.387	Corresponde a la aplicación de una tasa de interés mensual simple sobre el 50% de los costos directos por seis meses.
Costo oportunidad (arriendo)		0%	ha			
Administración		0%	ha			
Impuestos y contribuciones		0%	ha			
TOTAL MANO DE OBRA					47.688	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (a+b+o) 681.211

Costos Directos por hectáreas (a+b+o)	643.842
Costos totales por hectáreas (a+b+o+d)	691.211
INGRESO POR HECTÁREA (e)	810.000
Margen bruto por hectárea (e - (a+b+o))	268.368
Margen neto por hectárea (e - (a+b+o+d))	218.788

ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD			
Margen neto (\$/ha)			
Rendimiento (qq/aa)	Precio (\$/qq)		
		12.826	18.600
64	101.339	137.789	174.239
80	178.289	218.789	259.289
88	255.239	299.789	344.339
Punto de equilibrio (3)	Margen neto (\$/ha)		
	64	80	88
	\$ 10.948	\$ 9.854	\$ 8.958

NOTAS:

- (1) El precio del trigo utilizado en el análisis de sensibilidad, corresponde al promedio de la región durante el periodo de cosecha en la temporada 2011/2012. (precios publicados por Cotriza entre Enero y Marzo)
- (2) El programa fitosanitario y nombre de productos es solo referencial y no constituye recomendación alguna por parte de Odepa. Para cada caso particular, consultar con un profesional calificado de acuerdo a las condiciones específicas de cada predio. El productor puede cambiar los parametros a través de la ficha de simulación.
- (3) Representa el precio de venta mínimo para cubrir los costos totales de producción.

FICHA TÉCNICA ECONÓMICA

1 ha abril 2012
Regimen hídrico: seco
Destino de producción: industria molinera

TRIGO
variedad: ciko - INIA
Región: VII

Densidad (pl/ha)
Producción (qq/ha)
Precio (\$/kg)

no
70
13.600 (1)

PARAMETROS GENERALES

Rendimiento (qq/ha)	70
Precio de venta mercado interno (\$/kg):	13.600
Costo Jornada Hombre (\$/JH)	10.000
Tasa Interés mensual (%)	1,26%
Nivel de endeudamiento sobre costo directo (%)	60%
Meses de financiamiento:	8

LABOR/INSUMO	EPOCA	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO(\$/un)	VALOR(\$/un)	OBSERVACIONES
MANO DE OBRA (a)	EPOCA	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO(\$/un)	VALOR(\$/un)	OBSERVACIONES
Desierdeción semilla	Julio - Agosto	0,3	JH	10.000	2.500	
Apoyo a la siembra	Julio - Agosto	0,3	JH	10.000	3.000	
Puwerizaciones	Agosto - Septiembre	0,6	JH	10.000	6.000	
Riego	Septiembre - Diciembre	3,0	JH	10.000	30.000	
Apoyo a la Cosecha	Diciembre - Enero	0,2	JH	10.000	2.000	
TOTAL MANO DE OBRA					43.600	

MAQUINARIA	EPOCA	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO(\$/un)	VALOR(\$/un)	OBSERVACIONES
Arado cincel	Mayo - Julio	1,0	ha	24.000	24.000	
Rastraje	Mayo - Julio	1,0	ha	22.000	22.000	
Vibro cultivador	Julio - Agosto	1,0	ha	8.000	8.000	
Siembra y fertilización	Julio - Agosto	1,0	ha	23.000	23.000	
Hacer regueros	Julio - Agosto	1,0	ha	12.500	12.500	
Aplicación Nitrógeno (trompo)	Agosto - Octubre	2,0	ha	8.000	16.000	
Aplicación herbicidas	Agosto - Septiembre	1,0	ha	8.000	8.000	
Aplicación fungicida	Octubre - Diciembre	1,0	ha	8.000	8.000	
Trilla Automotriz	Diciembre - Enero	1,0	ha	35.000	35.000	
TOTAL MAQUINARIA					168.600	

INSUMO (2) (o)	EPOCA	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO(\$/un)	VALOR(\$/un)	OBSERVACIONES
Semilla Trigo	Agosto - Septiembre	200,0	Kg	375	75.000	
Fertilizantes:						
Feriyeno	Julio - Agosto	200,0	Kg	86	17.200	
Sulfato de Potasio	Agosto - Septiembre	100,0	Kg	495	49.500	
Fosfato Di Amónico	Agosto - Septiembre	250,0	Kg	437	109.250	
Urea	Agosto - Septiembre	350,0	Kg	363	127.050	
Fungicidas:						
Tebuconazole	Agosto - Septiembre	0,1	L	20.878	2.088	
Gipronazole/Trifostrobín	Octubre - Noviembre	0,4	L	42.200	16.880	
Herbicidas:						
Lodosulfuron - metil - sodio	Septiembre	0,3	Sobre	126.666	38.000	
Rede insumo - Producto	Agosto - Enero	8,1	L	6.000	48.300	
TOTAL INSUMOS					483.288	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (a+b+c)	683.288
--------------------------------------	----------------

OTROS COSTOS (d)						
Imprevistos		6%			34.103	
Costo Financiero	Meses	1,25%	tasa %		26.823	Corresponde a la aplicación de una tasa de interés mensual simple sobre el 50% de los costos directos por seis meses.
Costo oportunidad (arriendo)		0%	ha			
Administración		0%	ha			
Impuestos y contribuciones		0%	ha			
TOTAL OTROS COSTOS					68.788	

TOTAL COSTOS	743.864
---------------------	----------------

Costos Directos por hectáreas (a+b+c)	683.288
Costos totales por hectáreas (a+b+c+d)	743.064
INGRESO POR HECTÁREA (e)	846.000
Margen bruto por hectárea (e - (a+b+c))	281.732
Margen neto por hectárea (e - (a+b+c+d))	201.848

ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD			
Margen neto (\$/ha)			
Rendimiento (qq/aa)	Precio (\$/qq)		
		12.826	13.600
83	64.921	107.446	148.971
70	154.696	201.946	249.196
77	244.471	296.446	348.421
Punto de equilibrio (3)	Margen neto (\$/ha)		
	83	70	77
	\$ 11.795	\$ 10.815	\$ 9.660

NOTAS:

- (1) El precio del trigo utilizado en el análisis de sensibilidad, corresponde al promedio de la región durante el periodo de cosecha en la temporada 2011/2012 (precios publicados por Cotrisa entre Enero y Marzo)
- (2) El programa fitosanitario y nombre de productos es solo referencial y no constituye recomendación alguna por parte de Odepa. Para cada caso particular, consultar con un profesional calificado de acuerdo a las condiciones específicas de cada predio. El productor puede cambiar los parametros a través de la ficha de simulación.
- (3) Representa el precio de venta mínimo para cubrir los costos totales de producción.



b IX Región:

En la primera ficha técnica se hace la simulación empleando el cultivar Rupanco-INIA (alternativo), con un rendimiento esperado de 50 qq/ha (pequeño productor), mientras que en la segunda ficha técnica se utiliza el cultivar Kumpa-INIA (invernal tardío), con un rendimiento esperado de 65 qq/ha (mediano productor).

El costo de producción más importante es el costo de fertilización que constituye entre 45-55% de los costos directos totales, seguidos por los costos de maquinaria (17-29%), y los de semilla (9-15%). Los márgenes (ingresos-costos) fluctúan entre \$ 135.000 a 207.000/ha.



FICHA TÉCNICA ECONÓMICA

1 ha abril 2012
Regimen hidrico: secano
Destino de producción: industria molinera

TRIGO
variedad: ciko - INIA
Región: IX

Densidad (pl/ha)
Producción (qq/ha)
Precio (\$/kg)

no
60
13.200 (1)

PARAMETROS GENERALES

Rendimiento (qq/ha)	60
Precio de venta mercado interno (\$/Kg):	18.200
Costo Jornada Hombre (\$/H)	10.000
Tasa Interes mensual (%)	1,25%
Nivel de endeudamiento sobre costo directo (%)	60%
Meses de financiamiento:	8

LABOR/INSUMO	EPOCA	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO(\$/un)	VALOR(\$/un)	OBSERVACIONES
MANO DE OBRA (a)	EPOCA	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO(\$/un)	VALOR(\$/un)	OBSERVACIONES
Desinfección semilla	Julio - Agosto	0,2	JH	10.000	2.000	
Apoyo a la siembra	Agosto	0,3	JH	10.000	3.000	
Pulverizaciones	Agosto - Octubre	0,8	JH	10.000	8.000	
Riego	Octubre - Diciembre	0,8	JH	10.000	8.000	
Apoyo a la Cosecha	Enero - Febrero	0,3	JH	10.000	3.000	
TOTAL MANO DE OBRA					24.000	

MAQUINARIA	EPOCA	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO(\$/un)	VALOR(\$/un)	OBSERVACIONES
Arado cincel	Julio	1,0	ha	24.000	24.000	
Rastraje	Julio	2,0	ha	22.000	44.000	
Aplicación Nitrógeno (trompo)	Agosto	2,0	ha	8.000	16.000	
Siembra y fertilización	Agosto	1,0	ha	23.000	23.000	
Trilla Automotriz	Enero - Febrero	1,0	ha	35.000	35.000	
TOTAL MAQUINARIA					142.000	

INSUMO (2) (o)	EPOCA	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO(\$/un)	VALOR(\$/un)	OBSERVACIONES
Semilla Trigo	Agosto - Septiembre	200,0	Kg	375	75.000	
Fertilizantes:						
Superfosfato Triple	Agosto - Septiembre	150,0	Kg	362	54.300	
Urea	Agosto - Septiembre	350,0	Kg	363	127.050	
Flete insumo - Producto	Septiembre - Febrero	5,7	Ton	6.000	33.990	
Fungicidas:						
Tebuconazole	Agosto - Septiembre	0,1	L	20.878	2.088	
Ciparconazole/Triflostroben	Octubre - Noviembre	0,4	L	42.200	16.880	
Herbicidas:						
2,4 D Anima		1,0	L	3.117	3.117	
Sal Dimetlamina de Ac. Dicamba	Agosto - Septiembre	0,1	L	33.000	3.960	
TOTAL INSUMOS					318.386	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (a+b+c)	482.335
--------------------------------------	----------------

OTROS COSTOS (d)						
Imprevistos		6%			24.118	
Costo Financiero	Meses	1,25%	tasa %		18.088	Corresponde a la aplicación de una tasa de interés mensual simple sobre el 50% de los costos directos por seis meses.
Costo oportunidad (arriendo)		0%	ha			
Administración		0%	ha			
Impuestos y contribuciones		0%	ha			
TOTAL OTROS COSTOS					42.208	

TOTAL COSTOS	624.683
---------------------	----------------

Costos Directos por hectáreas (a+b+c)	482.386
Costos totales por hectáreas (a+b+c+d)	624.683
INGRESO POR HECTÁREA (e)	880.000
Margen bruto por hectárea (e -(a+b+c))	177.816
Margen neto por hectáreas (e -(a+b+c+d))	135.407

ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD			
Margen neto (\$/ha)			
Rendimiento (qq/aa)	Precio (\$/qq)		
		12.640	18.200
46	39.707	69.407	99.107
60	102.407	135.407	168.407
66	165.107	201.407	237.707
Punto de equilibrio (3)	Margen neto (\$/ha)		
	46	60	66
	\$ 11.658	\$ 10.492	\$ 9.6538

NOTAS:

(1) El precio del trigo utilizado en el análisis de sensibilidad, corresponde al promedio de la región durante el periodo de cosecha en la temporada 2011/2012 (precios publicados por Cotrisa entre Enero y Marzo)

(2) El programa fitosanitario y nombre de productos es solo referencial y no constituye recomendación alguna por parte de Odepa. Para cada caso particular, consultar con un profesional calificado de acuerdo a las condiciones específicas de cada predio. El productor puede cambiar los parametros a través de la ficha de simulación.

(3) Representa el precio de venta mínimo para cubrir los costos totales de producción.



