



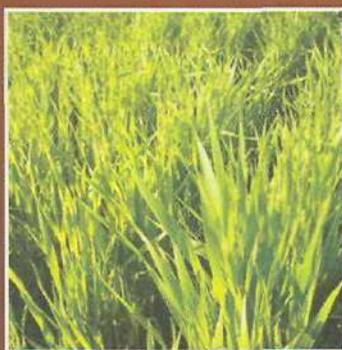
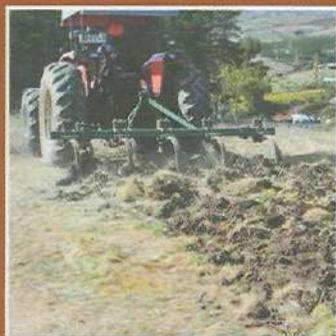
GOBIERNO DE CHILE  
INIA

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

Boletín de

TRIGO

2004 Manejo  
Tecnológico



Editor  
MARIO MELLADO Z.

Ministerio de Agricultura  
Instituto de Investigaciones Agropecuarias  
Centro Regional de Investigación Quilamapu

Chillán, 2004.

ISSN 0717-4829

BOLETÍN INIA - Nº 114



GOBIERNO DE CHILE  
INIA

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

BOLETIN DE  
TRIGO 2004  
Manejo Tecnológico

EDITOR  
MARIO MELLADO Z.

Centro Regional de Investigación Quilamapu

Chillán, Chile, 2004.

BOLETÍN INIA - N° 114

# ÍNDICE

<b>CAPÍTULO 1</b>	<b>7</b>
Variedades	
<b>CAPÍTULO 2</b>	<b>27</b>
Sistemas de Preparación de Suelo para el Establecimiento del Trigo	
<b>CAPÍTULO 3</b>	<b>49</b>
Fertilización del Cultivo	
<b>CAPÍTULO 4</b>	<b>77</b>
Malezas en Producción de Trigo	
<b>CAPÍTULO 5</b>	<b>103</b>
Enfermedades	
<b>CAPÍTULO 6</b>	<b>129</b>
Principales Insectos Perjudiciales en Trigo	
<b>CAPÍTULO 7</b>	<b>143</b>
Requerimientos de Agua en la Producción de Trigo	
<b>CAPÍTULO 8</b>	<b>159</b>
Antecedentes Económicos en la Producción de Trigo	

# Prólogo

La actividad agropecuaria nacional está inserta en una economía crecientemente integrada al comercio internacional, lo que obliga al agro chileno a fuertes adaptaciones productivas y a generar más capacidades que mejoren el uso de los recursos humanos, y de capital físico y financiero, que permitan desarrollar actividades económicas cada vez más consolidadas, competitivas, con utilidades interesantes y menor riesgo.

Este escenario ha generado oportunidades de desarrollo y negocio para la "agricultura de exportación". Sin embargo, y por razones de escala productiva, competitividad y subsidios de las grandes potencias agrícolas a sus agricultores, nuestra "agricultura sustituidora de importaciones" -cuyo principal rubro, el trigo (*Triticum vulgare* L.) para pan- ha experimentado, al menos, escenarios de mercado y rentabilidad inciertos.

No obstante el marco descrito, el trigo continúa siendo una actividad muy importante desde la VI a X regiones, en términos de superficie sembrada, rotaciones culturales, demanda de trabajo, abastecimiento de mercados y aporte al Producto Geográfico Bruto sectorial. En efecto, en las temporadas 2001/02 y 2002/03 se sembraron, respectivamente, 426.000 y 416.000 hectáreas en diversas áreas agroecológicas de nuestro país, en las que participan grandes, medianos y pequeños productores. Paralelamente, su aporte a la actividad económica del sector es indesmentible. Así, a modo de aproximación, si se valora la producción nacional de la temporada 2002/03, de acuerdo al precio promedio pagado en el mercado mayorista, se alcanza una cifra significativa del orden de los 325 millones de dólares.

Básicamente existen dos ámbitos para incrementar la rentabilidad del cultivo de trigo: acceder a mejores precios y disminuir costos de producción. Desde el punto de vista del productor individual, e incluso bajo cualquier grado de asociatividad, la posibilidad de incidir en el nivel de precios es limitada; sin embargo, los productores tienen, a su alcance, la posibilidad de incrementar la eficiencia agronómica del cultivo, disminuyendo sus costos de producción y, consecuentemente, mejorar la rentabilidad de sus sementeras. El objetivo del presente boletín es contribuir a que los productores de trigo logren avances en el segundo ámbito descrito (más eficiencia y menos costo), pues para ello es necesario estar al tanto de los conocimientos tecnológicos actualizados.

Afortunadamente, el trigo es un cultivo que responde muy bien a la tecnología, permitiendo incrementar su eficiencia agronómica y económica. En efecto, en términos de productividad, el promedio nacional por hectárea evolucionó de 18 quintales en 1980 a 38 quintales en 2000, 43 quintales en 2003 y 45 quintales en 2004. Diversos estudios han señalado que, bajo diferentes tecnologías modernas de manejo, el trigo se ubica en posiciones de privilegio respecto de otros cultivos en indicadores como costo operacional, margen bruto y relación beneficio/costo.

No obstante lo anterior, distintos antecedentes disponibles -por ejemplo el potencial de rendimiento de las variedades generadas por INIA- permiten afirmar que existe una brecha significativa aún entre la productividad actual de importantes segmentos de productores, y aquella obtenida en los centros de investigación.

En este contexto, el presente boletín concentra y resume los principales avances técnicos y tecnologías generadas en los últimos años por INIA Quilamapu. Esta publicación espera contribuir significativamente a disminuir la brecha de productividad señalada y, con ello, hacer un aporte al desarrollo del rubro, de los agricultores y de la población. Para este fin, destacados profesionales de INIA abordaron y depositaron en sus respectivos capítulos, sus conocimientos, experiencia, información y recomendaciones en temas relacionados con variedades, fertilización, manejo de malezas, enfermedades, plagas, preparación de suelo y riego, rotaciones, comportamiento económico y otros tópicos relacionados con el principal y "más tradicional" cultivo: el trigo.

Jorge A. González Urbina  
Subdirector Investigación – Desarrollo  
INIA Quilamapu

# CAPÍTULO 1

## **VARIETADES**

*Autores*

**Iván Matus T.**

Ingeniero Agrónomo, Ph. D.  
Mejoramiento de Trigo

**Alvaro Vega S.**

Ingeniero Agrónomo  
Producción de Semillas

INIA Quilamapu

*Consultor Técnico*

**Claudio Jobet F.**

Ingeniero Agrónomo Ph. D.  
Coordinador Nacional  
Mejoramiento de Trigo INIA

## **1.1. VARIEDADES DE TRIGO**

La variedad mejorada de trigo es un componente fundamental para lograr éxito en la producción, ya que ha sido desarrollada para alcanzar un comportamiento óptimo en cuanto a rendimiento, calidad industrial y resistencia a enfermedades.

Es por esto que una variedad 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, una variedad debe ser capaz de producir un grano de calidad, lo cual es fundamental para su comercialización. Otra de las características que deben estar presentes en una buena variedad es su resistencia genética a las principales enfermedades, las cuales se indican en el Capítulo 5 de este boletín. Por ahora, baste decir que la resistencia genética de las variedades es de suma importancia, ya que representa la forma más económica y ambientalmente aceptable para el control de las enfermedades que afectan al cultivo del trigo en el país.

## **1.2. TIPOS DE VARIEDADES**

En Chile el trigo se cultiva bajo diferentes condiciones ambientales, lo que determina el tipo de variedad y la fecha en la cual la variedad debe ser sembrada. Es por esto que es muy importante que el agricultor conozca los tipos de variedades que se cultivan en nuestro país y las características de cada una de ellas.

Según su hábito de desarrollo y requerimientos de temperatura las variedades de trigo se clasifican en variedades invernales, de hábito alternativo, y primaverales.

### **1.2.1. Variedades Invernales**

Estas variedades requieren de vernalización para poder pasar de la etapa vegetativa a la etapa reproductiva, es decir, necesitan estar bajo condiciones de frío para poder espigar y producir grano. Generalmente presentan un crecimiento inicial rastrero, y un largo periodo vegetativo. Por ello, estas variedades deben ser sembradas entre los meses de mayo y junio

### **1.2.2. Variedades de Hábito Alternativo**

Son variedades que tienen menos requerimiento de frío para poder espigar en comparación con las variedades de invierno, pero requieren más frío respecto a una variedad de primavera. Presentan un hábito de crecimiento inicial semierecto y un periodo vegetativo intermedio entre las variedades de hábito invernal y de primavera. Se siembran desde mayo hasta julio, e incluso agosto.

### **1.2.3. Variedades Primaverales**

Son variedades que no tienen requerimientos de frío para poder pasar de su fase vegetativa a la fase reproductiva. Presentan un hábito de crecimiento inicial erecto y un corto periodo vegetativo. Estas variedades en general se siembran desde julio hasta septiembre.

## **1.3. CARACTERÍSTICAS DE LAS VARIEDADES**

Las actuales variedades de invierno y hábito alternativo presentan una altura de planta que fluctúa entre 90 y 115 cm, y las de primavera entre 80 cm y 110 cm. En general tienen tallos resistentes al vuelco, por lo que bajo condiciones normales de crecimiento y de manejo no deberían presentar problemas de

tendedura. En cuanto a color del grano, existen variedades con grano café, ámbar y blanco (Cuadro 1.1.).

Cuadro 1.1. Características de las variedades de trigos INIA recomendadas en la temporada 2004/2005.

VARIEDAD	HÁBITO DE CRECIMIENTO	DSE <sup>1</sup>	ALTURA (cm)	COLOR GRANO
Kumpa-INIA	Invernal tardío	181	90 - 100	Café
Tukán-INIA	Invernal precoz	160	105 - 115	Ámbar
Dollinco-INIA	Alternativo tardío	175	100 - 110	Café
Quelén-INIA	Alternativo	171	95 - 110	Café
Domo-INIA	Primaveral semitardío	99	80 - 90	Blanco
Tamoi-INIA	Primaveral semitardío	99	95 - 110	Café
Huayún-INIA	Primaveral	93	85 - 95	Café
Pandora-INIA	Primaveral	92	90 - 95	Café
Ciko-INIA	Primaveral precoz	89	80 - 100	Ámbar
Opala-INIA	Primaveral precoz	89	85 - 95	Café
Huañil-INIA	Primaveral precoz	90	95 - 105	Ámbar

<sup>1</sup> Días de siembra a espigadura (DSE).

Dentro de cada hábito de desarrollo las variedades presentan variaciones en cuanto a su precocidad, referida principalmente a los días de siembra a espigadura (DSE). Así, dentro de los trigos de invierno existen los invernales tardíos e invernales precoces; dentro de los trigos de hábito alternativos existen también los alternativos tardíos; en los primaverales es posible establecer una clasificación de primaverales, primaverales semitardíos y primaverales precoces, tal como se indica en el Cuadro 1.1. Los días de siembra a espigadura (DSE) constituyen una característica que permite tener una estimación del largo de ciclo de cultivo de las diferentes variedades, y es también un indicador que permite ajustar la fecha de siembra para que la espigadura y posterior floración ocurra cuando ya ha pasado el peligro de ocurrencia de heladas. Los valores de DSE que se presentan en el Cuadro 1.1., fueron determinados

en el Campo Experimental Santa Rosa de INIA Quilamapu (Chillán). En este caso, para los trigos de invierno y hábito alternativo la fecha de siembra fue la segunda quincena de mayo, y para los trigos de primavera lo fue a mediados de agosto. De acuerdo con esto es posible señalar que la variedad de invierno Kumpa-INIA es la que presenta un mayor número de días de siembra a espigadura, seguida de Dollinco-INIA y Quelén-INIA. La variedad Tukán-INIA presenta la característica que, a pesar de ser invernal, su espigadura ocurre varios días antes que las de hábito alternativo.

En el Cuadro 1.2. se indica cómo fue el comportamiento de las variedades recomendadas a las principales enfermedades que afectan al trigo. En cuanto a roya estriada o roya amarilla, todas las variedades mostraron un buen nivel de resistencia. Para roya colorada o roya de la hoja hay algunas variedades que presentan mayor susceptibilidad, lo que puede significar que dependiendo del nivel de ataque y del estado de desarrollo del cultivo, sería necesario realizar alguna aplicación de producto químico para el control de la enfermedad. En cuanto a Oídio, también hay variedades que presentan diferentes niveles de resistencia o susceptibilidad. Septoriosis es una enfermedad que afecta en mayor medida a siembras de otoño. Todas las variedades que deben ser sembradas en otoño presentan buena resistencia, a excepción de la variedad Quelén-INIA. Las variedades de primavera Huayún-INIA, Pandora-INIA, Ciko-INIA, Opala-INIA y Huañil-INIA, aparecen como susceptibles; pero por su fecha de siembra, éstas escapan a la enfermedad.

Cuadro 1.2. Comportamiento a enfermedades de las variedades de trigos INIA recomendadas en la temporada 2004/2005.

<b>VARIEDAD</b>	<b>ROYA ESTRIADA</b>	<b>ROYA COLORADA</b>	<b>OÍDIO</b>	<b>SEPTORIOSIS</b>
Kumpa-INIA	MR	S	MR	MS
Tukán-INIA	MR	MS	R	MS
Dollinco-INIA	MS	S	R	MR
Quelén-INIA	MR	MR	MS	S
Domo-INIA	MR	MS	MS	MR
Tamoi-INIA	MR	S	S	MR
Huayún-INIA	MS	MS	S	S*
Pandora-INIA	MR	MR	MR	S*
Ciko-INIA	MS	MS	MR	S*
Opala-INIA	MR	MS	MS	S*
Huañil-INIA	MS	S	MS	S*

R = Resistente; MR = Moderadamente Resistente; MS = Moderadamente Susceptible; S = Susceptible.

\* Las variedades de primavera que llevan asterisco para septoriosis, escapan a esta enfermedad en las siembras efectuadas desde julio en adelante.

#### 1.4. RENDIMIENTO

El rendimiento promedio nacional de trigo en la temporada 2003 - 2004 alcanzó los 45,6 qqm/ha en una superficie sembrada de 420 mil hectáreas. Este rendimiento medio representa el valor más alto alcanzado en el país en toda su historia.

La variedad mejorada es responsable de, aproximadamente, el 50% del rendimiento final. El otro 50% está asociado con las prácticas de manejo que el agricultor debe realizar para tener éxito en su siembra. Entre las prácticas de manejo figuran la buena preparación de suelo, dosis de semilla, uso de semilla certificada, fecha de siembra adecuada, control de malezas, fertilización, riegos de ser necesario, entre otras. Con esto el agricultor está asegurando una buena cosecha.

### 1.4.1. Rendimiento de Variedades de Invierno y Hábito Alternativo

Las variedades indicadas en el Cuadro 1.3. presentan altos rendimientos. Sólo Quelén-INIA presentó un rendimiento bajo en la localidad de Cañete, lo que se debió a la susceptibilidad a septoriosis de la hoja, enfermedad que tiene una alta incidencia en esa localidad. Yungay y Cañete son localidades en las cuales las siembras de trigo se hacen principalmente en otoño, mayo o junio. Es por esto que las variedades de invierno y hábito alternativo resultan ser las más recomendables. Los experimentos sembrados en Chillán fueron hechos aplicando riego, lo que no ocurrió en Yungay y Cañete. En Chillán los rendimientos fueron elevados a pesar que en el 2003 hubo un daño moderado de mal del pie.

Cuadro 1.3. Rendimiento (qqm/ha) de variedades de invierno y de hábito alternativo sembradas en otoño en tres localidades.

VARIEDAD	LOCALIDAD		
	CHILLÁN (RIEGO)	YUNGAY (SECANO)	CAÑETE (SECANO)
Kumpa-INIA	83,0	91,3	101,1
Tukán-INIA	81,9	78,8	74,0
Dollinco-INIA	86,8	78,8	91,2
Quelén-INIA	74,8	78,2	53,2

### 1.4.2. Rendimiento de Variedades de Primavera

En el Cuadro 1.4. se observa que todas las variedades presentan altos rendimientos, lo que demuestra su buen potencial productivo, y adaptación a diferentes condiciones de suelo y clima. La localidad de Cauquenes (VII Región) corresponde al Secano Interior, sin riego, siendo ésta la principal razón de los menores rendimientos respecto de las otras localidades. Temuco (IX Región) representa una zona de secano húmedo, lo cual permite realizar siembras de trigos de primavera sin la necesidad de aplicar riego. Es importante señalar

que en la localidad de Yungay, que corresponde a precordillera, las variedades de trigo de primavera están tomando más importancia por la disponibilidad de riego que están teniendo algunos agricultores.

Cuadro 1.4. Rendimiento (qqm/ha) de variedades de primavera sembradas en siete localidades.

VARIEDAD	LOCALIDAD						
	SANTIAGO (RIEGO)	TALCA (RIEGO)	CHILLÁN (RIEGO)	LOS ANGELES (RIEGO)	YUNGAY (RIEGO)	CAUQUENES (SECANO)	TEMUCO (SECANO)
Domo-INIA	63,7	96,4	71,2	54,5	83,7	52,2	81,2
Tamoi-INIA	55,6	67,9	74,0	49,0	68,5	49,4	83,8
Huayún-INIA	70,2	99,0	74,8	63,6	87,7	47,3	90,4
Pandora-INIA	72,7	98,4	78,6	78,9	90,0	57,2	92,0
Ciko-INIA	72,7	87,2	78,5	70,3	80,9	39,9	90,4
Opala-INIA	77,5	87,5	75,4	70,1	83,5	39,6	101,6
Huañil-INIA	67,6	79,2	70,8	66,1	72,6	45,2	90,9

En Cauquenes la fecha de siembra correspondió a mayo, por tratarse de una condición de secano. En el resto de las localidades las fechas de siembra se ubicaron a mediados de agosto.

## 1.5. CALIDAD

La calidad del grano de una variedad está determinada, principalmente, por características genéticas, pero también es altamente influenciada por factores ambientales y la interacción que pueda existir entre la variedad y el ambiente en que la variedad se desarrolla. Un factor fundamental para asegurar la obtención de un grano de buena calidad está asociado al manejo agronómico de la sementera. Se debe indicar que las características de calidad son muy afectadas por el manejo de la sementera y principalmente por el manejo de la fertilización nitrogenada. Por lo tanto, como alternativa para optar a los valores

más altos de esta característica se recomienda, primero, aplicar una adecuada fertilización nitrogenada, según análisis de suelo, y aplicar el nitrógeno en tres parcialidades: 30% a la siembra, 30% a media macolla (4 -5 hojas) y el 40% restante en plena macolla.

Existen varias características de calidad que son importantes a considerar al momento de decidir qué variedad sembrar, las cuales también 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 del hectolitro, sedimentación, y glúten húmedo, permiten comparar y clasificar los trigos desde el punto de vista de la calidad. Los valores de clasificación están de acuerdo a la Norma Oficial Chilena, NCh 1237.Of2000.

### **1.5.1. Peso del Hectolitro**

Corresponde al peso, en kilos, de un hectolitro de trigo limpio; es decir, la cantidad equivalente en kilos de un volumen de cien litros. De acuerdo con este parámetro, los trigos se clasifican según la siguiente escala:

- \* Trigos fuertes e intermedios: Grado 1 = 79; Grado 2 = 78; Grado 3 = 76
- \* Trigos suaves: Grado 1 = 78; Grado 2 = 76; Grado 3 = 74

Todas las variedades INIA presentan valores de peso del hectolitro sobre la norma establecida, especialmente las variedades de primavera (Cuadro 1.5. y Cuadro 1.6.). Un buen peso del hectolitro es un indicador de manejo adecuado. Problemas sanitarios como pudriciones radiculares o fuertes ataque de enfermedades a nivel de la espiga afectarán esta característica. Las lluvias cuando el grano está en madurez de cosecha pueden hacer disminuir estos valores. Por lo tanto, la cosecha oportuna es de suma importancia.

Cuadro 1.5. Peso del hectolitro (kg/hl) de variedades de invierno y de hábito alternativo sembradas en tres localidades.

VARIEDAD	LOCALIDAD		
	CHILLÁN (RIEGO)	YUNGAY (SECANO)	CAÑETE (SECANO)
Kumpa-INIA	80,3	81,9	83,3
Tukán-INIA	81,7	82,8	80,4
Dollinco-INIA	80,0	80,9	81,8
Quelén-INIA	83,9	83,4	80,0

Cuadro 1.6. Peso del hectolitro (kg/hl) de variedades de primavera sembradas en siete localidades.

VARIEDAD	LOCALIDAD						
	SANTIAGO (RIEGO)	TALCA (RIEGO)	CHILLÁN (RIEGO)	LOS ÁNGELES (RIEGO)	YUNGAY (RIEGO)	CAUQUENES (SECANO)	TEMUCO (SECANO)
Domo-INIA	79,8	81,9	80,2	80,1	82,6	81,7	83,1
Tamoi-INIA	82,7	84,7	84,1	83,8	85,5	84,3	84,3
Huayún-INIA	84,1	84,9	83,6	83,3	84,4	84,2	83,6
Pandora-INIA	82,7	84,8	82,9	81,9	82,9	83,8	84,2
Ciko-INIA	83,9	85,5	84,9	83,9	84,3	83,9	83,7
Opala-INIA	84,2	85,9	85,1	83,6	84,6	82,7	84,5
Huañil-INIA	81,5	84,2	83,0	82,1	81,6	82,6	83,0

### 1.5.2. Sedimentación

Es un índice volumétrico relacionado con la calidad de las proteínas del trigo. Se mide un volumen de sedimento que queda después de someter una muestra de harina a un tratamiento químico. El sedimento está constituido, principalmente, de gluten hinchado y almidón ocluido, y corresponde al valor de sedimentación. De acuerdo con el valor de sedimentación, el trigo puede clasificarse segunda Norma Oficial Chilena (NCh 1237. Of2000) en:

**Trigo fuerte:** aquel que presente un valor de sedimentación igual o mayor a 33,0 cm<sup>3</sup>; **Trigo intermedio:** aquel con un valor de sedimentación entre 27,0 cm<sup>3</sup> y 32,9 cm<sup>3</sup>; y **Trigo suave:** aquel con un valor de sedimentación entre 17,0 cm<sup>3</sup> y 26,9 cm<sup>3</sup>.

En general las variedades de invierno y hábito alternativo tienen valores de sedimentación más bajos que las variedades de primavera. Esto obedece a una condición inherente a la variedad, y a las condiciones ambientales en que se desarrolla la planta. Por ello, últimamente se han estado realizando esfuerzos para mejorar la calidad de los trigos de invierno y de hábito alternativo.

De acuerdo con los valores de sedimentación del Cuadro 1.7., las variedades tardías de mejor calidad en condiciones de riego son Tukán-INIA y Quelén-INIA. En condiciones de secano las cuatro variedades indicadas serían aptas para siembra.

Cuadro 1.7. Valores de sedimentación (cm<sup>3</sup>) de variedades de invierno y de hábito alternativo.

VARIEDAD	LOCALIDAD		
	CHILLÁN (RIEGO)	YUNGAY (SECANO)	CAÑETE (SECANO)
Kumpa-INIA	18,2	28,3	34,7
Tukán-INIA	25,0	26,1	23,9
Dollinco-INIA	15,4	27,0	36,9
Quelén-INIA	28,1	31,6	47,6

Al comparar los datos de los cuadros 1.7. y 1.8. queda muy claro que las variedades de primavera presentan valores de sedimentación muy superiores a las de hábito invernal y alternativo.

Cuadro 1.8. Valores de sedimentación (cm<sup>3</sup>) de variedades de primavera sembradas en siete localidades.

VARIEDAD	LOCALIDAD						
	SANTIAGO (RIEGO)	TALCA (RIEGO)	CHILLÁN (RIEGO)	LOS ANGELES (RIEGO)	YUNGAY (RIEGO)	CAUQUENES (SECANO)	TEMUCO (SECANO)
Domo-INIA	24,2	41,8	23,4	30,8	29,2	33,6	33,0
Tamoi-INIA	45,6	40,2	24,0	38,6	35,0	45,4	49,0
Huayún-INIA	27,8	39,3	26,7	30,7	29,0	38,5	39,6
Pandora-INIA	31,9	43,2	28,6	42,9	37,7	42,7	53,1
Ciko-INIA	41,2	60,8	27,8	35,5	39,7	49,8	57,5
Opala-INIA	34,1	43,7	29,2	38,8	31,9	55,4	58,6
Huañil-INIA	42,9	47,6	30,0	40,9	36,9	55,3	58,0

### 1.5.3. Gluten Húmedo

Es el producto insoluble en agua de color amarillento, constituido por dos grupos de proteínas: gliadinas y glúteninas. El gluten le da cohesión y elasticidad a la masa durante la elaboración del pan, y está relacionado con la mayor o menor extensibilidad de ésta.

De acuerdo al contenido de gluten, el trigo puede clasificarse según la Norma Oficial Chilena (NCh 1237. Of2000) en: **Trigo fuerte**: aquel que presente un contenido de gluten húmedo igual o mayor a 30,0 %; **Trigo intermedio**: aquel con un contenido de gluten húmedo entre 25,0% y 29,9%; y **Trigo suave**: aquel con un contenido de gluten húmedo entre 18,0% y 24,9%.

Al igual que los valores de sedimentación, el porcentaje de gluten húmedo está altamente influenciado por el ambiente, y también muy determinado por el tipo de variedad. Esta característica ha tomado mucha relevancia en la comercialización del trigo, ya que prácticamente todos los molinos realizan este análisis al momento de recibir el grano.

Destacan por el alto valor de gluten las variedades Tukán-INIA y Quelén-INIA, en las tres localidades que se presentan en el Cuadro 1.9. Bajo condiciones de riego, las variedades Kumpa-INIA y Dollinco-INIA presentaron valores bajos de gluten húmedo, no así en condiciones de secano en que todas las variedades presentaron valores más altos. De acuerdo con la norma oficial chilena, éstas variedades caen en el rango de suaves a fuertes (Cuadro 1.9.).

Cuadro 1.9. Valores de gluten húmedo (%) de variedades de invierno y de hábito alternativo y clasificación según la Norma Oficial Chilena (NCh 1237. Of2000).

LOCALIDAD	LOCALIDAD			CLASIFICACIÓN
	CHILLÁN (RIEGO)	YUNGAY (SECANO)	CAÑETE (SECANO)	NCh 1237. OF 2000
Kumpa-INIA	16,5	27,2	35,0	Suave a fuerte
Tukán-INIA	31,1	40,6	50,3	Fuerte
Dollinco-INIA	17,8	33,2	32,2	Suave a fuerte
Quelén-INIA	28,3	33,4	39,7	Intermedio a fuerte

Las variedades de primavera en general, en todas las localidades presentaron valores sobresalientes de gluten húmedo y se clasificaron en un rango de intermedio a fuertes (Cuadro 1.10.). Estos valores se explican, en parte, por el componente varietal asociado a un manejo adecuado.

Cuadro 1.10. Valores de gluten húmedo [%] de variedades de primavera sembradas en siete localidades y clasificación según la Norma Oficial Chilena (NCh 1237. Of2000).

VARIEDAD	LOCALIDAD							CALIFICACIÓN NCh 12 37 Of 2000
	SANTIAGO (RIEGO)	TALCA (RIEGO)	CHILLÁN (RIEGO)	LOS ÁNGELES (RIEGO)	YUNGAY (RIEGO)	CAUQUENES (SECANO)	TEMUCO (SECANO)	
Damo-INIA	34,8	49,8	30,4	39,7	36,4	50,7	39,5	Fuerte
Tamoi-INIA	41,1	35,3	27,9	36,0	31,6	45,2	40,5	Intermedio a fuerte
Huayún-INIA	33,9	35,7	25,6	33,5	25,7	41,2	37,0	Intermedio a fuerte
Pandora-INIA	37,9	40,4	32,5	41,0	33,5	50,6	45,3	Fuerte
Ciko-INIA	50,8	55,5	34,2	45,2	40,7	57,9	47,1	Fuerte
Opala-INIA	34,2	32,4	29,9	32,3	29,8	48,8	40,1	Intermedio a fuerte
Huaitil-INIA	44,8	39,6	31,7	36,2	34,5	50,7	43,1	Fuerte

Es claro que las variedades de primavera presentan cifras muy superiores en cuanto a gluten respecto de las variedades de hábito invernal y de hábito alternativo.

La Foto 1.1. muestra el porcentaje de gluten seco y la clasificación de acuerdo a la norma chilena de dos tipos de trigo. El porcentaje de gluten seco es igual a 1/3 del porcentaje de gluten húmedo; por lo tanto, el trigo clasificado como intermedio representa un porcentaje de gluten húmedo de 26,4%, y para el trigo fuerte el porcentaje de gluten húmedo es de 40,8% .



Foto 1.1. Gluten seco (%) de dos tipos de trigos.

## 1.6. FECHA DE SIEMBRA

Sembrar un trigo en su fecha óptima no representa ningún costo adicional al agricultor. La fecha de siembra está relacionada con el tipo de variedad y con la zona agroecológica en la cual se efectuará la siembra de trigo, además de ser un factor muy importante a considerar para el éxito del cultivo, ya que permitirá que la variedad exprese su máximo potencial.

En el Cuadro 1.12. se presenta las fechas de siembra óptimas según el tipo de variedad y el área de producción. Los rangos de fechas para algunas variedades se debe a que son capaces de rendir bien en un periodo relativamente amplio, aunque siempre se podrá señalar una fecha óptima.

El valle regado que se extiende desde la Región Metropolitana hasta la VIII, hace posible que las variedades sean sembradas más temprano en el norte y más tardes en el sur. En el secano interior existe sólo un mes óptimo de siembra (mayo) y un solo tipo de variedad (primaveral). En general se puede decir que las variedades de invierno y hábito alternativo se siembran desde la VII Región al sur, y las de primavera desde la Región Metropolitana al sur.

Cuadro 1.12. Fecha de siembra para las variedades de trigos según hábito de crecimiento y área de producción.

ÁREA DE PRODUCCIÓN	VARIETADES		
	INVIERNO	HÁBITO ALTERNATIVO	PRIMAVERA
Valle Regado	mayo - junio	15 mayo - junio - julio	junio - julio agosto - sept.
Suelos Arroceros	mayo	mayo	15 mayo - junio
Suelos Arenosos	*	mayo - junio	15 junio julio - agosto
Secano Interior	*	*	mayo
Secano Costero	mayo	mayo - junio	15 junio - julio
Precordillera Secano	mayo	mayo - junio	*
Precordillera Riego	*	*	15 julio - agosto
Suelos Rojos	15 abril - mayo	mayo - junio	junio
Secano Húmedo	15 abril - 15 junio	15 abril - agosto	15 julio - septiembre

\* = Variedades no recomendadas.

Cada año, en el mes de marzo, los Centros Regionales de Investigación del INIA ponen a disposición de los agricultores trigueros, cartillas de recomendación de variedades en las cuales se entrega más detalles sobre las fechas de siembra, y características generales de las variedades en Certificación.

## **1.7. DOSIS DE SEMILLA**

La dosis de semilla a utilizar estará principalmente determinada por el tipo de variedad a sembrar, y por la fecha y forma de siembra. En general, para los trigos de invierno y de hábito alternativo la dosis recomendada es de 180 kg/ha, y para los trigos de primavera es de 200 kg/ha en siembras realizadas a máquina. Para siembras al voleo se recomienda aumentar la dosis en 20%. Para trigos de primavera sembrados después del 30 de agosto se recomienda también aumentar la dosis de siembra en un 20%.

## **1.8. COSECHA**

La cosecha del trigo es la etapa final de un proceso en el cual se ha invertido tiempo y dinero. Por ello ésta debe hacerse en el momento oportuno, es decir, cuando el grano de trigo ha bajado su humedad a 14% o menos. La humedad del grano puede ser verificada con un determinador de humedad. Sin embargo, este instrumento no siempre está disponible, por lo que una forma práctica para comprobar si el grano está en condiciones de ser cosechado, puede ser tomando una muestra de espigas y trillarlas con las manos, para luego tomar unos granos y medir su dureza al dente, es decir morderlos con los dientes. Espigas con granos secos serán fácilmente trilladas y los granos estarán muy duros para partarlos con los dientes. En general, en la zona triguera que abarca desde la Región Metropolitana hasta la X Región sur, el trigo se cosecha desde mediados de diciembre hasta febrero, periodo en el cual existe una baja humedad relativa y altas temperaturas, lo que permite asegurar que el grano tendrá una humedad muy próxima al 14%. La cosecha debe realizarse

en forma oportuna, ya que la ocurrencia de lluvias, dependiendo de la intensidad, afectará la calidad del grano, expresada en una reducción en el peso del hectolitro, baja en el valor de sedimentación, y porcentaje de gluten.

## 1.9. SEMILLA CERTIFICADA

“Todas las semillas pueden ser granos, pero no todos los granos pueden ser semillas”.

La semilla es uno de los insumos de producción más importantes en el establecimiento de una buena siembra de trigo, por lo que el uso de una mala semilla es un error difícil y caro de corregir.

La semilla certificada asegura al productor un material que tiene: alta “pureza varietal”, es decir, sabe exactamente qué variedad está sembrando; “buen vigor”, o sea, la capacidad que tiene la futura planta de desarrollarse hasta lograr un completo establecimiento en el suelo; y “alto porcentaje de germinación” que le asegura al productor un número adecuado de plantas por metro cuadrado, que finalmente se reflejará en el rendimiento de grano obtenido.

Para la obtención de semilla certificada se requiere un programa de investigación y producción que contemple los siguientes aspectos: creación, evaluación, suministro de semillas básicas de la nueva variedad, multiplicación de la variedad, cosecha, selección, control de calidad, certificación oficial realizada por el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) y comercialización.

Al adquirir la semilla de trigo certificada el agricultor debe tener presente:

- a) El envase debe llevar cocida una tarjeta de certificación nacional de color rojo para la semilla certificada (C-2) y foliada, la cual es emitida por el SAG.
- b) La tarjeta debe tener una sola costura. Una segunda costura significa

que ese envase fue abierto y el grano que está en su interior es posible que no sea el original.

- c) La tarjeta de certificación es el único medio de protección ante un reclamo posterior respecto de la semilla contenida en el envase, por lo tanto, el comprador debe preocuparse de ella.



Foto 1.2. Tarjeta usada por el SAG y cocida al saco de semilla. El color rojo corresponde a semilla certificada (C-2).

## CAPÍTULO 2

### SISTEMAS DE PREPARACIÓN DE SUELO PARA EL ESTABLECIMIENTO DEL TRIGO

*Autor*

**Jorge Riquelme S.**

*Ingeniero Agrónomo, Dr.  
Mecanización Agrícola y  
Conservación de Suelos.  
INIA Raihuén*

*Consultor Técnico*

**Edmundo Hetz H.**

*Ingeniero Agrónomo Ph. D.  
Ingeniería Agrícola  
Universidad de Concepción*

**E**n la actualidad, la mayoría de los agricultores practica un sistema de preparación de suelo denominada “labranza tradicional”. Este sistema plantea una serie de objetivos que en la actualidad pudieran no tener la misma validez de antaño, puesto que se han producido notables adelantos tecnológicos aplicables en la agricultura. Revisemos los objetivos de la labranza tradicional, y las posibles alternativas de reemplazo.

### **Control de Malezas**

Sin duda el arado de disco y el de vertedera, por medio de la inversión de suelo, pueden ejecutar un buen control de malezas al enterrarlas, pero al mismo tiempo levantan hacia la superficie las semillas de malezas de los estratos profundos, permitiendo su posterior germinación junto con la semilla de trigo que sembramos. En la actualidad existe un rango de herbicidas suficientemente amplio para controlar las malezas existentes, lo que acompañado con la labranza vertical que efectúa el arado cincel, o la cero labranza, puede lograr un control más efectivo sobre las malezas de presembrado.

### **Enterrar Vegetación o Residuos de la Cosecha Anterior**

En la actualidad se practica la quema de los residuos de cosecha, de modo que después que el viento arrastra las cenizas, prácticamente queda muy poco material para invertir. Los nuevos sistemas de labranza reconocen la importancia de dejar los residuos sobre el suelo previamente picados, como un “mulch” o capa que protege contra la erosión y conserva la humedad del suelo.

### **Airear el Suelo**

Se ha demostrado que no es necesario remover el suelo con una herramienta para incrementar su contenido de oxígeno, ya que existen procesos naturales

que producen canales internos en la estructura del suelo; esto incluye la acción de animales, microorganismos, raíces de los cultivos anteriores y el hinchamiento y contracción debido a cambios en la humedad del suelo. En terrenos sin labranza se han encontrado poblaciones de lombrices cinco o diez veces mayores en relación a suelos labrados tradicionalmente. El arado destruye los canales naturales y no siempre lo reemplaza por una mejor estructura. La labranza sólo afecta el suelo hasta una profundidad máxima de 30 cm, aunque las raíces, al permitirles un desarrollo libre, penetren a profundidades mucho mayores. El uso continuo de la labranza tradicional, en cambio, puede producir estratas compactadas por el paso sucesivo del tractor y del implemento.

## **2.1. LABRANZA TRADICIONAL**

Considera la utilización de una serie de implementos que se pueden clasificar en labranza primaria y secundaria.

### **2.1.1. Arado de vertedera**

Realizan el corte en inversión del suelo en bandas de ancho igual a la reja que poseen. Con anchos de reja entre 25 y 55 centímetros puede trabajarse a profundidades que no deben superar el 80% del ancho de la banda de la tierra cortada. La forma de la vertedera determina el grado de aterronamiento, así como la manera en que quedarán mezclados los terrones con la tierra fina (Foto 2.1.).



Foto 2.1. Arado de vertedera reversible de enganche integral al tractor.

### 2.1.2. Arado de disco

El arado de disco se comporta en el suelo de una manera similar a como lo haría una vertedera cilíndrica, pulverizando la banda de tierra que voltea, y mezclando los terrones con la tierra fina. El fondo del surco es ondulado, lo que en principio puede reducir el pie de arado, aunque labores repetidas a igual profundidad llegan a formar una estrata de gran dureza, superior incluso a la del arado de vertedera (Foto 2.2.).



Foto 2.2. Arado de disco de enganche integral al tractor (Márquez, 2001).

### **2.1.3. Arado rotativo**

También conocido como fresadora que, accionado por el Toma de Fuerza (TDF) del tractor, pulveriza el suelo trabajado. El empleo del arado rotativo, a pesar de que aprovecha directamente la potencia del motor del tractor a través del TDF, tiene varias limitaciones. El suelo queda excesivamente esponjado y con posibilidades para que se produzca una estrata compactada.

### **2.1.4. Rastra de disco**

Este es el implemento para tractor de mayor uso en la agricultura chilena. El último censo agrícola (INE 1997) indicó que existían 23.368 agricultores que poseían este implemento. Su utilización mejora la nivelación de suelo y la rotura de terrones. Los esfuerzos que provocan los discos en el suelo van dirigidos hacia abajo, por lo que los terrones se rompen con mayor facilidad; pero estos mismos esfuerzos generan una compactación existiendo, como consecuencia, una mayor probabilidad de que se forme pie de arado. El efecto de nivelación se logra mejor con el montaje en cada unidad de dos filas de disco que muevan el suelo en direcciones encontradas.

### **2.1.5. Cultivador y rastra de clavos**

La acción del cultivador depende de la forma e inclinación de los dientes que lo componen. Si el diente forma un ángulo agudo respecto al plano del suelo, los esfuerzos sobre éste provocarán esponjamiento y salida a la superficie de terrones en todo el perfil trabajado. La combinación de un rodillo de jaula o rodillos con este cultivador permitirá la rotura de los terrones. Los dientes verticales no sacan los terrones a la superficie, sino que mezclan uniformemente los agregados finos y gruesos del suelo, lo que puede hacer que el conjunto de la capa labrada drene mejor y sea más resistente a la compactación natural.

## 2.2. MÍNIMA LABRANZA

Con este sistema de manejo de suelo se busca alterar al mínimo su condición, sólo lo suficiente para que desarrolle el cultivo con el objetivo de:

- Reducir los requisitos de energía y trabajo para la producción del cultivo.
- Conservar la humedad del suelo y disminuir la erosión.
- Reducir el tráfico de la máquina sobre el campo evitando la compactación.

En este caso podemos hablar de dos tipos de labores:

- Adecuación del suelo.
- Manejo de suelo para el establecimiento del cultivo.

En adecuación de suelo, consideraremos labores de drenaje, subsolado y nivelación de suelo.

### 2.2.1. Drenaje subterráneo

En suelos de posición baja, de textura arcillosa, donde en invierno y parte de la primavera se acumula mucha agua, se pueden hacer drenes subterráneos con una herramienta en forma de cilindro, seguida por un tapón expansor unido por una cadena. Es importante que el cilindro pase por el estrato arcilloso de suelo cuando se encuentre en una condición **plástica**, mientras que el soporte del cilindro debe trabajar en la capa superficial del suelo en una condición **friable** de modo que se consiga crear grietas extensas por medio del “estallamiento”. De acuerdo con esto, la época apropiada para realizar labores es al término de la primavera y comienzo del verano, cuando el suelo se encuentra húmedo con una consistencia friable y se requiere de menor energía (Cuadro 2.1.).

Cuadro 2.1. Respuesta del suelo al trabajo de máquinas con respecto al contenido de humedad.

<b>HUMEDAD</b>	<b>CONSISTENCIA DE SUELO RESPUESTA DEL SUELO AL TRABAJO DE LAS MÁQUINAS</b>
Suelo seco	<b>Cementado</b> : Alta resistencia al corte de una herramienta, se generan grandes terrones.
Suelo húmedo	<b>Friable</b> : Menos requerimiento de energía para ejecutar la labor
Suelo saturado	<b>Plástico</b> : Dificultades para transitar sobre el suelo. El suelo se pega a las herramientas. Se facilita la compactación.

### 2.2.2. Subsolado

Es necesario efectuar un manejo de suelo tendiente a eliminar las estratas compactadas producidas por el tractor y las herramientas de labranza tradicionales.

La necesidad de utilizar subsolador dependerá de una evaluación técnica apropiada. Para medir la compactación se utiliza generalmente el penetrómetro. Éste es un instrumento que mide la resistencia a la penetración, expresada por la presión (fuerza por unidad de superficie) necesaria para introducir la punta cónica del equipo hasta una cierta profundidad en el suelo.

La compactación del suelo es, en su mayoría, provocada por el hombre. Ésta se produce por la acción individual o conjunta del peso de la maquinaria, transmitido al suelo a través de las ruedas u otros elementos de apoyo, siendo el factor más importante el número de veces que la maquinaria pasa por el terreno. También el pastoreo de los animales efectuado sobre suelos con alta humedad (consistencia plástica) favorece la compactación del suelo.

La presión de contacto rueda-suelo se puede mantener constante si al aumentar el peso en la rueda también aumenta el **ancho** del neumático, ya que así se compensa el incremento de peso con una mayor superficie de contacto entre la rueda y el suelo, por lo que eligiendo los neumáticos apropiados se evita un aumento de la compactación del suelo.

Es importante evitar el paso de la maquinaria cuando el suelo se encuentra a capacidad de campo, ya que en este caso la compactación puede llegar a ser 5 veces mayor a la producida en el suelo seco. También conviene mejorar la estructura del suelo superficial, dejando sobre él los restos de cosechas en vez de quemarlos, y estableciendo cultivos con sistema radicular superficial y vigoroso.

La decisión de subsolar un suelo deberá provenir de un estudio técnico apropiado, donde se debe tener presente el tipo de suelo. Por ejemplo, los efectos del subsolado duran menos de un año cuando se realizan sobre un suelo de textura media o gruesa. Dada la alta potencia de tracción requerida para esta labor, se debe preferir la utilización de tractores con rueda de cadena.

### 2.2.3. Nivelación de suelos

Se ubica la nivelación de suelos dentro de las labores de adecuación de suelo para una mínima labranza, debido a que esta labor permite mejorar el establecimiento de cultivo de cualquier sistema, así como el uso eficiente del riego. Sólo la mínima y cero labranza permiten preservar la gran inversión que demanda una labor de este tipo.

Dentro de esta labor se pueden distinguir dos tipos de trabajo: La **Macronivelación** y la **Micronivelación**. En el caso de la Macronivelación se requiere de un estudio previo para determinar la calidad del suelo en profundidad y la factibilidad de la labor. En algunos casos se prefiere retirar la capa superficial del suelo, nivelar la capa más profunda con el material generador y, finalmente, devolver la capa superficial del suelo.

La Micronivelación busca el emparejamiento del suelo para la operación más rápida de las demás herramientas, como la sembradora, mejorando la eficiencia del trabajo. La herramienta apropiada para esta labor tiene una cuchilla montada centralmente entre dos ejes bien distanciados que permiten cortar las ondulaciones altas, descargando el suelo arrastrado por la cuchilla en las partes más bajas.

#### 2.2.4. Manejo de suelo para el establecimiento del cultivo

Si se han efectuado labores de adecuación de suelo, y existen problemas de microrelieve debido a la erosión o al pastoreo animal en una época no apropiada, será necesario efectuar una labranza con un implemento que con la ayuda de los rastros bien manejados sobre el suelo no favorezca las pérdidas de éste por el impacto de las gotas de lluvia sobre el suelo desnudo. El arado cincel cumple con este requisito ya que efectúa una labranza vertical, cuya principal característica es soltar el suelo sin invertir ni mezclar las distintas capas de su perfil (Foto 2.3.).



Foto 2.3. Arado Cincel de enganche integral al tractor (CADEPA).

#### 2.2.4.1. Ventajas del arado cincel con respecto a otros arados

- Ahorro de energía. La tracción requerida por unidad de ancho, trabajando a una misma profundidad con una consistencia **friable**, puede ser prácticamente la mitad de la requerida por un arado de vertedera o disco.
- Mejora la infiltración del agua.
- Elimina el estrato compactado, o **pie de arado**, provocado por el paso sucesivo del arado de vertedera o de disco a una misma profundidad.
- Deja los residuos de cosecha, si han sido convenientemente manejados, sobre el suelo. Los arados de disco y vertedera, en cambio, entierran los residuos, eliminando el efecto protector del suelo.
- Evita la proliferación de malezas ya que, como no invierte el suelo, no coloca semillas en condiciones de germinar.
- No desnivela el suelo ni deja camellones o surcos muertos en su operación como otros arados.

#### 2.2.4.2. Descripción del arado cincel

El arado de cincel que más se utiliza en Chile, es el de tipo integral con vástagos curvos. La estructura básica de este arado es el marco portador o chasis en el cual, de acuerdo a sus dimensiones, se pueden montar de 5 a 9 vástagos con mordazas independientes, lo que permite su modificación de acuerdo al tipo de trabajo y capacidad de potencia del tractor.

Conviene seleccionar un arado cincel con gran radio de curvatura en sus vástagos, ya que éstos proporcionan un mayor espacio libre vertical, evitando con ello problemas de atascamiento cuando existe un exceso de rastrojo mal manejado.

### **2.2.4.3. Forma de trabajar en el campo**

El trabajo debe iniciarse en un costado del campo, realizando pasadas adyacentes a la anterior hasta terminar el potrero. Al llegar a las cabeceras del potrero, el arado debe levantarse desde el suelo al girar; esto facilita el trabajo y protege los vástagos y el marco portador, de las fuertes presiones laterales.

Si el cultivo se maneja con un sistema de riego por surco, es necesario seguir las hileras en la primera pasada. Luego, una segunda pasada en forma diagonal a la primera permitirá mejorar el microrelieve del suelo.

## **2.3. CERO LABRANZA**

El establecimiento del trigo sin preparación de suelo, o cero labranza, es una práctica agronómica que exige cambios profundos en el sistema de producción de los agricultores. Pero también es una alternativa sustentable de protección y recuperación de suelos.

La cero labranza puede efectuarse con equipos de tracción mecánica, tracción animal e incluso con equipos accionados manualmente.

La cero labranza es una práctica en la cual la semilla es colocada en los surcos o en agujeros, sin remover el suelo, con un ancho y profundidad suficiente para una adecuada cobertura y contacto de las semillas con el suelo.

El control de malezas, aspecto muy importante para el éxito de la cero labranza, se realiza mediante la aplicación de herbicidas, de una manera racional y segura.

La cero labranza exige tres requisitos:

- 1) siembra sobre los restos de los cultivos anteriores.
- 2) no mezclar el suelo, excepto en el surco de siembra.
- 3) utilizar un adecuado método de control de malezas.

De esta manera la cero labranza se diferencia de otros métodos de cultivo, sobre todo por la poca movilización del suelo, así como la reducción del tráfico de la maquinaria.

### **2.3.1. Control de erosión**

La cero labranza constituye una alternativa entre las más eficientes para el control de la erosión hídrica, sobre todo por impedir la desagregación del suelo generada por el impacto directo de la gota de lluvia sobre el suelo desnudo, y por el mejoramiento de la infiltración del agua en el suelo, con lo cual disminuye el escurrimiento superficial, generador de surcos y cárcavas.

En un ensayo de investigación realizado en el Centro Experimental Cauquenes de INIA, en parcelas de 11 metros de largo con una pendiente del 11%, las pérdidas acumuladas de suelo fueron de 8,7 y 1,3 ton/ha en labranza convencional y cero labranza, respectivamente. Las pérdidas fueron mayores a comienzos del periodo de crecimiento, cuando la cobertura era baja y el agua caída alta. La fracción de agua escurrida resultó ser 27,8 y 5,1% del total de agua caída en labranza convencional y cero labranza, respectivamente. Al extrapolar los valores de pérdidas de suelo a una ladera de 100 m de longitud y pendientes que varían entre un 5 y 20%, las pérdidas de suelo fluctuaron entre 11,9 y 94,1 ton/ha en labranza convencional y entre 1,8 y 14,7 en cero labranza.

En un ensayo similar realizado en la Precordillera de Ñuble (comuna de San Ignacio VIII Región) en un suelo trumao, las pérdidas acumuladas de suelo fueron de 20 y 5 ton/ha en labranza convencional y cero labranza, respectivamente. El sistema convencional en todos los meses generó un escurrimiento casi cuatro veces mayor que la cero labranza. Otras pérdidas que se midieron fueron materia orgánica y nitrógeno. La pérdida de materia orgánica fue de 2.831 y 458 kg/ha año para la labranza convencional y cero labranza, respectivamente. En cuanto a las pérdidas de

Nitrógeno, ellas fueron de 155 y 24 kg/ha para la labranza convencional y la cero labranza, respectivamente.

Cuadro 2.2. Rendimiento de grano de trigo para dos sistemas de preparación de suelo (qgm/ha).

TRATAMIENTOS	TEMPORADAS	
	1994/95	1996/97
Labranza convencional	57,4	64,2
Cero Labranza	64,9	67,1

Fuente: Rodríguez *et al*, 2000.

Aunque no se encontraron diferencias significativas entre ambos tratamientos, se presentó una tendencia a obtener mejores rendimientos con la cero labranza. Por otro lado, el insistir en un manejo convencional de los suelos traerá como consecuencia que las pérdidas de suelo y de nutrientes terminen por hacer improductivo el suelo para continuar cultivándolo y, de esta manera, su uso se restrinja a la producción forestal, fenómeno que ya es habitual en diversos predios del área de la precordillera.

### 2.3.2. Aspectos Económicos

El Cuadro 2.3. muestra una comparación de diferentes parámetros para el establecimiento de una siembra convencional versus cero labranza.

En la segunda columna se muestra la necesidad de un mayor número de labores para el sistema convencional. En cambio, en cero labranza se consigue un ahorro de un 60% en el número de pasadas sobre el campo, lo que constituye un menor tráfico de maquinaria, disminuyendo de este modo la posibilidad de compactar el suelo.

En cuanto al gasto en maquinaria, ésta es menor para la cero labranza. El ahorro más significativo se produce en el consumo de combustible, el cual es un 75% menor para la cero labranza. Éste es un parámetro importante a tener en cuenta, debido a las constantes alzas del combustible.

En cuanto a los costos de operación, éstos son un 57% menor para la cero labranza. Este tipo de análisis es lo que ha motivado a los agricultores argentinos y del sur de Brasil a introducir la cero labranza ya no por razones de conservación de suelo, sino también por la ventaja económica que significa la reducción del consumo de combustible y número de labores necesarias para el establecimiento de los cultivos.

Cuadro 2.3. Comparación de dos sistemas de establecimiento de trigo.

<b>ESTABLECIMIENTO TRADICIONAL</b>	<b>NÚMERO DE LABORES</b>	<b>INVERSIÓN EN MAQUINARIA (\$)</b>	<b>CONSUMO DE COMBUSTIBLE (L/ha)</b>	<b>COSTO DE OPERACIÓN (\$/ha)</b>
1. Aradura con disco	1	3.500.000	36,5	23.600
2. Rastraje con Offset	2	3.150.000	19,0	13.891
3. Vibrocultivador	1	1.150.000	6,6	4.389
4. Siembra	1	7.670.000	10,1	9.750
Total	5	15.470.000	72,2	51.630
(%)	100	100	100	100
<b>ESTABLECIMIENTO CERO LABRANZA</b>				
1. Pulverizador Herbicida	1	1.500.000	4,4	3.043
	-	-	-	6.000
2. Siembra	1	9.500.000	13,4	13.154
Total	2	11.000.000	17,8	22.197
(%)	40	70	25	43

### 2.3.3. Sembradoras

En la actualidad podemos hablar de sembradoras convencionales de cero labranza, como la de triple disco, que consta de un primer disco para cortar el rastrojo y luego un disco doble que permite depositar en forma correcta la semilla y el fertilizante. Se caracteriza por una mayor relación peso por ancho de siembra, equivalente en promedio a 1.100 kilos por metro de ancho. Son las más pesadas, pero ejercen menor presión por disco, ya que deben distribuir este peso prácticamente en tres discos por unidad. El mayor peso incrementa también el requerimiento de tracción y potencia, llegando a demandar hasta 38 HP/m de ancho, en la barra de tiro del tractor.

Otra sembradora convencional es la de monodisco, la que posee una relación peso por ancho de trabajo menor que en el caso anterior, 800 kilos por metro de ancho, pero una mayor presión por disco, dado que el peso se distribuye en un disco por unidad, siendo los requerimientos de potencia menores a 27 HP/m. Estas sembradoras se adaptan mejor a condiciones de excesivo rastrojo. Sin embargo, en condiciones de suelos saturados de agua se tiende a compactar el surco y dejar la semilla descubierta. También se producen problemas en suelos muy pedregosos.

Finalmente otras sembradoras convencionales son las con abresurco tipo cincel. Son más livianas ya que no requieren de peso para que el cincel corte el suelo. Su relación peso por ancho de trabajo es de 200 kilos por metro de ancho y requieren menos potencia, 20 HP/m de ancho. No se adaptan bien a condiciones de excesivo rastrojo, siendo las más adecuadas en terrenos muy pedregosos. Debido a que el cincel incrementa su capacidad de estallamiento de suelo en la medida que es mayor la velocidad de avance, es necesario trabajar con estas máquinas a baja velocidad, impidiendo de este modo que el suelo quede disturbado y expuesto al impacto de la gota de lluvia, agente principal de la erosión de suelo.

### 2.3.4. Manejo y regulación de la sembradora

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. El resultado de la dosificación puede ser confirmado mediante sencillas prácticas, como una regulación estática, que consiste en medir el radio de la rueda bajo carga (Rbc), el que se mide desde el eje de la rueda hasta la superficie del suelo de siembra, con la máquina cargada. Luego, levantar la rueda de la sembradora con la ayuda de una "gata"; hacer girar la rueda hasta que se observe que cae semilla de los dosificadores; efectuar una señal en la rueda con una tiza; ubicar bolsas plásticas en cada tubo sembrador, y dar veinte vueltas a la rueda utilizando la señal como referencia. Una vez terminada esta operación se procede a pesar cada bolsita. El peso de cada una de ellas deberá coincidir con el resultado de la siguiente expresión:

$$Pb = 0,01257 * Ds * Rbc * Deh$$

Donde: **Pb = Peso bolsita (kg)**

**Ds = Dosis semilla (kg/ha)**

**Rbc = Radio de la rueda bajo carga (m)**

**Deh = Distancia entre hileras de siembra (m)**

Por ejemplo, se desea sembrar una dosis de trigo de 180 kg/ha. El radio de la rueda de la sembradora bajo carga es de 52 cm y la distancia entre hileras de la sembradora es de 17 cm. Entonces:

$$Pb = 0,01257 * 180 * 0,52 * 0,17 = 0,200 \text{ kg} = 200 \text{ g}$$

Por lo tanto, en cada bolsita se deberá recibir 200 gramos de semilla, en 20 vueltas de rueda.

Conviene comparar el peso de todas las bolsitas, lo que permite detectar fallas en los dosificadores. También es conveniente revisar el estado de la semilla recogida en las bolsitas. Si aparecen semillas partidas, conviene revisar el o los dosificadores que generen tal daño para realizar los ajustes debidos. Por ejemplo, en el caso de dosificadores del tipo rodillo acanalado, existe una pequeña palanca que permite modificar la abertura del regulador de semilla, dependiendo del tamaño de ésta.

En cuanto a la dosificación del fertilizante, el método de regulación es similar al de la semilla. Antes de llenar el estanque con el fertilizante, es conveniente revisar el estado de los dosificadores. En el caso de dosificadores del tipo estrella, conviene verificar si éstos giran al hacer girar la rueda, pues pudiera estar roto el pasador que los une al mecanismo de transmisión y, de este modo, no arrastraran fertilizante durante la operación de siembra. Este dosificador también cuenta con una pequeña compuerta que, dependiendo de la posición de una palanca general asociada a una escala numérica, limita o incrementa el flujo de salida del fertilizante. Una manera sencilla de ajustar las compuertas, de modo que todas abran igual, es ubicar la palanca general en la posición "0" y poner una moneda de 10 pesos en cada estrella y ajustar las compuertas, de modo que todas sujeten la moneda en esa posición. Esto permite asegurar que todas las compuertas, en cualquier posición de la palanca general, tendrán la misma altura entregando el fertilizante de manera forma uniforme.

Debido a que los sistemas de dosificación de algunas sembradoras son muy sensibles al movimiento en el terreno de siembra, es conveniente efectuar también una dosificación dinámica. Para ello se ubican bolsitas a la salida de los dosificadores de semilla y fertilizante, y se hace trabajar la sembradora en el mismo terreno de siembra. Se avanza una distancia de 50 m, y al final se pesan las bolsitas que deberán llevar un número para identificar a qué dosificador corresponden. El peso de cada bolsita dinámica de semilla ( $P_{bd}$ ) deberá coincidir con el calculo teórico de la siguiente expresión:

$$\mathbf{Pbd = 0.005 * Ds * Deh}$$

Por ejemplo, para la misma siembra en que se desea dejar 180 kg de semilla de trigo por hectárea, el peso de cada bolsita deberá ser:

$$\mathbf{Pbd = 0.005 * 180 * 0.17 = 0.153 \text{ kg} = 153 \text{ g}}$$

Para el caso del fertilizante se reemplaza la dosis de semilla (**Ds**), por la dosis de fertilizante.

Otros requerimientos, en la siembra de cero labranza, son dejar la semilla a una profundidad correcta, en un suelo que no siempre suele ser parejo. Para ello la sembradora cuenta con un sistema de resorte en cada abresurco que permite seleccionar la tensión adecuada de ellos, así como mecanismos controladores de profundidad.

También es conveniente revisar los dispositivos compactadores de semilla. En cero labranza el cubrimiento de la semilla depende del contenido de humedad del suelo. En un suelo muy húmedo, el surco tenderá a quedar abierto. En un suelo muy seco existirá una tendencia a la formación de terrones. 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.

Al final de cada jornada será necesario revisar los elementos de unión de piezas de la sembradora. Un perno quebrado puede afectar una pieza de alto costo. Guiado por el manual de operaciones de la máquina, lubrique y engrase la máquina todos los días. Con ello alargará la vida útil de la máquina.

## BIBLIOGRAFÍA

- CADEPA. 2000.** Conservación del medio ambiente agrícola y de desarrollo rural participativo en la Comuna Ninhue, VIII Región. 180 p. JICA/ MINAGRI/ ODEPA/ INIA QUILAMAPU, Chillán, Chile.
- Acevedo E. y Silva P. 2003.** Agronomía de la Cero Labranza. Facultad de Ciencias Agronómicas. Serie Ciencias Agronómicas Nº 10. 118 p. Universidad de Chile. Santiago, Chile.
- Ashburner, J. y Sims, B.** Elementos de diseño de tractor y herramientas de labranza. 571p. IICA. San José, Costa Rica.
- Crovetto, C. 2001.** Sistemas de Cero-Labranza. En: Agenda del Salitre. pp.: 407-420. 11º ed. Soquimich Santiago, Chile.
- Pozo A. del; Riquelme, J.; Jeldres, D. y Aliaga C. 1993.** Pérdidas de suelo por erosión hídrica en tres sistemas de labranza en el secano interior de la zona mediterránea de Chile. pp.: 417-422 1º Encuentro Latino Americano sobre Planto Direto na Pequena Propiedade.
- Ibáñez, M. y Hetz, H. 1988.** Arados Cinceles y Subsoladores. Universidad de Concepción. 43 p. Boletín de Extensión Nº 29. Chillán, Chile.
- Hetz, H. 1989.** Rastras de discos. Universidad de Concepción. 37 p. Boletín de Extensión Nº 36. Chillán, Chile.
- Márquez, L. 2001.** Maquinaria para la preparación de suelo, la implantación de los cultivos y la fertilización. 496 p. B&H. Madrid, España.
- Ortiz – Cañavate, J. y Hernaz, J. 1989.** Técnica de la Mecanización Agraria. 3ª ed. 643 p. Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Riquelme, J. 2001.** Sistemas de preparación de Suelo y establecimiento de cultivos. En: Agenda del Salitre. 11º ed. pp.:395-405. Soquimich. Santiago, Chile.

**Rodríguez, N.; Ruz, E.; Valenzuela, A. y Belmar, C. 2000.** Efecto del sistema de laboreo en las pérdidas de suelo por erosión en la rotación trigo-avena y praderas en la precordillera andina de la región centro-sur. *Agricultura Técnica (Chile)* 60: 259- 269.

**Smith, D.; Sims, B. y O'Neil, D. 1994.** Principios y prácticas de prueba y evaluación de máquinas y equipos agrícolas. 272 p. Boletín de servicios agrícolas de la FAO. N° 110. Roma, Italia.

## CAPÍTULO 3

### FERTILIZACIÓN DEL CULTIVO

*Autor*

**Juan Hirzel C.**

Ingeniero Agrónomo, M. S.

Fertilidad de Suelos

INIA Quilamapu

*Consultor Técnico*

**Carlos Rojas W.**

Ingeniero Agrónomo Ph. D.

Fertilidad de Suelos

INIA LA Platina

### 3.1. REQUERIMIENTOS DE SUELO

Para un buen desarrollo del cultivo de trigo se requiere disponer de suelos preferentemente bien drenados, profundos, de texturas medias, y con características químicas que permitan su adaptación, las cuales se indican en el Cuadro 3.1. a modo de referencia.