FICHA TÉCNICA ECONÓMICA

1 ha abril 2012
 Regimen hídrico: seco
 Destino de producción: industria molinera

TRIGO INVIERNO
 variedad: Kumpa - INA
 Región: IX

Densidad (p/ha) no
 Producción (qq/ha) 65
 Precio (\$/kg) 18.200 (1)

PARAMETROS GENERALES

Rendimiento (qq/ha)	86
Precio de venta mercado interno (\$/kg):	13.200
Costo Jornada Hombre (\$/H)	10.000
Tasa Interés mensual (%)	1,26%
Nivel de endeudamiento sobre costo directo (%)	60%
Meses de financiamiento:	8

LABOR/INSUMO	EPOCA	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO(\$/un)	VALOR(\$/un)	OBSERVACIONES
MANO DE OBRA (a)	EPOCA	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO(\$/un)	VALOR(\$/un)	OBSERVACIONES
Desinfección semilla	Mayo	0,2	JH	10.000	2.000	
Apoyo a la siembra	Mayo	0,3	JH	10.000	3.000	
Pulverizaciones	Agosto - Octubre	0,8	JH	10.000	8.000	
Apoyo a la Cosecha	Enero - Febrero	0,3	JH	10.000	3.000	
TOTAL MANO DE OBRA					18.000	

MAQUINARIA	EPOCA	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO(\$/un)	VALOR(\$/un)	OBSERVACIONES
Barbecho Químico	Abril - Mayo	1,0	ha	7.500	7.500	
Pre emergente	Mayo	1,0	ha	7.500	7.500	
Siembra y fertilización	Mayo	1,0	ha	23.000	23.000	
Aplicación Nitrógeno (trampo)	Julio - Septiembre	2,0	ha	8.000	16.000	
Aplicación Fitosanitarios	Agosto - Octubre	3,0	ha	8.000	24.000	
Cosecha	Enero - Febrero	1,0	ha	35.000	35.000	
TOTAL MAQUINARIA					113.000	

INSUMO (2) (o)	EPOCA	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO(\$/un)	VALOR(\$/un)	OBSERVACIONES
Gilfosato + aceite	Abril - Mayo	3,0	L	5.000	15.000	
Semilla Trigo	Mayo	150,0	Kg	375	56.250	
Fertilizantes:						
Mezcla siembra	Mayo	500,0	Kg	362	181.000	
Urea	Julio - Septiembre	400,0	Kg	363	145.200	
Muriato de Potasio	Julio - Septiembre	100,0	Kg	322	32.200	
Herbicidas:						
Metsulfuron Metil	Agosto - Septiembre	1,0	L	987	2.088	
Glodinato - propangil	Septiembre	0,3	L	88.800	16.880	
Fungicidas:						
Ciporconazole/Trifostrobil	Octubre - Noviembre	0,4	L	42.200	16.880	
Tebuconazole	Agosto - Septiembre	0,1	L	20.878	2.088	
Pete insumo - producto	Septiembre - Febrero	7,5	Ton	6.000	45.300	
TOTAL INSUMOS					621.646	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (a+b+o)	850.646
--------------------------------------	----------------

OTROS COSTOS (d)

Imprevistos		6%			32.627	
Costo Financiero	Meses	1,25%	tasa %		24.386	Corresponde a la aplicación de una tasa de interés mensual simple sobre el 50% de los costos directos por seis meses.
Costo oportunidad (arriendo)		0%	ha			
Administración		0%	ha			
Impuestos y contribuciones		0%	ha			
TOTAL OTROS COSTOS					68.923	

TOTAL COSTOS	707.487
---------------------	----------------

Costos Directos por hectáreas (a+b+o)	850.646
Costos totales por hectáreas (a+b+o+d)	707.487
INGRESO POR HECTÁREA (e)	858.000
Margen bruto por hectárea (e -(a+b+o))	207.466
Margen neto por hectárea (e -(a+b+o+d))	150.633

ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD			
Rendimiento (qq/aa)	Margen neto (\$/ha)		
	Precio (\$/qq)		
		12.640	18.200
68	26.123	64.733	103.343
86	107.633	150.533	193.433
72	189.143	236.333	283.523
Punto de equilibrio (3)	Margen neto (\$/ha)		
	68	86	72
	\$ 12.093	\$ 10.684	\$ 9.895

NOTAS:

- El precio del trigo utilizado en el análisis de sensibilidad, corresponde al promedio de la región durante el periodo de cosecha en la temporada 2011/2012 (precios publicados por Cotrisa entre Enero y Marzo)
- El programa fitosanitario y nombre de productos es solo referencial y no constituye recomendación alguna por parte de Olefa. Para cada caso particular, consultar con un profesional calificado de acuerdo a las condiciones específicas de cada predio. El productor puede cambiar los parámetros a través de la ficha de simulación.
- Representa el precio de venta mínimo para cubrir los costos totales de producción.



Al comparar las fichas técnicas de las Regiones VIII y IX, en la primera región se producen comparativamente mayores rendimientos promedio, 60 versus 50 qq/ha (pequeños productores) y 70 versus 65 qq/ha (medianos productores). Esta diferencia se explica por las diferencias tecnológicas de los productores entre ambas regiones y porque la VIII región cuenta con más zonas de riego (\$30.000-34.000/ha de costo adicional por este concepto en las fichas técnicas de la VIII región), y esto justificaría en parte los mayores márgenes de los productores de la VIII región (\$ 218.000-266.000/ha) en comparación con los de la IX región (\$ 135.000-207.000/ha). Además, se deduce que el uso de cultivares alternativos e invernales de la IX región no está siempre asociado a mayores rendimientos respecto a los primaverales de la VIII región, tal como se discutió en el capítulo “Cultivares empleados en Chile”.

En la IX región, la incidencia de la fertilización es mayor (45-55%) en los costos totales directos respecto a la VIII región (40-44%), ya que los problemas de acidez y fijación de fósforo se acentúan en la medida que nos desplazamos hacia el sur del país, lo que repercute en los costos de fertilización. Esto implica que se tengan que aplicar mayores dosis unitarias de fósforo por hectárea en la IX región, junto a un programa de encalado que afectan los costos de fertilización. Otro punto a considerar es el largo de la rotación que en el caso de los cultivares primaverales de la VIII región fluctúan entre 5 a 7 meses desde siembra a cosecha, mientras que los cultivares alternativos y invernales empleados en la IX región, comprenden un periodo de siembra a cosecha de 7 a 9 meses.

En la misma línea que las fichas técnicas de ODEPA, un estudio del INIA resume la importancia de los principales factores involucrados en la producción de una hectárea de trigo (Cuadro 1), a nivel de un agricultor medio a grande con un costo de 40 qq/ha y una expectativa de rendimiento de 70 qq/ha; se aprecia que el 40% de los gastos corresponde a fertilizantes y su aplicación, por lo que este factor debe recibir una atención especial, sobre todo respecto a la forma de usar el nitrógeno y la conveniencia de parcializarlo. Como una manera de disminuir costos, y considerando el precio relativamente elevado de la semilla certificada, se puede reemplazar una parte por semilla corriente producida en el mismo predio, a la que se pueda rastrear su producción, en caso que el comprador solicite antecedentes del producto ofrecido por el agricultor. El uso de semilla certificada y su siembra representa alrededor del 14% del costo total de una siembra. A pesar de ello, es el factor que posee mayor incidencia sobre la estandarización y resultado de la cosecha. En la actualidad es muy importante saber el nombre del cultivar, ya que ello está asociado con una parte de la calidad industrial del grano.

Cuadro 1. Distribución aproximada de los gastos para producir 70 qq/ha de trigo, con un costo total de 40 qq/ha (Adaptado de Engler, 2007).



Cuadro 1. Distribución aproximada de los gastos para producir 70 qq/ha de trigo, con un costo total de 40 qq/ha (Adaptado de Engler, 2007).

Item de Gastos	Valor (%)
Preparación de suelos	8
Semilla certificada + desinfección de semilla y uso de sembradora	14
Fertilizantes al suelo + aplicación	40
Herbicidas + Aplicación	12
Fungicidas foliares + aplicación	7
Cosecha + fletes de cosecha	7
Riegos	4
Costo del capital + imprevistos	8
TOTAL	100



16. FICHAS TÉCNICAS DEL TRIGO

Engler A. 2007. Comercialización y costos de producción. In M. Mellado (ed.) El trigo en Chile. Colección de libros INIA N°21. Instituto de Investigaciones Agropecuarias-Quilamapu, Chillán, Chile, pp. 603-627.

ODEPA. 2012. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias, Ministerio de Agricultura, Chile. Consulta al sitio electrónico www.odepa.gob.cl (22-06-2012). Contacto con Jeanette Danty, encargada sectorial.



cap. **17.**



El Trigo y el Agua

El Trigo y el Agua

El agua es un elemento constitutivo de la planta, que contribuye con el 95% del peso fresco de las plantas jóvenes, y un 12-14% en las plantas de trigo al momento de madurez de cosecha. El agua permite el transporte de los nutrientes minerales disponibles en el suelo, desde la zona de raíces al resto de la planta, por lo que cuando se hacen aplicaciones de fertilizantes sobre un suelo seco, las raíces del trigo no los absorben, y de lo contrario, cuando en el suelo hay humedad adecuada, las raíces los pueden absorber de manera regulada y eficiente. Otro rol esencial del agua es en el proceso de fotosíntesis y respiración, que se realiza en las hojas y otros tejidos verdes de la planta. La fotosíntesis permite acumular la energía del sol y transformarla en azúcares para la planta; sin embargo, para que esto ocurra, la planta debe disponer de agua.

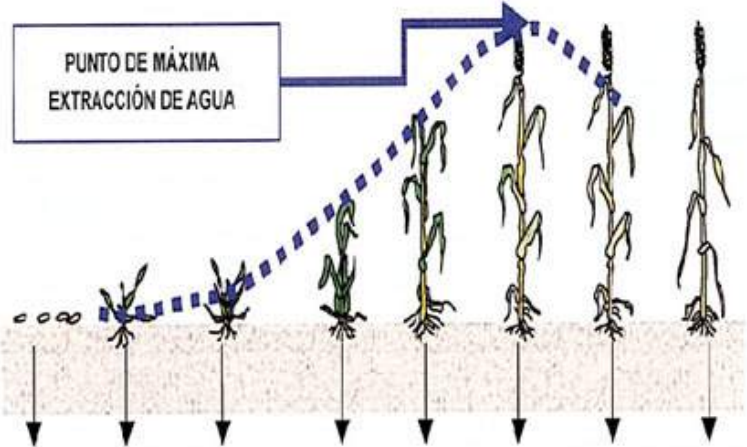
El agua constituye uno de los recursos que puede afectar fuertemente el desarrollo y la producción de un cultivar de trigo, y su nivel de incidencia estará directamente relacionado con la condición climática imperante en la región productora, el estado de desarrollo del cultivo, y las características del suelo. Un problema relevante del cultivo de trigo es cómo suplir las necesidades de agua del cultivo, de modo de no limitar su desarrollo y los procesos fisiológicos que ocurren durante la temporada de crecimiento, ya que déficit hídricos pueden afectar adversamente la calidad y el rendimiento de granos, particularmente durante la fase reproductiva del cultivo (desde espigadura en adelante). En este contexto, es fundamental entender que la interacción entre el clima y el cultivo, y las características físico hídricas del suelo, arrojarán la información de cuándo regar y cuánta agua se debe aplicar en cada riego, de manera de poder maximizar los rendimientos de grano.

a El cultivo y el agua de riego:

Como se ha discutido en capítulos anteriores, en Chile se siembran cultivares primaverales, alternativos e invernales. Los cultivares primaverales se caracterizan por sus cortos periodos vegetativos, y su desarrollo ocurre a partir del momento en que la disponibilidad natural de agua comienza a disminuir, lo que hace evidente la necesidad de considerar el riego como una práctica que debe ser planificada al momento de sembrar. Sin embargo, los cultivares alternativos e invernales también se enfrentan a veces a déficit hídrico durante el establecimiento del cultivo. En este caso, los primeros estados de desarrollo se abastecen de las lluvias invernales, mientras que los cultivares primaverales se proveen de agua a inicios de primavera.



En la zona Centro Sur de Chile (VII y VIII regiones), la demanda de riego de los cultivos se inicia en primavera, aumentando el requerimiento hídrico hacia el verano cuando ocurre la mayor tasa de crecimiento del cultivo. Esto implica la necesidad de regar para abastecer artificialmente lo que la lluvia en forma natural no es capaz de suministrar. Es importante señalar que los estados de desarrollo más sensibles a la escasez de agua son los que están comprendidos entre la espigadura y floración, período en el que no debe faltar humedad en el suelo (Figura 1). De esta figura se puede deducir que en el caso del trigo, la mayor demanda de agua se produce en los meses de noviembre y diciembre, vale decir, en plena primavera, cuando generalmente el trigo desarrolla sus etapas de hoja bandera hasta grano lechoso.