Cuadro 3.1. Valores de referencia de características químicas para el cultivo de trigo.

<b>ELEMENTO O VARIABLE ANALIZADA</b>	<b>UNIDAD DE MEDIDA</b>	<b>NIVEL ADECUADO</b>
Materia orgánica	%	Mayor a 1,5
pH (al agua) 1:2,5	—	5,5 - 7,5
Nitrógeno disponible	mg/kg o ppm	Mayor a 20
Fósforo disponible (Olsen)	mg/kg o ppm	Mayor a 15
Potasio intercambiable	cmol(+)/kg o meq/100 gramos	0,3 - 0,8
Calcio intercambiable	cmol(+)/kg o meq/100 gramos	3 - 12
Magnesio intercambiable	cmol(+)/kg o meq/100 gramos	0,7 - 3,0
Sodio intercambiable	cmol(+)/kg o meq/100 gramos	0,03 - 0,1
Suma de bases	cmol(+)/kg o meq/100 gramos	Mayor a 5
Saturación de bases	%	60 - 80
Saturación de Aluminio	%	Menor a 5
Hierro disponible	mg/kg o ppm	2 - 4
Manganeso disponible	mg/kg o ppm	1 - 2
Zinc disponible	mg/kg o ppm	1 - 2
Cobre disponible	mg/kg o ppm	0,5 - 1
Boro disponible	mg/kg o ppm	1 - 2

Para la adecuada interpretación de estos valores, es necesario considerar que el contenido de potasio, calcio, magnesio y sodio del suelo actualmente se expresan en cmol(+)/kg. Anteriormente, el contenido de calcio, magnesio y sodio se expresaba en meq/100 gramos de suelo. La expresión de resultados

del contenido de estos elementos en meq/100 gramos de suelo, o cmol(+)/kg corresponde exactamente a la misma cantidad, es decir, 1 cmol(+)/kg = 1 meq/100 gramos.

En el caso del potasio, anteriormente su contenido en el suelo se expresaba en mg/kg (ppm). Para realizar la conversión desde cmol(+)/kg a mg/kg (ppm) se debe multiplicar por el siguiente factor:

Potasio: mg/kg (ppm) de K = cmol(+)/kg de K \* 390

Por ejemplo, si un suelo presenta un contenido de potasio de 0,2 cmol(+)/kg esto corresponde a 78 mg/kg (ppm) del mismo elemento.

Para que exista un adecuado suministro de nutrientes por parte del suelo, además de situarse en los niveles adecuados señalados en el Cuadro 3.1., se debe esperar que:

- \* El Calcio ocupe entre el 80-85% de la Suma de Bases (Suma del Calcio, Magnesio, Potasio y Sodio, expresados en cmol(+)/kg).
- \* El Magnesio ocupe entre el 10-12% de la Suma de Bases.
- \* El Potasio ocupe entre el 3-5% de la Suma de Bases.

Cuando algún elemento presenta un nivel deficiente en el suelo, es posible aumentar la dosis usada normalmente en la fertilización de siembra o presiembra, contribuyendo a corregir en parte la deficiencia y aumentar la disponibilidad del nutriente para el desarrollo del cultivo. Esta práctica debe realizarse durante varios años y en todos los cultivos de la rotación, hasta que el análisis de suelo indique que se ha logrado un nivel de disponibilidad aceptable para el elemento que se quería corregir.

La evaluación de la fertilidad química del suelo, se realiza a través del resultado del análisis de una muestra compuesta y representativa de éste, la cual debe ser colectada desde los primeros 20 centímetros. Para que la muestra compuesta sea representativa, debe colectarse entre 10 a 20 submuestras por potrero, considerándose como potreros individuales a aquellos que presentan el mismo tipo de suelo, y que han sido sometidos al mismo manejo agronómico en términos de rotación de cultivos, manejo de residuos y manejo de la

fertilización. La época de muestreo también es importante, puesto que existen elementos, como el Nitrógeno, cuya dinámica en el suelo puede implicar la obtención de resultados muy diferentes, según la época del año en la cual fue colectada la muestra. A modo de ejemplo, en la Figura 3.1. se presenta la evolución del contenido de N disponible de un suelo originado de cenizas volcánicas del valle regado de la VIII Región, el cual fue mantenido sin cultivo, sin riego y sin fertilización. De acuerdo a estos resultados, la época adecuada para colectar una muestra de suelo, previo a una siembra de trigo, corresponde a los meses de otoño e invierno (ya sea trigo de invierno o primavera), posterior al inicio de las primeras lluvias invernales. De esta forma se descarta el nitrógeno que es perdido por lixiviación, obteniendo así un contenido de nitrógeno que represente con mayor aproximación el aporte del suelo previo al inicio del cultivo.

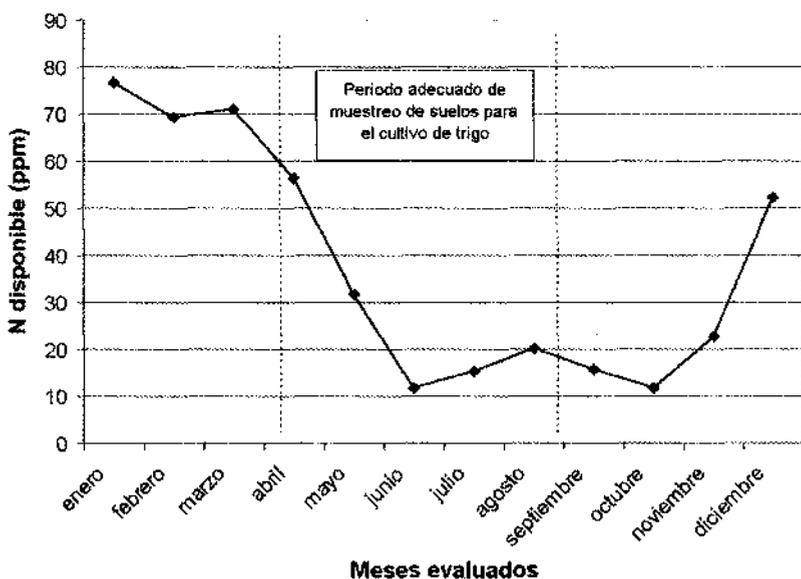


Figura 3.1. Evolución del contenido de N disponible en el suelo en el ciclo anual.

Los nutrientes esenciales para el trigo son los mismos que se conocen para la mayoría de las plantas cultivadas (nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre, hierro, manganeso, cobre, zinc, cloro, molibdeno, boro y níquel). Algunos de ellos son proporcionados de manera suficiente por el suelo, la atmósfera o el agua de riego. No obstante, existen otros que deberían ser considerados regularmente en la fertilización de este cereal, puesto que se han detectado deficiencias a nivel de suelo, y de planta, en diferentes condiciones agroclimáticas. La función de estos nutrientes se detalla a continuación:

## **Nitrógeno (N)**

Este nutriente corresponde a un macroelemento, es decir, es requerido en una cantidad relativamente mayor a otros elementos como el boro y el zinc. Su contenido dentro de las diversas estructuras de la planta se expresa en porcentaje.

El N es encontrado en compuestos orgánicos como aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos, y enzimas. También se puede encontrar en forma inorgánica como nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ), o como amonio ( $\text{NH}_4^+$ ), siendo éstas las principales formas de absorción desde el suelo.

En condiciones de alto contenido interno de N, los excesos de nitrato son almacenados en las células, constituyendo una forma segura de reserva inorgánica de N. Por su parte, los excesos de amonio no pueden ser almacenados y pueden causar toxicidad dentro de la planta, que se detecta por la presencia de tejidos necrosados (rompimiento de tejidos vasculares y restricción del consumo de agua). Durante los primeros estados de crecimiento del trigo existe una mayor absorción relativa de amonio, incrementándose, posteriormente, la absorción relativa de nitrato.

La concentración de N en la planta de trigo disminuye con la edad, pudiendo variar desde un 3,5 – 4,2% en el estado de plena macolla, hasta un 0,9 – 1,2 % al estado de madurez para cosecha.

La concentración de N en el grano de trigo en estado de madurez de cosecha puede fluctuar entre un 1,6 – 1,8%, superando a los otros nutrientes.

La aplicación de N a la forma de nitratos estimula la absorción de cationes como el calcio, magnesio y potasio, mejorando el rendimiento del cultivo y contribuyendo, además, a controlar la acidez del suelo. La aplicación de N a la forma amoniacal estimula la absorción de fósforo y disminuye la absorción de cationes, generando una acidificación del suelo en forma paulatina. En condiciones de pH adecuado para el cultivo de trigo, se sugiere realizar aplicaciones combinadas de ambas fuentes de N, con lo cual se mejora el balance nutricional dentro de la planta. En condiciones de pH ácido (menor a 5,8) se sugiere la aplicación de fuentes nítricas (nitrato de potasio, nitrato de calcio, o nitrato de magnesio) y en condiciones de pH neutro a básico (mayor a 7,0) la aplicación incorporada de fuentes amoniacales (sulfato de amonio, fosfato diamónico, fosfato monoamónico, o urea) en combinación con fuentes nítricas.

El N está relacionado con el crecimiento vegetativo de la planta. Por lo tanto, crecimientos vigorosos indican excesos en el suministro de N, ya sea desde el suelo, agua, o fertilizantes nitrogenados. La deficiencias de N se manifiestan en las hojas maduras, presentándose coloraciones verde pálido o amarillas, lo cual indica una pérdida de la clorofila. Cuando la deficiencia de N es severa, se aprecia una amarillez generalizada en toda la planta. Los excesos de nitrógeno se manifiestan en un 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.



Foto 3.1. Cultivo de trigo deficiente en nitrógeno.



Foto 3.2. Deficiencia de nitrógeno en hojas de trigo.



Foto 3.3. Cultivo de trigo sin problemas nutricionales.

## **Fósforo (P)**

El fósforo es otro macroelemento, constituyente de algunas proteínas y enzimas.

El P está relacionado con la transferencia de energía dentro de la planta y con el crecimiento radical. También contribuye a la madurez de diversos tejidos. Las deficiencias de P se detectan por la presencia de coloraciones rojizas en las hojas maduras, las cuales normalmente se inician desde los márgenes. Otro síntoma de deficiencia es un escaso desarrollo de raíces, y un menor tamaño de hojas, como también una madurez prematura de la planta.

La concentración de P en la planta de trigo disminuye con la edad, pudiendo variar desde un 0,23 – 0,30% en el estado de plena macolla, y bajar a un 0,12 – 0,18% al estado de madurez para cosecha. La concentración de P en el grano de trigo en estado de madurez de cosecha puede fluctuar entre un 0,25 – 0,30%.

La corrección de niveles deficientes de fósforo en el suelo se realiza con la fertilización de siembra y presiembra, y sus dosis dependerán del tipo de suelo y de la magnitud de la deficiencia.

Cuando el pH del suelo es ácido, es recomendable que la fertilización se realice con superfosfato triple. En condiciones de pH básico, o neutro, se sugiere emplear fosfato monoamónico o diamónico.

## **Potasio (K)**

Este macroelemento está relacionado con la mantención de la condición hídrica dentro de la planta. Altos contenidos de K contribuyen a aumentar la tolerancia y/o resistencia de la planta frente a enfermedades y plagas.

La concentración de K en la planta de trigo disminuye con la edad, pudiendo variar desde un 3,8 – 4,5% en el estado de plena macolla, bajando a un 0,9 – 1,2% al estado de madurez para cosecha.

La concentración de K en el grano de trigo, en estado de madurez de cosecha, puede fluctuar entre un 0,30 – 0,45%.

En suelos de textura arcillosa, o franco arcillosa, el trigo es susceptible a presentar deficiencias de K. Los suelos originados de cenizas volcánicas, normalmente suministran cantidades adecuadas de K a las plantas, no obstante, la aplicación de este elemento debe realizarse en forma anual.

El K es un elemento muy móvil dentro de la planta. Las deficiencias de potasio se distinguen por la presencia de hojas con márgenes color café que pueden tomar formas acucharadas. Los excesos de potasio pueden inducir deficiencias de calcio o magnesio.

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

Otros elementos secundarios y elementos trazas requeridos por el cultivo son los siguientes:

### **Calcio (Ca)**

El Ca corresponde a otro macroelemento que actúa manteniendo la integridad de la pared celular y la permeabilidad de la membrana frente al ingreso de otros elementos.

La concentración de Ca en la planta de trigo disminuye con la edad, pudiendo variar desde un 0,28 – 0,30% en el estado de plena macolla, hasta un 0,08 – 0,10% al estado de madurez para cosecha.

La concentración de Ca en el grano de trigo en estado de madurez de cosecha puede fluctuar entre un 0,03 – 0,04%.

Altos contenidos de Ca dentro de la planta aumentan la tolerancia, o resistencia, frente al ataque de enfermedades y plagas.

Al igual que lo sucedido con el K, suelos arcillosos pueden generar deficiencias de Ca en el cultivo. Otra condición de deficiencia se produce en suelos de pH ácido. Por otra parte, la aplicación de fuentes amoniacales de N en altas dosis puede generar deficiencias de Ca.

Las plantas deficientes en Ca presentan los ápices de las hojas de color café. A la vez, estas deficiencias se presentan en los crecimientos terminales debido a la poca movilidad del Ca dentro de la planta.

Un bajo contenido de Ca en el suelo muchas veces está asociado a la acidez de éste, por lo tanto, la corrección se puede realizar con carbonato de calcio (Cal). Si además existe un nivel deficiente de magnesio, se puede emplear carbonato de calcio y magnesio (Cal dolomítica). Las aplicaciones de cualquier tipo de cal deben realizarse en otoño, o invierno, para que las lluvias faciliten la hidrólisis de la Cal y la disponibilidad de calcio y/o magnesio al cultivo siguiente. La Cal no debe localizarse cerca de fertilizantes a base de fósforo o boro, para evitar la fijación de estos elementos.

## **Magnesio (Mg)**

Este macroelemento es el componente central de la molécula de clorofila, por lo que resulta esencial para el proceso de fotosíntesis.

La concentración de Mg en la planta de trigo disminuye con la edad, pudiendo variar desde un 0,14 – 0,16% en el estado de plena macolla, hasta un 0,05 – 0,07% al estado de madurez de cosecha.

La concentración de Mg en el grano de trigo, en estado de madurez de cosecha, puede fluctuar entre un 0,08 – 0,10%, superando el contenido de Ca.

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 presentan deficiencias de Mg.

Las deficiencias de Mg se reconocen por la presencia de hojas adultas con clorosis intervenal (desintegración de la clorofila). Cuando las hojas jóvenes presentan clorosis intervenal, esta sintomatología corresponde a una deficiencia de Hierro (Fe), que está asociada a suelos de pH básico (mayor a 7,0).

La corrección de magnesio al suelo se puede realizar con cal dolomítica aplicada durante la época otoño – invierno, o con fertilizantes magnésicos como el sulfato de magnesio, sulpomag y el nitrato de magnesio. Los dos primeros se pueden emplear en cualquier época. En cambio, el nitrato de magnesio se debe aplicar en periodos libres de lluvia, para evitar pérdidas de nitratos por lixiviación.

## **Boro (B)**

El contenido de B dentro de la planta es del orden de 200 a 1000 veces inferior al de N. No obstante, este microelemento en muchas ocasiones puede presentar niveles deficientes en los suelos cultivados con trigo.

El primer síntoma o efecto de la deficiencia de B es el crecimiento anormal de los ápices meristemáticos, que posteriormente pueden llegar a atrofiarse y morir.

El exceso de B causa amarillez pálida de tejidos, los cuales posteriormente se necrosan. Las hojas eventualmente exhiben una apariencia corchosa.

La concentración de B en la planta de trigo disminuye con la edad, pudiendo variar desde 8 a 11 ppm (mg/kg) en el estado de plena macolla, hasta 1,8 a 2,0 ppm al estado de madurez para cosecha.

La concentración de B en el grano de trigo en estado de madurez de cosecha puede fluctuar entre 0,4 a 0,8 ppm, correspondiendo a uno de los microelementos de menor concentración en el grano.

La disponibilidad de B en el suelo disminuye frente a las siguientes condiciones: menor contenido de B total en el suelo, mayor contenido de arcilla, con-

tenido de materia orgánica inferior a 1,5%, suelos muy húmedos o muy secos, bajas temperaturas en el suelo, condiciones de alta lixiviación de nutrientes, y uso de altas dosis de carbonato de calcio.

La aplicación de boro al suelo, para corregir niveles deficientes según el análisis de fertilidad química (Cuadro 3.1.), se puede realizar al momento de presiembrar o siembra a través del uso de fertilizantes como boronatrocalcita y bórax.

## **Zinc (Zn)**

Este elemento interviene en la síntesis de clorofila.

Las deficiencias de Zn se reconocen por la presencia de hojas pequeñas, con clorosis intervenal presentada en bandas. Una alta concentración de P en la solución del suelo puede inducir deficiencias de Zn.

El exceso de Zn puede generar deficiencias de Hierro (Fe), lo cual es reconocido por una clorosis intervenal en las hojas nuevas de la planta.

La concentración de Zn en la planta de trigo disminuye con la edad, pudiendo variar desde 12 a 20 ppm (mg/kg) en el estado de plena macolla, hasta 10 a 12 ppm al estado de madurez para cosecha.

La concentración de Zn en el grano de trigo en estado de madurez de cosecha puede fluctuar entre 25 a 35 ppm.

La corrección de niveles deficientes de Zn en el suelo se debe realizar al momento de siembra, usando de 10 a 30 kg/ha de sulfato de zinc, según la magnitud de la deficiencia (Cuadro 3.1.).

### 3.2. NECESIDADES NUTRICIONALES DEL CULTIVO

La cantidad de nutrientes requerida por un cultivo de trigo es función del rendimiento esperado, de la variedad, y del hábito de crecimiento, principalmente. Entre mayor sea el nivel de rendimiento esperado, será también mayor la necesidad de nutrientes del cultivo, especialmente del nitrógeno. Respecto a la variedad, se presentan diferencias en los contenidos de proteína en el grano, lo cual indica una diferencia en el requerimiento de nitrógeno de la planta. En relación al hábito de crecimiento, aquellas variedades invernales presentan, en general, mayores extracciones totales de nutrientes que variedades primaverales, por presentar un mayor periodo de permanencia en el suelo.

En las figuras 3.2. y 3.3. se presenta la producción de materia seca total en diferentes estados fenológicos del ciclo de crecimiento del cultivo de trigo variedad Quelén-INIA (hábito alternativo) y Domo-INIA (hábito primaveral), respectivamente.

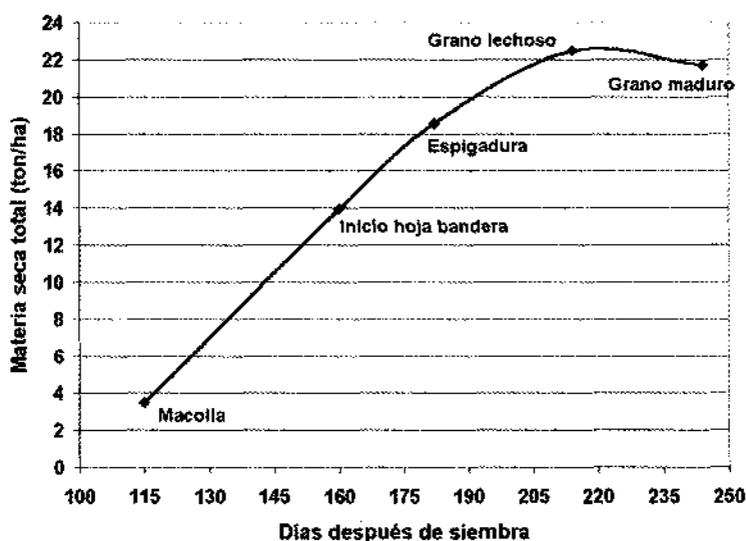


Figura 3.2. Producción de materia seca total en la variedad Quelén-INIA, para un rendimiento de 87 qqm/ha. Campo Experimental Santa Rosa de INIA Quilamapu, Chillán 2002/03.

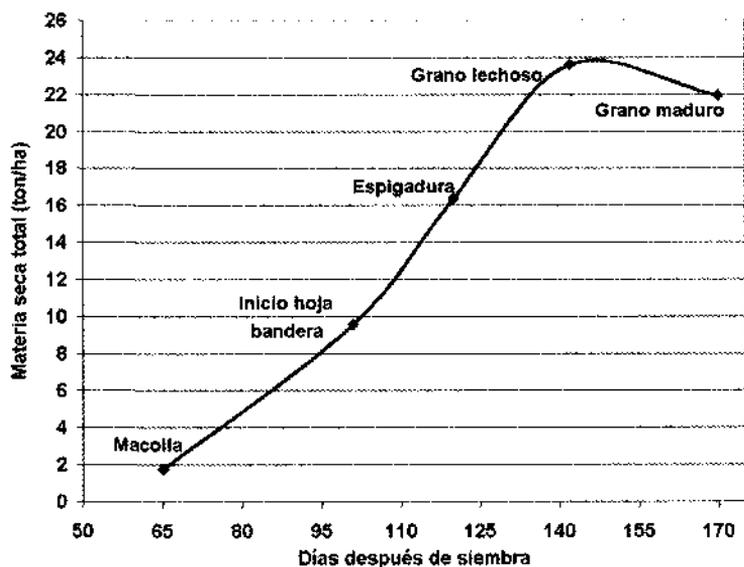


Figura 3.3. Producción de materia seca total en la variedad Domo-INIA, para un rendimiento de 84 qqm/ha. Campo Experimental Santa Rosa de INIA Quilamapu, Chillán 2002/03.

En los cuadros 3.2. y 3.3. se presenta la extracción relativa de nutrientes de las variedades Quelén INIA y Domo INIA, respectivamente. Los antecedentes de extracción relativa de nutrientes permiten conocer la importancia de realizar aportes nutricionales en forma oportuna, y de acuerdo a las necesidades que presenta el cultivo durante su ciclo de crecimiento.

Cuadro 3.2. Extracción relativa de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, CaO y MgO en trigo variedad Quelén-INIA, 2002/03.

ESTADO FENOLÓGICO	DÍAS DESPUÉS DE SIEMBRA	PORCENTAJES DEL TOTAL*				
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO
Plena macolla	115	48,7	27,3	51,6	32,0	30,8
Inicio de hoja bandera	160	39,6	52,1	39,1	65,5	49,0
Espigadura	182	10,3	16,0	7,9	2,5	14,5
Grano lechoso	214	1,4	3,2	1,4	0	5,7
Grano duro	244	0	1,4	0	0	0

\* Se considera como total a la extracción máxima obtenida durante el ciclo de desarrollo del cultivo (263 kg de N, 85 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 316 kg de K<sub>2</sub>O, 44 kg de CaO y 26 kg de MgO).

Del Cuadro 3.2. se desprende que en los estados iniciales de desarrollo de la variedad Quelén INIA se produce una considerable extracción de nutrientes. Asimismo, al momento de acercarse al término de la etapa vegetativa (inicio de hoja bandera), se logra una extracción del 88,3% del N, 79,4% del P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 90,7% del K<sub>2</sub>O, 97,5% de CaO, y 79,8% del MgO. Por lo tanto, en variedades

Cuadro 3.3. Extracción relativa de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, CaO y MgO en trigo variedad Domo-INIA, 2002/03.

ESTADO FENOLÓGICO	DÍAS DESPUÉS DE SIEMBRA	PORCENTAJES DEL TOTAL*				
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO
Plena macolla	65	28,9	13,5	32,6	19,4	23,5
Inicio de hoja bandera	101	57,1	54,0	43,3	61,6	48,5
Espigadura	120	13,1	31,7	20,5	13,5	10,0
Grano lechoso	140	0,9	0,8	3,6	5,5	18,0
Grano duro	170	0	0	0	0	0

\* Se considera como total a la extracción máxima obtenida durante el ciclo de desarrollo del cultivo (243 kg de N, 68 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 283 kg de K<sub>2</sub>O, 36 kg de CaO y 20 kg de MgO).

de hábito invernal, como Quelén, cualquier aplicación de N al suelo en forma parcializada debe concluirse antes del estado de inicio de hoja bandera, ya que posteriormente se presenta una muy baja extracción de este elemento.

De igual manera, del Cuadro 3.3. se desprende que en los estados iniciales de desarrollo de la variedad Domo-INIA se produce una considerable extracción de nutrientes. Asimismo, al momento de acercarse al término de la etapa vegetativa de esta variedad (inicio de hoja bandera), se logra una extracción del 86,0% del N, 67,5% del  $P_2O_5$ , 75,9% del  $K_2O$ , 81,0% de CaO, y 72,0% del MgO. Por lo tanto, en variedades de hábito primaveral como Domo, cualquier aplicación de N al suelo en forma parcializada debe concluirse antes del estado de inicio de hoja bandera, ya que posteriormente se presenta una muy baja extracción de este elemento.

En el Cuadro 3.4. se presenta una guía de necesidades de N,  $P_2O_5$ ,  $K_2O$ , CaO y MgO en trigo para diferentes niveles de rendimiento, la cual fue determinada con los resultados presentados en los cuadros 3.2. y 3.3., que a su vez fueron obtenidos con una fertilización completa y balanceada en un suelo volcánico del valle regado de la VIII Región. En esta guía de necesidades no se considera el aporte del suelo.

Cuadro 3.4. Requerimientos de N,  $P_2O_5$ ,  $K_2O$ , CaO y MgO en trigo para alcanzar diferentes niveles de rendimiento, sin considerar el aporte del suelo.

NIVEL DE RENDIMIENTO (qqm/ha)	kg/ha				
	N	$P_2O_5$	$K_2O$	CaO	MgO
40	104-124	29-39	120-144	15-19	8-12
50	130-155	36-49	150-180	19-24	10-15
60	156-186	43-59	180-216	23-29	12-18
70	182-217	50-69	210-252	27-34	14-21
80	208-248	58-78	240-288	30-38	16-24
90	234-279	64-89	270-324	35-44	18-27
100	260-310	72-98	300-360	38-48	20-30

El reparto de los nutrientes considerados en el Cuadro 3.4. entre los componentes grano y residuo al momento de cosecha, depende de cada nutriente, y se presenta en términos porcentuales en la Figura 3.4.

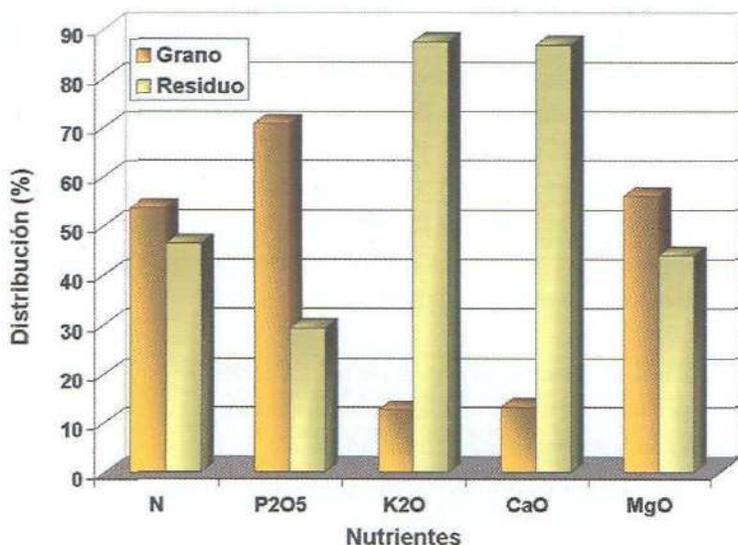


Figura 3.4. Distribución porcentual de nutrientes en los componentes grano y residuo al momento de madurez del trigo.

Los antecedentes presentados en la Figura 3.4. indican que la mayor parte del N, P y Mg extraídos por la planta de trigo, es localizada en los granos, en cambio, una gran proporción del K y Ca es localizada en el residuo. Con esta información se debe considerar que, al realizar incorporación de residuos de trigo, se está devolviendo al suelo una gran cantidad del K y Ca extraídos por este cultivo, los cuales van quedando disponibles al siguiente cultivo en la medida que el residuo se va descomponiendo. Al respecto, cabe señalar que para lograr una adecuada descomposición de un residuo de trigo, se necesitan entre 15 a 20 kg de N por cada tonelada de residuo, los cuales pueden provenir del contenido de N disponible en el suelo al momento de incorporar el residuo y, si fuera necesario, de un aporte de N como fertilizante.

### 3.3. NECESIDADES DE FERTILIZACIÓN CON NITRÓGENO, FÓSFORO Y POTASIO DEL CULTIVO DE TRIGO

Como se señaló anteriormente, las necesidades de fertilización del cultivo de trigo dependerán, principalmente, del rendimiento esperado y de las características físico-químicas del suelo. Las dosis de aplicación de N, P y K (expresados en kg de N,  $P_2O_5$  y  $K_2O$ ), considerando la interrelación de los factores mencionados, se presentan en los cuadros 3.5., 3.6., 3.7. y 3.8. No obstante, se debe tener en cuenta que las recomendaciones que aquí se presentan son generales.

Para iguales niveles de rendimiento esperado se indican los rangos de disponibilidad de cada nutriente en el suelo y su respectivo rango de dosis a usar. La dosis a emplear dentro del rango señalado en cada situación se determina en función del nivel de disponibilidad del nutriente en el suelo. De esta manera, entre mayor sea la disponibilidad de nutriente en el suelo, menor será la dosis a usar de este nutriente.

Por ejemplo, si un agricultor espera un rendimiento de trigo de 60 qqm/ha en un suelo trumao, y su análisis de suelo indicó un contenido de 35 ppm de N, 12 ppm de P y 150 ppm de K, las cantidades totales de nutrientes a aplicar serían de 140-150 kg de N, 120-140 kg de  $P_2O_5$  y 40-60 kg de  $K_2O$  por ha, para ese nivel de rendimiento.

Cuadro 3.5. Dosis de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O a usar en el cultivo de trigo en suelos "trumaos" para diferentes niveles de rendimiento esperado y niveles de disponibilidad de nutrientes.

RENDIMIENTO ESPERADO (qcm/ha)	NIVEL DE N DISPONIBLE EN EL SUELO (ppm)	DOSIS DE N (kg/ha)	NIVEL DE P OLSEN EN EL SUELO (ppm)	DOSIS DE P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ha)	NIVEL DE K DISPONIBLE EN EL SUELO (ppm)	DOSIS DE K <sub>2</sub> O (kg/ha)
40	< 20	100 - 120	< 8	100 - 120	< 120	50 - 60
	20 - 40	90 - 100	8 - 16	80 - 100	120 - 200	20 - 50
	> 40	70 - 90	> 16	60 - 80	> 200	0 - 20
60	< 20	150 - 170	< 8	140 - 160	< 120	60 - 80
	20 - 40	140 - 150	8 - 16	120 - 140	120 - 200	40 - 60
	> 40	100 - 130	> 16	80 - 120	> 200	20 - 40
80	< 20	220 - 240	< 8	160 - 220	< 120	80 - 100
	20 - 40	200 - 220	8 - 16	130 - 160	120 - 200	50 - 80
	> 40	180 - 200	> 16	100 - 130	> 200	30 - 50
100	< 20	280 - 320	< 8	220 - 250	< 120	100 - 120
	20 - 40	260 - 300	8 - 16	160 - 220	120 - 200	70 - 100
	> 40	240 - 280	> 16	120 - 160	> 200	40 - 70

Nota: < = menor a; > = mayor a.

Fuente: Laboratorio Centralizado de Suelos INIA.

Cuadro 3.6. Dosis de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O a usar en el cultivo de trigo en suelos de textura franco arenosa a arenosa, para diferentes niveles de rendimiento esperado y niveles de disponibilidad de nutrientes.