	Siembra	Inicio macolla	Plena macolla	Encañado	Espigadura	Grano lechoso	Grano pastoso	Grano seco
FECHAS	agosto	25-30 agosto	20-25 sept.	10-20 octubre	01-15 noviembre	01-10 dic.	10-20 dic.	01-05 enero
DEMANDA DE AGUA PROMEDIO DIARIA EN TRIGO EN LA VIII REGIÓN								
Evapotranspiración real (mm/día)	0,5	1,14	1,96	3,9	5,8	4,7	4,27	
Agua evapotranspirada (m ³ /día/ha)	5,0	11,4	19,6	39,0	58,0	47,0	42,7	

Figura 1. Representación esquemática del desarrollo y la demanda de agua de un trigo primaveral en la VIII Región (Maldonado, 2007).

Se ha determinado que el trigo consume alrededor de 500 litros de agua para formar 1 kilo de materia seca. Por ejemplo, supongamos que una siembra de trigo rinde 5.000 kg de granos y 7.000 kilos de paja por hectárea. Como al momento de la cosecha el grano y la paja tienen alrededor del 88% de materia seca, el total de materia seca alcanzaría a 10.560 kilos $((5.000 \times 0,88) + (7.000 \times 0,88))$. Entonces, al multiplicar 10.560×500 se tiene un consumo de agua de 5.280.000 litros, es decir, 5.280 metros cúbicos por hectárea.

- b) Análisis productivo al comparar trigo en riego respecto al trigo en secano:**
 En el escenario climático actual, un estudio de la Universidad de Chile (AGRIMED, 2008) muestra que el potencial de rendimiento de trigo en riego es bastante homogéneo hasta la VIII región del Bio-Bío, presentando mejores condiciones en la costa y precordillera (Figura 2). Por la costa de la Región de los Ríos, los rendimientos comienzan a disminuir, producto de la excesiva humedad invernal en el suelo, así como de las precipitaciones de primavera-verano que disminuyen la calidad y el rendimiento de granos (por ej. germinación precoz en la espiga). Por el centro del país el potencial se mantiene próximo a los 100 qq/ha hasta las cercanías de Puerto Montt. De ahí al sur (XI y XII regiones), el potencial declina rápidamente debido a las bajas temperaturas de primavera, al exceso de humedad del suelo y a las lluvias de verano-otoño que dificultan la cosecha.

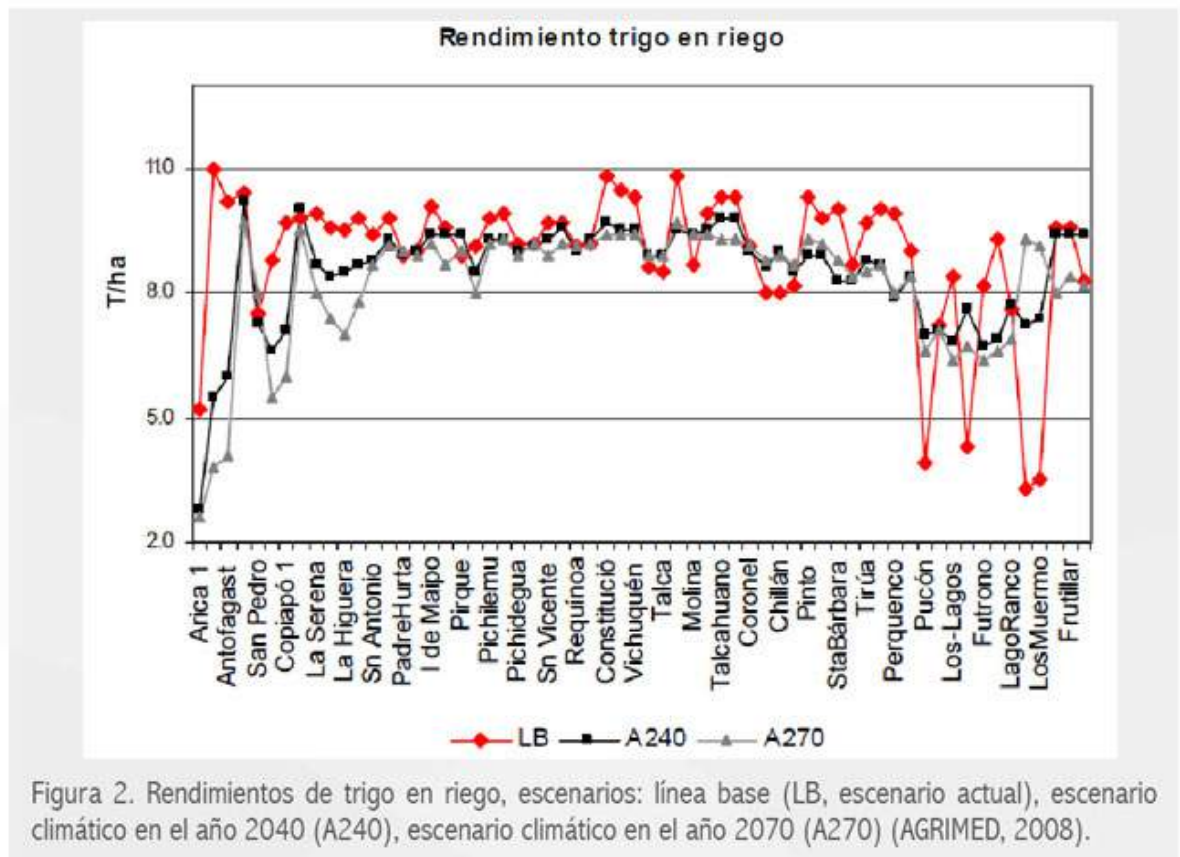


Figura 2. Rendimientos de trigo en riego, escenarios: línea base (LB, escenario actual), escenario climático en el año 2040 (A240), escenario climático en el año 2070 (A270) (AGRIMED, 2008).

En este estudio de la Universidad de Chile, los requerimientos de riego pueden llegar a disminuir hasta en un 75% cuando las siembras de otoño reemplazan a las de primavera, entre Rancagua y Temuco por la costa y precordillera. Este cambio en la fecha de siembra permite aprovechar de mejor manera las precipitaciones invernales, disminuyendo de esta manera los requerimientos de riego.

En cambio, en el trigo producido en secano, en el escenario climático en el año 2040 (A240), los rendimientos del trigo en secano disminuyen en todo el norte y centro del



país debido a la mayor incidencia de sequías (Figura 3). En la costa y valle central de la zona central, se producirán disminuciones de entre un 10% y un 30% de los rendimientos. Por otra parte, en la precordillera se observan cambios menores, positivos o negativos. A partir de la precordillera de la VIII Región hacia el sur, en todas las zonas, se observa un aumento gradual en los rendimientos debido a que las temperaturas mínimas son más elevadas. El efecto positivo de aumento en las temperaturas supera el efecto negativo que provoca la disminución de la precipitación. Los aumentos en el rendimiento son del orden del 30%, llegando a 100% en algunos sectores de la precordillera de la Región de los Ríos y de la Región de Los Lagos. En el escenario climático en el año 2070 (A270), en la zona central, los rendimientos disminuyen en hasta un 60% con respecto a la situación actual.

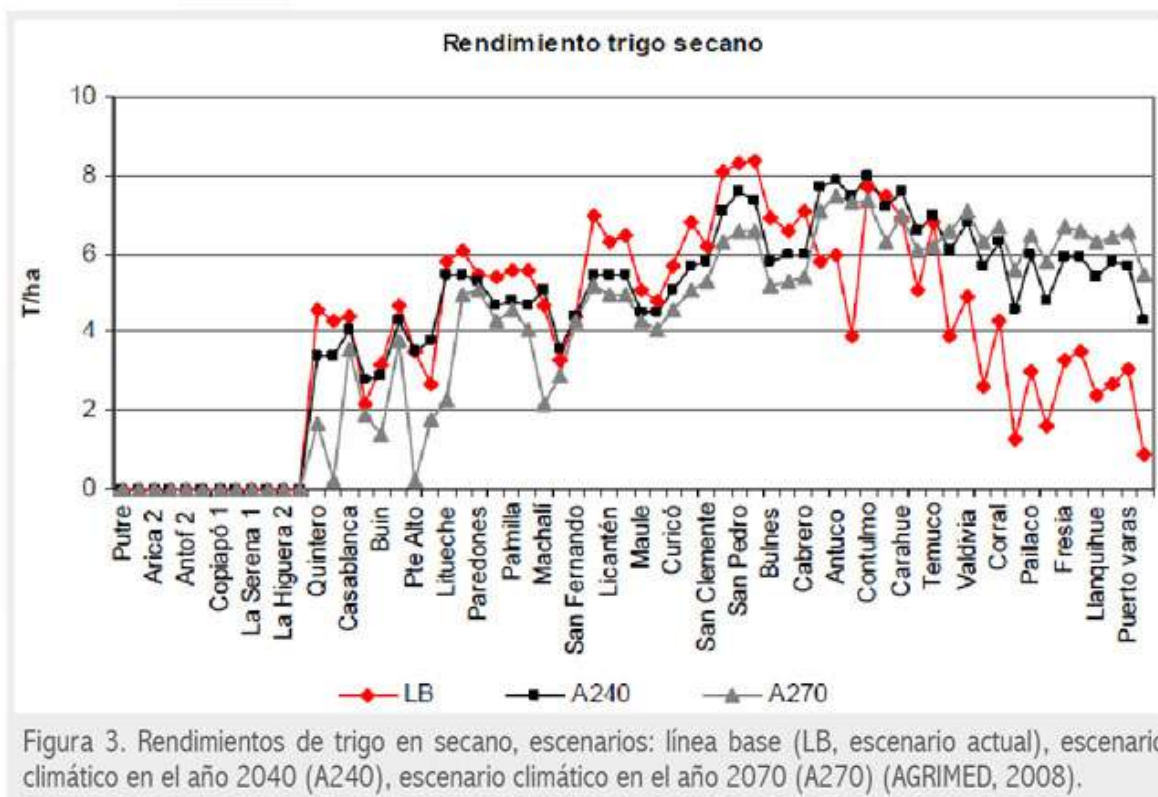


Figura 3. Rendimientos de trigo en seco, escenarios: línea base (LB, escenario actual), escenario climático en el año 2040 (A240), escenario climático en el año 2070 (A270) (AGRIMED, 2008).

C El suelo y el agua de riego:

En el suelo es importante que haya un equilibrio entre las distintas fases: agua, suelo y aire, asemejándose a un estanque con capacidades muy diferentes para retener el agua que les llega por la lluvia o por el riego. Para conocer la capacidad de estanque de un suelo se requiere determinar algunas características físico hídricas del suelo que permitirán establecer los volúmenes máximos de agua que se deben aplicar en cada riego, evitando agregar agua que sobrepase su capacidad de retención y se infiltre a una profundidad mayor a las de las raíces del cultivo, lo que se traduce en ineficiencias y pérdidas en el uso del agua de riego. Estas características son:

i) **Capacidad de campo (CC):** o cantidad de agua que almacena el suelo a las 24 horas de haberse efectuado el riego.

ii) **Punto de marchitez permanente (PMP):** equivale a un suelo seco con una muy pequeña presencia de agua, pero que la planta ya no puede extraer, lo que hace que ésta entre en una condición de marchitez de la que no se puede recuperar.

iii) **Densidad aparente (Da):** equivale al peso que tiene un determinado volumen de suelo seco.

En el Cuadro 1 se expresan valores promedio de las propiedades físicas de distintos tipos de suelos, además del volumen de agua que almacenan en los primeros 70 cm, existiendo una gran diferencia entre los suelos de distintas texturas. Lo ideal es poseer la información para cada caso particular (por ej. muestras de distintos potreros), por lo que se recomienda recurrir a un laboratorio especializado, enviando muestras de suelo con el objetivo de realizar el análisis de sus características hídricas (capacidad de campo y punto de marchitez permanente) y físicas (textura y densidad aparente), información requerida para calcular la humedad aprovechable del suelo.

Cuadro 1. Valores promedio de capacidad de campo (CC), punto de marchitez permanente (PMP), densidad aparente (Da), y humedad aprovechable (Ha) a 70 cm de profundidad, en distintos tipos de suelo (Maldonado, 2004).