RENDIMIENTO ESPERADO (q/m/ha)	NIVEL DE N DISPONIBLE EN EL SUELO (ppm)	DOSIS DE N (kg/ha)	NIVEL DE P OLSEN EN EL SUELO (ppm)	DOSIS DE P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ha)	NIVEL DE K DISPONIBLE EN EL SUELO (ppm)	DOSIS DE K <sub>2</sub> O (kg/ha)
40	< 20	120 - 140	< 8	80 - 110	< 120	60 - 80
	20 - 40	110 - 130	8 - 16	60 - 80	120 - 200	30 - 60
	> 40	100 - 120	> 16	40 - 60	> 200	0 - 30
50	< 20	140 - 160	< 8	100 - 130	< 120	70 - 90
	20 - 40	130 - 150	8 - 16	80 - 100	120 - 200	40 - 70
	> 40	120 - 140	> 16	60 - 80	> 200	20 - 40
60	< 20	170 - 190	< 8	130 - 160	< 120	80 - 100
	20 - 40	160 - 180	8 - 16	110 - 130	120 - 200	50 - 80
	> 40	150 - 170	> 16	80 - 110	> 200	30 - 50
70	< 20	200 - 220	< 8	160 - 200	< 120	100 - 120
	20 - 40	190 - 210	8 - 16	130 - 160	120 - 200	70 - 100
	> 40	180 - 200	> 16	100 - 130	> 200	40 - 70

Nota: < = menor a; > = mayor a.

Fuente: Laboratorio Centralizado de Suelos INIA.

Cuadro 3.7. Dosis de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O a usar en el cultivo de trigo en suelos de textura franca a franco limosa (no truncaos), para diferentes niveles de rendimiento y niveles de disponibilidad de nutrientes.

RENDIMIENTO ESPERADO (qgm/ha)	NIVEL DE N DISPONIBLE EN EL SUELO (ppm)	DOSIS DE N (kg/ha)	NIVEL DE P OLSEN EN EL SUELO (ppm)	DOSIS DE P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ha)	NIVEL DE K DISPONIBLE EN EL SUELO (ppm)	DOSIS DE K <sub>2</sub> O (kg/ha)
40	< 20	110 - 130	< 8	80 - 100	< 120	60 - 80
	20 - 40	100 - 120	8 - 16	60 - 80	120 - 200	20 - 60
	> 40	90 - 110	> 16	40 - 60	> 200	0 - 20
60	< 20	160 - 180	< 8	120 - 140	< 120	80 - 100
	20 - 40	150 - 170	8 - 16	90 - 120	120 - 200	50 - 80
	> 40	140 - 160	> 16	60 - 90	> 200	30 - 50
80	< 20	220 - 250	< 8	160 - 180	< 120	100 - 120
	20 - 40	200 - 230	8 - 16	120 - 160	120 - 200	70 - 100
	> 40	180 - 210	> 16	80 - 120	> 200	40 - 70
100	< 20	300 - 340	< 8	200 - 220	< 120	120 - 150
	20 - 40	280 - 320	8 - 16	150 - 200	120 - 200	90 - 120
	> 40	260 - 300	> 16	100 - 150	> 200	60 - 90

Nota: < = menor a; > = mayor a.

Fuente: Laboratorio Centralizado de Suelos INIA.

Cuadro 3.8. Dosis de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O a usar en el cultivo de trigo en suelos de textura franco arcillosa a arcillosa para diferentes niveles de rendimiento y niveles de disponibilidad de nutrientes.

RENDIMIENTO ESPERADO (qqm/ha)	NIVEL DE N DISPONIBLE EN EL SUELO (ppm)	DOSIS DE N (kg/ha)	NIVEL DE P OLSEN EN EL SUELO (ppm)	DOSIS DE P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ha)	NIVEL DE K DISPONIBLE EN EL SUELO (ppm)	DOSIS DE K <sub>2</sub> O (kg/ha)
40	< 20	100 - 120	< 8	70 - 100	< 120	70 - 80
	20 - 40	90 - 110	8 - 16	60 - 70	120 - 200	40 - 70
	> 40	80 - 100	> 16	50 - 60	> 200	0 - 40
50	< 20	140 - 160	< 8	100 - 130	< 120	80 - 90
	20 - 40	130 - 150	8 - 16	70 - 100	120 - 200	60 - 80
	> 40	120 - 140	> 16	60 - 70	> 200	30 - 60
60	< 20	170 - 190	< 8	130 - 160	< 120	90 - 100
	20 - 40	160 - 180	8 - 16	110 - 130	120 - 200	70 - 90
	> 40	150 - 170	> 16	90 - 110	> 200	40 - 70
70	< 20	200 - 220	< 8	150 - 180	< 120	100 - 120
	20 - 40	190 - 210	8 - 16	130 - 150	120 - 200	80 - 100
	> 40	180 - 200	> 16	100 - 130	> 200	50 - 80

Nota: < = menor a; > = mayor a.  
Fuente: Laboratorio Centralizado de Suelos INIA.

La estrategia de fertilización, en términos de parcialización de las aplicaciones, se realiza en función del nutriente a usar, características de suelo y hábito de crecimiento del cultivo de trigo. La aplicación de siembra se considera como la primera parcialización.

Respecto al nutriente a emplear, se debe señalar que el único nutriente que se debe aplicar en forma parcializada en todos los suelos es el N. Ello, puesto que una vez aplicado, su dinámica en el suelo puede generar pérdidas por lixiviación, volatilización, desnitrificación e inmovilización, las cuales disminuyen cuando la dosis total se aplica en forma parcializada, disminuyendo así la generación de riesgos de contaminación ambiental. Los demás elementos presentan mayor estabilidad en el suelo una vez que son aplicados, por lo que se pueden aplicar de una sola vez en presiembra, incorporados con la última labor de rastraje, o al momento de la siembra. No obstante, el K puede aplicarse en 2 parcializaciones, siempre que se trabaje con variedades de hábito invernal cultivadas en suelos de textura franco arenosa a arenosa.

Respecto a las características de suelo, debe señalarse que en aquellos suelos de textura franco arcillosa a arcillosa, el N se debe aplicar en el mayor número de parcializaciones posibles (3 a 4 aplicaciones), evitando de esta forma las pérdidas generadas por el proceso de desnitrificación que se presenta en condiciones de acumulación de agua. En estos suelos, el menor número de parcializaciones se realiza en variedades de siembra tardía.

En suelos de textura franco arenosa a arenosa, el N debe ser parcializado al menos en 2 aplicaciones, evitando las pérdidas generadas por lixiviación. En variedades de siembra temprana, se realizan al menos 3 parcialidades; en cambio, en variedades de siembra tardía bastarían 2 parcialidades.

En suelos de textura franca y franco limosa, normalmente el N se aplica en 2 a 3 parcialidades, dependiendo del hábito de crecimiento del trigo. De esta forma, en variedades de siembra temprana se deben realizar 3 parcialidades, y en variedades de siembra tardía sólo 2.

### 3.4. FERTILIZANTES Y MEZCLAS

La disponibilidad de fertilizantes y mezclas para el cultivo de trigo es muy amplia en el mercado. Las empresas comercializadoras y/o distribuidoras de fertilizantes cuentan con mezclas estándares para el cultivo de trigo, las cuales son elaboradas en función de las limitaciones nutricionales de los diferentes suelos. No obstante, es posible que cada productor solicite la fabricación de una mezcla especial para su cultivo, dependiendo de la cantidad de fertilizante que sea necesario. En el Cuadro 3.9. se presentan los principales fertilizantes genéricos y algunas de las principales mezclas para siembra de trigo disponibles en el mercado, con sus respectivos contenidos porcentuales de nutrientes expresados como unidades fertilizantes.

Cuadro 3.9. Composición de fertilizantes y mezclas comerciales utilizados en las siembras de trigo.

FERTILIZANTE O MEZCLA	% DE UNIDAD FERTILIZANTE							
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	S	B	Zn
Salitre Sódico	16	—	0,5	—	0,2	0,1	0,03	—
Salitre Potásico	15	—	14	—	0,2	0,1	0,03	—
Supernitro 36	36	—	0,2	—	0,1	0,01	0,01	—
CAN 27	27	—	—	14	—	—	—	—
CAN 22	22	—	—	10	7	—	—	—
Urea	45	—	—	—	—	—	—	—
Sulfato de Amonio	21	—	—	—	—	24	—	—
Supernitro potásico	22	—	31	—	—	—	—	—
Superfosfato triple	—	46	20	—	1	—	—	—
Fosfato Monoamónico	10	50	—	2,4	0,1	2	—	—
Fosfato diamónico	18	46	—	—	—	—	—	—
Superfosfato normal	—	22	—	28	—	12	—	—
Roca fosfórica Bahía Inglesa	—	18,5	—	30	1,2	1	—	—
Roca fosfórica Arad	—	33	—	53	0,3	1	—	—
Roca fosfórica Carolina del Norte	—	30	—	48	0,6	1,2	—	—
Muriato de potasio	—	—	60	—	—	—	—	—
Nitrato de potasio	13	—	44	—	—	—	—	—
Nitrato de potasio y magnesio	14	—	40	—	4	—	—	—
Sulfato de potasio	—	—	50	—	—	18	—	—
Sulpomag	—	—	22	—	18	22	—	—
Boronatrocálcica	—	—	—	10	—	—	10	—
Sulfato de Zinc heptahidratado	—	—	—	—	—	—	—	23
Mezcla cerealera 9-41-12	9	41	12	1	1	1	0,1	0,2
Mezcla cerealera 9-40-13	9	40	13	1	1	1	0,1	—
Mezcla cerealera 5-33-12	5	33	12	7	4	5	0,1	0,2
Mezcla cerealera 6-26-10	6	26	10	11	—	6	—	—
Mezcla cerealera 7-33-14	7	33	14	7	1	2	0,1	0,3

## BIBLIOGRAFÍA

**Benton, J. 1998.** Plant nutrition manual. 149 p. CRC Press LLC., Boca Raton, Florida, USA.

**Cramer, M., and O. Lewis. 1993.** The influence of  $\text{NO}_3^-$  and  $\text{NH}_4^+$  nutrition on the carbon and nitrogen partitioning characteristics of wheat (*Triticum aestivum* L.) and maize (*Zea mays* L.) plants. *Plant and Soil* 154:289-300.

**SOQUIMICH. 2001.** Agenda del Salitre. 1515 p. Santiago, Chile.

# CAPÍTULO 4

## MALEZAS EN PRODUCCIÓN DE TRIGO

*Autor*

**Alberto Pedreros L.**

Ingeniero Agrónomo, Ph. D.

Control de malezas

INIA Quilamapu

*Consultor Técnico*

**Nelson Espinoza N.**

Ingeniero Agrónomo, M. S.

Control de malezas

INIA Carillanca

## 4.1. INTRODUCCIÓN

Entre los principales problemas que afecta la producción de trigo están las malezas, las que a pesar de todo lo que se haga para su control, persisten y compiten con el cultivo ejerciendo un efecto negativo en el rendimiento por su habilidad competitiva, que siempre será mejor que la del cultivo.

## 4.2. INTERACCIÓN MALEZAS-TRIGO

Existen numerosas especies de malezas, tanto de hoja ancha o latifoliadas (dicotiledóneas) como de hoja angosta (monocotiledóneas), comunes en el cultivo de trigo, por lo que es necesario considerar medidas que disminuyan su efecto en el rendimiento.

La importancia de cada tipo de maleza dependerá del manejo y época de siembra del trigo. En todo caso, de cualquier manera las malezas siempre ejercerán un gran efecto competitivo con el trigo, ya que mientras mejora el manejo para el cultivo, también se favorecen las condiciones para las malezas y éstas responden mejor a los cambios en el medio. Así, se tiene diferentes efectos en pérdida de rendimiento según el área agroecológica de la zona centro-sur, pudiendo llegar en algunos casos a reducciones superiores al 50% del rendimiento en comparación al trigo con control de malezas.

Los datos del Cuadro 4.1. indican el efecto de controlar diferentes grupos de malezas. En todos los casos se demuestra la conveniencia de controlarlas ya que, a pesar del costo que en muchas ocasiones puede parecer excesivo, el aumento de rendimiento obtenido supera largamente la inversión. Esto se cumple incluso al controlar malezas gramíneas y en áreas donde tradicionalmente se considera que el rendimiento de trigo es bajo, como en el secano interior, donde el control total de malezas con herbicidas puede significar aumentos superiores al 65%.

Este mayor rendimiento producido por el control de malezas es posible cuando ha existido, en cada zona, un manejo óptimo que incluye elección de la

variedad, fecha de siembra, uso de semilla certificada, fertilización, ausencia de plagas y enfermedades, y riegos oportunos, cuando es factible. Todas estas labores favorecen la habilidad competitiva del trigo con lo que ahoga muchas malezas.

Cuadro 4.1. Efecto de diferentes alternativas de control de malezas en el rendimiento (qqm/ha) de trigo en cinco áreas agroecológicas de la VII y VIII regiones de Chile.

TRATAMIENTOS	SECANO COSTERO	SECANO INTERIOR	VALLE REGADO	SUELO ARROCERO	PRECORDILLERA ANDINA
Sin control de malezas	42,5	32,0	48,0	13,5	42,0
Control de malezas gramíneas (a)	52,5	45,4	58,1	31,3	62,5
Control de malezas de hoja ancha (b)	54,8	45,4	59,1	33,9	55,4
Control total (a+b)	63,5	54,1	84,5	61,2	70,9

Existen numerosas malezas comunes en el cultivo de trigo, aunque su grado de importancia puede variar dependiendo de la localidad, época de siembra y manejo del cultivo. Así por ejemplo, el pasto negro o democracia (Cuadro 4.2.) es muy importante en trigos de primavera regados, mientras que su presencia en trigos sembrados en invierno es escasa. El rábano y yuyo son más abundantes en trigos de invierno, mientras que avenilla y ballica son abundantes tanto en siembras de otoño como de primavera. La vulpia es más importante en siembras con sistemas de labranza reducida, en especial cero labranza, mientras que hualcacho lo es en trigos de primavera sembrados tarde y con abundante riego. El tomatillo es poco común en trigo; sin embargo aparecen altas poblaciones en siembras primaverales sobre suelos húmedos, en sectores de la provincia de Bío Bío, emergiendo después que se han aplicado los herbicidas. Tanto el tomatillo como el hualcacho, a pesar de no ser típicas de trigo, se han transformado en malezas muy abundantes en períodos cercanos a la cosecha, representando un problema para las máquinas ya que durante la trilla aún están totalmente verdes.

Cuadro 4.2. Malezas asociadas al cultivo de trigo en la zona centro sur de Chile.

<b>FAMILIA Y NOMBRE CIENTÍFICO</b>	<b>NOMBRE COMÚN</b>	<b>CICLO DE VIDA</b>	<b>REPRODUCCIÓN</b>
<b>APIACEA</b> <i>Daucus carota</i>	Zanahoria silvestre	Anual o bianual	Semillas
<b>ASTERACEA</b> <i>Ambrosia artemisiifolia</i> <i>Anthemis cotula</i> <i>Cichorium intybus</i> <i>Hypochaeris radicata</i> <i>Taraxacum officinalis</i>	Pasto negro, Democracia Manzanillón Achicoria Hierba del chanco Diente de león	Anual Anual Anual o bianual Perenne Perenne	Semillas Semillas Semillas Semillas Semillas
<b>BORAGINACEAE</b> <i>Echium vulgare</i>	Hierba azul, Viborera	Anual o bianual	Semillas
<b>BRASSICACEAE</b> <i>Brassica campestris</i> <i>Capsella bursa-pastoris</i> <i>Raphanus spp</i> <i>Rorippa sylvestris</i> <i>Sisymbrium officinale</i>	Yuyo Bolsita del pastor Rábano Pata de laucha Mostacilla	Anual Anual o bianual Anual Perenne Anual o bianual	Semillas Semillas Semillas Estolones, Semillas Semillas
<b>CARYOPHYLLACEA</b> <i>Agrostemma githago</i> <i>Silene gallica</i> <i>Spergula arvensis</i> <i>Stellaria media</i>	Cizaña Calabacillo Pasto pinito Quilloi quilloi	Anual Anual Anual Anual	Semillas Semillas Semillas Semillas
<b>CHENOPODIACEAE</b> <i>Chenopodium album</i>	Quinguilla	Anual	Semillas
<b>CONVOLVULACEAE</b> <i>Convolvulus arvensis</i>	Correhuela	Perenne	Semillas, Rizomas
<b>FABACEA</b> <i>Vicia spp</i>	Arvejilla	Anual	Semillas
<b>GERANIACEAE</b> <i>Geranium core-core</i>	Core-core	Perenne	Semillas

Continuación Cuadro 4.2.

<b>FAMILIA Y NOMBRE CIENTÍFICO</b>	<b>NOMBRE COMÚN</b>	<b>CICLO DE VIDA</b>	<b>REPRODUCCIÓN</b>
<b>HYPERICACEAE</b> <i>Hypericum perforatum</i>	Hierba de San Juan	Perenne	Semillas, Estolones
<b>LAMIACEAE</b> <i>Prunella vulgaris</i>	Hierba mora	Perenne	Semillas, Estolones
<b>PLANTAGINACEAE</b> <i>Plantago lanceolata</i>	Siete venas	Perenne	Semillas
<b>POACEA</b> <i>Agrostis capillaris</i> <i>Avena fatua</i> <i>Arrhenatherum elatius</i> <i>spp bulbosus</i> <i>Cynosurus echinatus</i> <i>Echinochloa spp</i> <i>Lolium spp</i> <i>Poa annua</i> <i>Vulpia spp</i>	Chépica Avenilla Pasto cebolla  Cola de conejo Hualcacho Ballica Piojillo Vulpia, cebadilla	Perenne Anual Perenne  Anual Anual Anual Anual Anual	Semillas, Rizomas Semillas Semillas, Cormos  Semillas Semillas Semillas Semillas Semillas
<b>POLYGONACEAE</b> <i>Fallopia convolvulus</i> <i>Polygonum aviculare</i> <i>Polygonum persicaria</i> <i>Rumex acetosella</i>	Enredadera, Porotillo Sanguinaria P. del pollo Duraznillo Vinagrillo	Anual Anual Anual Perenne	Semillas Semillas Semillas Semillas, Rizomas
<b>SCROPHULARIACEAE</b> <i>Bartsia trixago</i>	Belardia	Anual	Semillas
<b>SOLANACEA</b> <i>Datura stramonium</i> <i>Solanum nigrum</i>	Chamico Tomatillo	Anual Anual	Semillas Semillas
<b>VERBENACEAE</b> <i>Verbena litoralis</i>	Verbena	Perenne	Semillas
<b>VIOLACEA</b> <i>Viola arvensis</i>	Violeta	Anual	Semillas

Otras especies no mencionadas en esta lista también pueden estar presentes, pero en condiciones más determinadas o áreas específicas. Por ejemplo, galega (*Galega officinalis*) no es común en trigo, sin embargo en siembras sobre praderas naturales con alta humedad y sobre-pastoreadas, se transforma en una maleza importante; milenrama (*Achillea millefolium*) es importante en sectores de la precordillera andina y de la provincia de Arauco; cardo canadiense (*Cirsium arvense*) aparece en ciertas áreas de San Carlos. Entre las gramíneas hay numerosas especies del género *Bromus* que están aumentando su importancia en sectores del secano interior y costero, ya que escapan consistentemente a los herbicidas comerciales existentes en la actualidad.

### **4.3. CONTROL DE MALEZAS**

Básicamente existen cuatro métodos de control de malezas: mecánico, cultural, biológico y químico. A ellos se agrega el control integrado que busca utilizar todos los métodos posibles para no depender exclusivamente del químico.

#### **4.3.1. Control Mecánico**

En siembra tradicional es importante hacer una adecuada preparación de suelos, en que las labores primarias permitan destruir las malezas que están emergiendo y enterrar semillas de otras malezas. Las labores secundarias, por otra parte, junto con destruir malezas en los primeros estados de desarrollo, permiten sacar estructuras vegetativas de malezas perennes, como pasto cebolla, y dejarlas expuestas en la superficie. La última labor -previa a la siembra- es conveniente de realizar con una rastra liviana para destruir las primeras malezas que están emergiendo. En términos generales, adelantar la preparación de suelo permite una emergencia más temprana de algunas malezas que pueden ser controladas por labores sucesivas del suelo, aunque esto es factible sólo con las malezas anuales ya que las perennes rebrotarán.

### 4.3.2. Control Biológico

El control biológico considera la utilización de enemigos naturales específicos de un organismo, como insectos u hongos, para disminuir la población de malezas a niveles en los cuales no alcanza un daño económico. Aunque no es de utilización directa por parte de los agricultores en cultivos anuales, sí ha habido éxito en el control sobre algunas malezas perennes, como la hierba de San Juan (*Hypericum perforatum* L.), producto de la introducción de los insectos *Chrysolina quadrigemina* y *C. hyperici*. La hierba de San Juan es una maleza común en trigo, aunque está prohibida en semilleros. A pesar que en la actualidad esta especie tiene otros usos y se fomenta su siembra con otros objetivos, sigue siendo una maleza muy importante si aparece en una sementera, por lo que debe ser controlada.

### 4.3.3. Control Cultural

Cualquier manejo que de manera indirecta favorezca a la planta de trigo, y así desfavorezca el potencial competitivo de las malezas, es parte del control cultural. Aunque estas labores por sí solas son insuficientes, servirán para incrementar la habilidad competitiva del cultivo. Entre éstos se tiene: adecuada rotación de cultivos; preparación anticipada de suelos que permita la germinación de malezas y queden, así, expuestas al control; elección de una variedad apta para la zona; uso de semilla certificada; siembra con semilla desinfectada y a una profundidad adecuada; época de siembra adecuada a las condiciones de clima, suelo y variedad seleccionada; fertilización según análisis de suelo; evitar excesos, o estrés hídrico; ausencia de plagas y enfermedades.

Cualquier sector que quede con baja población o con plantas de trigo débiles, será rápidamente invadida por malezas. Así, una adecuada y vigorosa población del cultivo será un importante factor que competirá con especies indeseables.

#### 4.3.4. Control Químico

Como a pesar de todos los esfuerzos siempre emergerán especies no deseadas en el cultivo, hay que pensar en otras medidas de control, siendo el control químico el más común, fácil y barato; pero debe considerarse como un complemento a las medidas antes mencionadas, ya que por sí solo, el cultivo no será capaz de expresar su potencial de rendimiento, si éste no se ha manejado de manera eficiente.

El control químico de malezas consiste en la utilización de herbicidas que destruyen selectivamente las malezas sin dañar al cultivo. El efecto de los herbicidas sobre las malezas puede consistir en inhibir la germinación, la emergencia, y/o el crecimiento total o parcial.

Los herbicidas son productos que deben aplicarse en dosis precisas y épocas determinadas, por lo que es fundamental conocer el efecto de cada uno y tener experiencia de su aplicación en terreno, especialmente en lo que se refiere a calibración de los equipos, haciendo los ajustes necesarios para evitar daño al cultivo. El éxito del control químico de malezas depende:

- a) De las especies y densidad de malezas asociadas al cultivo para determinar con exactitud el o los herbicidas adecuados al estado de desarrollo del cultivo y malezas.
- b) De los factores ambientales, ya que algunos herbicidas basan su acción y persistencia en la humedad y temperatura del suelo (herbicidas al suelo), mientras que los herbicidas post emergentes dependen, principalmente, de factores climáticos.
- c) De los factores edáficos, es decir de las características físicas y químicas del suelo (suelo arenoso, arcilloso, contenido de materia orgánica, pH, etc.) que son determinantes sobre el efecto residual de los herbicidas suelo-activos.
- d) Usar los equipos adecuados (pulverizadoras, boquillas), bien calibrados, para asegurar que asperjen la cantidad exacta de agua por hectárea y de manera uniforme por cada boquilla.

Muchas fallas, o inconsistencias, en el resultado del control de malezas con herbicidas se producen debido a su dependencia de las condiciones ambientales y a sus interacciones, poco predecibles. En general, las condiciones de suelo son las más importantes para los herbicidas al suelo, mientras que las condiciones climáticas lo son para los post emergentes.

Para el caso de trigo, existen tres épocas de aplicación de herbicidas relativas al estado de desarrollo de las plantas y/o malezas: antes de la siembra, de preemergencia y de postemergencia, pudiendo ser temprana o tardía.

#### **4.3.4.1. Herbicidas utilizados antes de la siembra de trigo**

Se recomienda el empleo de productos no selectivos aplicados al follaje de las malezas, por lo que controlan malezas ya emergidas. Esto se recomienda cuando existen especies perennes, que no son controladas adecuadamente por la preparación de suelos, o cuando hay una infestación muy alta de malezas que impide una buena preparación de suelos. En el caso de siembra bajo cero labranza, estos herbicidas reemplazan la preparación de suelos, por lo que su uso, conocido como preparación química de suelo, es imprescindible. Los herbicidas más utilizados en cero labranza corresponden a glifosato y sulfosato para malezas anuales y perennes, principalmente gramíneas, y a base de paraquat y/o diquat para malezas anuales, siendo todos ellos inactivados de forma rápida en el suelo. Las malezas anuales deben controlarse cuando están en los primeros estados de desarrollo, mientras que las perennes deben tener un mayor desarrollo para que absorban suficiente producto y este pueda traslocarse. Estos herbicidas pueden aplicarse hasta el mismo día de la siembra; sin embargo, las malezas perennes que son removidas por la máquina sembradora no serán controladas, ya que un estrés impedirá una adecuada traslocación hacia los órganos subterráneos. Por ello, se recomienda su aplicación unos días antes de la siembra, e incluso, días después de ella, pero siempre antes que emerja el cultivo.

Algunas malezas de hoja ancha, como rábano, tréboles, siete venas y las de la familia *asteraceae*, que presentan un mayor estado de desarrollo al momento de usar glifosato o sulfosato, pueden no ser adecuadamente controladas. Ante

estos casos es recomendable mezclar glifosato con productos que incrementen el control de estas malezas, como sulfonilureas u hormonales, pero deben aplicarse con mayor anticipación a la siembra del cereal para que no queden residuos en el suelo.

#### **4.3.4.2. Herbicidas pre emergentes**

Son aquellos que se aplican inmediatamente después de la siembra, pero antes que emerja el cultivo y las malezas. Este tipo de herbicidas interactúa con el suelo por lo que éste debe estar suficientemente mullido, húmedo y sin residuos sobre la superficie. Es importante una adecuada profundidad de la semilla, mayor a 4 cm, para evitar que el producto químico sea absorbido por plántulas de trigo, ya que la selectividad es posicional. Un exceso de precipitación en suelos con baja materia orgánica, puede producir fitotoxicidad en el cultivo.

Para utilizar este tipo de herbicidas hay que conocer bien las especies de maleza que normalmente emergen en un potrero, ya que por ser preventivos actúan durante la emergencia de las malezas. El uso de estos herbicidas de manera adecuada constituye una ventaja, ya que el cultivo puede emerger sin competencia.

#### **4.3.4.3. Herbicidas post emergentes**

Son aquellos que se aplican después de la emergencia del cultivo y de las malezas, situación que representa una ventaja ya que se puede aplicar herbicidas que controlen las especies ya emergidas e identificadas. En este grupo está la mayoría de los herbicidas usados en trigo; sin embargo, por su interacción con condiciones climáticas, no se recomienda su aplicación si se esperan precipitaciones en las próximas 3 a 4 horas, aunque algunos de ellos son casi totalmente absorbidos en 1 a 2 horas.

En este grupo están los que controlan sólo malezas de hoja ancha, sólo malezas gramíneas o los que controlan ambos tipos de malezas. Por lo general, el

precio de estos últimos es bastante mayor, pero además de un mayor espectro de control, significa una pasada menos de tractor.

Lo normal es que la aplicación de los herbicidas post emergentes se realice cuando el trigo esté entre 3 hojas y fines de macolla, dependiendo del herbicida. Los hormonales, como MCPA, 2,4-D, dicamba y picloram son los más restrictivos, ya que deben aplicarse durante la macolla del trigo.

El primer paso para decidir qué tipo de herbicidas usar es identificar correctamente las principales especies presentes y el mayor número de ellas, evitando así una decisión basada sólo en el precio del herbicida. Pero lo más común es decidir sólo en base al tipo de malezas a controlar: sólo latifoliadas u hoja ancha, sólo gramíneas u hoja angosta o ambos tipos. En un mismo potrero puede haber sectores con abundantes gramíneas anuales, como avenilla o ballica, y otros sectores con gramíneas perennes como pasto cebolla, o sectores con sólo presencia de malezas de hoja ancha. La decisión de qué controlar será diferente para cada caso.

#### **4.4. HERBICIDAS PARA MALEZAS DE HOJA ANCHA**

Numerosas son las malezas de hoja ancha que se presentan en el trigo, siendo las familias Brassicaceas o Crucíferas (yuyo, rábano) y las poligonáceas (duraznillo, sanguinaria, vinagrillo, enredadera) las más comunes. Las primeras son bien controladas por herbicidas hormonales fenoxis tipo MCPA, 2,4-D; sin embargo, el segundo grupo requiere un hormonal tipo dicamba, o algún herbicida del grupo de las sulfonilureas, como metsulfuron metil o triasulfuron que permitirán un mayor espectro de control, además que tienen cierta efectividad vía suelo. En el Cuadro 4.3. se indican los principales herbicidas y su efecto en las malezas de hoja ancha más comunes en trigo, considerando las dosis comerciales recomendadas en la etiqueta de los envases.

Cuadro 4.3. Susceptibilidad relativa de las principales malezas de hoja ancha a algunos herbicidas recomendados en trigo.

MALEZAS	MCPA	MCPA + DICAMBA	MCPA + METSULFURON METIL	TRIASULFURON	IODOSULFURON	IODOSULFURON + MESOSULFURON (1)
Diente de León	S	S	S	MS	S	S
Hierba del chancho	S	S	S	MS	S	S
Manzanillón	MT	S	S	S	S	MS
Hierba azul	MT	S	S	S	S	S
Rábano	S	S	S	S	S	S
Yuyo	S	S	S	S	S	S
Pasto pinito	MT	S	S	S	S	S
Quilloi-quilloi	MT	S	S	S	S	S
Arvejilla	S	S	MS/S	S	MS	MS
Siete venas	MS	MS	S	MS	MS	MS
Duraznillo	T	S	S	MS	S	S
Parotillo	T	S	S	S	S	S
Sanguinaria	T	S	S	T	S	S
Vinagrillo	T	S	S	MT/MS	S	S
Verónica	T	T	MS	T	MT	T
Viola	T	MT	MT	MT	S	MS
Pasto negro	T	S	MT	MS/S	S	S
Pata de laucha	S	S	S	s.i.	S	s.i.
Belardia	T	T	S	s.i.	MS	s.i.

S: 91-100% control; MS: 81-90% control; MT: 71-80% control; T: control < 70%; s.i. sin información.  
 (1) Datos basados en información del distribuidor en Chile.

Dada las altas fertilizaciones que se utilizan hoy en día, lo normal es mezclar herbicidas para producir sinergismo, es decir, que ambos controlen más malezas que cada uno por separado. Así, las mezclas de MCPA + dicamba, MCPA + metsulfuron, o metsulfuron + triasulfuron son más recomendadas

que aplicar herbicidas solos. En su defecto, se debe elegir un herbicida de amplio espectro de control como iodosulfuron. En el Cuadro 4.4. se indican potenciales mezclas de herbicidas recomendadas para el cultivo de trigo, siendo algunas para potenciar sólo las de hoja ancha, y otras para controlar hoja ancha y gramíneas.

Cuadro 4.4. Algunas mezclas de herbicidas factibles de utilizar para controlar malezas en post emergencia del trigo.

<b>MALEZAS CONTROLADAS</b>	<b>HERBICIDAS DE LA MEZCLA (INGREDIENTE ACTIVO)</b>	<b>DOSIS (g i.a./ha)</b>
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 + clodinafop	4,8 + 60
Gramíneas y hoja ancha	Metsulfuron + triasulfuron+ clodinafop	4,8 + 3,75 + 60

Cualquier herbicida, o mezcla elegida, debe controlar la mayor cantidad de especies presentes en el potrero, por lo que, previo a elegirlo, es necesario identificar plenamente las especies que se encuentren en mayor número. También debe elegirse el herbicida que permita controlar las especies presentes en ese momento, debiendo considerarse las malezas de acuerdo al estado de desarrollo del cultivo. Lo esperable es que el trigo emerja primero que las malezas, pero si éstas emergen temprano, debe elegirse un producto que pueda aplicarse desde los primeros estados de desarrollo del trigo, como las sulfonilureas. Sin embargo, herbicidas hormonales como MCPA, 2,4-D o dicamba, deben ser aplicados desde inicios de macolla del trigo.

Al mezclar herbicidas, la época de aplicación de la mezcla está dada por el herbicida más restrictivo. Es decir, si se mezcla, por ejemplo, MCPA + metsulfuron, debe aplicarse desde inicios de macolla, a pesar que el trigo tolera a la sulfonilurea desde 2-3 hojas.

#### 4.5. HERBICIDAS PARA MALEZAS GRAMÍNEAS

Tradicionalmente ha existido un buen control de las malezas de hoja ancha, porque además de su notoria presencia desde los primeros estados de desarrollo y a la pérdida de rendimiento que producen, el precio de los herbicidas selectivos que controlan estas malezas es bajo, por lo que el retorno en la inversión es alto. Sin embargo, cuando se trata de malezas gramíneas hay una percepción, por parte de los agricultores, de un excesivo gasto, por el alto costo de los graminicidas selectivos. A esto se agrega que, por su crecimiento, estas malezas pasan más inadvertidas en los primeros estados de desarrollo por su parecido a las plántulas de trigo, haciéndose más difícil diferenciarlas. Cuando finalmente se decide su uso, estas malezas ya están muy desarrolladas. Esto determina que la mayoría de los productores trigueros evite o posponga el control de malezas gramíneas, a pesar que hay zonas en las cuales este tipo de malezas ha llegado a ser tanto o más importante que las de hoja ancha (Cuadro 4.1.). Entre las numerosas gramíneas que se presentan en una sementera, las más comunes corresponden a avenilla y ballica anual que, aún en bajas poblaciones -especialmente avenilla-, son capaces de reducir el rendimiento de trigo de manera significativa.

La falta de control de malezas gramíneas y el eficiente control de las latifoliadas en el cultivo de trigo, se traduce en que año a año han ido aumentando su importancia. La menor competencia termina en una alta producción de semillas que cae al suelo, lo que a su vez posibilita que el banco de semillas del suelo tenga alta presencia de estas especies. Evaluaciones realizadas por dos años en INIA-Quilamapu, señalan que una planta por m<sup>2</sup> de avenilla (*Avena fatua*) no controlada en una sementera de trigo, es capaz de producir alrededor de 100 semillas, mientras que una de ballica (*Lolium multiflorum*) produce un poco más de mil semillas. En ambos casos la mayor parte de estas semillas cae al suelo antes, o al momento, de la cosecha del trigo.

Investigaciones realizadas también por INIA Quilamapu durante varios años, indican aumentos de rendimiento que van del 18% en el secano costero, al 49% en precordillera andina, y hasta más del 100% en el caso de un suelo arrocero, por el solo hecho de controlar malezas gramíneas (Cuadro 4.1.). Esto se traduce en incrementos de producción de 10 qq/ha en secano costero y valle regado, 12 qq/ha en secano interior y 20,5 qq/ha en precordillera. Este mayor rendimiento, que justifica plenamente la inversión en el control de malezas gramíneas, a pesar de su mayor precio, es posible cuando ha existido un manejo cultural que incluye una serie de labores como las mencionadas anteriormente, y en las cuales el uso de herbicidas es sólo una parte del manejo que permite potenciar el rendimiento.

#### **4.6. HERBICIDAS PARA CONTROL TOTAL DE MALEZAS**

Los resultados obtenidos en numerosos años de ensayos, indican que en un trigo bien manejado del que se espera un buen rendimiento, se necesita controlar las malezas gramíneas y de hoja ancha, aunque parezca una inversión alta. Para esto se puede elegir una mezcla de herbicidas que permitan una sola aplicación sin disminuir la capacidad de control de cada uno, o elegir herbicidas que sean capaces de controlar ambos tipos de malezas o realizar aplicaciones secuenciales separadas por 5 a 7 días si los herbicidas son antagonicos, como ocurre cuando, por ejemplo, se incluye algún herbicida hormonal (MCPA, 2,4-D, dicamba, picloram) en la mezcla. La actual recomendación generalizada es usar un herbicida que permita el mejor control con un solo producto.

De los herbicidas que controlan malezas gramíneas de post emergencia, hay dos grupos con diferente mecanismo de acción. Los más antiguos y de amplio uso corresponden a los que actúan inhibiendo la enzima acetilCoA carboxilasa (ACCasa) donde están el clodinafop propargil, el diclofop metil, el fenoxaprop etil y el tralkoxidim (Grasp). El segundo grupo, al que pertenece el iodosulfuron y el flucarbazone sódico, es de más reciente introducción, y actúan de manera diferente ya que inhiben la enzima acetolactato sintetasa (ALS) o acetohidroxiácido sintetasa (ACTH). Estos últimos tienen la ventaja que, ade-

más de controlar malezas gramíneas, también tienen un eficiente control sobre varias malezas de hoja ancha y gramíneas que han presentado resistencia a los herbicidas más antiguos. Sin embargo, para un eficiente control es necesario considerar que las malezas deben estar en sus primeros estados de desarrollo, ya que si las gramíneas han pasado el estado de macolla, este control disminuye. Así, por ejemplo, el control de vulpia disminuye notoriamente si la planta ha iniciado su estado de macolla.

En el caso del pasto cebolla (*Arrhenatherum elatius* spp *bulbosus*) no puede esperarse un 100% de control por ninguno de estos herbicidas, ya que las plantas provenientes de las estructuras vegetativas, llamada cormo, son difíciles de controlar. De igual manera, no todos los herbicidas controlan eficientemente el piojillo (*Poa annua*), o cola de zorro (*Cynosurus echinatus*) o vulpia (*Vulpia* spp), por lo que si estas malezas son las prevalentes, debe elegirse el herbicida que mejor se comporte ante estas condiciones y no aplicar aquel más barato. Similar situación se recomienda cuando el trigo se siembra en rotación a continuación de avena, ya que esta especie, si emerge como maleza en el trigo, no es 100% controlada por alguno de estos herbicidas. Así, cada herbicida tiene sus ventajas y desventajas que deben ser analizadas en cada caso, siendo necesario leer cuidadosamente la etiqueta antes de utilizar el producto. En el Cuadro 4.5. se indica la susceptibilidad relativa de las principales malezas gramíneas a herbicidas recomendados en trigo.

Cuadro 4.5. Principales malezas gramíneas en trigo y susceptibilidad a herbicidas.

INGREDIENTE ACTIVO	NOMBRE COMERCIAL (1)	AVENA	AVENILLA	BALICA	COLA DE ZORRO	HUALCACHO	PIJILLO	VULPIA	CHÉPICA	PASTO CEBOLLA
Clodinafop propargil + antifidoto	Topik	S	S	S	S	S	T	T	MS	MT/MS
Dicofop metil	Iloxan, Cascabel	S	S	S	T	S	T	T	T	MT/MS
Dicofop metil + Fenoxaprop etil	Iloxan plus	S	S	S	T/MT	S	T	T	T	MT/MS
Iodosulfuron	Hussar	MT	MS/S	S	T	S	S	T	T	T/MT
Flucarbazone sodico	Vulcano	MT/MS	MS/S	MS/S	MS/S	s.i.	s.i.	MT/MS	T	T/MT
Diuron	Karmex Diurex Diuron Usinex	T	T	S		S	S	S	T	T

S: 91-100% control; MS: 81-90% control; MT: 71-80% control; T: control < 70%; s.i.: sin información

(1) Mención de un producto comercial no necesariamente significa recomendación de INIA sobre otros que puedan existir en el mercado.

Por otra parte, cualquier estrés que tenga el cultivo al momento de la aplicación del herbicida, como exceso o falta de humedad, puede producir una clorosis pasajera en el trigo, la que desaparece a los días después, sin que se produzca efecto negativo en el rendimiento.

En casos de enmalezamiento tardío cercano a madurez, es posible utilizar herbicidas aunque no para aumentar el rendimiento de trigo, sino que para permitir la cosecha. Ensayos realizados en INIA Quilamapu durante dos temporadas, indican que no es conveniente aplicar algunos herbicidas en estado de grano acuoso. En tanto, no hubo inconvenientes desde grano semiduro, o con menos del 35% de humedad, en adelante (Cuadro 4.6.). Por otra parte, el 2,4-D, MCPA, glifosato o paraquat aplicados desde el estado de grano semiduro en adelante, no afectaron el rendimiento de grano, peso del hectolitro, índice de sedimentación y el contenido de gluten.

En el Cuadro 4.7. aparece la lista de herbicidas, nombre común y comercial, para control de malezas en trigo.

#### **4.7. RECOMENDACIONES**

La decisión final de qué herbicida o mezcla de herbicidas es más conveniente, depende de cada situación en particular, y no necesariamente será el mismo problema para todos los agricultores de una misma área -incluso las malezas pueden cambiar entre predios vecinos o dentro de un potrero-. Cada agricultor conoce su predio y sabe qué especies de maleza son las más importantes y las más numerosas y, por lo tanto, las que conviene controlar.

El control integrado de malezas, que consiste en la utilización de todas las herramientas disponibles que permitan una disminución del efecto competitivo sobre el trigo, es lo más recomendable. Esto significa que se deben considerar todas las prácticas como control mecánico, cultural, biológico y químico, de manera de no ser sólo dependiente de los herbicidas.

Cuadro 4.6. Porcentaje de germinación de trigo tratado con diferentes herbicidas de pre cosecha 2001-2003.

AL MOMENTO DE LA APLICACIÓN		2,4 - D	GLIFOSATO	GLIFOSATO + MCPA	PARAQUAT	TESTIGO
CONSISTENCIA DEL GRANO		GERMINACIÓN (%)				
HUMEDAD DEL GRANO (%)						
Lechoso	46	87,5	74,6	88,6	83,6	92,0
Semiduro	32	90,0	89,2	92,6	91,2	91,2
Duro	17	86,0	87,2	90,6	86,6	89,2
Acuoso	63	94,5	66,5	39,0	6,0	90,0
Lechoso	48	91,0	76,5	92,0	67,5	92,0
Semiduro	35	99,0	95,5	97,0	96,0	97,0
Duro	12	97,5	97,0	97,5	99,0	97,0

2,4-D: DMA - 6 (580 g.i.a) (1,0 L/ha de p.c.); Glifosato:Roundup (480% SL) (2,5 L/ha de p.c.); Glifosato + MCPA:Roundup + MCPA 750 Amina (2,5 + 1,0 L/ha de p.c.); Paraquat:Gramoxone Super (276 g/l) (2,0 L/ha de p.c.); Testigo: agua pura (200 L/ha) (Fuente: Mellado y Pedferos, 2003).

Cuadro 4.7. Herbicidas recomendados en trigo.

NOMBRE COMÚN	NOMBRE COMERCIAL	DISTRIBUIDOR	APLICACIÓN Y MALEZAS CONTROLADAS
Glifosato	Atila Baundap Glifos 480 SL Glifosato Atanor Glifosato Dupont Glifosato UAP Glifospec 480 SL Glyphogan 480 SL Orbe Panzer Polado Pofo Rango 480 SL Roundup Roundup Full Roundup Max	NUFARM MABRUK BAYER DUPONT DUPONT UAP AGROSPEC MAGAN BASF DOW DOW MOVIAGRO MOVIAGRO ANASAC MOVIAGRO MOVIAGRO MOVIAGRO	Antes de siembra. Hoja ancha y gramíneas.
Diquat	Reglone	SYNGENTA	Antes de siembra. Hoja ancha y gramíneas anuales.
Paraquat	Gramoxone super Paramak Paraquat-plus Farmon	SYNGENTA ANASAC UAP SYNGENTA	Antes de siembra. Hoja ancha y gramíneas anuales
Sulfosato	Touchdown	SYNGENTA	Antes de siembra. Hoja ancha y gramíneas.

Continuación Cuadro 4.7.

NOMBRE COMÚN	NOMBRE COMERCIAL	DISTRIBUIDOR	APLICACIÓN Y MALEZAS CONTROLADAS
MCPA	MCPA 400 sal K MCPA 750 Amina U-46 M Fluid MCPA 750 AE MCPA 750 SL MCPA 750 SL MCPA 750 SL	AVENTIS BASF BASF MOVIAGRO UAP ANASAC MOVIAGRO	Post emergencia Hoja ancha
2,4-D	2,4-D 480 2,4-D Amina 480 2,4-D Amina 720 Arco 2,4-D 480 SL DMA -6 Low Vol 4 Weed Killer Marks 2,4-D Weed Rhap 720 U-46 D Fluid 720	UAP DUPONT SOLCHEM ANASAC DOW UAP ANASAC UAP BASF	Post emergencia Hoja ancha
Bentazon	Basagran Basagran 600 Bentax 48 SL	BASF BASF ANASAC	Post emergencia Hoja ancha
Clopiralid	Lontrel	DOW	Post emergencia Hoja ancha
Dicamba	Banvel 480 Caiman 70 WG	SYNGENTA SYNGENTA	Post emergencia Hoja ancha

<b>NOMBRE COMÚN</b>	<b>NOMBRE COMERCIAL</b>	<b>DISTRIBUIDOR</b>	<b>APLICACIÓN Y MALEZAS CONTROLADAS</b>
Metabenziazuron	Tribunil 70	BAYER	Post emergencia Hoja ancha
Metsulfuron metil	Ally Ajax 50 PE Ajas 50 WP Aliado Kayak DF 60% Sulfimet Combo	DU PONT ANASAC ANASAC MOVIAGRO DUPONT UAP DOW	Post emergencia Hoja ancha
Metsulfuron metil + Picloram			
Picloram	Tordon 24K Tordon 101	DOW DOW	Post emergencia Hoja ancha
Thybensulfuron metil	Refine	DUPONT	Post emergencia Hoja ancha
Triasulfuron	Logran	SYNGENTA	Post emergencia Hoja ancha
Tribemuron	Granstar	DUPONT	Post emergencia Hoja ancha
Clodinafop propargil + antidoto	Topik 240	SYNGENTA	Post emergencia Gramineas

Continuación Cuadro 4.7.

NOMBRE COMÚN	NOMBRE COMERCIAL	DISTRIBUIDOR	APLICACIÓN Y MALEZAS CONTROLADAS
Diclofop metil	Iloxan Cascabel Iloxan plus	AVENTIS ANASAC AVENTIS	Post emergencia Gramíneas
Diclofop metil+Fenoxaprop	Hussar	BAYER	Post emergencia Gramíneas y hoja ancha
Iodosulfuron	Cossack	BAYER	Post emergencia Gramíneas y hoja ancha
Iodosulfuron + Mesosulfuron	Vulcano	BASF	Post emergencia Gramíneas y algunas de hoja ancha
Diuron	Diurex 50 Diuron 80 Karmex 80 Usinex 80	ANASAC MOVIAGRO DUPONT BAYER	Pre emergencia Hoja ancha y gramíneas
Flurocoridona	Rainbow	SYNGENTA	Pre emergencia Hoja ancha y gramíneas

FUENTE: AFIPA, 2002.



Foto 4.1. Emergencia de trigo con abundante población de malezas gramíneas.



Foto 4.2. Trigo con control tardío de ballica anual.



Foto 4.3. Trigo con madurez de cosecha con alta población de hualcacho.

## BIBLIOGRAFÍA

- AFIPA. 2002.** Manual Fitosanitario 2002-2003. 1215 p. Santiago, Chile.
- Ball, D., and B. Parker. 2001.** PNW Weed Management Handbook. pp.:66-71. OSU, OR., USA.
- Matthei, O. 1995.** Manual de las Malezas que Crecen en Chile. 545 p. Alfabetra Impresores. Santiago, Chile.
- Mellado Z., M.; Pedreros L., A. 1995.** Control de malezas y fertilización en el cultivo de trigo. Tierra Adentro N° 3: 30-33.
- Mellado Z., M.; Pedreros L., A. 2003.** Efecto de herbicidas aplicados desde grano acuoso a grano duro en trigo. En: 26° Congreso Latinoamericano de Malezas. Manzanillo, México, 10 – 12 noviembre 2003. Manzanillo, México.
- Pedreros L., A. 1989.** Consideraciones sobre el control químico de malezas en trigo. Investigación y Progreso Agropecuario Quilamapu N° 41:3-7.
- Pedreros L., A. 1991.** Control de malezas gramíneas en trigo. Investigación y Progreso Agropecuario Quilamapu N° 48:8-12.
- Pedreros L., A. 2001.** Efecto de avenilla (*Avena fatua* L.) y ballica (*Lolium multiflorum* Lam.) en el rendimiento de trigo en dos áreas agroecológicas. Agricultura Técnica (Chile) 61:294-305.
- Pedreros L., A. 2004.** Malezas gramíneas en trigo. Revista Tattersall N° 188: 10-11.
- Rosenthal, S. S., D. M. Madox, and K. Brunetti. 1984.** Biological Methods of Weed Control. Thomsom Publications. CA. USA.

# CAPÍTULO 5

## ENFERMEDADES

*Autor*

**Ricardo Madariaga B.**  
Ingeniero Agrónomo, Ph. D.  
Fitopatología Cereales  
INIA Quilamapu

*Consultor Técnico*

**Bernardo Latorre G.**  
Ingeniero Agrónomo Ph. D.  
Profesor Pontificia Universidad  
Católica de Chile

## INTRODUCCIÓN

Se tiende a pensar que cualquier hoja amarilla que presente el cultivo de trigo es una enfermedad. En el sentido literal del término enfermedad, es posible aceptarlo; sin embargo, muchas veces las causas de las anomalías que le ocurren a la siembra se encuentran situaciones de un manejo agronómico inadecuado, como errores de fertilización, problemas de riego, toxicidad de agroquímicos, daño de insectos, etc., más que a una patología que tiene su explicación en la presencia de un agente infeccioso. Los trigos anormales producto de la acción de agentes infecciosos será el tema del presente capítulo.

Es mayoritariamente aceptado que gran parte de las enfermedades del trigo son causadas por hongos, especialmente aquellos del orden basidiomicetes<sup>1</sup> que alberga a los agentes causales de las royas y carbones, y otros en el orden ascomicetes<sup>2</sup>, donde se clasifican en forma destacada, el agente causal de la septoriosis, del oídio, de la mancha parda, y el mal del pie. Todos estos hongos son capaces de llevar a la ruina a un productor agrícola cuando su siembra se afecta al nivel de epifitía<sup>3</sup>, y este agricultor no controla la enfermedad.

En general, es difícil encontrar una siembra de trigo que se encuentre completamente libre de enfermedades, y la mayoría de las veces el agricultor le da poca importancia a estas patologías. Aunque estén presentes, éstas no causan pérdidas en la producción de grano ni afectar la calidad del grano cosechado. Sin embargo, bastará que las condiciones medioambientales sean favorables al patógeno (follaje mojado por largo tiempo, temperaturas favorables, o viento), además de la presencia de una variedad de trigo susceptible, y la existencia del agente causal de la enfermedad (hongo, bacteria, virus, nemátodo, o micoplasma en su forma virulenta), para que se desencadene la epifitía. En este caso, ocurre un desarrollo incontrolable del agente patógeno, con pérdidas cuantiosas en la siembra.

---

<sup>1-2-3</sup> Ver glosario.

La forma más económica y sustentable de controlar las enfermedades es prevenirlas mediante decisiones acertadas en la rotación de cultivos, la elección de la variedad de trigo, los fungicidas e insecticidas desinfectantes de semilla, etc. Una vez que tenemos el cultivo establecido, y la enfermedad en su proceso infectivo, será difícil poder controlarla totalmente, teniéndose que aceptar una cierta pérdida de rendimiento y de la calidad y, probablemente, mayores costos al tener que realizar aplicaciones tardías de fungicidas.

El correcto diagnóstico de las enfermedades del trigo asegura que las decisiones de control sean las adecuadas. Muchas veces el agricultor acude a la aplicación de fungicidas, cuando sus trigos están amarillos por efecto de deficiencia de fertilizantes, siendo la presencia de hongos patógenos sólo un tema secundario. Por lo tanto es importante poder reconocer las enfermedades que afectan al trigo para que no nos equivoquemos en la estrategia para mantener el cultivo sano. Recordemos que prevenir es la clave.

## 5.1. ENFERMEDADES EN EL ESTABLECIMIENTO DEL TRIGO

### 5.1.1. Pudrición de semilla, fusariosis.



Foto 5.1.1. Muerte de plántulas de trigo generadas a partir de granos infectados con *Fusarium pseudograminearum* y granos sanos (derecha). El recuadro muestra macroconidias<sup>4</sup> de *F. pseudograminearum*.

#### Nombres de la enfermedad

Se le conoce como fusariosis, pudrición de semillas, o caída de plántulas. Se identifica porque la siembra se demora en emerger y al escarbar en el surco de siembra se distinguen granos parcialmente descompuestos.

#### Agente Causal

Se encuentran varias especies involucradas. Las más importantes son *Fusarium culmorum* y *Fusarium pseudograminearum* el cual corresponde a la nueva denominación de la especie anteriormente descrita como grupo 1 de *Fusarium graminearum*. Además de causar un mal establecimiento de la siembra, afectan el desarrollo de las raíces del trigo y conforman el grupo de hongos causantes del complejo de pudriciones radicales.

#### Ambiente que le resulta favorable

Suelos fríos (-2 a 5°C), y siembras excesivamente profundas (> 3 cm). Semillas dañadas favorecerán también el desarrollo de la enfermedad.

<sup>4</sup> Ver glosario.

## Medidas de control

Uso de semillas certificadas. Preparación de una cama de semilla adecuada (2 a 3 cm). Usar desinfectantes de semilla como, por ejemplo, Dividend (difenoconazole); Raxil (tebuconazole) o Vincit (flutriafol). Ver nota 1.

---

**Nota 1.** El mencionar el nombre comercial o ingrediente activo de un producto, no constituye un respaldo o recomendación específica de INIA a este producto. Así mismo, existen otros agroquímicos en el mercado que pueden ser igualmente efectivos. El agricultor está obligado a leer y entender la etiqueta de cada producto antes de usarlo y ojalá antes de comprarlo. Es recomendable, además, que el agricultor transfiera la responsabilidad de la recomendación y aplicación del agroquímico a profesionales capacitados, para evitar, por un lado, peligros en la pulverización y, por otro, fitotoxicidades o efectos secundarios.

### 5.1.2 Muerte de plántulas por *Pythium*

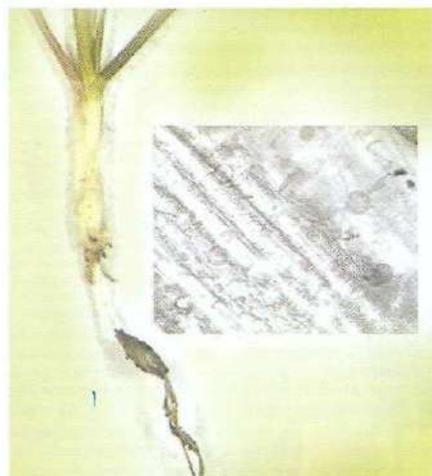


Foto 5.1.2. Muerte de ápices de raíces coronales en una planta de cereal por el hongo *Pythium*. El recuadro amplía tejidos radiculares infectados por oosporas enquistadas de este fitopatógeno.

#### **Nombres de la enfermedad**

Pudrición en cero labranza, pudrición radical por *Pythium*, pudrición de cereales en suelos húmedos.

#### **Agente Causal**

Corresponde a uno o más especies de hongos de la familia *Pythiaceae*. No se ha descrito en Chile las especies específicamente involucradas en trigo, avena, cebada y otras especies gramíneas utilizadas como forrajes.

#### **Ambiente que le resulta favorable**

Suelos inundados, sectores más bajos de los potreros, monocultivo de cereales, especialmente donde se practica por varios años seguidos la cero labranza. Se encuentra asociada al uso frecuente del herbicida glifosato.

#### **Medidas de control**

Rotación de cultivos con especies diferentes de gramíneas. Considerar siembras de raps, lupino, trébol encarnado en los suelos de secano. Mejorar el drenaje de los sectores afectados. Reducir el uso de glifosato. Rotura de los suelos algunas temporadas. Quema de los rastrojos de cereales, cuando sea posible.

## 5.2. ENFERMEDADES EN MACOLLA Y ENCAÑADO

### 5.2.1. Enanismo amarillo



Foto 5.2.1. Dos variedades de trigo con diferente nivel de severidad de virus del enanismo amarillo de la cebada. El recuadro destaca el típico síntoma, en hoja bandera, con clorosis desde el ápice, con necrosis y formación de flecha similar a la descrita como deficiencia de potasio.

#### Agente Causal

La sintomatología aparece cuando un pulgón o áfido infectado con el virus del enanismo amarillo, se alimenta en una planta sana, traspasando desde su saliva el agente infeccioso que se multiplica en los nuevos tejidos. La enfermedad es causada por *Barley Yellow Dwarf Virus*, un Luteovirus que es completamente dependiente del insecto vector para transmitirse. En ausencia del áfido, tampoco se observará el virus. Sin embargo, basta una población remanente de *Ropalosiphum padi*, el áfido vector más eficiente en su transmisibilidad, presenta a fines de verano - comienzos de otoño, para que la enfermedad se establezca. De tal manera, es posible que más tarde, en la espigadura, se encuentre esta virosis presente, pero que no se detecten áfidos vivos.

#### Ambiente que le resulta favorable

Prácticamente todas las especies gramíneas (ballicas, poas, avena, cebada, etc.) son hospederos de los áfidos vectores del virus del enanismo amarillo. El clima templado y frío, y la presencia de rastrojo sin quemar favorece la sobrevivencia de áfidos virulíferos.

#### Medidas de control

Uso de semillas certificadas de variedades resistentes. El control químico reduce la población de áfidos, pero no disminuye necesariamente la presencia de la virosis.

## 5.2.2. Septoriosis de la hoja

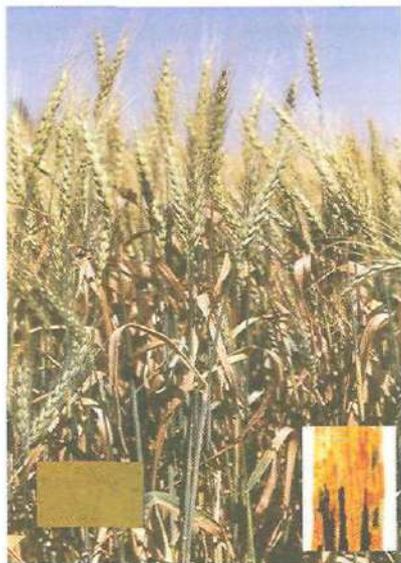


Foto 5.2.2. Ataque severo de septoriosis de la hoja con destrucción completa de la hoja bandera y contaminación parcial de las espigas. El recuadro inferior izquierdo muestra ascos y ascosporas de *Mycosphaerella graminicola*, del hongo en su fase sexuada, mientras que el recuadro de la derecha destaca las fructificaciones asexuales o picnidios<sup>5</sup> de *Septoria tritici*.

### Agente Causal

El nombre más conocido es el de *Septoria tritici*, que corresponde a la fase asexual (anamorfo)<sup>6</sup> 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 del año anterior, desde donde se liberan y dispersan las ascosporas, que el hongo ha desarrollado en su fase sexual (teleomorfo). En este estado, el hongo recibe el nombre de *Mycosphaerella graminicola* y son sus esporas diseminadas por el viento, las que inician la enfermedad.

### Ambiente que le resulta favorable

Las siembras tempranas de trigos precoces en inviernos fríos y lluviosos que terminan en primavera húmedas y templadas, constituyen el ambiente ideal para el desarrollo de septoriosis de la hoja. La cero labranza sin quema de rastrojo se asocia a mayor incidencia de septoriosis.

<sup>5-6</sup> Ver glosario.

## **Medidas de control**

La siembra de semillas certificadas de variedades resistentes, o al menos tolerantes. El riesgo de que la enfermedad se presente aumenta mientras más temprano se realiza la siembra. Las medidas curativas con productos químicos son efectivas. Se puede utilizar Matador (tebuconazole + triadimenol); Duett (epoxiconazole + carbendazima); Juwell (epoxyconazole + krexoxim methyl); Priori + Zenit (azoxystrobyn + [propiconazol+fenpropídin]).

### 5.2.3. Mancha parda, mancha amarilla, helmintosporiosis.



Foto 5.2.3. Hojas de trigo con mancha parda, lesiones típicas por el centro oscuro, forma ovalada, halo amarillo entorno de la lesión. El recuadro muestra ascosporas de *Pyrenophora tritici repentis*, el cual procede del rastrojo y constituye la fuente de inóculo<sup>7</sup> primario.

#### Agente Causal

Se le conoce generalmente como *Helmintosporium tritici*, pero es el nombre antiguo del hongo agente causal. Ahora, el estado asexual (anamorfo) corresponde a *Drechslera tritici repentis*, un hongo bastante parecido al que causa la mancha en red de la cebada. El estado sexual (telomorfo) corresponde al ascomicete *Pyrenophora tritici repentis*.

#### Ambiente que le resulta favorable

Al igual que para otros ascomicetes, la presencia de rastrojos intactos le ofrece un sustrato desde donde se genera el inóculo primario, el cual establece la enfermedad en la nueva siembra. Requiere de temperaturas cálidas, humedad y siembras bien fertilizadas.

#### Medidas de control

Usar semillas de variedades resistentes, desinfectadas y sembrar, en lo posible, en predios donde se quemaron los rastrojos de trigo del ciclo anterior. El monocultivo de trigo predispone para que se presente esta enfermedad. En lo posible, debe evitarse.

<sup>7</sup> Ver glosario.

#### 5.2.4. Roya estriada, roya amarilla o polvillo amarillo.



Foto 5.2.4. Dos variedades de trigo: a la izquierda una susceptible a roya estriada, y a la derecha la variedad resistente. El recuadro muestra el típico síntoma estriado de la enfermedad.

#### Agente Causal

El hongo basidiomicete *Puccinia striiformis*, el cual se caracteriza por tener un ciclo de vida incompleto. A diferencia de las otras royas del trigo, no se le conoce un hospedero alternativo.

#### Ambiente que le resulta favorable

Entre las royas del trigo, la roya estriada tiene los menores requerimientos de temperatura. Su temperatura mínima, óptima y máxima para desarrollarse son 0, 11 y 23°C, respectivamente. El hongo es muy sensible al calor y detiene bruscamente su desarrollo cuando aumentan las temperaturas.

#### Medidas de control

La utilización de variedades genéticamente resistentes a roya estriada es la base para su control. El Proyecto Nacional de Trigos de INIA anualmente elabora la cartilla de recomendación de variedades que muestra las variedades de trigo que mantienen su resistencia efectiva (Ver Cuadro 1.2.). En forma adicional, la vida útil de la variedad de trigo que está perdiendo su resistencia, por adaptación de la población patógena del hongo, se puede alargar en manos de los productores mediante la aplicación de algún fungicida efectivo, como son aquellos del grupo de los triazoles Matador (tebuconazole + triadimenol) o estrobilurinas, Juwel (epoxyconazole + krexoxim methyl).