TEXTURA	CC (%)	PMP (%)	HUMEDAD APROVECHABLE (%)	Da (g/cm ³)	Ha (m ³ /ha/70cm)
Arenosa	9	4	5	1,6	560
Franco Arenosa	14	6	8	1,5	840
Franco	20	10	10	1,2	798
Franco Arcilloso	27	13	14	1,2	1.176
Arcilloso Arenoso	31	15	16	1,3	1.456
Arcilloso	35	17	18	1,3	1.638



iv) Cálculo de la humedad aprovechable (Ha):

Usando los valores de las propiedades físicas e hídricas de los suelos anteriormente señalados, se puede obtener el valor de la humedad aprovechable, empleando la siguiente fórmula:

$$Ha = \frac{CC-PMP}{100} * Da * Profundidad$$

Es importante señalar que la capacidad de estanque del suelo está al 100% después de haber realizado un riego adecuado, y equivale al valor de capacidad de campo (CC) del suelo. Al usar la información del Cuadro 1 para un suelo franco arcilloso, se puede calcular la humedad aprovechable del suelo expresada en metros cúbicos por suelo. Para ello los datos deben ser:

$$Ha = \frac{27-13}{100} * 1,2 * 700 \text{ mm (0,7 metros)} = 117,6 \text{ mm} = 1.176 \text{ m}^3 \text{ de agua/ha}$$

v) Frecuencia de riego:

De la sección anterior se deduce que si se toma la decisión de regar cuando se haya agotado el 50% del agua aprovechable, que es un criterio recomendado por los especialistas, ello significa que cuando la retención de humedad haya bajado a 58,8 mm (117,6/2), se deberá regar. Para calcular la frecuencia de riego basta con estimar la evapotranspiración diaria en el periodo considerado. Si bien la pérdida de agua a la atmósfera depende de varios factores, se puede usar un valor referencial de 5 mm al día (50 m³/ha/día)(ver Figura 1, evapotranspiración real (mm/día)). Si se asume esta evapotranspiración diaria, los 58,8 mm se agotarán en 12 días (58,8/5), por lo que el suelo debe regarse cada 12 días. Haciendo el mismo ejercicio para un suelo arenoso, del Cuadro 1 se concluye que en este caso se debiera regar cada 6 días aproximadamente. En consecuencia, la frecuencia de riego es el doble en un suelo arenoso respecto a un suelo franco arcilloso. Tener una aproximación sobre la frecuencia de riego es muy relevante, sobre todo en suelos de textura arenosa (suelos secantes), ya que una humedad adecuada favorece el desarrollo de raíces coronales, particularmente en trigos primaverales que comienzan a formarlas durante el primer mes después de la siembra, lo que beneficia en forma significativa al cultivo posteriormente.

Otra forma más directa de estimar cuándo regar es mediante el uso de tensiómetro (Figura 4), instrumento graduado entre 0 y 100 centibares, que mide la fuerza con que el agua es retenida por el suelo. La lectura 0 significa que el suelo está saturado o recién regado; la lectura entre 10 y 30 indica que el suelo está a capacidad de campo, y 80, en el caso del trigo, indica que se debe regar. La instalación del tensiómetro se efectúa en un hoyo que se excava previo a la instalación, y cuyo diámetro debe ser levemente inferior al diámetro de la cápsula porosa, de modo que al insertarlo en el suelo se asegure un pleno contacto entre el tensiómetro y el suelo. La profundidad debe coincidir con la profundidad a que se encuentra el mayor porcentaje de raíces activas, y que corresponde a 30 a 40 cm en el caso del trigo.





Figura 4. Tensiómetro que permite determinar cuándo regar.

El número de riegos se puede calcular dividiendo el período de alto requerimiento hídrico por parte del trigo por la frecuencia de riego, lo que equivale aproximadamente a 60 días (días de encañado a grano pastoso)/12 días, de manera que el número de riegos en la temporada corresponderá a cinco en un suelo franco arcilloso de la VIII Región, usando un cultivar primaveral.

vi) Métodos de riego:

El sistema de riego más usado en Chile es el riego por tendido (botado o inundación), aunque también se utilizan el riego por curvas a nivel y algunos métodos con control del caudal de agua aplicado.

i) Riego por tendido: Consiste en llevar el agua en regueros trazados en el sentido de la pendiente para que, por rebalse, escurra sobre la superficie de la siembra. Este sistema impide mantener un buen control del agua, generando problema de tiempos inadecuados de riego, desuniformidad de aplicación y grandes pérdidas de agua por escurrimiento superficial, además de suelo, fertilizantes, e incluso plantas de trigo, lo que afecta negativamente el rendimiento de grano. La eficiencia de este sistema fluctúa entre 15 y 30%, de modo que por cada 100 litros de aguas aplicados, el cultivo sólo aprovecha entre 15 y 30 litros, y el resto se pierde por percolación profunda o escurrimiento superficial. La mala uniformidad de riego está asociada a que el agua queda distribuida en forma desuniforme, lo que implica tener sectores con excesos y otros con déficit de agua, además de ser un método que causa mucha erosión de suelos, particularmente en suelos con alta pendiente.

ii) Riego por curvas de nivel: Algunos productores utilizan un riego por inundación en curvas a nivel, para lo cual los regueros se trazan cortando la pendiente, de manera que el agua se desborda desde la reguera localizada en la parte más alta y se desplaza hasta la reguera siguiente. La cantidad de agua que se infiltre en el suelo dependerá del tiempo que el agua permanece sobre la superficie del suelo, lo que se controla directamente con el caudal usado. Con este método la eficiencia de riego alcanza un 40% aproximadamente.

iii) Riego con control de caudal aplicado (por ej. pivote central): En nuestro país se ha comenzado en los últimos años a utilizar sistemas de riego con pivote central en trigo. Este método surge en predios cuya adquisición ha sido solventada en su mayor parte por el cultivo de la remolacha, y apoyado por los beneficios de la Ley de Fomento a la Inversión en Obras de Riego y Drenaje (Ley 18.450). Es un sistema altamente eficiente (70-80%) y permite un buen control del caudal aplicado, siempre que su diseño incluya una buena adaptación del equipo a las condiciones de infiltración del suelo, buscando evitar la presencia de escurrimiento superficial, particularmente en suelos con pendiente. Estos sistemas son los indicados en los casos de las siembras con cero labranza y en siembras efectuadas en suelos con pendiente, ya que al aplicar el agua en forma de lluvia, se minimiza la erosión de suelos.



17. EL TRIGO Y EL AGUA

AGRIMED. 2008. Análisis de la vulnerabilidad del sector silvoagropecuario, recursos hídricos y edáficos de Chile frente a escenarios de cambio climático. Centro de Agricultura y Medio Ambiente (AGRIMED). Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad de Chile, Santiago, Chile. http://www.sinia.cl/1292/articles-46115_capitulo1_informe_final.pdf (12-07-2012)

FAO. 1992. Crop water requirements. Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO Irrigation and Drainage Paper 24, Rome, Italy. 144 pp.

Gurovich L. 1985. Manejo del agua en el cultivo del trigo. In Seminario de trigo. 16-17 de abril 1985. Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile. p. 12.0-12.19.

Gurovich L. 2001. Riego. In Agenda del Salitre. Sociedad Química y Minera de Chile (SOQUIMICH), 11ª ed., Santiago, Chile. pp. 139-172.

Hoffman GJ, TA Howell, KH Solomon. 1990. Management of farm irrigation systems. ASAE Monograph Number 9. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, Michigan, USA. 1040 pp.

Kirkham MB. 1999. Water use in crop production. Food Products Press. Binghamton, New York, USA. 385 pp.

Maldonado I. 2001. El agua y la producción de trigo en la VIII Región. Tierra Adentro n°40: 21-23.

Maldonado I. 2004. Requerimientos de agua en la producción de trigo. In M. Mellado (ed.) Boletín de trigo: Manejo tecnológico. Boletín INIA N°114. Instituto de Investigaciones Agropecuarias-Quilamapu, Chillán, Chile, pp. 143-158.

Maldonado I. 2007. El agua en el cultivo de trigo. In M. Mellado (ed.) El trigo en Chile. Colección de libros INIA N°21. Instituto de Investigaciones Agropecuarias-Quilamapu, Chillán, Chile, pp. 455-477.

Mellado M, R. Madariaga. 1999. Cultivo de trigo en períodos de escasez de agua. Informativo serie n°124 (26): Instituto de Investigaciones Agropecuarias-Quilamapu, Chillán, Chile.

Salgado E. 2001. Curso relación suelo agua planta. Ediciones Universitarias de Valparaíso de la Universidad Católica de Valparaíso, Chile. 181 pp.



La foto (Figura 4) exhibida en este capítulo es de dominio público en internet, y fue consultada el 12-07-2012:

http://www.google.cl/imgres?q=tensiometro+cultivo+trigo+foto&hl=es&sa=X&biw=1600&bih=799&tbm=isch&tbnid=0BblYE6I_LOGTM:&imgrefurl=http://www.agrologica.es/&docid=X_1XGWMzKt1ACM&imgurl=http://blog.agrologica.es/wp-content/uploads/2012/06/tensiometro_SR.jpg&w=417&h=417&ej=UzP_T572Mli-8ATc2-3sBg&zoom=1&iact=rc&dur=456&sig=103915800080136182541&page=1&tbnh=138&tbnw=143&start=0&ndsp=32&ved=1t:429,r:3,s:0,i:77&tx=99&ty=112 (Tensiómetro)



cap. **18.**



Cosechas y aspectos relacionados

Cosechas y aspectos relacionados

a COSECHA

La cosecha se refiere a la recolección manual o mecanizada de los frutos, semillas, u órganos vegetativos de los potreros en la época del año en que están maduros, marcando el final del crecimiento de una estación, o bien, el final del ciclo de un fruto en particular. Además, incluye las acciones posteriores a la recolección del órgano reproductivo o vegetativo, como la limpieza, clasificación y embalado de lo recolectado hasta su almacenaje en el predio o su envío al mercado de venta al por mayor o al consumidor.

La cosecha del trigo involucra la recolección del grano (o semilla), y es muy importante considerarla seriamente en el proceso productivo del cultivo, dado que muchas veces las pérdidas producidas en ella pueden afectar significativamente la rentabilidad del rubro. Para determinar el momento óptimo de cosecha, considerando que la humedad de comercialización del trigo es de 14,5%, es esencial ir monitoreando la humedad de granos a través de un instrumento, ya sea en el campo o llevando muestras a un molino. La madurez de cosecha se alcanza entre fines de Noviembre y principios de Marzo, dependiendo del cultivar empleado, la fecha de siembra y de la zona productora en que se cultiva el trigo.

En las transacciones, en general, no se bonifica aquellos trigos que ingresan a los molinos con valores inferiores a 14,5% de humedad; en este sentido, lo más común es que los productores cosechen con humedades muy bajas (10-12%), lo que se refleja directa y adversamente en los rendimientos e ingresos. Es por esto que resulta primordial comenzar la cosecha una vez que se alcance una humedad promedio en el predio de 15%. Si se cosecha con humedades inferiores a 14%, aumentarán significativamente las pérdidas por desgrane.

En la Zona Sur (IX Región al sur) es común que se cosechen algunos trigos con humedades de entre 15 a 20%, lo que implica un costo por concepto de secado. Esto puede ocurrir cuando se realizan siembras más tardías que lo recomendado para cada localidad y cultivar, cuando los veranos se presentan con abundantes precipitaciones o poco calurosos, y/o en localidades costeras que presentan mayor humedad ambiental. Mientras más tarde se coseche en la Zona Sur, mayores serán las chances que se presenten problemas de germinación precoz de las espigas y/o tendadura.

En el caso de grandes superficies en la Zona Sur, o si se planea realizar un cultivo de



segunda siembra en la Zona Central, puede ser recomendable iniciar las cosechas con humedades de grano levemente superiores al 14%, para así ganar algo de tiempo. La presencia de malezas a la cosecha afecta el normal funcionamiento de las máquinas trilladoras, y por otro lado hacen aumentar las impurezas en el trigo cosechado afectando la pureza física del lote; este último aspecto puede crear problemas en la recepción del producto en los molinos. Por otro lado, problemas de tendadura pueden también afectar significativamente la cosecha y la calidad del producto que se trilla.

La trilla se efectúa principalmente con máquinas automotrices (Figura 1), siendo fundamental planificar bien la labor. Para ello debe considerarse el porcentaje promedio de humedad de granos al momento de la cosecha, el número de hectáreas por día que se planea cosechar, la cantidad y calidad de las trilladoras que se dispone y la superficie a cosechar.

La calidad y la regulación de las trilladoras son esenciales para minimizar las pérdidas, y obtener un producto con menos impurezas y cantidad de grano partido. En este contexto, es necesario revisar el trigo en la tolva de la cosechadora, chequeando además la cantidad de granos que va quedando en el suelo; las pérdidas por desgrane normalmente varían entre 1,5% y 4%, siendo mayores cuando los granos están más secos.