## 5.3. PATOLOGÍAS ENTRE ENCAÑADO Y FLORACIÓN

### 5.3.1. Oídio



Foto 5.3.1. Espiga de trigo severamente afectada por oídio. El polvo blanco corresponde a la masa de esporas y conidióforos externos al tejido, lo que se destaca en el recuadro.

#### Agente Causal

El oídio es causado por un hongo ascomicete conocido por muchos años como *Erysiphe graminis*. Recientemente se cambió al nombre de *Blumeria graminis*, que se ajusta mejor a las características del cleistotecio de este ascomicete.

#### Ambiente que le resulta favorable

La temperatura óptima para el desarrollo de la enfermedad se encuentra entre 15 y 22°C. El trigo es más susceptible cuando se encuentra en crecimiento rápido. Si bien las conidias son capaces de germinar en ausencia de humedad libre, prefiere 100% de humedad relativa. Siembras de trigos susceptibles fertilizadas con abundante nitrógeno, predisponen para el ataque severo de oídio.

#### Medidas de control

Uso de semillas certificadas de variedades resistentes, o al menos tolerantes a la enfermedad. La interpretación correcta del análisis de suelo le permite al agricultor proporcionar la cantidad de nitrógeno que efectivamente la planta puede convertir en grano, evitando el desarrollo excesivo de la vegetación que predispone al desarrollo de oídio. Existen algunos fungicidas que reducen significativamente la severidad de la enfermedad, entre los que se puede nombrar Prosper Plus (tebuconazole + spiroxamina) y Jewel Top (epoxyconazole + krexoxim methyl + fenpropimorph).

### 5.3.2. Roya colorada, roya de la hoja, roya o polvillo café.



Foto 5.3.2. Hoja bandera de un trigo muy susceptible, severamente afectada por roya de la hoja. Destaca el efecto de la enfermedad en las hojas inferiores. En el recuadro aparecen uredosoros que corresponden a masas de uredosporas y tejidos del hospedero.

#### Agente Causal

Se trata del hongo basidiomicete que recibió, por muchos años, el nombre de *Puccinia recondita*. Existe una controversia sobre el nombre correcto, sin embargo el más utilizado en la actualidad corresponde a *Puccinia triticina*. En Chile no se ha encontrado el hospedero alternante *Thalictrum spp.*, especie vegetal de la familia de las ranunculaceas donde ocurre la fase sexuada.

#### Ambiente que le resulta favorable

El hongo puede infectar cuando dispone de un período de tres horas de follaje mojado con temperatura sobre 20°C. En la VII y VIII Regiones de Chile *Puccinia triticina* aparece a fines de noviembre, después de la floración. Sin embargo, en algunos años puede aparecer antes. Las mayores pérdidas de rendimiento y calidad de grano ocurren precisamente cuando la planta es infectada antes de la antesis.

#### Medidas de control

Siembra de semillas certificadas de variedades resistentes, las cuales pueden ser apoyadas con una aplicación de fungicida cuando la variedad ha sido utilizada por varios años, y no es capaz de defenderse por sí sola. Se ha logrado identificar varias fuentes de resistencia, genes específicos que le confieren resistencia, en trigos INIA. Anualmente se realiza una selección de los trigos frente a la población patógena, y se mantienen en la recomendación sólo

aquellas variedades con un nivel aceptable de resistencia genética (menos de 20% de follaje dañado con reacción de moderada susceptibilidad). Nuestro objetivo es que el agricultor, al utilizar la recomendación de semillas certificadas de variedades INIA, no requiera de la aplicación de fungicidas para roya de la hoja.

### 5.3.3. Mal del pie, pietín.



Foto 5.3.3. A la izquierda se aprecia raíces severamente necrosadas por micelio del hongo causante del mal del Pie, mientras que a la derecha destacan raíces y cuellos de plantas sanas. El recuadro muestra cuerpos frutales sexuados del hongo que contienen ascosporas maduras, las cuales pueden reiniciar el ciclo de vida del hongo.

#### Agente Causal y Huéspedes

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.

#### Ambiente que le resulta favorable

El principal factor que favorece esta enfermedad es el buen precio del trigo, dado que una buena rentabilidad del cereal motiva al agricultor a sembrarlo intensamente, acortando las rotaciones y cayendo, incluso, en monocultivo o repetición de trigo en el mismo suelo. El monocultivo y la siembra de trigo después de praderas naturales, especialmente en los trumaos húmedos del secano de precordillera donde predominan las especies gramíneas que son portadoras del hongo, predisponen a que las raíces se infecten y la planta finalmente produzca espigas blancas, vanas, con grandes pérdidas comerciales para el productor.

#### Medidas de control

La rotación de cultivos del trigo con especies diferentes de gramíneas es la base para prevenir la enfermedad. En suelos de secano se puede usar raps, lupino, trébol encarnado, praderas de tréboles de más larga duración. La avena se puede utilizar, pero es menos recomendable dado que es susceptible a

fusariosis, otra enfermedad radical de importancia, en el trigo. En suelos de riego las alternativas son muchas, destacando como precultivos para el trigo, remolacha, maíz y fréjoles. El hongo se disemina principalmente a través del contacto directo de trozos de raíces y residuos de rastrojos, que contaminan tejidos nuevos y frescos de las plantas de trigo. El hongo tiene poca movilidad y se ha observado que la práctica de siembras en cero labranza reduce el mal del pie, al no fraccionarse los residuos contaminados. Los fungicidas desinfectantes de semilla, Real (trititiconazole); Latitude (silthiofam) y Galmano Plus (fluquinconazole + procloraz + sales de cobre) han demostrado un efecto de control parcial de mal del pie, con mejores rendimiento de las plantas protegidas, pero inferior al obtenido en ese mismo suelo cuando la enfermedad se encuentra ausente, producto de una buena rotación.

### 5.3.4. Mancha ocular



Foto 5.3.4. Tallo de una planta de trigo con la típica lesión en forma de ojo que le confiere el nombre a la enfermedad. El centro de la lesión muestra placas del hongo, signo característico de *Pseudocercoporella herpotrichoides*.

#### Agente Causal

Corresponde a un hongo ascomicete, cuyo ciclo de vida completo es conocido en Chile. En su fase asexual (anamorfo) se reconoce como *Pseudocercoporella herpotrichoides*, mientras que la fase sexual (teleomorfo) es el hongo *Tapesia yellundae* el cual forma apotecios en el rastrojo de trigo infectado.

#### Ambiente que le resulta favorable

Los trigos de invierno son los más afectados; sin embargo, siembras tempranas de trigos precoces también pueden ser dañadas. El hongo se restringe a las partes basales de las plantas, sin afectar raíces. Todos los cereales y muchos pastos se afectan por este hongo.

#### Medidas de control

Siembra de semillas certificadas de variedades 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 con prochloraz (Sportak; Mirage) y epoxyconazole (Duett), especialmente combinadas con productos acortadores de caña (Cycocel), si bien no controlan completamente el problema, reducen significativamente la tendadura por un lado, y por otro aumentan el rendimiento de grano.

## 5.4. ENFERMEDADES ENTRE FLORACIÓN Y GRANO MADURO

### 5.4.1. Carbón Volador



Foto 5.4.1. El carbón volador se caracteriza por el síntoma, en espigadura, de los granos ausentes reemplazados por una masa de teliosporas negras que no tienen mal olor. El viento se lleva las esporas dejando el raquis pelado. Las esporas no contaminan y tampoco devalúan el valor de la cosecha.

#### Agente Causal

El hongo basidiomicete *Ustilago tritici* es el causante de este carbón. Parte, o la totalidad, de la inflorescencia es reemplazada por clamidosporas del hongo.

#### Ambiente que le resulta favorable

El carbón volador es una enfermedad monocíclica, es decir, tiene un solo ciclo durante el desarrollo fenológico del trigo. Se le considera independiente de las condiciones climáticas, para expresarse. Para que la enfermedad se presente, el grano a utilizarse como semilla tiene que estar infectado desde la temporada en que fue producido. El hongo se establece en el embrión, desde donde avanza con los meristemas que son tejidos de rápido desarrollo de la planta, hasta la formación de la espiga momento en que toma el control de los tejidos de la espiga y reemplaza toda la inflorescencia por esporas del hongo, dejando solo el raquis, o eje de la espiga, intacto.

#### Medidas de control

La siembra de semillas certificadas, libres de carbón, de variedades resistentes, asegura que la enfermedad no ocurrirá. De hecho, la práctica de utilizar semillas conocidas y tratarlas con fungicida es la explicación probablemente más

válida, de la casi total desaparición del carbón volador de los cultivos de trigo en Chile. Dada la naturaleza sistémica de *Ustilago*, es necesario utilizar productos fungicidas que se desplazan dentro de los tejidos. El uso correcto de dosis y métodos de cubrimiento de semillas con fungicidas triazólicos, del grupo de inhibidores de la biosíntesis del ergosterol (fungicidas IBE) el cual es un compuesto de las membranas celulares de muchos hongos, controla eficientemente esta enfermedad.

### 5.4.2. Carbón hediondo

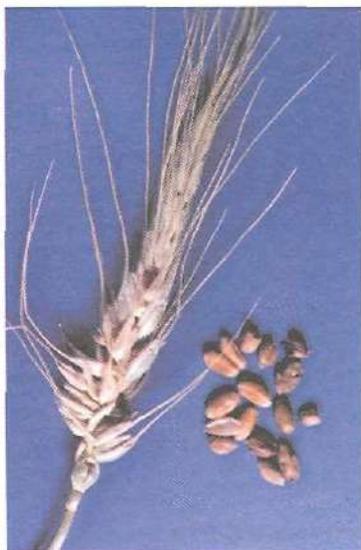


Foto 5.4.2. El carbón cubierto o carbón hediondo no destruye completamente la espiga como el carbón volador. Visualmente es posible detectar la enfermedad por el desorden que muestran las aristas, pero sólo se puede confirmar rompiendo algunos granos y mirando su interior. Parte o la totalidad de los granos presentes en la espiga, son reemplazados por masas de esporas de un olor desagradable.

#### Agente Causal

Dos especies de hongos basidiomicetes se distinguen, *Tilletia caries* y *Tilletia foetida*. La diferencia entre ellas es morfológica. Está en el equinulado<sup>8</sup> de la clamidospora, y muestran similitud en otros aspectos.

#### Ambiente que le resulta favorable

Al igual que el carbón volador causado por *Ustilago*, se trata de una enfermedad *monocíclica*; pero se diferencia en que ésta es una enfermedad no sistémica. Es decir, el hongo se disemina desde los granos en que se encontraba reemplazado por esporas, a granos sanos por el efecto mecánico de la trilla. Se le considera independiente de las condiciones medioambientales. Ataques severos producen granos altamente contaminados con el olor característico, que puede llegar hasta el pan fabricado con esta harina.

#### Medidas de control

El uso de semillas certificadas libres de carbón hediondo, y desinfectadas con fungicidas adecuados, permite asegurar la ausencia de esta enfermedad.

---

<sup>8</sup> Ver glosario.

### 5.4.3. Punta negra o escudete



Foto 5.4.3. Algunas variedades de trigo, especialmente los candeales, muestran tendencia a presentar la punta del embrión oscurecida, lo que se conoce como punta negra. En el recuadro se ilustra el hecho de que la presencia de punta negra no afecta el valor germinativo ni la viabilidad de la semilla.

#### Agente Causal

Si bien se asocia la punta negra a la presencia del organismo de naturaleza saprofita *Alternaria sp.*, no todos los granos que muestran punta negra son atribuibles a este hongo. Por otra parte, es posible aislar frecuentemente el hongo de granos completamente sanos.

#### Ambiente que le resulta favorable

La fertilización nitrogenada excesiva en trigos de primavera establecidos en suelos regados, constituye las condiciones más favorables para que ocurra la enfermedad. Especialmente, el exceso de agua durante la antesis predispone a la presencia de punta negra.

#### Medidas de control

Evitar la siembra de variedades con mayor tendencia a presentar punta negra. Fertilizar sólo de acuerdo al análisis de suelo.

## **5.5. EL CONTROL DE LAS ENFERMEDADES DEL TRIGO**

### **5.5.1. La prevención**

- La forma más económica de controlar las enfermedades del trigo es previniendo que se presenten los organismos causales, mediante una estrategia de manejo integrado.
- La rotación de cultivos con ausencia de cereales en años contiguos ayuda a reducir varias enfermedades del trigo, especialmente el mal del pie.
- El uso de semilla certificada aporta tecnología y seguridad en la prevención de enfermedades transmisibles por semillas.

### **5.5.2. El control curativo**

- Elegir los desinfectantes de semilla más adecuados a los problemas que existen en la semilla y en el suelo a sembrar con trigo.
- Evaluar las diferentes alternativas de productos fungicidas foliares que existen en el mercado. Utilizar como referencia el siguiente libro: Manual Fitosanitario publicado por IMPPA (Importadores y productores de productos fitosanitarios para la agricultura, A.G.), SAG (Servicio Agrícola y Ganadero del Ministerio de Agricultura de Chile) y AFIPA (Asociación Nacional de Fabricantes e Importadores de Productos Fitosanitarios Agrícolas A.G.).

## GLOSARIO

- Apotecios** Estructura de reproducción sexuada de algunos hongos. Tiene forma de copa y se genera en rastrojos infectados.
- Ascomicetes** Aquellos hongos, que forman la estructura reproductiva conocida como ascos.
- Ascosporas** Esporas de la reproducción sexuada de los hongos ascomicetes, que son producidas en una estructura llamada peritecio. Generalmente se forman en los rastrojos. En los peritecios se forman los ascos (significa saco en griego) y dentro de éstos las ascosporas.
- Anamorfo** La fase de reproducción asexuada en los hongos.
- Basidiomicete** Grupo de hongos que se caracterizan por producir basidios. En este grupo se encuentran las royas o polvillos, carbones y rhizoctonia.
- Clamidospora** Espora de naturaleza resistente que forman algunos hongos en ausencia del huésped susceptible o cuando éste no se encuentra en una fase posible de ser infectado.
- Epifitía** Desarrollo epidémico de una enfermedad en especies vegetales.
- Equinulado** Que tiene aristas o una superficie erizada.
- Fitotoxicidad** Daño a los tejidos vegetales.
- Inóculo** Cualquier elemento reproductivo que le sirve al microorganismo para penetrar y establecerse en un tejido vegetal sano. Por ejemplo, ascosporas, macroconidias, picnidiosporas.
- Macroconidias** Esporas con varias divisiones o septas, típicas del hongo *Fusarium*, que tiene forma de un plátano alargado y que se estrecha en sus extremos.

<b>Patología</b>	La habilidad de algunos microorganismos de causar daño a un tejido sano.
<b>Picnidios</b>	Estructuras de reproducción asexual, de color oscuro, forma esférica, visibles a ojo desnudo, donde se multiplican las esporas de algunos hongos como <i>Septoria</i> .
<b>Teleomorfo</b>	La fase de reproducción sexual en los hongos.
<b>Vector</b>	Especie que transporta un microorganismo que causa daños a las plantas. Por ejemplo, los áfidos que transmiten virus.

## BIBLIOGRAFÍA

- Andrade, V. O. 1990.** Polvillo estriado o roya amarilla *Puccinia striiformis* West. del trigo en la zona sur de Chile. Boletín técnico N° 164. 28 p. Instituto de Investigación Agropecuarias, Estación Experimental Carillanca. Temuco, Chile.
- Eyal, Z., A.L. Scharen, J.M. Prescott y M. Van Gilkel. 1987.** Enfermedades del trigo causadas por *Septoria*: Conceptos y métodos relacionados con el manejo de estas enfermedades. 46 p. CIMMYT. México, D.F, México.
- Latorre, B. 2004.** Enfermedades de las plantas cultivadas. 6ª.ed. 637 p. Ediciones Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile.
- Madariaga, R. 2003.** Vida después de la muerte: rastros e incidencias de enfermedades en cultivos anuales. pp.:157-164. Serie Ciencias Agronómicas N° 8. En: Seminario Sustentabilidad en cultivos anuales: Cero labranza, manejo de rastros. Santiago 3-4 Diciembre. Universidad de Chile. Santiago, Chile.

**Wiese M.V. (ed.) 1987.** Compendium of Wheat Diseases. 112 p.  
2<sup>a</sup>.ed. American Phytopathology Society, St. Paul,  
Minnesota, USA.

**Zillinsky, F. J. 1984.** Enfermedades comunes de los cereales de  
grano pequeño: Una guía para su identificación. 141 p.  
Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo,  
CIMMYT, El Batán, México.

# CAPÍTULO 6

## PRINCIPALES INSECTOS PERJUDICIALES EN TRIGO

*Autor*

**Marcos Gerding P.**

Ingeniero Agrónomo, M. S.

Entomología

INIA Quilamapu

*Consultor Técnico*

**Luis Devotto M.**

Ingeniero Agrónomo

Entomología

INIA Quilamapu

De acuerdo con el listado de insectos perjudiciales para el trigo, en Chile existen 47 especies de insectos que, en diferentes grados, perjudican a este cultivo. Sin embargo, no todos ellos están presentes en el mismo campo ni durante todo el tiempo que dura el cultivo. A su vez, el daño dependerá de la densidad de la población y el estado de desarrollo del cultivo. La incidencia de plagas en trigo ha ido variando con el tiempo. En los años 60 las plagas principales del cultivo eran gusanos blancos y larvas del zancudo patón (*Tipula* sp); luego, en los setenta, irrumpieron los pulgones. En el presente, sólo los gusanos blancos son controlados en forma rutinaria.

## 6.1. PULGONES

Los pulgones del trigo, también llamados áfidos, causaron grandes pérdidas a la agricultura nacional durante la década del 70, tanto a través del daño directo, como por la transmisión del virus del enanismo amarillo de la cebada (VEAC).

Las especies de pulgón que afectan al trigo y otros cereales en Chile son esencialmente cinco: *Rhopalosiphum padi*, *Metopolophium dirhodum*, *Sitobion avenae*, *Schizaphis graminum* y *Diuraphis noxia*. Además, ocasionalmente es posible encontrar en cereales otras especies tales como *Metopolophium festucae cerealium*, *Sitobion fragariae*, *Rhopalosiphum maidis* y *Rhopalosiphum rufiabdominalis*.

El problema creado por los pulgones en la producción de trigo, hizo que el gobierno de la época aplicara un plan especial de control. Por ello, estableció un proyecto de Control Biológico, y a través de éste se introdujeron 11 especies de parasitoides y una especie de chinita. Los parasitoides que se establecieron más exitosamente fueron las microavispa *Aphidius ervi*, *Aphidius rhopalosiphii*, *Aphidius uzbekistanicus*, *Praon gallicum* y *Praon volucre*. Desde entonces, estos enemigos naturales han ejercido un control permanente sobre *Metopolophium dirhodum*, *Sitobion avenae* y *Rhopalosiphum padi*. Por su parte la chinita, introducida a fines de los setenta, continúa controlando pulgones en el trigo y en otros cultivos.

## 6.1.1. Descripción de los diferentes pulgones

### 6.1.1.1. *Rhopalosiphum padi* (Pulgón de la avena)

Es una especie que se caracteriza por su forma más bien redondeada (Foto 6.1.), color verde oliva con dos manchas rojizas en la base de los cornículos y antenas cortas. Como todos los pulgones del trigo presenta formas aladas y ápteras. Se ubica en las partes bajas de la planta, y es el primer pulgón que aparece en el cultivo, comúnmente en invierno. Se le considera muy buen trasmisor del VEAC. A pesar que tuvo gran incidencia en la producción triguera, hoy no es considerado una plaga debido al control biológico ejercido por chinillas, sírfidos y por los parasitoides *Aphidius ervi*, *Aphidius rhopalosiphi*, *Aphidius colemani*, y *Aphidius matricariae*, los dos últimos presentes en Chile desde antes de 1970.



Foto Ó.1. Pulgón áptero de *Rhopalosiphum padi*.

### 6.1.1.2. *Metopolophium dirhodum* (Pulgón verde pálido).

Es un pulgón de cuerpo alargado (Foto 6.2.). Los pulgones ápteros son de color verde claro, con una suave línea más verde en la zona dorsal del abdomen. Los pulgones alados presentan el tórax café claro y abdomen verde claro. Los cornículos y las antenas son del mismo color del cuerpo, tanto en alados como en ápteros. Forma colonias en el envés de las hojas, principalmente en

la hoja bandera, y rara vez se le encuentra en la espiga. A pesar de haber sido el más abundante durante la década del 70, hoy se le encuentra en forma aislada y rara vez en colonias, y con un alto porcentaje de individuos parasitados (momificados) por *Aphidius ervi*, *Aphidius rhopalosiphi*, *Praon gallicum*, y *Praon volucre* (Foto 6.3.).

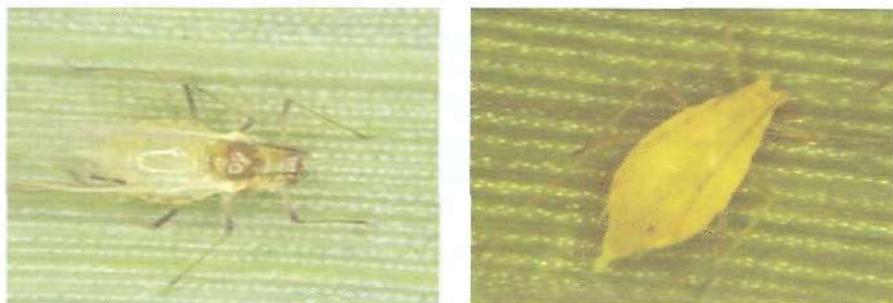


Foto 6.2. Pulgón alado y áptero de *Meiopolophium dirhodum*.



Foto 6.3. Pulgón parasitado (momia).

### 6.1.1.3. *Sitobion avenae* (Pulgón verde oscuro de la espiga).

Es de cuerpo alargado, de color verde oscuro (Foto 6.4.), aunque a veces presenta colores rojizos, o pardo rojizos. Los cornículos y las antenas son de color oscuro. Se ubican principalmente en las espigas formando grandes poblaciones y causando daño directo en la formación y llenado de los granos.

Actualmente, al igual que los otros pulgones, no causan problemas, pero se debería tener presente que por un manejo inadecuado de las plagas pudiera volver a aumentar su población. *S. avenae* fue efectivamente controlado con los parasitoides *Aphidius ervi*, *Aphidius rhopalosiphi*, *Aphidius uzbekistanicus*, *Praon gallicum* y *Praon volucre*.



Foto 6.4. Pulgón áptero de *Sitobion avenae*.

#### 6.1.1.4. *Schizaphis graminum* (Pulgón verde de los cereales)

Este pulgón requiere de mayores temperaturas para su desarrollo, por lo que se le puede encontrar en trigo que fue sembrado muy tarde. Su cuerpo es alargado y de color verde pálido con una marcada banda verde en su dorso (Foto 6.5). Las antenas son más oscuras que el cuerpo, y los cornículos presentan el ápice más oscuro y ensanchado. Se caracteriza por ubicarse en las hojas y tallos, y por secretar una saliva tóxica que marca la zona pinchada de un color rojizo. Este pulgón se encuentra naturalmente controlado por *Aphidius colemani*, *Lysiphlebus testaceipes*, *Aphidius rhopalosiphi* y *Praon volucre*.



Foto 6.5. Pulgón y colonia de *Schizaphis graminum*.

#### 6.1.1.5. *Diuraphis noxia* (Pulgón Ruso del trigo)

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 caracteriza por su cuerpo alargado, sin cornículos, color verde plomizo, doble cauda y antenas cortas (Foto 6.6.). Normalmente se alimenta de tejido tierno, por lo cual sólo se le encuentra hasta en la hoja bandera. Su detección es fácil, ya que las hojas presentan estrías blancas y además se enroscan longitudinalmente. Luego de un par de años posteriores a su detección, prácticamente desapareció debido a que por la época de siembra del trigo el pulgón no alcanza a estar presente en las plantas con tejido tierno, ya que aparece de octubre en adelante. En siembras tardías realizadas en septiembre, es común encontrarlo causando daño. Lo controla eficientemente el parasitoide *Aphelinus asychis* que produce momias negras y alargadas, parasitoide introducido para controlar los otros pulgones del trigo.



Foto 6.6. Pulgón áptero de *Diuraphis noxia* (foto gentileza de H. Norambuena y D. Akre).

En general, los pulgones del trigo se controlaron exitosamente con la introducción a Chile de enemigos naturales, y hoy no es necesario realizar aplicaciones de insecticidas, lo que ha significado un ahorro importante de divisas para el país.

Estudios realizados en la década de los 70 permitieron elaborar una tabla de densidades críticas, para que los agricultores determinaran la conveniencia,

o no, de realizar controles químicos de los pulgones. Basados en esta tabla es que hoy no es necesario realizar controles químicos de esta plaga, pues desde los años 80 que no se tienen densidades que sobrepasen estos estándares (Cuadro 6.1.).

Cuadro 6.1. Densidades críticas de pulgones en trigo.

<b>ESTADO DE DESARROLLO DEL TRIGO</b>	<b>NÚMERO DE PULGONES POR TALLO</b>	<b>NÚMERO DE PULGONES EN LA ESPIGA</b>
Macolla	2	-
Encañado	10	-
Hoja bandera a floración	20 - 25	5
Llenado de grano	25	10

## 6.2. Gusanos Blancos

Los gusanos blancos corresponden a larvas de varias especies de escarabeidos (*Hylamorpha elegans*, *Hylamorpha cilindrica*, *Phytoloema hermanni*, *Athlia rustica*, *Athlia plebeya*). En general estas especies se distribuyen a lo largo del país, concentrándose en la zona centro sur y sur. Su ciclo varía de acuerdo a cada especie, pero en todas ocurre el daño durante el otoño e invierno que es el momento en que las larvas se encuentran más activas en el suelo. Estas larvas se movilizan en el perfil del suelo en forma vertical, se alimentan de raicillas, y son capaces de cortar las plántulas de trigo cuando están en emergencia.

En el cultivo del trigo las especies más importantes son *Hylamorpha elegans* y *Phytoloema hermanni* (Foto 6.7.). Los adultos corresponden a los pololos de colores verde y café, y por lo general vuelan en primavera y verano colocando sus huevos en el suelo. Algunas especies de los adultos se alimentan del follaje en árboles nativos (roble, maqui), y luego las hembras vuelan a oviponer, penetrando en el suelo y depositando de esta manera los huevos. Las larvas de las cuatro especies son blancas con un abdomen muy desarrollado y de forma curva. Tienen tres pares de patas y una cabeza bien distintiva de color oscuro (Foto 6.8.). A pesar de ser la plaga que más se ha mantenido en el tiempo, aún

no se tiene la información de los umbrales económicos (niveles de daño). En otros países se consideran densidades críticas con 200 ó más larvas por metro cuadrado. En Chile, en suelos con inversión (aradura) no debieran existir esas densidades, dado que el laboreo del suelo destruye la mayoría de las larvas y además las expone a los depredadores. En cero labranza no se ha determinado el efecto de la compactación sobre la población anual de larvas.



Foto 6.7. Adultos de gusanos blancos (*Phytoloema hermanni*, izquierda e *Hylamorpha elegans*, derecha).



Foto 6.8. Larva de gusano blanco.

El control tradicional se efectúa en forma preventiva, sin evaluar poblaciones, con insecticidas sintéticos, mezclando el producto con el fertilizante, o bien colocándolo en el surco de la siembra. Hoy, en INIA Quilamapu se está desarrollando una forma de control utilizando enfermedades de los insectos, cuya formulación y aplicación al suelo será similar a la aplicación de los insecticidas

convencionales, pero con la ventaja de no contaminar. Ya se cuenta con aislaciones específicas hacia los gusanos blancos.

### 6.3. Gusanos alambre

Los gusanos alambre corresponden a otra familia de coleópteros, cuyo nombre común es salta perico (*Medonia deromecoides*, *Conoderus rufangulus*). Los adultos son de cuerpo alargado, generalmente de colores plumizos oscuros (Foto 6.9.). 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. Las larvas son las causantes de daño en las raíces del cultivo. Su distribución es toda el área triguera desde la VIII Región al sur.

Control químico específico no existe, pues el producto que es aplicado contra los gusanos blancos también actúa sobre los gusanos alambre.

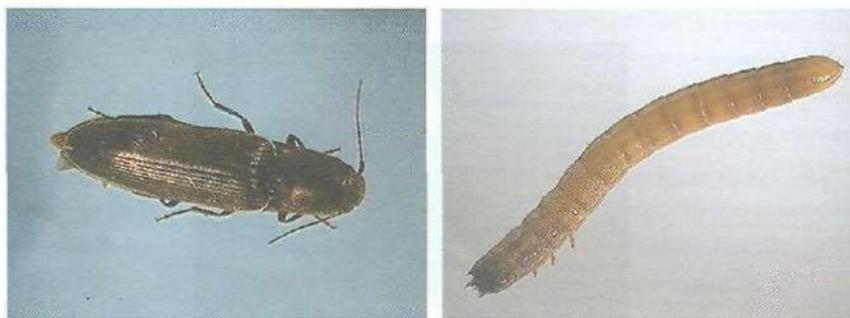


Foto 6.9. Adulto y larva de gusano alambre.

#### 6.4. Zancudo patón del trigo

Corresponde a una larva de díptero (*Tipula apterogyne*), cuyo adulto macho es el zancudo patón. A pesar de su nombre no es hematófago, y son las larvas las que provocan daño. Los adultos son de cuerpo fino alargado y de patas largas. Sólo los machos vuelan y las hembras viven bajo la hojarasca. Se les encuentra en lugares húmedos y sombríos, y se les asocia a suelos pesados (arcillosos), en donde la humedad en el invierno se mantiene superficial. Las larvas de color plumizo y sin patas (Foto 6.10.), habitan ligeramente enterradas en el suelo y en el agua superficial. El daño lo hacen en el cuello de la plantas, provocando su muerte. En Chillán se han observado en los últimos años fuertes ataques de *Tipula* spp en sementeras sembradas en los suelos arcillosos de San Nicolás. Por la ubicación de las larvas en el suelo, el control químico preventivo en el surco de siembra no es efectivo, pues las larvas se ubican por sobre las semillas en la zona más húmeda y no son controladas. El control debe ser curativo cuando se observen larvas.



Foto 6.10. Larva de *Tipula* spp.

## GLOSARIO

- Áptero** Insecto adulto que carece de alas.
- Cornículos** Estructuras sobresalientes ubicadas en los últimos segmentos del abdomen del pulgón, que secretan la mielecilla en los pulgones.
- Momia** Pulgón muerto que conserva su forma y en cuyo interior se encuentra el parasitoide, o bien éste ya ha salido.
- Parasitoide** Agente de control que pasa parte de su vida dentro del insecto plaga al que finalmente mata.

## BIBLIOGRAFÍA

- Gerding P., Marcos; Norambuena M., Hernán y Quiroz E., Carlos. 1987.** Estudios sobre pérdidas causadas por el complejo áfido - virus de cereales en Chile. *Agricultura Técnica (Chile)* (1976-1985) 7:225-234.
- Gerding P., Marcos y Mellado Z., Mario. 1989.** Tolerance to BYDV in wheat Newsletter, Barley Yellow Dwarf. 2:42-43.
- Gerding, M.; Zúñiga, E., Quiroz, C., Norambuena, H. y Vargas, R. 1989.** Abundancia relativa de los parasitoides de *Sitobion avenae* (F) y *Metopolophium dirhodum* (Walker) (Homoptera: Aphididae), en diferentes áreas geográficas de Chile. *Agricultura Técnica (Chile)* 49:104-114.
- Gerding P., Marcos y Figueroa E., ANA. 1989.** Reducción de la progenie de *Sitobion avenae* Fab (Homoptera :Aphididae) atribuida a *Aphidius ervi* (Hymenoptera :Aphidiidae). *Agricultura Técnica (Chile)* 49:45-49.

- Gerding P., Marcos; Mellado Z., Mario y Madariaga B., Ricardo. 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.
- Gerding P., Marcos; y Norambuena M., Hernán. 1991.** Posible rol de los enemigos naturales de áfidos presentes en Chile sobre el áfido ruso del trigo (*Diuraphis noxia*) (Homoptera: Aphididae). *Agricultura Técnica (Chile)* 51:69-71.
- Norambuena M., Hernán, y Gerding P., Marcos. 1991.** Actual distribución en Chile del áfido ruso del trigo *Diuraphis noxia* Mordvilko (Homoptera: Aphidae). *Agricultura Técnica (Chile)* 51:65-68.
- Prado, Ernesto. 1991.** Artrópodos y sus enemigos naturales asociados a plantas cultivadas en Chile. Serie Boletín Técnico Nº 169. 207 p. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Estación Experimental La Platina. Santiago, Chile.

# CAPÍTULO 7

## REQUERIMIENTOS DE AGUA EN LA PRODUCCIÓN DE TRIGO

*Autor*

**Isaac Maldonado I.**

Ingeniero Agrónomo, M. S.

Riego

INIA Quilamapu

*Consultor Técnico*

**Edmundo Varas B.**

Ingeniero Agrónomo

Riego

INIA Raihuén

## 7.1. INTRODUCCIÓN

El agua representa uno de los insumos que puede afectar fuertemente el desarrollo y la producción de un cultivar de trigo; sin embargo su nivel de incidencia estará directamente relacionado con la condición climática imperante en el área, las características del suelo y el estado de desarrollo del cultivo.

El problema a resolver es cómo satisfacer las necesidades de agua del cultivo, de manera tal que ésta no restrinja su desarrollo y los procesos fisiológicos que ocurren durante la temporada de crecimiento. Es importante mencionar que la interacción entre el cultivo y el clima, y las características físico hídricas del suelo, establecerán el cuándo regar y cuánta agua se debe aplicar en cada riego.

Está demostrado que el riego es una actividad que se asume con mayor preocupación y esfuerzo en zonas de mayor aridez, ocurriendo lo contrario cada vez que la naturaleza es más generosa con la disponibilidad de agua. La despreocupación tiende a ser mayor en aquellas áreas donde existen algunos años con primaveras que pueden registrar una mayor cantidad de lluvias, acompañadas de una buena distribución de éstas.

## 7.2. EL CULTIVO Y EL AGUA DE RIEGO

Como es sabido, en el país se siembran variedades de hábito de crecimiento invernal, alternativo y primaveral. Las variedades primaverales se caracterizan por ser de períodos vegetativos cortos, 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 actividad que debe ser planificada al momento de sembrar. No obstante lo anterior, las variedades alternativas e invernales también se enfrentan a condiciones de déficit de agua durante el establecimiento del cultivo. Los primeros estados de desarrollo se abastecen de las lluvias invernales y las que caen a inicios de primavera.

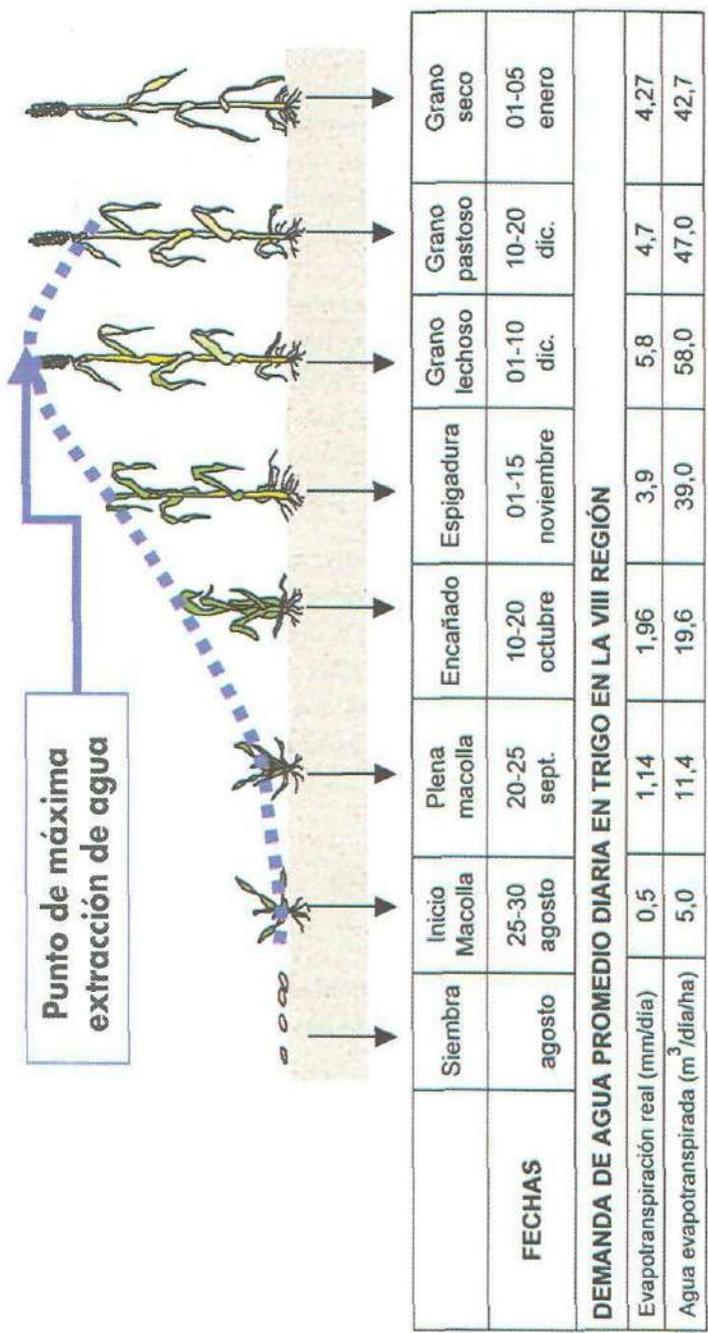


Figura 7.1. Representación esquemática del desarrollo y la demanda de agua en un trigo de primavera.

En la Figura 7.1. se muestra las diferentes etapas en el desarrollo del trigo y su demanda diaria de agua por hectárea en la VIII Región.

En la zona Centro Sur de Chile la demanda de riego de los cultivos, en general, se inicia en primavera, incrementándose hacia el verano cuando ocurre la mayor tasa de crecimiento vegetativo de éstos. Este hecho genera la necesidad de regar para abastecer artificialmente lo que la lluvia en forma natural no es capaz de proveer. Es importante señalar que una vez que el cultivo de trigo pasa el estado de grano acuoso, el efecto del riego no incide en el rendimiento. Del mismo modo, cabe destacar que los estados de desarrollo más sensibles a la falta de agua son los que están entre espigadura y floración, período en el que no debe faltar humedad en el suelo.

Un dato importante para el diseño del riego es el arraigamiento efectivo del cereal. El trigo extrae entre un 50 y un 60% del agua que necesita en los primeros 30 cm de suelo, dado que en este estrato se encuentra el 75% de su masa radicular.

### **7.3. EL CLIMA Y LAS NECESIDADES DE AGUA DE LAS PLANTAS**

El clima es el factor que define en mejor forma los requerimientos de riego. Conocer el comportamiento de sus principales parámetros es de gran valor a la hora de evaluar las necesidades de agua. Sin embargo, el problema actual para muchos productores es disponer de la información meteorológica en el momento que se requiere.

En la actualidad, y gracias a un proyecto INNOVA Bío Bío<sup>1</sup> que ha permitido establecer una red de estaciones agrometeorológicas en la VIII Región (Foto 7.1.), es posible entregar un sistema de programación de riego para trigo, basado en la información climática y de suelos en aquellos puntos donde ya existen estaciones meteorológicas instaladas.

---

<sup>1</sup> Proyecto Red Agrometeorológica Nacional INIA Quilamapu.



Foto 7.1. Vista general de una estación meteorológica automática.

El sistema se basa en el uso de un modelo que reúne, en una relación matemática, las variables climáticas de la localidad para la cual se aplica. Este modelo permite determinar la cantidad de agua evapotranspirada desde una superficie de cultivo. Para ello se utilizan datos de radiación solar, que mide la energía disponible para que se pueda producir la evaporación directa del agua y la transpiración desde el cultivo; la velocidad del viento; la temperatura; y la humedad relativa del aire.

Como referencia se puede indicar que en las temporadas 2002/03 y 2003/04, y utilizando la información de la estación meteorológica automática ubicada en el Campo Experimental Santa Rosa de INIA Quilamapu en Chillán, fue posible programar el riego en cultivos de remolacha ubicado en un radio de 15 kilómetros respecto de la estación meteorológica.

Otra forma de estimar la cantidad de agua que se debe reponer en cada riego, es mediante el uso de una bandeja de evaporación clase A (Foto 7.2.).

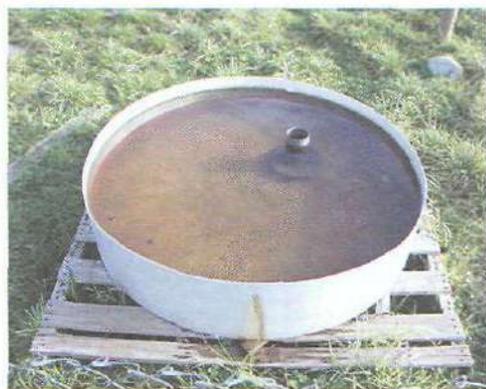


Foto 7.2. Bandeja de Evaporación Clase A.

En el Cuadro 7.1. se presenta información climática proveniente de la Estación Meteorológica de Chillán. En él se observa que, en promedio, el balance entre agua caída y la evapotranspirada se hace negativo a partir de octubre, cuando el cultivo está en pleno desarrollo. Así se resalta la importancia de iniciar el riego en ese momento.

Cuadro 7.1. Balance de agua caída y agua evapotranspirada por el cultivo (en gris los meses en que se riega).

MES	LLUVIA CAÍDA (MM/MES)	ETP (MM/MES)	BALANCE (MM/MES)	CONSUMO (M <sup>3</sup> /DÍA/HA)	KC	ETR (MM/MES)
Agosto	142	37	+105	5	0,10	0,123
Septiembre	73	57	+15	11	0,30	0,570
Octubre	49	87	-39	20	0,70	1,965
Noviembre	31	123	-92	39	1,00	4,100
Diciembre	22	172	-151	53	1,20	6,658
Enero	22	188	-166	43	0,70	4,245

MESES DE RIEGO

Etp = Evapotranspiración potencial; Kc = Coeficiente de cultivo; Etr = Evapotranspiración real.

En los climodiagramas de la Figura 7.2. se aprecian las diferencias de clima en la zona comprendida entre Rancagua y Osorno. En ellos se puede visualizar el inicio del déficit en cada zona (cuando la columna de evapotranspiración supera a la columna de la precipitación), fecha que marca el comienzo del riego dado que las lluvias ya no pueden satisfacer los requerimientos del cultivo.

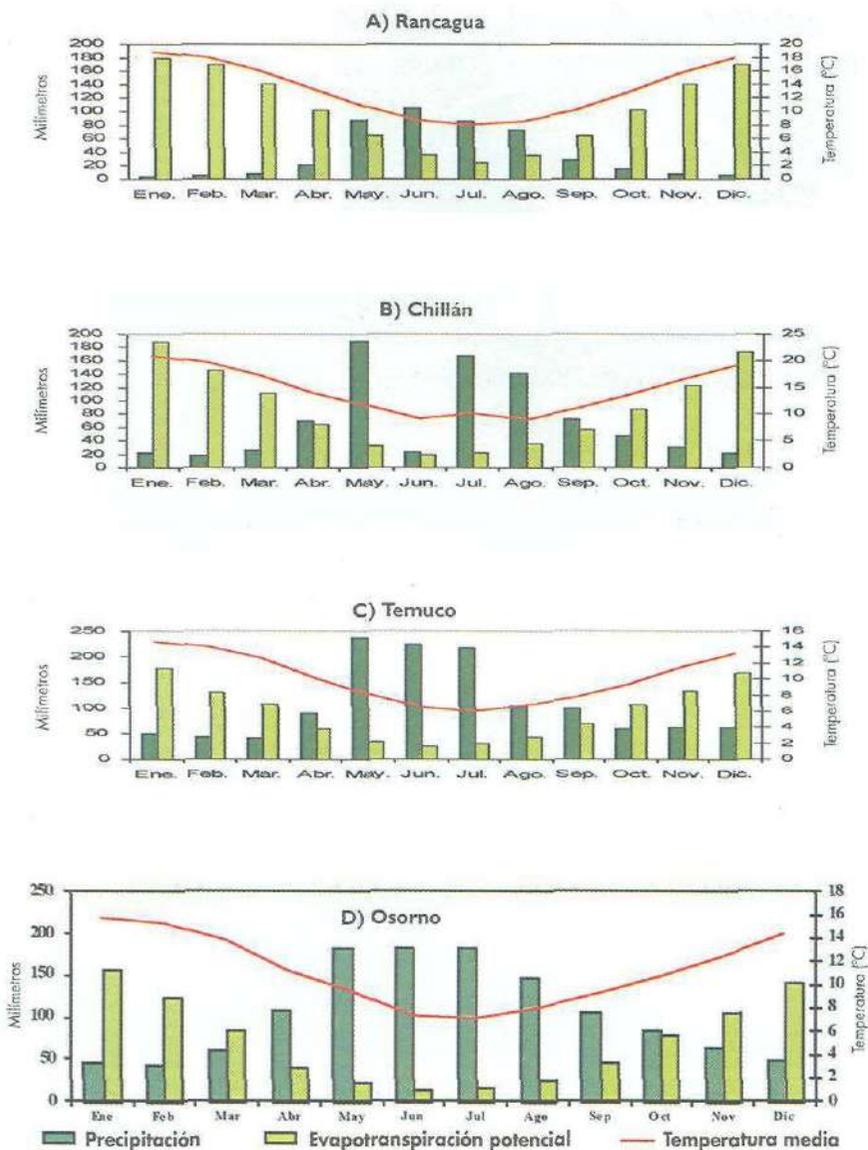


Figura 7.2. Climodiagramas de Rancagua, Chillán, Temuco y Osorno.

## 7.4. EL SUELO Y EL AGUA DE RIEGO

En el suelo es importante que haya un equilibrio entre las distintas fases: agua, suelo y aire. Al alterarse una de ellas se afectará el desarrollo de las raíces y el funcionamiento de la planta en su conjunto. Por ejemplo, en un suelo inundado solo habrá agua y partículas sólidas con ausencia de aire, afectando la respiración de las raíces; en tanto, un suelo seco sólo tendrá partículas sólidas, aire y no agua, causando un estrés hídrico. Ambas situaciones son dañinas para el desarrollo de las plantas. En la Figura 7.3. se presenta un esquema que grafica esta situación.

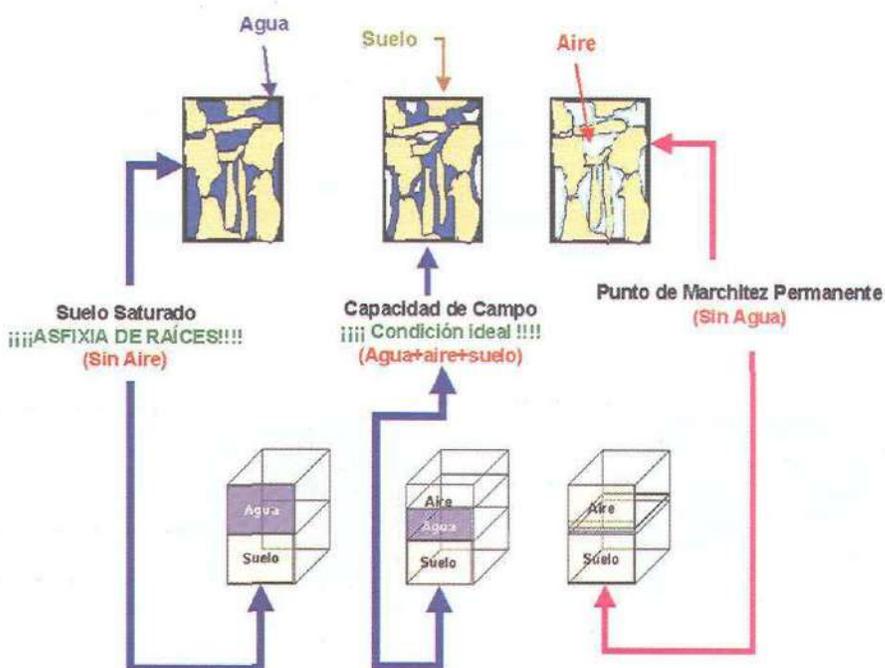


Figura 7.3. Identificación de las fases que están presentes en un suelo.

Una manera muy utilizada para representar el rol del suelo en relación al agua disponible para las plantas, es el de asemejarlo a un estanque que almacena el agua de la lluvia o del riego (Figura 7.4.). 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 pérdidas e ineficiencias en el uso del agua de riego. Estas características son:

- **Capacidad de campo:** o cantidad de agua que almacena el suelo a las 24 horas de haberse realizado el riego;
- **Punto de marchitez permanente:** equivale a un suelo seco con una pequeñísima 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;
- **Densidad aparente:** equivale al peso que tiene un determinado volumen de suelo seco.



Figura 7.4. Representación esquemática de la capacidad de estanque de un suelo.

En el Cuadro 7.2. se dan valores promedio de las propiedades físicas de distintos tipos de suelos, además del volumen de agua que almacenan en los primeros 70 cm. Se puede observar que existe una gran diferencia entre los suelos de distintas texturas. La humedad aprovechable de un suelo arcilloso es más del triple de uno arenoso y alcanza el 60% de un suelo franco arenoso. Estos valores sirven de referencia para programar los riegos. Lo ideal es tener la información para cada caso en particular, por lo que se recomienda recurrir a un laboratorio especializado, enviando muestras de suelo con el fin de realizar el análisis de sus características físicas (textura y densidad aparente) e hídricas (capacidad de campo y punto de marchitez permanente), información necesaria para calcular la humedad aprovechable del suelo.

Cuadro 7.2. Valores promedios de capacidad de campo (CC), punto de marchitez permanente (PMP), densidad aparente ( $D_a$ ) y humedad aprovechable ( $H_a$ ) a 70 cm de profundidad\*.

<b>TEXTURA</b>	<b>CC (%)</b>	<b>PMP (%)</b>	<b>HUMEDAD APROVECHABLE (%)</b>	<b><math>D_a</math> (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b><math>H_a</math> (m<sup>3</sup>/ha/70cm)</b>
Arenoso	9	4	5	1,6	560
Franco arenoso	14	6	8	1,5	840
Franco	20	10	10	1,2	798
Franco arcilloso	27	13	14	1,2	1.176
Arcillo arenoso	31	15	16	1,3	1.456
Arcilloso	35	17	18	1,3	1.638

\* Se usa 70 cm dado que en trigo una importante cantidad de raíces exploran hasta esa profundidad.

## 7.5. CÁLCULO DE LA HUMEDAD APROVECHABLE

Cuando se disponga de los valores de las propiedades físicas del suelo, se puede calcular el valor de la Humedad Aprovechable mediante la siguiente fórmula:

$$H_a = \frac{CC - PMP}{100} * D_a * P$$

- Ha = Humedad aprovechable ( $\text{m}^3/\text{ha} * 0,7\text{m}$  de profundidad)
- CC = Capacidad de Campo (%)
- PMP = Punto de Marchitez Permanente (%)
- Da = Densidad Aparente ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )
- P = Profundidad de suelo (m)

Es importante agregar 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 del suelo.

Al utilizar la información del Cuadro 7.2. para un suelo franco arenoso, se puede calcular la humedad aprovechable del suelo expresada en metros cúbicos por hectárea. Para ello los datos serían:

CC	= 14%
PMP	= 6%
Da	= 1,5 $\text{g}/\text{cm}^3$
P	= 0,70 m
Superficie (S)	= 10.000 $\text{m}^2$

$$\text{Ha} = \frac{14 - 6}{100} * 1.5 * 70 * 10.000$$

$$\text{Ha} = 840 \text{ m}^3 \text{ de agua/hectárea}$$

## 7.6. FRECUENCIA DE RIEGO

La frecuencia de riego, o número de días que deben transcurrir entre un riego y otro, depende de la relación entre la cantidad de agua que almacena el suelo, es decir su capacidad de estanque, y el agua que extrae la planta.

En trigo, el momento oportuno del riego equivale a aquel instante en que el agua del suelo se ha agotado en un 50% (umbral de riego). Combinando la información de los cuadros 7.1. y 7.2. se puede obtener, por ejemplo, la frecuencia de riego para un suelo franco con una capacidad de estanque de 864 m<sup>3</sup>/ha (Cuadro 7.2.). Cuando el 50% de esta agua se ha agotado (432 m<sup>3</sup>), se debe regar. Siguiendo con el ejemplo, si se considera el mes de máxima demanda (diciembre), en que el consumo promedio del cultivo es de 53 m<sup>3</sup>/ha/día (Cuadro 7.1.), se puede inferir que en 8 días se agota el 50% de su capacidad (432/53), es decir, en ese mes se debe regar con una frecuencia de 8 días para reponer esa cantidad de agua.

Una forma más directa de saber cuándo regar es con el uso del tensiómetro, instrumento graduado entre 0 y 100 centibares, que mide la fuerza con que el agua es retenida por el suelo (Foto 7.3.). La lectura 0 indica que el suelo está saturado o recién regado; la lectura entre 10 y 30 señala que el suelo está a capacidad de campo, y 80, en el caso de trigo, indica que se debe regar.



Foto 7.3. Tensiómetro: instrumento que permite determinar cuándo regar.

La instalación del tensiómetro se realiza en un hoyo que se excava previo a la instalación, y cuyo diámetro debe ser levemente inferior al diámetro de la cápsula porosa, de manera 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. En trigo corresponde a una profundidad de 30 a 40 cm.

## 7.7. MÉTODOS DE RIEGO

Los métodos de riego pueden tener distintas eficiencias, dependiendo de cómo se aplique el agua, pudiéndose ocasionar pérdidas por escurrimiento superficial, por percolación profunda, por evaporación, etc.

**Riego por tendido, o botado.** Es el más difundido. Normalmente los regueros se trazan en el sentido de la pendiente, condición que imposibilita mantener un buen control del agua. Por esta razón, se obtiene no más de un 30% de eficiencia: es decir, del total de agua aplicada, el cultivo aprovecha sólo un tercio o menos. Una limitante respecto de este método es que puede transformarse en un potente erosionador del suelo, especialmente cuando se utilizan caudales muy altos que producen arrastres de partículas de suelo, dando origen a un proceso erosivo, hecho que se agrava cuando ocurre en suelos con pendientes pronunciadas.

**Riego en curvas a nivel.** A diferencia del riego por tendido, los regueros se trazan cortando la pendiente. El agua se aplica por desborde de una parte del reguero, lo que permite el escurrimiento de una lámina de agua sobre el suelo. Con este método la eficiencia de aplicación es mayor, alcanzando valores del 40%, lo que lo hace recomendable para el trigo dado sus bajos costos de implementación, descontando el uso de métodos de riego presurizado, como el de aspersión o pivote (en la mayoría de los casos el cultivo de trigo por sí solo hace difícil de financiar).

**Riego con Pivote Central.** Durante los últimos años, en Chile se ha comenzado a regar trigo utilizando sistemas de riego con pivote central. Este método aparece 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.

Sin duda, el pivote es un método de riego altamente eficiente 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 especialmente en suelos con pendiente.

Una particularidad del método es que al aplicar el agua sobre la cubierta de la siembra y en el momento en que la espiga está con grano formado, puede ocurrir que el agua retenida en la espiga producto del riego (o de una lluvia) y con presencia de días ventosos, genere condiciones favorable para que se presente un problema de tendadura del trigo.

## GLOSARIO

**Coefficiente de cultivo (Kc):** Valor que ajusta la evapotranspiración potencial a la evapotranspiración real del cultivo.

**Eficiencia de riego:** Indica la cantidad de agua que realmente recibe el cultivo que se desea regar, una eficiencia del 40% equivale a que sólo el 40% del agua aplicada fue utilizada por el cultivo.

**Evapotranspiración:** Agua que se evapora directamente desde la planta o del suelo circundante, más el agua que transpira la planta.

**Evapotranspiración potencial (Etp):** Representa la cantidad de agua que transpira una superficie de pradera que se evapora desde una superficie de pasto de 15 centímetros, creciendo sin limitaciones de ninguna especie.

**Evapotranspiración real (Etr):** Equivale a la cantidad de agua consumida por el cultivo entre dos riegos consecutivos. Se define como la suma de la transpiración realizada por la planta y la evaporación del agua producida desde el suelo.

**Tensiómetro:** Instrumento que indica la cantidad de agua presente en el suelo, por medio de la medición de la fuerza con que ésta es retenida por las partículas de suelo.

**Umbral de riego:** Equivale al contenido de agua del suelo al cual se debe regar, ya que al ser menor se afecta el desarrollo y la producción del cultivo. Este valor varía según la especie cultivada. En los cultivos en general, este valor varía de un 30% a un 50% de la humedad aprovechable.

# CAPÍTULO 8

## ANTECEDENTES ECONÓMICOS EN LA PRODUCCIÓN DE TRIGO

*Autores*

**Roberto Velasco H.**  
Ingeniero Agrónomo  
Economista Agrario

**Jorge González U.**  
Ingeniero Agrónomo, M. Ec.  
Economista Agrario

INIA Quilamapu

*Consultor Técnico*

**Víctor Valencia B.**  
Ingeniero Agrónomo, M. Phil.  
Sistemas Productivos  
INIA Raihuén

## 8.1. INTRODUCCIÓN

La actividad agropecuaria nacional está inserta en una economía crecientemente integrada a tratados de libre comercio. Esto obliga a fuertes cambios productivos y a generar mayores capacidades técnico/económicas que maximicen el uso de los recursos para consolidar la actividad en un mejor nivel competitivo, con mejores niveles de utilidad y con menores grados de riesgo.

Los cultivos anuales tradicionales, entre los que destaca el trigo, conforman una agricultura denominada "sustituidora de importaciones" que, a la fecha, ha tenido menores oportunidades de desarrollo en este escenario macroeconómico, caracterizado por estimular fuertemente el intercambio exportador e importador. El trigo es el cultivo anual más sembrado en Chile, ocupando un área de 420.400 hectáreas. En este contexto, la zona centro sur, VII a IX regiones, representa el 86% de la siembra nacional, con una superficie que en los últimos años ha fluctuado en alrededor de 360.000 hectáreas. Además ha jugado un importante rol socioeconómico, debido a su fuerte presencia, tanto en la agricultura de carácter empresarial, como en la agricultura familiar campesina (AFC), y a su presencia en sectores de distinto potencial productivo como el secano de la precordillera andina, los secanos interior y costero, y en suelos regados ubicados mayoritariamente en el llano central.

El negocio triguero tiene una importante dependencia, aunque no exclusiva, de los precios internacionales y, consecuentemente, de sus homólogos nacionales y de los mecanismos estabilizadores de precio aún vigentes, como el sistema de bandas que permite transmitir señales de mercado para la toma de decisiones. Otros factores que inciden en las expectativas de siembra, y por tanto en la producción regional y nacional, son los volúmenes de stocks nacionales y extranjeros, la demanda por trigo y harinas, y factores climáticos.

No obstante el escenario descrito, en el que el productor tiene un bajo poder de intervención, existe un amplio campo de acción en el que sí puede jugar un rol decisivo para atenuar los impactos negativos de variables externas,

logrando resultados económicos satisfactorios. El espacio de acción señalado dice relación con el conocimiento detallado, ordenado y correcto de la tecnología moderna de producción, y de los niveles y criterios básicos de análisis del comportamiento económico de las propuestas tecnológicas.

Por lo anterior, en este capítulo se analiza, a través de estándares técnico-económicos, el resultado de diferentes alternativas de producción de trigo en distintas áreas agroecológicas. Complementariamente, se entregan antecedentes metodológicos y conceptos económicos contenidos en los estándares mencionados.

## **8.2. ESTÁNDARES TÉCNICO./ECONÓMICOS**

A continuación se presenta el detalle técnico y económico de diferentes alternativas de producción de trigo. Son estándares representativos para distintos sectores de la zona centro sur, donde el trigo tiene mayor importancia, buen potencial de rendimiento e importante rol socioeconómico.

- ✦ Producción en Valle Regado bajo manejo convencional.
- ✦ Producción en el Secano de Precordillera andina bajo manejo convencional.
- ✦ Producción en el Secano de Precordillera andina bajo manejo de Cero Labranza.
- ✦ Producción en el Secano Interior bajo manejo de Cero Labranza.
- ✦ Producción en suelos de aptitud arrocerera.
- ✦ Producción en el Secano de Precordillera andina bajo riego presurizado (pivote).

### **8.2.1. Metodología**

Los elementos centrales de la metodología desarrollada son el ordenamiento y sistematización de la información en Fichas o Estándares Técnico/económicos, siendo la hectárea la unidad básica de análisis, como referente de escala

de cálculo económico. Los precios de insumos y productos son los observados en el mercado local al mes de julio 2004, y no incluyen el Impuesto al Valor Agregado, IVA.

Conviene señalar que los estándares entregados y las cifras resultantes no constituyen necesariamente recomendaciones específicas y rígidas, sino que son pautas generales para orientar situaciones particulares de diferentes niveles productivos.

Para una mejor comprensión de los resultados contenidos en los estándares técnico-económicos desarrollados, se describen algunos conceptos básicos de diferentes indicadores económicos.

- ✦ **Ingreso Bruto:** Valor de la producción. Es el resultado de la multiplicación de la cantidad producida comercializable por el precio unitario de dicho producto.
- ✦ **Total Costo del Estándar :** Incluye los costos correspondientes al subtotal Labores, subtotal Insumos y Subtotal Imprevistos. Este último es un porcentaje variable aplicado a la suma parcial de Labores e Insumos, y constituye una suerte de seguro financiero ante eventuales cambios de valorización, precios, labores, etc., no contemplados en el plan de producción inicial.
- ✦ **Margen del Estándar :** Corresponde al margen bruto y representa una aproximación de utilidad o riqueza (dinero) generada por el plan (estándar) de producción. Resulta de restar al Ingreso Bruto el Total de Costo del Estándar.
- ✦ **Interés al Capital:** También llamado costo financiero. No constituye gasto de dinero, pero sí un costo fijo. Es fijo pues, aunque la base sobre la que se calcula (capital de operación) es variable, establecida ésta, el costo financiero es ineludible e independiente del resultado productivo. Se aplica una tasa de interés mensual al capital de operación.

- **Costo Unitario:** Representa el valor en dinero de todos los recursos productivos necesarios para generar una unidad del producto comercializable. Permite visualizar fácilmente el punto de equilibrio respecto al precio del producto.
- **Relación Beneficio/Costo:** Es un índice de eficiencia económica y de comparación que orienta respecto a los pesos (\$) que retornan en el proceso productivo, por cada peso (\$) gastado en él. Resulta al dividir el Ingreso Bruto por el Costo Total del Estándar.
- **Rentabilidad del Estándar :** Es un índice de eficiencia económica de un plan o estándar de producción de trigo, expresado en términos porcentuales (%). Resulta de dividir el Margen del Estándar por el Ingreso Bruto. En este capítulo se calculó una rentabilidad “operacional”, pues no considera algunos ítemes de costo fijo que se asocian más a las características de un predio dado, que a las de un estándar (uso alternativo del suelo, contribuciones, salarios, etc.).