Para realizar correcciones de humedad en trigos cosechados con humedades inferiores o superiores a 14,5%, y así poder calcular el rendimiento correspondiente considerando la humedad de comercialización, se debe hacer los siguientes cálculos:

a) Para humedad superior a 14,5%: Por cada 1% de humedad sobre 14,5%, debe restarse 1,17% del rendimiento. Por ejemplo, al cosechar 65 qq/ha con 17,5% de humedad, debe restarse el equivalente a 3 x 1,17%, lo que equivale a 3,51%. En este ejemplo en particular, el rendimiento definitivo será de 62,72 qq/ha (65- 3,51%).

b) Para humedad inferior a 14,5%: Se utiliza un factor de corrección que se obtiene a través de la fórmula siguiente:

$$\frac{100 - \text{Humedad muestra (ej. 10,5\%)}}{100 - 14,5\%} = \frac{89,5}{85,5} = 1,047$$

Para calcular el rendimiento que se habría alcanzado con 14,5% de humedad, debe multiplicarse el rendimiento obtenido, por ejemplo 65 qq/ha, por 1,047; equivalente a 68,1 qq/ha. En este ejemplo, por el sólo hecho de cosechar con 10,5% de humedad (4% menos que la humedad de comercialización), el productor estaría perdiendo 3,1 qq/ha (68,1-65 qq/ha).



Figura 1. Trilla o cosecha de un cultivo de trigo.



b ALMACENAMIENTO DEL GRANO

El almacenamiento del grano de trigo tiene como principal objetivo esperar mejores precios en el mercado, sobre todo cuando se produce sobreoferta. Otra finalidad es guardar una parte o la totalidad de la cosecha con el objetivo de mantener una reserva de granos para épocas futuras y disponer de semilla para el cultivo del año siguiente. Los períodos prolongados de guarda pueden asociarse con numerosos insectos que atacan el grano, originándose pérdidas por daños directos o por contaminación, situación que en determinadas condiciones los convierten en granos inservibles para el consumo humano y animal, tal como se discutió en el capítulo “Plagas del trigo”. Además, puede haber infestación a los granos almacenados por algunas enfermedades fungosas y bacterianas. Los hongos de los géneros *Aspergillus* y *Penicillium* son los que más daño económico ocasionan, pero también se pueden observar *Fusarium*, *Rhizopus* y *Mucor*.

Una bodega para almacenar grano de trigo debe poseer piso de concreto u otro material impermeable, ventilación adecuada, mantenerse libre de insectos y roedores, y no almacenar fertilizantes y/o plaguicidas. En relación a las bodegas más tecnificadas, y que disponen de ambientes controlados, la recomendación general es que la temperatura debiera ser de 15°C y la humedad relativa igual o menor a 55%. La interacción de temperatura y humedad relativa origina las siguientes situaciones:

- i) Si la temperatura de almacenamiento es menor de 15°C y la humedad de granos es inferior a 14%, normalmente hay buena conservación.
- ii) Si la temperatura de almacenamiento es menor de 15°C y la humedad de granos es superior a 15%, podría haber germinación de la semilla de trigo.
- iii) Si la temperatura de almacenamiento es mayor a 15°C y la humedad de granos es inferior a 14%, se dan condiciones ideales para la multiplicación de insectos.
- iv) Si la temperatura de almacenamiento es mayor a 15°C y la humedad de granos es superior a 14%, los granos son afectados por los hongos anteriormente señalados.

El tipo de bodega más conveniente depende de las condiciones climáticas del lugar de almacenamiento de granos. Por ejemplo, en la zona sur, donde las precipitaciones son usuales, las construcciones, incluyendo pisos, paredes y techos debieran ser totalmente impermeables, para mantener la humedad relativa baja, que se refleja en bajas humedades de grano (inferiores a 14%).

Para almacenar los granos, se utilizan las “bolsas plásticas” o “silo bag”, que podría considerarse un sistema de emergencia para almacenar los granos de trigo por algunos meses. Estas son bolsas herméticas, que no permiten la entrada y salida de humedad y de oxígeno, de modo que posibilitan que las semillas no tengan humedades mayores a 13%. Estas bolsas deben instalarse sobre un piso liso y firme para que no se rompan en su parte inferior. Hay estudios que señalan que un período de 150 días



no es crítico para la conservación del grano de trigo con 12,5% de humedad, mientras que con el grano a 16,4% de humedad, se ha reportado el deterioro de algunas características de calidad a partir de los 45 días de almacenamiento, debido al efecto combinado de alta temperatura y elevada humedad (Hetz, 2007). La mayor ventaja de este sistema es el bajo costo y que permite almacenar granos de manera diferenciada dependiendo del cultivar. Además, su hermeticidad genera condiciones desfavorables para el desarrollo de insectos por la falta de oxígeno, siempre que la humedad de granos no sobrepase el 12,5%.



18. COSECHAS Y ASPECTOS RELACIONADOS

Daroch R. 1987. Cosecha del trigo. In R. Carrillo (ed.) Aspectos tecnológicos y económicos en la producción de trigo. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias, Valdivia, Chile. pp. 209-227.

Faiguenbaum H. 2003. Labranza, siembra y producción de los principales cultivos de Chile. Impresora y Editora Ograma S.A., Santiago, Chile. 760 pp.

Hernaiz S., J. Riquelme. 1988. Pérdidas en la cosecha de trigo. Investigación y Progreso Agropecuario Quilamapu N°36. pp. 7-11.

Hetz E. 2007. Cosecha y almacenamiento del grano. In M. Mellado (ed.) El trigo en Chile. Colección de libros INIA N°21. Instituto de Investigaciones Agropecuarias-Quilamapu, Chillán, Chile, pp. 479-499.

Mellado M, F. Venegas. 2001. Trigos harineros durante el almacenaje. Variación de la calidad comercial del grano. Tierra Adentro N°37. pp 34-35.

Payne T. 2002. Harvest and storage management of wheat. In Curtis B., S. Rajaram, H. Gómez Macpherson (eds.). Bread wheat. Improvement and production. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome, Italy. pp 453-461.

Rodríguez, J. C., Bartosik, R. E. Malinarich H.D. 2002. Almacenaje de Granos en silo-bolsas, Informe Final de Trigo. En: Almacenamiento de Granos en Silos Bolsa. Obtenido en: www.terratecargentina.com. Accedido en agosto del 2006.

La foto (Figura 1) exhibida en este capítulo es de dominio público en internet, y fue consultada el 19-07-2012:

http://www.google.cl/imgres?q=foto+cosecha+trigo&hl=es&sa=X&biw=1600&bih=799&tbm=isch&prmd=imvns&tbnid=rMLdSP-_zwRAMM:&imgrefurl=http://www.todoagro.com.ar/todoagro2/nota.asp%3Fid%3D9469&docid=p8GsaoGmBQCODM&imgurl=http://www.todoagro.com.ar/Image/trigo%252520cosecha.jpg&w=373&h=282&ei=YGUIUK3sJ4Sk9ASDqf25BA&zoom=1&iact=hc&vpx=567&vpy=150&dur=8436&hovh=195&hovw=258&tx=119&ty=133&sig=103915800080136182541&page=1&tbnh=136&tbnw=180&star=0&ndsp=28&ved=1t:429,r:2,s:0,i:77

(Cosecha de trigo)





cap. **19.**



Rendimientos

Rendimiento

El rendimiento de los cereales, medido en kilogramos o quintales métricos (q) (1 q = 100 kg) por hectárea de tierra cosechada, incluye trigo, arroz, maíz, cebada, avena, centeno, mijo, sorgo, y mezcla de cereales. Los datos de producción de cereales se relacionan con los cultivos cosechados para granos secos únicamente. Se excluyen los cultivos de cereales destinados a heno o que se cosechan verdes para alimento, ensilaje y los que se utilizan para pastoreo.

Los rendimientos de trigo en Chile varían en un amplio rango, fluctuando desde menos de 20 q/ha hasta más de 120 q/ha. De acuerdo a información de la oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA), en la temporada 2010/2011 el rendimiento promedio nacional alcanzó 58,1 q/ha, significativamente mayor al promedio censal del 2007 de 47,9 q/ha. El último boletín de trigo de ODEPA (Marzo a Mayo 2012) indica que el rendimiento promedio nacional en la temporada 2011/2012 correspondió a 51,1 q/ha, aunque la cifra oficial más reciente es de 49,5 q/ha (ver abajo). Además, los rendimientos promedios regionales fueron los siguientes:



**Superficie, producción y rendimiento regional del trigo en Chile
Temporada 2011/12**

Región	Superficie (ha)	Aporte en superficie	Rendimientos (qq/ha)	Producción (ton)	Aporte en producción
Región de Coquimbo	1.553	0,6%	28,5	4.426	0,4%
Región de Valparaíso	914	0,4%	52,4	4.789	0,4%
Región de Metropolitana	7.669	3,1%	59,1	45.309	3,7%
Región de O'Higgins	13.167	5,4%	51,5	67.865	5,6%
Región del Maule	31.637	12,9%	50,4	159.522	13,2%
Región del Bio Bio	60.641	24,7%	47,2	286.464	23,6%
Región de la Araucanía	106.791	43,5%	47,2	504.054	41,6%
Región de los Ríos	13.328	5,4%	60,9	81.177	6,7%
Región de los Lagos	9.531	3,9%	62,3	59.378	4,9%
Total	245.231	100,0%	49,5	1.212.983	100,0%

Fuente: elaborado por Odepa con información preliminar de INE.

Dependiendo de las situaciones de cultivo en Chile, cambia el concepto de lo que es un alto rendimiento; por ejemplo, en siembras efectuadas con buena tecnología, riego y buenos suelos, es común obtener rendimientos de muy buen nivel, en que se sobrepasan los 80 q/ha, por ejemplo en los suelos del Valle Central y del secano de precordillera desde la Región Metropolitana hacia el sur. En cultivos con buena tecnología, pero restringidos en términos de suelo y agua, el productor puede esperar rendimientos entre 50 a 55 q/ha, es decir, cifras parecidas a los promedios nacionales. Por otro lado, existe una cantidad importante de agricultores que producen con limitaciones tecnológicas, de suelo, y de agua, que normalmente aspiran a rendimientos de trigo que fluctúan entre 20 a 35 q/ha, normalmente en la zonas de secano interior y pequeños y medianos productores del secano costero.

El rendimiento de trigo es estimado considerando el número de espigas/m², el número de espiguillas por espiga y el peso de los granos. Es altamente recomendable muestrear estos tres componentes del rendimiento en diferentes sectores del potrero durante la fase final del llenado de granos, de modo poder predecir el rendimiento promedio del predio en que se produce el cultivo de trigo. Los tres componentes de rendimiento se forman sucesivamente de acuerdo al esquema que se presenta en el Cuadro 1, en el cual se presenta valores tentativos para cada variable. Estos valores,



que consideran una población de 350 plantas/m², y la producción de un macollo productivo por planta, resultan en un rendimiento de 133 q/ha. Esto, considerando un número de 50 granos por espiga y un peso de 4,4 gramos para las cien semillas, que son valores reales pero prácticamente imposibles de obtener como promedio en un cultivo, dada las limitaciones del manejo agronómico y de la desuniformidad propia de los suelos. No obstante esto, un rendimiento igual o mayor a 133 q/ha podría ser alcanzable en sectores de suelo de buena calidad y uniforme, en los que se optimizan todos los factores productivos.

Cuadro 1. Estimación de rendimiento de trigo primaveral en la Zona Central de riego, a partir de una población de 3.500.000 plantas/ha (Faiguenbaum, 2003).

		Rendimiento/ha 133 q/ha			
		Pérdidas en la trilla 4%		Pérdidas en la trilla 4%	
		Rendimiento/ha 154,0 q		154 q/ha x 0,90 (10% de espacio correspondiente a acequias) 138,6	
Espiguillas por m ² 14.000	Nº de granos por espiguilla 2,5		Nº total de granos/m ² 35.000	Peso de 100 granos 4,4 g	Peso de granos/m ² 1,54 kg
Número de espigas/ha 7.000.000	Número de espigas/m ² 700			Número de espiguillas por espiga: 20	Total de espiguillas/m ² 14.000
	Número de semillas distribuidas/ha 4.220.000		Pérdidas de 17%	Número de plantas a cosechar 3.500.000	

El cuadro debe leerse horizontalmente, de izquierda a derecha, y desde abajo hacia arriba. Las 7.000 espigas/ha equivalen a una espiga producida por el eje central y una segunda espiga obtenida en el macollo productivo de la planta.



19. RENDIMIENTOS

Faiguenbaum H. 2003. Labranza, siembra y producción de los principales cultivos de Chile. Impresora y Editora Ograma S.A., Santiago, Chile. 760 pp.