### 8.3. ALTERNATIVAS DE PRODUCCIÓN DE TRIGO

Cuadro 8.1. Estándar: Valle Regado. Manejo convencional.  
Rotación remolacha-trigo-pradera

Rendimiento 80 qqm/ha  
Precio unitario \$ 10.500

<b>1. Ingresos</b>					
Ingresos por Venta:					\$ 840.000
<b>2. Egresos</b>				<b>Costo Unitario (\$)</b>	<b>Costo Total (\$)</b>
<b>Pastoreo rastrojo remolacha</b>		<b>Junio</b>			
Jornada hombre	1	J/H	4.335		4.335
<b>Rastrajes (2)</b>		<b>Julio</b>			
Rastra Hidráulica /Tractor	3	h	9.000		27.000
Jornada hombre	0,4	J/H	4.335		1.734
<b>Vibrocultivador</b>		<b>Julio</b>			
Vibrocultivador /Tractor	1,4	h	9.000		12.600
Jornada hombre	0,2	J/H	4.335		867
<b>Siembra</b>		<b>Agosto</b>			
Jornada hombre	0,5	J/H	4.335		2.167
Sembradora cereales /Tractor	1,5	h	15.000		22.500
Coloso /Tractor	0,125	h	7.500		937
Trigo semilla certificada	200	kg	280		56.000
Mezcla fertilizantes	400	kg	197		78.800
<b>Aplicación herbicidas</b>		<b>Septiembre</b>			
Jornada hombre	0,2	J/H	4.335		867
Barra Herbicida /Tractor	1	h	8.000		8.000
Herbicida	0,3	L	130.000		39.000
<b>Segunda aplicación nitrógeno</b>		<b>Septiembre</b>			
Urea granulada	200	kg	202		40.400
Jornada hombre	0,5	J/H	4.335		2.167
Trompo abonador /Tractor	1	h	8.000		8.000
Coloso /Tractor	0,125	h	8.000		1.000

Continuación Cuadro 8.1.

<b>2. Egresos</b>			<b>Costo Unitario (\$)</b>	<b>Costo Total (\$)</b>
<b>Riego (1)</b>				
	<b>Octubre</b>			
Jornada hombre	1	J/H	4.335	4.335
Costo agua de riego	1	ha	2.800	2.800
<b>Aplicación fungicida</b>				
	<b>Octubre</b>			
Barra Fumigadora/Tractor	1	h	8.000	8.000
Fungicida	0.5	L	42.540	21.270
<b>Riegos (2)</b>				
	<b>Noviembre</b>			
Jornada hombre	2	J/H	4.335	8.670
Costo agua de riego	1	ha	2.800	2.800
<b>Riegos (1)</b>				
	<b>Diciembre</b>			
Jornada hombre	1	J/H	4.335	4.335
Costo agua de riego	1	ha	2.800	2.800
<b>Cosecha</b>				
	<b>Enero</b>			
Cosecha Automotriz	1	Trato	28.000	28.000
Flete	0.7	Trato	40.280	28.196
Jornada hombre	0.5	J/H	4.335	2.167
<b>3. Informe Económico</b>				
Ingreso Bruto	:	\$	840.000	
Subtotal costo estándar	:	\$	439.949	
Imprevistos (3%)	:	\$	13.198	
Total costo estándar	:	\$	453.147	
Margen estándar	:	\$	386.852	
Interés Capital (0,18%/mes)	:	\$	3.858	
Costo Unitario	:	\$	5.712,56	
Relación Beneficio Costo	:	\$	1,85	
Rentabilidad del estándar	:	%	46,05	

Cuadro 8.2. Estándar: Secano Precordillera. Manejo convencional.  
Rotación avena-trigo-pradera

Rendimiento 60 qqm/ha

Precio unitario \$ 10.500

<b>1. Ingresos</b>				
Ingresos por Venta:				\$ 630.000
<b>2. Egresos</b>			<b>Costo Unitario (\$)</b>	<b>Costo Total (\$)</b>
<b>Quema de rastrojo</b>		<b>Marzo</b>		
Arado Discos /Tractor		0,125 h	8.000	1.000
Jornada hombre		0,5 J/H	4.335	2.167
<b>Rotura de suelo</b>		<b>Abril</b>		
Jornada hombre		0,2 J/H	4.335	867
Arado Cíncel /Tractor		2 h	9.000	18.000
<b>Rastroje</b>		<b>Abril</b>		
Rastra Hidráulica /Tractor		1,4 h	9.000	12.600
Jornada hombre		0,2 J/H	4.335	867
<b>Vibrocultivador</b>		<b>Mayo</b>		
Vibrocultivador /Tractor		1,2 h	9.000	10.800
Jornada hombre		0,2 J/H	4.335	867
<b>Siembra</b>		<b>Mayo</b>		
Trigo semilla certificada		180 kg	280	50.400
Mezcla fertilizantes		400 kg	197	78.800
Carro Arrastre /Tractor		0,125 h	7.500	937
Sembradora Cereales/Tractor		1,5 h	15.000	22.500
Jornada hombre		0,5 J/H	4.335	2.167
<b>Aplicación herbicidas</b>		<b>Julio</b>		
Herbicida		0,3 L	130.000	39.000
Barra Herbicida /Tractor		1,2 h	8.000	9.600
Jornada hombre		0,3 J/H	4.335	1.300

<b>2. Egresos</b>		<b>Costo Unitario (\$)</b>	<b>Costo Total (\$)</b>
<b>Fertilización nitrogenada Julio</b>			
Urea granulada	134 kg	202	27.000
Carro Arrastre/Tractor	0,125 h	7.500	937
Trompo Abonador/Tractor	1,5 h	8.000	12.000
Jornada hombre	0,3 J/H	4.335	1.300
<b>Fertilización nitrogenada 3ra Septiembre</b>			
Urea granulada	134 kg	202	27.000
Carro Arrastre /Tractor	0,125 h	7.500	937
Trompo Abonador/Tractor	1,5 h	8.000	12.000
Jornada hombre	0,3 J/H	4.335	1.300
<b>Aplicación fungicida Octubre</b>			
Fungicida	0,5 L	42.540	21.270
Barra Fumigadora/Tractor	1 h	8.000	8.000
<b>Cosecha Enero</b>			
Cosecha Automotriz	1 Trato	28.000	28.000
Flete	0,55 Trato	40.280	22.154
Jornada hombre	0,5 J/H	4.335	2.167
<b>3. Informe Económico</b>			
Ingreso Bruto	:	\$	630.000
Subtotal costo estándar	:	\$	422.541
Imprevistos (3%)	:	\$	12.676
Total costo estándar	:	\$	435.217
Margen estándar	:	\$	194.782
Interés Capital (0,18%/mes)	:	\$	5.237
Costo Unitario	:	\$	7.340,91
Relación Beneficio Costo	:	\$	1,44
Rentabilidad del estándar	:	%	30,91

Cuadro 8.3. Estándar : Secano Precordillera. Cero labranza  
Rotación avena-trigo-pradera

Rendimiento 60 qqm/ha  
Precio unitario \$ 10.500

<b>1. Ingresos</b>				<b>Costo</b>	<b>Costo</b>
Ingresos por Venta:				<b>Unitario (\$)</b>	<b>Total (\$)</b>
<b>2. Egresos</b>					
<b>Pica de rastreo</b>	<b>Marzo</b>				
Rana/Tractor	0,5 h		8.500	4.250	
<b>Barbecho químico</b>	<b>Mayo</b>				
Herbicida	2 L		3.640	7.280	
Jornada hombre	0,3 J/H		4.335	1.300	
Barra Herbicida /Tractor	1,5 h		8.000	12.000	
<b>Siembra</b>	<b>Mayo</b>				
Trigo semilla certificada	180 kg		280	50.400	
Mezcla fertilizantes	400 kg		197	78.800	
Jornada hombre	0,5 J/H		4.335	2.167	
Carro Arrastre /Tractor	0,125 h		7.500	937	
Sembr. Cero Labranza/Tractor	1,2 h		17.000	20.400	
<b>Aplicación de herbicidas</b>	<b>Julio</b>				
Herbicida	0,3 L	130.000		39.000	
Jornada hombre	0,3 J/H		4.335	1.300	
Barra Herbicida /Tractor	1,2 h		8.000	9.600	
<b>Segunda aplicación nitrógeno</b>	<b>Julio</b>				
Urea granulada	110 kg		202	22.220	
Jornada hombre	0,3 J/H		4.335	1.300	
Carro Arrastre /Tractor	0,125 h		7.500	937	
Trompo Abonador/Tractor	1,5 h		8.000	12.000	

<b>2. Egresos</b>		<b>Costo Unitario (\$)</b>	<b>Costo Total (\$)</b>
<b>Tercera aplicación nitrógeno</b>			
<b>Septiembre</b>			
Urea granulada	110 kg	202	22.220
Jornada hombre	0,3 J/H	4.335	1.300
Carro Arrastre /Tractor	0,125 h	7.500	937
Trompo Abonador/Tractor	1,5 h	8.000	12.000
<b>Aplicación fungicida</b>			
<b>Octubre</b>			
Fungicida	0,5 L	42.540	21.270
Barra Fumigadora/Tractor	1 h	8.000	8.000
<b>Cosecha</b>			
<b>Enero</b>			
Cosecha Automotriz	1 Trato	28.000	28.000
Flete	0,55 Trato	40.280	22.154
Jornada hombre	0,5 J/H	4.335	2.167
<b>3. Informe Económico</b>			
Ingreso Bruto	:	\$ 630.000	
Subtotal costo estándar	:	\$ 381.943	
Imprevistos (3%)	:	\$ 11.458	
Total costo estándar	:	\$ 393.401	
Margen estándar	:	\$ 236.598	
Interés Capital (0,18%/mes)	:	\$ 4.651	
Costo Unitario	:	\$ 6.634,22	
Relación Beneficio Costo	:	\$ 1,60	
Rentabilidad del estándar	:	% 37,55	

Cuadro 8.4.- Estándar : Secano Interior. Cero Labranza  
Rotación leguminosa-trigo-pradera

Rendimiento 35 qqm/ha  
Precio unitario \$ 10.500

<b>1. Ingresos</b>					
Ingresos por Venta: \$ 367.500					
<b>2. Egresos</b>				<b>Costo Unitario (\$)</b>	<b>Costo Total (\$)</b>
<b>Limpia de suelos</b>	<b>Abril</b>				
Jornada hombre	2	J/H	4.335	8.670	
<b>Barbecho químico</b>	<b>Abril</b>				
Herbicida Total	2	L	3.640	7.280	
Motobomba de Espaldas	4	h	750	3.000	
Jornada hombre	0,5	J/H	4.335	2.167	
<b>Acarreo semilla-fertilizantes</b>	<b>Abril</b>				
Jornada hombre	0,25	J/H	4.335	1.083	
Jornada Animal	0,25	J/A	3.600	900	
<b>Siembra</b>	<b>Mayo</b>				
Trigo semilla certificada	45	kg	280	12.600	
Semilla trigo corriente	135	kg	130	17.550	
Mezcla fertilizantes	256	kg	197	49.250	
Sembr. Cero Labranza/Tractor	1,5	h	17.000	25.520	
<b>Aplicación herbicidas</b>	<b>Junio</b>				
Herbicida	8	g	250	2.000	
Herbicida	0,8	L	5.510	4.408	
Barra Herbicida/Tractor	1	h	8.000	8.000	
Jornada hombre	0,5	J/H	4.335	2.167	
<b>Fertilización nitrogenada</b>	<b>Junio</b>				
Urea perlada	100	kg	176	17.600	
Jornada hombre	1	J/H	4.335	4.335	

<b>2. Egresos</b>			<b>Costo Unitario (\$)</b>	<b>Costo Total (\$)</b>
<b>Fertilización</b>				
	<b>Agosto</b>			
Urea perlada	200	kg	176	35.200
Jornada hombre	1,00	J/H	4.335	4.335
<b>Aplicación fungicida</b>				
	<b>Septiembre</b>			
Fungicida	0,5	L	42.540	21.270
Barra Fumigadora/Tractor	1	h	8.000	8.000
<b>Cosecha</b>				
	<b>Diciembre</b>			
Cosecha Automotriz	1	Trato	28.000	28.000
Jornada hombre	1	J/H	4.335	4.335
Flete	0,35	Trato	40.280	14.098
Sacos usados	38	Unidad	30	1.140
<b>3. Informe Económico</b>				
Ingreso Bruto	:	\$	367.500	
Subtotal costo estándar	:	\$	282.710	
Imprevistos (3%)	:	\$	8.481	
Total costo estándar	:	\$	291.191	
Margen estándar	:	\$	76.308	
Interés Capital (0,18%/mes)	:	\$	3.168	
Costo Unitario	:	\$	8.410,28	
Relación Beneficio Costo	:	\$	1,26	
Rentabilidad del estándar	:	%	20,76	

Cuadro 8.5. Estándar : Suelos Arroceros  
Rotación arroz-pradera-trigo

Rendimiento 40 qqm/ha  
Precio unitario \$ 10.500

<b>1. Ingresos</b>			
Ingresos por Venta: \$ 420.000			
<b>2. Egresos</b>			
		<b>Costo Unitario (\$)</b>	<b>Costo Total (\$)</b>
<b>Desbrozado de malezas</b>			
<b>Septiembre</b>			
Rana/Tractor	1,0 h	8.500	8.500
Jornada hombre	0,2 J/H	4.335	867
<b>Rotura de suelo</b>			
<b>Octubre</b>			
Arado Discos /Tractor	2 h	8.000	16.000
Jornada hombre	0,4 J/H	4.335	1.734
<b>Rastraje</b>			
<b>Abril</b>			
Rastra Hidráulica /Tractor	1 h	9.000	9.000
Jornada hombre	0,2 J/H	4.335	867
<b>Rastraje (segundo)</b>			
<b>Mayo</b>			
Rastra Hidráulica /Tractor	1 h	9.000	9.000
Jornada hombre	0,2 J/H	4.335	867
<b>Siembra</b>			
<b>Mayo</b>			
Trigo semilla certificada	40 kg	280	11.200
Trigo semilla corriente	160 kg	130	20.800
Mezcla fertilizantes	300 kg	197	59.100
Sembradora Cereales/Tractor	1,5 h	15.000	22.500
Carro Arrastre /Tractor	0,125 h	7.500	937
Jornada hombre	0,3 J/H	4.335	1.300
<b>Aplicación herbicidas</b>			
<b>Julio</b>			
Herbicida	0,3 L	130.000	39.000
Barra Herbicida /Tractor	1,5 h	8.000	12.000
Jornada hombre	0,3 J/H	4.335	1.300

## Continuación Cuadro 8.5.

<b>2. Egresos</b>		<b>Costo Unitario (\$)</b>	<b>Costo Total (\$)</b>
<b>Fertilización nitrogenada Julio</b>			
Urea granulada	80 kg	202	16.160
Trompo Abonador/Tractor	1 h	8.000	8.000
Carro Arrastre /Tractor	0,125 h	7.500	937
Jornada hombre	0,3 J/H	4.335	1.300
<b>Fertilización nitrogenada (3ra) Septiembre</b>			
Urea granulada	120 kg	202	24.240
Trompo Abonador/Tractor	1 h	8.000	8.000
Carro Arrastre /Tractor	0,125 h	7.500	937
Jornada hombre	0,3 J/H	4.335	1.300
<b>Aplicación Fungicida Septiembre</b>			
Fungicida	0,5	42.540	21.270
Barra Fumigadora/Tractor	1 h	8.000	8.000
<b>Riego Octubre</b>			
Jornada hombre	1 J/H	4.335	4.335
<b>Riegos (2) Noviembre</b>			
Jornada hombre	2 J/H	4.335	8.670
<b>Cosecha Diciembre</b>			
Jornada hombre	0,5 J/H	4.335	2.167
Cosecha Automotriz	1 Trato	28.000	28.000
Flete	0,4 Trato	40.000	16.112

**3. Informe Económico**

Ingreso Bruto	:	\$ 420.000
Subtotal costo estándar	:	\$ 364.404
Imprevistos (3%)	:	\$ 10.932
Total costo estándar	:	\$ 375.336
Margen estándar	:	\$ 44.663
Interés Capital (0,18%/mes)	:	\$ 4.165
Costo Unitario	:	\$ 9.487,53
Relación Beneficio Costo	:	\$ 1,11
Rentabilidad del estándar	:	% 10,63

Cuadro 8.6. Estándar: Precordillera. Riego con pivote  
Rotación remolacha-trigo-remolacha

Rendimiento 80 qqm/ha  
Precio unitario \$ 10.500

<b>1. Ingresos</b>				
Ingresos por Venta: \$ 840.000				
<b>2. Egresos</b>				
			<b>Costo Unitario (\$)</b>	<b>Costo Total (\$)</b>
<b>Aplicación herbicida</b>		<b>Mayo</b>		
Herbicida Total	3	L	3.640	10.920
Barra Herbicida /Tractor	1	h	8.000	8.000
<b>Incorporación restos remolacha</b>		<b>Junio</b>		
Arado Discos /Tractor	1,25	h	8.000	10.000
<b>Preparación suelo</b>		<b>Junio</b>		
Germinator/Tractor	1,5	h	9.000	13.500
<b>Siembra</b>		<b>Julio</b>		
Trigo semilla certificada	240	kg	280	67.200
Mezcla Fertilizantes	400	kg	197	78.800
Sembradora Cereales/Tractor	2	h	15.000	30.000
Carro Arrastre /Tractor	0,2	h	7.500	1.500
<b>Aplicación herbicidas</b>		<b>Agosto</b>		
Herbicida	0,3	L	130.000	39.000
Barra Herbicida /Tractor	1,2	h	8.000	9.600
Carro Arrastre /Tractor	0,2	h	7.500	1.500
Jornada hombre	0,5	J/H	4.335	2.167
<b>Fertilización nitrogenada</b>		<b>Septiembre</b>		
Urea granulada	200	kg	202	40.400
Trompo Abonador/Tractor	1	h	8.000	8.000
Carro Arrastre /Tractor	0,2	h	7.500	1.500
Jornada hombre	0,5	J/H	4.335	2.167

Continuación Cuadro 8.6.

<b>2. Egresos</b>			<b>Costo Unitario (\$)</b>	<b>Costo Total (\$)</b>
<b>Riego con pivote</b>	<b>Septiembre</b>			
Riego pivote	1	ha	2.580	2.580
Costo agua de riego	1	ha	2.800	2.800
<b>Segunda fertilización N.</b>	<b>Octubre</b>			
Urea granulada	200	kg	202	40.400
Trompo Abonador/Tractor	1	h	8.000	8.000
Carro Arrastre /Tractor	0,2	h	7.500	1.500
Jornada hombre	0,5	J/H	4.335	2.167
<b>Aplicación fungicida</b>	<b>Octubre</b>			
Fungicida	0,5	L	42.540	21.270
Barra Fumigadora /Tractor	1	h	8.000	8.000
Carro Arrastre /Tractor	0,2	h	7.500	1.500
Jornada hombre	0,5	J/H	4.335	2.167
<b>Riego pivote</b>	<b>Octubre</b>			
Riego pivote	1	ha	2.580	2.580
Costo agua de riego	1	ha	2.800	2.800
<b>Riego pivote</b>	<b>Noviembre</b>			
Riego pivote	1	ha	2.580	2.580
Costo agua de riego	1	ha	2.800	2.800
<b>Riego pivote</b>	<b>Noviembre</b>			
Riego pivote	1	ha	2.580	2.580
Costo agua de riego	1	ha	2.800	2.800
<b>Riego con pivote</b>	<b>Diciembre</b>			
Riego pivote	1	ha	2.580	2.580
Cinta amarra	1	kg	2.500	2.500
<b>Cosecha</b>	<b>Enero</b>			
Cosecha Automotriz	1	Trato	28.000	28.000
<b>Flete</b>	<b>Enero</b>			
Flete	0,8	Trato	40.280	32.224

### 3. Informe Económico

Ingreso Bruto	:	\$ 840.000
Subtotal costo estándar	:	\$ 496.084
Imprevistos (3%)	:	\$ 14.882
Total costo estándar	:	\$ 510.966
Margen estándar	:	\$ 329.033
Interés Capital (0,18%/mes)	:	\$ 4.798
Costo Unitario	:	\$ 6.447,06
Relación Beneficio Costo	:	\$ 1,64
Rentabilidad del estándar	:	% 39,17

### 8.4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En el Cuadro 8.7. se presenta la información resumida y ordenada de resultado económico de los estándares estudiados, con información de rendimiento, ingreso bruto, costo del estándar, margen del estándar, beneficio/costo, costo unitario y rentabilidad operacional.

En términos de **rendimiento** se ha considerado un rango de 35 a 80 quintales por hectárea, dependiendo de la zona agroecológica. El mayor potencial de producción se fijó para la precordillera andina (trumaos bajo riego presurizado) y el valle regado; el menor potencial de rendimiento está en suelos arroceros y especialmente en suelos graníticos del secano interior. Este mismo diferencial de rendimiento se traduce en diferentes niveles de **Ingreso Bruto**. Es así como, en la Precordillera Andina con riego por pivote, es factible obtener alrededor de \$ 840.000/ha, al igual que en el Valle Regado. Este ingreso es de sólo \$367.500 en suelos del Secano Interior. Este último valor, no obstante ser comparativamente inferior, es un ingreso muy atractivo para esa área productiva.

En términos del indicador económico **Costo del Estándar**, éste es mayor en la precordillera bajo riego (\$510.000<sup>3</sup> 49 qqm), lo que debe ser considerado a la hora de tomar una decisión de inversión, no obstante que, claramente, genera

un mayor ingreso bruto. En el otro extremo, la tecnología con menor costo es en el secano interior (\$290.000  $\approx$  28 qqm) debido, fundamentalmente, al uso de semilla corriente y dosis de fertilizantes, y tecnologías económicamente adecuadas para el potencial de rendimiento del área. Luego, la producción de trigo en las otras áreas agroecológicas evaluadas se encuentra en situación intermedia en términos de ingreso y costo.

Una situación especial se observa en suelos de aptitud arrocerá, donde es factible alcanzar buenos rendimientos con la tecnología INIA (40 qqm); sin embargo, atendido el riesgo inherente a la agricultura, puede considerarse un margen relativamente "estrecho".

Visto el indicador económico **Margen del Estándar**, las cifras superiores (\$330.000/ha - \$387.000/ha) se presentan en los estándares de manejo de la precordillera y valle, ambos en condiciones de riego. Lo anterior, no obstante presentar ambos, como se indicó, el mayor costo; reflejando la importancia del riego sobre los rendimientos potenciales y, por tanto, del ingreso bruto obtenible. En un grado intermedio se presenta el margen de las alternativas para el secano en precordillera. El manejo recomendado de "cero labranza" toma ventaja en este indicador, exclusivamente debido a su menor costo operacional. Esto último es importante de destacar, pues la cero labranza no sólo permite alcanzar producciones similares al manejo convencional, sino que además a menor costo.

En último término, los estándares que generan menor margen son los de secano interior y suelos arroceros. En todo caso, en ambas circunstancias las cifras obtenidas son interesantes de considerar, superiores al margen obtenido actualmente bajo manejo tradicional en esas áreas, e incluso competitivas frente a otras alternativas de producción factibles.

Un aspecto importante para tener en cuenta es la obtención de un quintal de trigo comercializable al menor **Costo Unitario**. Los estándares para zonas regadas alcanzan el menor costo unitario, siendo éste del orden de \$5.700 a 6.500/qqm. El comportamiento intermedio bajo este indicador, se presenta en los estándares estudiados de secano de precordillera, con un valor aproximado de \$7.350, es decir, un 25% más que en las zonas regadas. El mayor costo unitario se genera en los suelos arroceros (\$9.500/qqm), el que es un 62% superior al de suelos regados. La importancia de estas cifras es que no sólo están señalando diferencias en la eficiencia económica entre zonas agroecológicas para producir un quintal de trigo, sino que permiten visualizar que existen situaciones que soportan de mejor manera eventuales impactos negativos de variables económicas exógenas, como el precio por quintal pagado a productor. La aplicación de tecnología permite atenuar o absorber de mejor forma estas situaciones adversas, lo que constituye un plus no siempre suficientemente considerado en los análisis de decisión de adopción tecnológica.

La relación **Beneficio/Costo**, en general, sigue las tendencias de los otros indicadores analizados. Son todas positivas, siendo la menor la relación obtenida con el estándar para suelos arroceros (1,11), que indica que por cada \$100 gastados, el cultivo generará un retorno de \$111.

Las mayores **Rentabilidades** operacionales se presentan en los estándares recomendados para suelos regados del valle central y de precordillera (46% y 39% respectivamente); sin embargo, la rentabilidad de la producción de trigo en precordillera bajo cero labranza se acerca notablemente (38%) a las anteriores. Luego, desde el punto de vista de este indicador económico es igualmente eficiente y, por tanto, recomendable. La menor rentabilidad operacional se obtiene en suelos arroceros, cuya cifra (11%) en todo caso, es interesante y competitiva frente a otras alternativas productivas para esa zona, exceptuando el arroz.

En el proceso de toma de decisiones para la ejecución de un estándar de producción, es fundamental conocer el grado de incidencia que tienen los distintos componentes del costo total de producción. Con esta información, el agricultor puede visualizar cuáles son los factores de producción que juegan roles importantes en el desarrollo y resultado económico del cultivo.

El Cuadro 8.8. muestra un resumen de esta materia para los diferentes estándares técnico-económicos estudiados.

Cuadro 8.8. Incidencia porcentual en el costo total de los principales factores de producción en el cultivo de trigo.

<b>ESTÁNDARES DE PRODUCCIÓN DE TRIGO</b>	<b>FERTILIZANTES %</b>	<b>MAQUINARIA %</b>	<b>SEMILLA %</b>	<b>HERBICIDAS %</b>	<b>OTROS* %</b>	<b>TOTAL %</b>
Valle regado (convencional)	31	20	13	9	27	100
Secano precordillera (convencional)	33	26	12	9	20	100
Secano precordillera (cero labranza)	33	21	13	12	21	100
Secano interior (cero labranza)	35	19	8	5	33	100
Suelos arroceros	27	28	8	11	26	100
Secano precordillera (riego pivote)	32	21	14	10	23	100

\* Incluye cosecha, mano de obra, fungicidas, etc.

Se observa claramente, y en todas las alternativas de producción de trigo (con excepción de suelos arroceros), que el factor más relevante es el relativo a “fertilizantes”, con una incidencia cercana al 32% sobre el costo total de producción, indicando al productor la necesidad de considerar con especial atención este factor, realizando entre otros aspectos un oportuno análisis químico de suelos para determinar las dosis a aplicar.

Otro factor importante en el costo total se refiere al uso de “maquinaria agrícola” que, en promedio, incide en un 23%, destacando en trigo de suelos arroceros y en trigos de precordillera bajo manejo convencional.

El costo de “semilla” incide en un rango de 8 a 14% dependiendo del estándar aplicado. Tanto en suelos del secano interior como en arroceros, se contempla un uso parcial de semilla certificada por su alto costo, respecto a los potenciales rendimientos del trigo en esas áreas agroecológicas.

El costo del factor productivo “herbicidas” también es importante (varía en un rango de 5 a 12%). No obstante, su menor incidencia dentro de los costos totales es un factor fundamental para una normal expresión del cultivo, ya que su exclusión podría generar pérdidas de significación en el rendimiento del cultivo, llegando incluso, a producciones no rentables.

## 8.5. COMENTARIOS FINALES

- \* El trigo es el cultivo anual tradicional más importante en el país en cuanto a superficie sembrada, y está presente en la pequeña agricultura y en la agricultura empresarial, jugando un rol socio-económico fundamental en el sector.
- \* INIA ha desarrollado tecnologías que permiten que este cultivo pueda ser desarrollado en diferentes zonas agroecológicas de Chile, con un aceptable nivel de competitividad medido a través de indicadores económicos resultantes del análisis técnico-económicos de estándares de producción.
- \* El trigo bajo tecnología INIA presenta su mayor potencial de rendimiento y de comportamiento económico bajo condiciones de suelos regados, y aunque se registran valores más bajos, igualmente representa una buena alternativa productiva en suelos de secano.
- \* En general, el productor debiera tener especial preocupación por lograr el mayor beneficio económico posible de acuerdo a sus condiciones agro climáticas. Esto se obtiene cuando el productor cumple con algunas exigencias de manejo del cultivo: adecuada rotación de cultivos; razonable elección y preparación del suelo a cultivar; uso de variedades recomendadas para el área; época oportuna de siembra; calibración de máquina sembradora; uso de semillas de calidad; fertilización acorde a análisis químicos de suelo; adecuado y oportuno control de malezas; protección del cultivo ante eventuales ataques de enfermedades e insectos; adecuado manejo del riego; y una oportuna y adecuada cosecha (grado de humedad del grano y calibración de la máquina cosechera).

- Registrar y sistematizar la información de ingresos y egresos de un cultivo, en este caso del trigo, representa una buena herramienta de control y de toma de decisiones. Conocer fielmente la estructura de costos genera una información válida para corregir y mejorar el resultado económico de la explotación del rubro. Del mismo modo el conocimiento y correcta interpretación de los indicadores de resultado económico constituye una potente guía para toma de decisiones adecuadas.

## GLOSARIO

<b>qqm</b>	=	Quintal métrico (100 kilos)
<b>ha</b>	=	Hectárea (10.000 metros cuadrados)
<b>J/H</b>	=	Jornada Hombre (8 horas de trabajo)
<b>J/A</b>	=	Jornada Animal (8 horas de trabajo)
<b>kg</b>	=	Kilogramo
<b>L</b>	=	Litro
<b>h</b>	=	Hora
<b>g</b>	=	Gramo

## BIBLIOGRAFÍA

- González U., Jorge; Velasco H., Roberto; Morales Sch., Gustavo. 2000.** Costos y Rentabilidad de Cultivos Anuales. 7 y 8 Regiones. 150 p. Boletín INIA N° 41. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Quilamapu, Chillán, Chile.

- González U., Jorge; Velasco H., Roberto. 2001.** Situación y Competitividad del Trigo en la 8 Región del Bío-Bío. Revista Tierra Adentro Nº 38: 24-27.
- Velasco H., Roberto; Morales Sch., Gustavo; González U., Jorge. 2001.** Trigo en la precordillera de la VIII Región. Costos de producción y resultados económicos. .urls: [http :/ www.iris.cl](http://www.iris.cl).
- Ruiz S., Carlos ; González U., Jorge. 2002.** Gestión Económica y de Comercialización Agropecuaria. 98 p. Boletín INIA Nº 94. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Quilamapu, Chillán Chile.
- Velasco H., Roberto; Morales Sch., Gustavo. 2003.** Mercado y Comportamiento de Cultivos Tradicionales. Revista Tierra Adentro Nº 49: 9-11.
- Velasco H., Roberto. 2003.** Fichas Técnico Económicas de Cultivos (30). Primer Informe de Avance. Convenio FUCOA-INIA Quilamapu. Plan de apoyo a la operación y mejoramiento de la calidad del Servicio de Información Técnico Comercial de INDAP (SITEC INDAP). Octubre 2003.
- Velasco H., Roberto. 2004.** Fichas Técnico Económicas de Cultivos (26). Segundo Informe de Avance. Convenio FUCOA-INIA Quilamapu. Plan de apoyo a la operación y mejoramiento de la calidad del Servicio de Información Técnico Comercial de INDAP (SITEC INDAP). Octubre 2003.
- Velasco H., Roberto. 2004.** Nuevo aporte del Servicio de Información para el apoyo a la toma de decisiones productivas y comerciales de la pequeña agricultura. SITEC INDAP. url: <http://www.sitec.cl>