Hetz E. 2007. Cosecha y almacenamiento del grano. In M. Mellado (ed.) El trigo en Chile. Colección de libros INIA N°21. Instituto de Investigaciones Agropecuarias-Quilamapu, Chillán, Chile, pp. 479-499.

INE. 2007. VII Censo Nacional Agropecuario. Instituto Nacional de Estadísticas. Departamento de Estadísticas Agropecuarias. Santiago, Chile.

ODEPA. 2011. Mercado de trigo temporada 2010/2011. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias. Agosto 2011. Santiago, Chile. 13 pp.

ODEPA. 2012. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias, Ministerio de Agricultura, Chile. Contacto con Jeannette Danty, encargada sectorial.



cap. **20.**



Calidad y comercialización de los Granos

Calidad y comercialización de los Granos

a CALIDAD DE GRANOS

1.- INTRODUCCION

Como se mencionó en el capítulo "Utilización y valor nutritivo", el valor nutritivo del trigo está contenido en el endosperma, tejido de almacenamiento de las semillas, donde destaca el almidón, el principal componente del grano de trigo (70 a 75% del peso seco) y las proteínas (8 a 17% del peso seco). El almidón tiene una importancia secundaria en las propiedades funcionales de las harinas de trigo empleados en la elaboración de pan, galletas y repostería, aunque juega un importante rol en la absorción de agua y en los tiempos de fermentación de las masas panaderas, así como en el endurecimiento y en las propiedades texturales de la miga del pan. Aunque químicamente la materia prima de donde se extrae la harina es un hidrato de carbono que aporta energía, con un relativo bajo porcentaje de proteína distribuido principalmente en el endosperma, esta proteína es fundamental en la elaboración de pan, galletas y repostería. De hecho, la propiedad particular del trigo de poseer un complejo proteico de almacenamiento visco-elástico llamado gluten, le confiere los beneficios nutricionales anteriormente señalados (Peña, 2002). El gluten comprende alrededor del 78 a 85% del contenido total de proteína del endosperma, y constituye un complejo compuesto por las gluteninas, que son polímeros formados por subunidades de gluteninas de alto y bajo peso molecular que se mantienen unidas por puentes intermoleculares de disulfuro, y las gliadinas que son proteínas monoméricas que poseen puentes de disulfuro (MacRitchie, 1994). Las gluteninas confieren elasticidad (capacidad de estirarse y de recuperar la forma original), mientras que las gliadinas confieren viscosidad y extensibilidad (capacidad de extenderse sin fragmentarse), y las gluteninas son el mayor determinante de las características de la masa (Eagles et al., 2005).

La dureza del grano está relacionada con la forma en cómo los componentes se empaquetan en las células del endosperma y con la fuerza de adhesión entre la superficie de los gránulos de almidón y el gluten y se define como la fuerza necesaria para romper el grano, la resistencia a la molienda o el grado de dificultad para desintegrar el grano bajo presión. Mientras mayor sea la adhesión entre los gránulo de almidón y la matriz proteica en el endosperma, más duro será el grano (Hoseney, 1991). En relación a los distintos tipos de trigo y a la calidad de las harinas, se distinguen las de aptitud panadera (gluten fuerte a intermedio), las adecuadas para fabricar galletas (gluten débil), en tanto que algunas de mayor fuerza de gluten son aptas para panes que requieren gran volumen como el pan de molde, o bien para reforzar a harinas más débiles. A continuación se presentan las características de calidad del grano de trigo requeridos para diversos tipos de alimento (adaptado de Peña, 2002):

Tipo de alimento	Dureza grano	% Proteína grano	Dureza del gluten (masa)
Panes con levadura			
Pan de molde, bollos	Duro	>13	Fuerte -extensible
Francés (marraqueta)	Duro/Intermedio	11-14	Intermedio -extensible
Al vapor	Duro/Suave	11-13	Intermedio/Débil
Panes sin levadura			
Árabe, pita	Duro/Intermedio	12-14	Intermedio -extensible
Tortilla	Intermedio	11-13	Intermedio -extensible
Galletas de agua	Intermedio/Suave	11-13	Intermedio
Tallerines/Fideos			
Amarillo alcalino	Intermedio	11-13	Intermedio/Fuerte
Blanco	Intermedio/Suave	10-12	Intermedio
Galletas, tortas, pasteles			
	Suave/Muy suave	8-10	Débil/Débil -extensible

Aunque las variaciones en el contenido de proteína (gluten) del grano pueden influenciar significativamente la fuerza o dureza de la masa de un cultivar de trigo, el contenido de proteína por sí sólo no puede explicar las diferencias de calidad entre distintos cultivares de trigo. Hay otros factores, como la proporción de proteínas poliméricas (gluteninas)/monoméricas (gliadinas) y el tamaño molecular del polímero (determinado por la presencia de subunidades específicas de gluteninas), que también son muy relevantes al momento de evaluar calidad de granos de trigo (Weegels et al., 1996).



2.- FACTORES DE CALIDAD A EVALUAR EN EL GRANO ENTERO

2.1 Humedad de granos

La humedad de comercialización del trigo es de 14,5% y se determina con instrumentos (campo y molinos) y/o con estufas (molinos), y no se contempla una bonificación para aquellos trigos que ingresan a los molinos con menos de 14,5% de humedad (Faiguenbaum, 2003).

2.2 Peso del hectolitro

Corresponde al peso, en kilogramos, de un hectolitro de trigo limpio, es decir, la cantidad equivalente en kilogramos en un volumen de cien litros. Este indicador se relaciona con el peso específico del trigo y con su rendimiento a nivel industrial, y que está relacionado con la forma, tamaño y el llenado de grano. En general, los trigos de grano vítreo (alto gluten) poseen un peso del hectolitro más elevado (cercano a 80 kg/hL) que aquellos de grano almidonado y se trata de una característica genética que influencia el empaquetamiento de las células del endosperma, por lo que es propio de cada cultivar, pero que varía según el medio ambiente. Se pueden comparar diferentes valores de peso de hectolitro versus rendimiento de harina en un mismo cultivar que se ha cosechado en distintos ambientes, porque el grano cosechado puede variar en su llenado, desde un grano pleno hasta otro arrugado, debido a enfermedades o sequía (Peña, 2007). Los valores de peso del hectolitro en trigos harineros fluctúan entre 77,0-80,0 kg/hL, aunque los rechazos sólo ocurren con valores iguales o inferiores a 70,0 kg/hL (Bolsa de Productos, 2011).

2.3 Dureza del grano

Para su determinación, se cuantifica la cantidad en que se desgasta la parte externa del grano cuando se somete a la abrasión de un cilindro giratorio de una perladora "Strong Scott" que posee una superficie áspera para desgastar el grano. Para calcular el porcentaje de dureza se divide la cantidad desgastada por el total de la muestra y se multiplica por cien. Por ejemplo, si de la muestra original de 20 gramos se desgastan 6 gramos, el índice de dureza es de 30%. En consecuencia, mientras mayor es el porcentaje desgastado, más blando será el grano. Para establecer el índice de dureza, se ha confeccionado la siguiente escala de clasificación (Peña, 2007):

Trigos duros: si tienen un índice de dureza menor a 20%.

Trigos semiduros: si tienen un índice de dureza entre 20-30%.

Trigos blandos: si tienen un índice de dureza mayor a 30%.

2.4 Características del grano e impurezas

Los límites máximos permitidos son los siguientes (SNA, 1996; Bolsa de Productos, 2011):

Característica del grano	Referencia
Impurezas	hasta 1,0%
Granos chupados, agorrojados y partidos	hasta 1,5%
Granos dañados por calor	hasta 0,2%
Granos helados e inmaduros	hasta 1,0
Granos brotados	hasta 0,5%
Granos con punta negra	hasta 2,0%



2.5 Requisitos organolépticos, sanitarios y otros requerimientos

Estos requisitos están establecidos en la norma NCh 1237.Of 2000 (INN, 2000) y los granos no podrán presentar una serie de organismos (hongos, insectos, ácaros, roedores, semillas de malezas, entre otras) que impiden su comercialización para consumo humano.

Además, se rechazará el trigo harinero que no cumpla con las siguientes condiciones (SNA, 2010; Bolsa de Producto, 2011):

Característica del grano	Nivel	Valor
Humedad	máximo	14,5%
Peso hectolitro	mínimo	70 kg/hL
Triticales	máximo	3,0%
Impurezas (incluidos triticales)	máximo	9,5%
Granos defectuosos		
Punta negra	máximo	8,0%
Granos chupados, agorgojados y partidos	máximo	11,0%
Granos dañados por calor	máximo	3,0 %
Granos helados e inmaduros	máximo	4,0%
Granos brotados	máximo	3,5%
Total granos defectuosos e impurezas	máximo	18,0 %

3.- FACTORES DE CALIDAD A EVALUAR EN LA HARINA

La harina se puede definir como el producto pulverulento (como polvo), constituido principalmente de almidón y gluten, obtenido por la molienda gradual sistemática de granos de trigo de la especie *Triticum aestivum* (trigo harinero), previa separación de las impurezas, hasta un grado de extracción determinado (RSA, 2002).

Existen métodos estándares establecidos por la Asociación Americana de Química de Cereales (AACC, 2000) que son empleados en Chile con el objetivo de clasificar las harinas en distintos grupos de acuerdo a los análisis detallados a continuación:

3.1 Proteína

El procedimiento tradicional para determinar la cantidad de proteína total es el método de Kjeldahl, que consiste en digerir una muestra de grano triturado en ácido sulfúrico, convirtiendo el nitrógeno orgánico en amonio, el que se mide por titulación en un medio ácido (Peña, 2007).

Otro método más moderno y rápido para determinar el contenido de proteínas es el de espectroscopía de reflectancia en la región del espectro infrarrojo cercano, conocido como NIR (Near Infrared Reflectance), el cual detecta la presencia de proteína por la luz absorbida por los péptidos. La luz reflejada por la muestra de grano es procesada en un computador y la traduce en contenido de proteína. Este instrumento es muy útil en programas de mejoramiento genético ya que usa pequeñas muestras de grano entero o molido; además es más rápido que el de Kjeldahl (Cozzolino et al., 2006).



Souza et al. (2004) concluyeron que la proteína del grano de trigo tiene más valor que el peso hectolitro y la dureza del grano para predecir la calidad panadera y el volumen del pan. En Chile, analizando centenares de cultivares diferentes, se ha encontrado un rango de proteína de 8 a 11% en los trigos invernales y de 9 a 13% en los trigos primaverales (Peña, 2007).

3.2 Gluten

De las proteínas totales del grano de trigo, un 15-20% son proteínas solubles en agua (globulinas y albúminas) y el 80-85% restante está constituido por el gluten que representa la porción insoluble en agua de las proteínas (Hoseney, 1991).

Un método semi-automático para determinar gluten es mediante la preparación de una solución de agua con 2% de sal común, o sea, 20 g de sal en un litro de agua. Luego se pesan 20 g de harina y se colocan en un pocillo agregando 5,5 a 6,0 cm³ de esa solución salina. Se hace una bola de masa en la palma de la mano durante unos minutos y luego se pone en un equipo lavador de gluten. Después de 5 minutos se extrae el material que no se disolvió en el agua, se seca un poco en la palma de la mano y se procede a pesarlo. El peso de este material multiplicado por 5 es el porcentaje de gluten húmedo, el que dividido por 3, indica el porcentaje aproximado de gluten seco (Peña, 2007).

Mediante centrifugación se puede separar las gluteninas de las gliadinas. Una variable llamada Índice de Gluten (IG) (gluten index en inglés) da la relación entre ambas proteínas. Un valor de IG de 100% significa que el gluten es muy fuerte y tenaz, difícil de amasar; por el contrario, un valor de IG inferior a 60% corresponde a un gluten pegajoso y extensible. Un valor aceptable de IG debe oscilar entre 70 y 80% (Peña, 2007).

3.3 Valor de sedimentación

Esta característica mide la calidad y cantidad de gluten de la harina a través del hinchamiento de las proteínas al agregarle ácido láctico. Mientras mayor es la capacidad de hidratación del gluten en la solución acuosa de ácido láctico, más alta será el valor de sedimentación y, generalmente, será mejor la calidad panadera del trigo. Además, el valor de sedimentación está correlacionado positivamente con el porcentaje de proteína y consecuentemente, con el contenido de gluten (Mellado, 2001).

El método de laboratorio para determinar sedimentación corresponde a una modificación efectuada en Chile, por Parodi y Wulf (1996), al protocolo ideado por Zeleny (1947). Esta modificación se efectuó con el objetivo de emplear menor cantidad de harina y consiste en colocar 0,64 g de harina pura en una probeta graduada, a la que se añaden 5 cm³ de una solución de ácido láctico y alcohol isopropílico (muy tóxico) más 10 cm³ de azul bromofenol (colorante). Después de un período de agitación y reposo se hace la lectura. Se sugiere que para determinar sedimentación, la temperatura del laboratorio debe estar entre 19 y 22°C, ya que con temperaturas más bajas, los valores de sedimentación son más altos.



Basado en la Norma Oficial Chilena, que es de carácter voluntario, sobre comercialización del trigo (INN, 2000), los trigos se clasifican en tres categorías según el porcentaje de gluten húmedo y el valor de sedimentación:

Clases de trigo	% gluten húmedo (base 14%)	Sedimentación (ml) (corregida por humedad)
Trigo fuerte	≥ 30,0	≥ 33,0
Trigo intermedio	25,0 - 29,9	27,0 - 32,9
Trigo suave	18,0 - 24,9	17,0 - 26,9

La mayoría de los trigos invernales y primaverales cultivados en Chile tienen un valor de sedimentación que varía entre 25 y 35 cm³ y entre 25 y 45 cm³, respectivamente.

3.4 "Falling Number"

El método llamado "Falling Number" (FN), o Número de Caída, se efectúa a la harina para determinar de manera indirecta el contenido de alfa amilasa, enzima que degrada el almidón a oligosacáridos y monosacáridos. Este método mide la reducción de la viscosidad de una suspensión de harina, debido a la acción de la enzima alfa amilasa sobre el almidón del endosperma (Hagberg, 1960).

Cuando las espigas maduras reciben lluvias de pre-cosecha (por ej. sur de Chile), aumenta el contenido de alfa amilasa. Estas lluvias extemporáneas pueden llegar a producir germinación precoz de los granos en las espigas, una vez que se ha alcanzado la madurez fisiológica, especialmente cuando los granos tienen poca dormancia (Biddulph et al., 2005). Los granos brotados de pre-cosecha tienen baja viabilidad y originan una harina con malas propiedades panaderas, debido al exceso de alfa amilasa que produce licuefacción de la masa, dando origen a una masa gomosa y mucilaginoso, una miga húmeda y pegajosa, acompañado por una disminución en el tiempo o número de caída, que se expresa en segundos (Bloksma y Bushuk, 1978).

El tiempo de caída va a depender de la viscosidad de la muestra después del tratamiento. Entre más viscosa sea la mezcla, mayor será el tiempo, o sea, mayor será el índice del FN. Los valores pueden moverse en un rango tan amplio como 100 a más de 500 segundos. Las harinas aptas para panificación deben tener valores de FN entre 200 y 500 s, y a pesar que se puede hacer pan con harinas que tengan como mínimo 170 s, el valor óptimo es 250-350 s.

4.- PROPIEDADES REOLÓGICAS DEL TRIGO

Las pruebas reológicas definen las propiedades de elasticidad y extensibilidad del gluten y, consecuentemente, de la masa. El farinógrafo junto al alveógrafo constituyen las herramientas reológicas más importantes que se utilizan para determinar las características panaderas de una harina de trigo.

4.1 Farinógrafo

El farinógrafo de Brabender es un instrumento que mide propiedades de amasado de la harina y la calidad expresada como resistencia de la masa durante el amasado, que se registra en un papel que lleva intervalos de un minuto (min) (ver Figura 1). En la



primera fase, se hidrata la harina (50 g), la masa se desarrolla, pierde movilidad y aumenta la fuerza requerida para desarrollarla. Se prefieren harinas que necesitan tiempos entre 4 y 5 min para conseguir un desarrollo óptimo de la masa, aunque en los trigos chilenos predominan los tiempos de desarrollo entre 2 y 6 min. Luego, la degradación mecánica aumenta, su movilidad también aumenta y, en consecuencia, la pendiente de la curva disminuye, según la calidad del gluten. En el proceso de molienda se daña un porcentaje del almidón, en particular en los granos duros y semi-duros, que absorben hasta 4 veces su peso en agua y que requieren de mayor tiempo de amasado, en cambio el almidón intacto, característico de trigos blandos, sólo absorbe 0,4 veces su peso en agua y necesitan de menor tiempo de amasado. En consecuencia, la curva farinográfica permite evaluar el tiempo de desarrollo de la masa, su estabilidad, la tolerancia al amasado y el grado de debilitamiento de la masa.

Además, el farinógrafo permite calcular el valor W (de work en inglés, trabajo) que se obtiene al integrar el tiempo de desarrollo y la debilidad de la masa. En un farinograma, los valores W inferiores a 30 son considerados bajos, entre 31 y 49 son medios, de 50 a 75 son buenos, y sobre 75 son valores muy buenos. La mayor cantidad de trigos chilenos tienen valores W del farinógrafo que fluctúan entre 40 y 70.

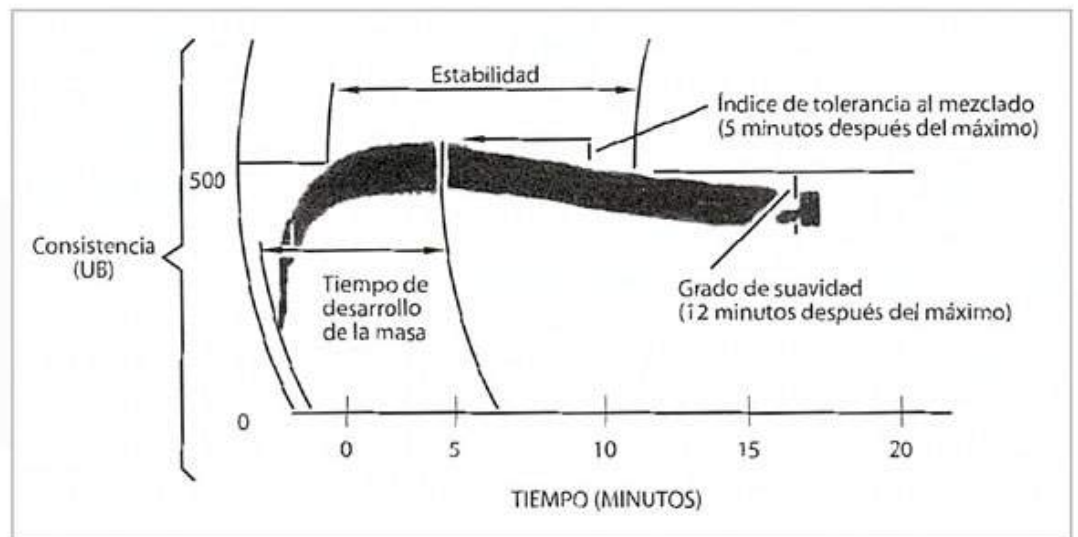


Figura 1. Características de harinas evaluadas en un farinógrafo (Peña, 2007).

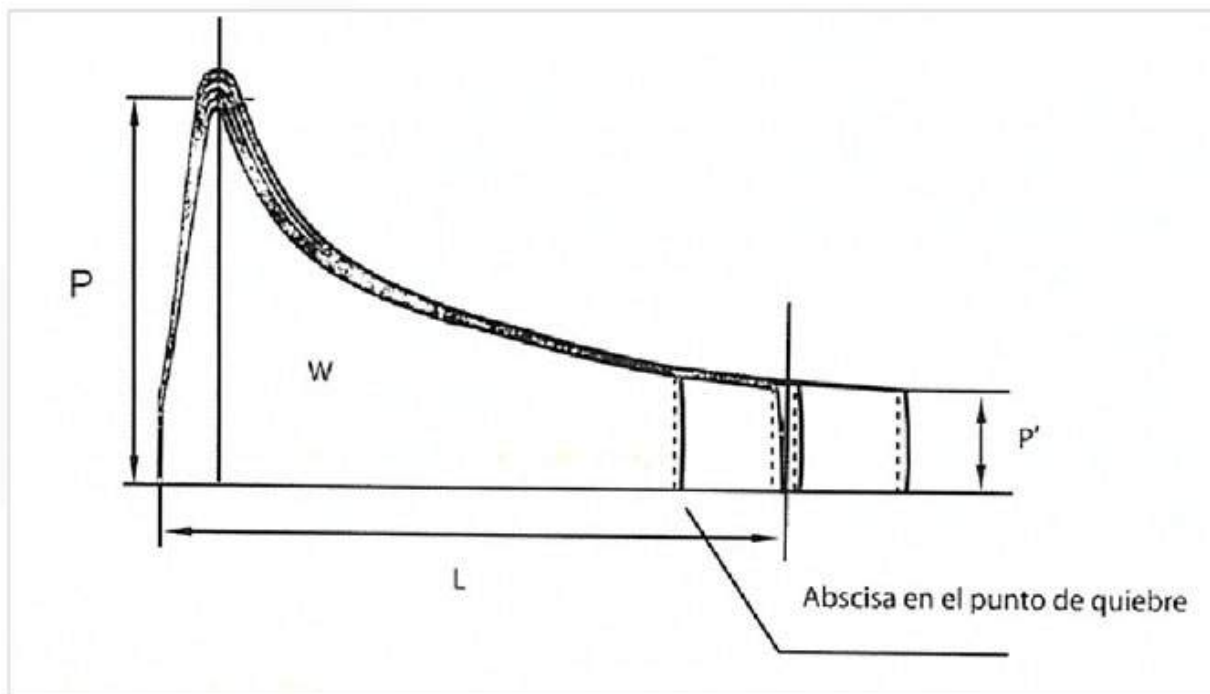
4.2 Alveógrafo

El alveógrafo de Chopin determina la fuerza requerida para romper la masa a medida que ésta se extiende. En consecuencia, el alveograma genera información sobre la fuerza y extensibilidad de la masa, lo que permite determinar el tipo de producto para cual servirá la harina (ver Figura 2). Por ejemplo, una masa fuerte que pueda extenderse de manera limitada y tienda a recuperar su forma original será adecuada para panificación. En cambio, una masa débil que se extiende fácilmente y muestra elasticidad limitada, es decir, no recupera su forma original, es apta para galletas. En el alveógrafo, la tenacidad o resistencia de la masa al estiramiento se expresa como P (mientras más alto es el valor, el grano de trigo es más tenaz), mientras que la



capacidad de expansión o extensibilidad de la masa se expresa como L . La relación P/L es un índice de estabilidad que sirve para determinar si las masas son poco extensibles, equilibradas o muy extensibles, y consecuentemente sirven para evaluar la calidad panadera del trigo harinero. Cuando la relación P/L fluctúa entre 0,7 y 1,0 significa que el gluten está bien balanceado y esta harina puede ser utilizada en panificación. La harina para galleta debe ser más extensible que la harina para pan, con una relación de P/L que oscila entre 0,3 y 0,6.

El área bajo la curva del alveograma, el cual describe las propiedades de la masa respecto al trabajo necesario para deformar la masa, se expresa como valor W del alveógrafo y representa la "fuerza panadera". Los valores W del alveograma pueden variar de <100 a > 300 y mientras más alto es el valor W , mayor es la fuerza del gluten. Trigos harineros con valores W superiores a 300 son trigos correctores, entre 200 y 300 son para panificación directa y con menos de 200 se consideran trigos blandos.



- P = Presión máxima requerida para deformar la muestra.
- L = Largo de la curva = extensibilidad.
- W = Fuerza. Área bajo la curva ligada a la energía requerida para deformar la muestra.
- P/L = Configuración de la curva.
- p' = Presión en el unto de quiebre (tolerancia)

Figura 2. Características de harinas evaluadas en un alveógrafo (Peña, 2007).



capacidad de expansión o extensibilidad de la masa se expresa como L. La relación P/L es un índice de estabilidad que sirve para determinar si las masas son poco extensibles, equilibradas o muy extensibles, y consecuentemente sirven para evaluar la calidad panadera del trigo harinero. Cuando la relación P/L fluctúa entre 0,7 y 1,0 significa que el gluten está bien balanceado y esta harina puede ser utilizada en panificación. La harina para galleta debe ser más extensible que la harina para pan, con una relación de P/L que oscila entre 0,3 y 0,6.

El área bajo la curva del alveograma, el cual describe las propiedades de la masa respecto al trabajo necesario para deformar la masa, se expresa como valor W del alveógrafo y representa la "fuerza panadera". Los valores W del alveograma pueden variar de <100 a > 300 y mientras más alto es el valor W, mayor es la fuerza del gluten. Trigos harineros con valores W superiores a 300 son trigos correctores, entre 200 y 300 son para panificación directa y con menos de 200 se consideran trigos blandos.

b COMERCIALIZACIÓN DE LOS GRANOS

En los últimos años, la comercialización del trigo ha dependido del grano producido en Chile (50-60% de los requerimientos), y del grano importado (restante 40-50%), proveniente principalmente de Argentina, Estados Unidos y Canadá. En Estados Unidos la comercialización del trigo considera ocho clases, de acuerdo a su dureza, color del grano, ubicación geográfica y época de siembra. Cada clase tiene sus propias características uniformes en relación a la molienda, panadería u otros usos alimenticios. Así, el Hard Red Winter (HRW) es un trigo panadero con un contenido de proteína de entre 10 y 14%, al igual que el Hard Red Spring (HRS). Están también los HW, SW, SRW, Durum, MW y UW con sus características específicas, entre otros. Además, en Estados Unidos se utilizan cinco grados de calidad para cada una de las clases, grados que consideran niveles mínimos o máximos de humedad, presencia de insectos vivos, presencia de fecas animales, presencia de otros materiales y/o sustancias desconocidas. Por su parte, Canadá tiene uno de los sistemas de clasificación de trigos más eficientes y sofisticados del mundo, con estrictos controles para asegurar calidad. Todas las partidas comercializadas van acompañadas por un certificado de la Comisión Canadiense de Granos (CGC), que asegura la calidad al comprador. Los trigos canadienses se clasifican en ocho clases. En consecuencia, los productores estadounidenses y canadienses tienen claro qué clase de producto debe producir para satisfacer un cierto mercado, y siguen las clasificaciones de trigo a nivel internacional, que están orientadas principalmente a las características físico-químicas, de contenido de proteínas y gluten húmedo, que se suman en el caso de trigos para panificación, a otros requisitos específicos de calidad panadera (por ej. valor W, Falling Number, etc.).

A diferencia de Estados Unidos y Canadá, Chile tiene todavía mucho que avanzar en la calidad y comercialización de los granos de trigo, ya que los trigos nacionales todavía no son estandarizados de acuerdo a un set de características que consideran cualidades como zona de producción, cultivares, clima, manejo del cultivo, entre otros factores. El último censo agropecuario (2007) identifica en el país alrededor de 45.000 productores de trigo harinero, siendo los productores de predios menores de 10

hectáreas los responsables por el 6% de la producción nacional, pero ellos constituyen un 50% del total de productores de trigo del país. Esto implica que la oferta de trigo sea muy atomizada, es decir, hay miles de productores que venden pequeñas cantidades de grano, de diversos cultivares, por lo que el producto nacional transado es muy heterogéneo. Esto no significa una peor calidad per se, sino que con tantos cultivares entre los lotes ofrecidos, la mezcla resultante no será buena desde el punto de vista industrial, ya que muchas veces se usa como criterio de clasificación aspectos tan básicos como el peso del hectolitro, y no los otros factores de calidad anteriormente mencionados.

En este sentido, gran parte del trigo producido en Chile representa a un típico producto genérico (commodity), sin diferenciación y que carece de identidad. Esta falta de uniformidad del grano aumenta los costos de acondicionamiento y almacenamiento en los molinos, ya que éstos deben analizar previamente cada partida de trigo antes de decidir el lugar de almacenaje. Estos gastos se traspasan al productor, quien recibe un precio menor. Es claro que para los agricultores el último eslabón de la cadena de comercialización son los molinos, los que en gran medida deciden la suerte de las cosechas, ya que fijan el precio, hacen los descuentos, rechazan algunas partidas, y eventualmente, en algunos casos, otorgan premios e incentivos.

Los especialistas concuerdan que, dada la experiencia recogida con el grano importado, principalmente de Estados Unidos y Canadá, se hace necesario estandarizar lo máximo posible la producción nacional, promoviendo la creación y el uso de cultivares nacionales con características más definidas respecto de color de grano, dureza del grano y nivel proteico, entre otros factores de calidad. Para que el productor nacional pueda competir mejor, es imprescindible que este commodity se transforme en un producto estandarizado en términos de cultivar, tamaño y calidad industrial del grano (por ej. un valor W parejo y uniforme), y que posea características destinadas a producir harinas para fines específicos (por ej. panificación o galletas); con ello disminuiría la diferencia de calidad entre el producto nacional y el importado, ya que éste último es de calidad estándar y más uniforme en sus propiedades, lo que facilita su industrialización, como se señaló anteriormente. En la práctica, para tener un grano de trigo chileno parecido al importado, se requiere que los agricultores, de manera asociada, como afortunadamente ya sucede con algunos productores de la Zona Sur, se informen sobre qué cultivares sembrar, ya que este es el factor principal que define la calidad del grano, para que sus cultivos produzcan grandes partidas de un tipo de grano uniforme, siendo la identificación varietal fundamental para alcanzar este objetivo.

En relación a este último punto, hay una necesidad urgente de fomentar el uso masivo de semilla de calidad certificada como garantía de pureza varietal (sólo un 15-20% de los productores nacionales utilizaría semilla certificada), que permite una trazabilidad y especialmente reducir la variabilidad de la calidad. Posiblemente, el mecanismo más práctico para que esto se lleve a cabo, es fomentar las prácticas de agricultura de contratos, tal como ha funcionado en el modelo de la agroindustria o la industria remolachera, con todo su paquete tecnológico asociado. Además, distintas entidades debie



ran actuar en conjunto para promover el uso de semilla certificada en el país, como las Asociaciones de Molinos, INIA, INDAP, COTRISA, Universidades, entre otros.

Otra consideración tiene que ver con el hecho de que un factor importante para la aplicación de cualquier normativa de calidad es la necesidad que exista un sistema de acreditación de equipos de recepción (romanas) y de los laboratorios de análisis de la industria por un ente certificador independiente, además del diseño de incentivos para que la industria disponga de tecnologías para el análisis rápido de la aptitud industrial de los trigos. Un estudio de la Fundación Chile (2005) menciona que, “además de las necesidades de infraestructura de acopio, acondicionamiento y segregación que se requiere para una adecuada comercialización, se plantea la necesidad de contar con laboratorios e instrumental moderno de análisis de muestras de trigo y de su aptitud industrial en un corto período de tiempo... lo que resulta fundamental dadas las variaciones que se registran entre variedades y el tiempo que en la actualidad demora el análisis tradicional de fuerza panadera (W) realizado a las harinas”.

En consecuencia, con el mayor uso de semilla de calidad certificada, un posible sistema de contratos entre productores y comercializadores de trigo que promueva su uso y la aplicación de tecnologías apropiadas, el sector de producción y la industria nacional darían un paso significativo hacia la producción de trigos de alta calidad y mayor homogeneidad que facilitarían la homologación con los trigos importados, lo que en definitiva mejoraría en forma significativa la comercialización del producto a nivel nacional.



20. Calidad y comercialización de los granos

AACC. 2000. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists (AACC). 10th ed. AACC, St. Paul, Minnesota, USA.

Biddulph T, Mares D, Plummer J, Setter T. 2005. Drought and high temperature increases preharvest sprouting tolerance in a genotype without grain dormancy. *Euphytica* 143:277-283.

Bloksma, A., Bushuk W. 1978. Rheology and chemistry of dough. In Pomeranz (ed.) *Wheat: Chemistry and technology*. American Association Cereal Chemists (AACC), St. Paul, Minnesota, USA. p.180.

Bolsa de Productos de Chile (BPC). 2010. Norma de Calidad de Trigo.

Cozzolino, D., Delucchi I., Kholi M., Vásquez D. 2006. Uso de la espectroscopía de reflectancia en el infrarrojo cercano para evaluar características de calidad en trigo. *Agricultura Técnica (Chile)* 66:370-375.

Eagles, H., Eastwood R, Hollamby G, Martin E, Cornish G. 2005. Review of the estimates of glutenin gene effects at the Glu-B1 locus from southern Australian wheat breeding programs. *Australian Journal of Agricultural Research* 55:1093-1096.

Engler A. 2007. Comercialización y costos de producción. In M. Mellado (ed.) *El trigo en Chile*. Colección de libros INIA N°21. Instituto de Investigaciones Agropecuarias-Quilamapu, Chillán, Chile, pp. 603-627.

Faiguenbaum, H. 2003. *Labranza, siembra y producción de los principales cultivos de Chile*. Impresora y Editora Ograma S.A., Santiago, Chile. 760 p.

Fundación Chile. 2005. Una nueva visión para el sector triguero en Chile. Publicación del área Agroindustria.

Hagberg, S. 1960. A rapid method for determining alpha-amylase activity. *Cereal Chemistry* 37:218.

Hoseney, R. 1991. *Principios de ciencia y tecnología de los cereales*. Acribia, Zaragoza, España, p. 321.

INN. 2000. Norma Chilena Oficial N°1237 Of 2000. Trigo-Harinero-Requisitos. Instituto Nacional de Normalización (INN), Santiago, Chile, 16 p.

MacRitchie F. 1994. Role of polymeric proteins in flour functionality. In *Wheat kernel proteins: molecular and functional aspects*. Bitervo, Italy, Università degli studi della Tuscia. Pp. 145-150.



Mellado, M. 2001. Mejoramiento de trigo harineros (*Triticum aestivum* L.) en la zona Centro Sur de Chile. III. Contenido y producción de proteína, y volumen de sedimentación en trigos invernales, alternativos y primaverales. *Agricultura Técnica (Chile)* 61:120-128.

Parodi, P., Wulf H. 1996. Expresión de la heterosis en la calidad molinera y panadera de híbridos en trigo. *Agricultura Técnica (Chile)* 26:97-106.

Peña, RJ. 2002. Wheat for bread and other foods. 2002. In B.C. Curtis, S. Rajaram, and H. Gomez Macpherson (eds.) FAO-UN, Rome, pp.483-494.

Peña, RJ. 2007. Grano para consumo humano. In M. Mellado (ed.) *El trigo en Chile*. Colección de libros INIA N°21. Instituto de Investigaciones Agropecuarias-Quilamapu, Chillán, Chile, pp. 501-557.

RSA. 2002. Reglamento Sanitario de los Alimentos (RSA). Título XV. De los alimentos farináceos. Ediciones Publibey, Santiago, Chile.

Sociedad Nacional de Agricultura (SNA). 1996. Reglamento para las transacciones según calidad, de trigo harinero de pan. *El Vocero Agrícola* N°345. 4 p.

SNA. 2010. Acuerdo alcanzado por los integrantes del comité de granos, 12 de Noviembre de 2010.

Souza, E., Martin, J., Guttieri, M., O'Brien, K., Habernicht, D., Lanning, S., McLean, R., Carlson, G., Talbert, L. 2004. Influence of genotype, environment, and nitrogen management on spring wheat quality. *Crop Science* 44:425-432.

Weegels, PL., Hamer, RJ., Schofield, JD. 1996. Critical review: functional properties of wheat glutenin. *Journal of Cereal Science* 23:1-18.

Zeleny, L. 1947. A simple sedimentation test for estimating the bread-making and gluten qualities of wheat flour. *Cereal Chemistry* 24:465.







El profesor Andrés Schwember Neira recibió su título de Ingeniero Agrónomo en 1996 en la Pontificia Universidad Católica de Chile; sus grados de Magister Scientiae (M.Sc.) en 2003 y el grado de Doctor of Philosophy (Ph.D.) en 2009, los obtuvo ambos en la Universidad de California, Davis, Estados Unidos. En el período comprendido entre los años 1996 y 2001, se desempeñó en distintos cargos técnicos y de investigación en el área de semillas en las empresas Seminis Vegetable Seeds e Incotec América do Sul Ltda., en Chile y Brasil.

A partir de Abril de 2010 ingresó como profesor a tiempo completo en la Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal de la Pontificia Universidad Católica de Chile, cargo que actualmente desempeña y donde dicta los cursos de "Principios de Mejoramiento Genético" y "Producción de Cultivos". Las áreas de investigación del profesor Schwember abarcan la producción de cultivos, la genética y el fitomejoramiento. Está a cargo del Programa de Mejoramiento Genético de Cereales de la Pontificia Universidad Católica de Chile, que incluye cultivos como el trigo harinero y el trigo candeal. Ha participado en numerosos eventos y congresos científicos nacionales e internacionales y es autor de diversos artículos científicos y de extensión publicados en revistas nacionales y extranjeras. Además, es asesor de empresas relacionadas a la producción de cereales y hortalizas



MIRADA INTEGRAL DEL TRIGO:
CULTIVO Y COMERCIALIZACIÓN.

Biblioteca COTRISA
Derechos reservados COTRISA 2012
www.cotrisa.cl