

Antecedentes sobre el
Centeno
en Chile y otros países

Autores

Mario Mellado Z.

Iván Matus T.

Ricardo Madariaga B.

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

Chillán, 2008.

ANTECEDENTES SOBRE
EL CENTENO
EN CHILE Y OTROS PAÍSES

Autores

MARIO MELLADO Z.

IVÁN MATUS T.

RICARDO MADARIAGA B.

Centro Regional de Investigación Quilamapu

Chillán, Chile, 2008.

Autores

Mario Mellado Z.

Iván Matus T.

Ricardo Madariaga B.

Director Regional

Claudio Pérez C.

Boletín INIA N° 182.

Este boletín fue editado por el Centro Regional de Investigación Quilamapu, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Ministerio de Agricultura.

Permitida su reproducción total o parcial citando la fuente y los autores.

Cita bibliográfica correcta:

Mellado Z., Mario; Matus T., Iván; Madariaga B., Ricardo.
2008.

Antecedentes sobre el centeno, en Chile y otros países.

Chillán, Chile.

Instituto de Investigaciones Agropecuarias.

Boletín INIA N° 182, 64 p.

Edición de textos:

Rocío Sasmay M.

Diseño y diagramación

Ricardo González Toro

Impresión

Trama Impresores S.A.

Cantidad de ejemplares XXXX.

Chillán, 2008.

TABLA DE CONTENIDOS

5-7 IMPORTANCIA DEL CULTIVO

8-10 CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS
Y AGRONÓMICAS DE LA PLANTA

10-13 ADAPTACIÓN DE LA PLANTA

13-22 MEJORAMIENTO GENÉTICO

22-33 MANEJO DEL CULTIVO

33-39 COMPORTAMIENTO A ENFERMEDADES

39-55 USOS DEL CENTENO Y COMPOSICIÓN
QUÍMICA DEL GRANO

56-60 REFERENCIAS

61-64 GLOSARIO

1. IMPORTANCIA DEL CULTIVO

El centeno es originario de Anatolia (Elliott, 1964; Leonard y Martin, 1967) ubicada en el Medio Oriente y actualmente perteneciente a Turquía. Según referencias escritas, el centeno es una planta de uso más reciente que el trigo, ya que su cultivo dataría de unos 2.000 a 3.000 años, en comparación al trigo que se ha cultivado por unos 9.500 años.

En el mundo se siembran entre 7 y 9 millones de hectáreas con un rendimiento promedio de 2,2 t/ha. Los mayores productores de centeno en el mundo son Rusia, Alemania, Polonia, la República de Belarús (ubicada entre Rusia y Polonia), y Ucrania.

En Chile, de acuerdo al VI y VII Censo Nacional Agropecuario (INE, 1997), en 1996 y 2006 se sembraron 2.182 y 1.684 ha, con un rendimiento promedio de 2,93 y 4,77 t/ha respectivamente (Cuadro 1.1). Gran parte de la superficie se concentra entre las Regiones del Maule y de Los Lagos.

CUADRO 1.1.

Superficie y rendimiento de centeno en Chile. VI y VII Censo Nacional Agropecuario.

Región	VI Censo Agropecuario (1996-1997)		VII Censo Agropecuario (2006 - 2007)	
	Superficie (ha)	Rendimiento (t/ha)	Superficie (ha)	Rendimiento (t/ha)
II Antofagasta	0	0	2,3	2,83
III Atacama	0	0	0,4	2,00
IV Coquimbo	0,1	--	3,0	3,40
V Valparaíso	6,0	0,82	14,0	1,93
VI Libertador General Bernardo O'Higgins	30,4	3,00	247,1	3,79
VII Maule	356,4	2,20	427,5	4,01
VIII Bío-Bío	481,4	2,72	352,4	7,54
IX La Araucanía	1.215,3	3,22	412,9	4,11
X Los Lagos	88,6	3,18	80,7	4,29
XI Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo	3,9	1,54	0	0
XIV Los Lagos	-	-	66,2	4,58
Región Metropolitana	0	0	77,5	4,28
Total País	2.182,9	2,93	1684,0	4,77

Una serie histórica de las siembras y producciones de centeno en Chile se indican en el Cuadro 1.2, apreciando que las superficies han variado entre 8.770 ha en 1980, y 470 ha en 1993.

Este cultivo fue introducido a Chile por las colonias alemanas que se establecieron en el sur del país durante el siglo XIX. Según Opazo (1932) en 1930 se sembraban 3.400 ha con un rendimiento medio de 1,09 t/ha, correspondiendo a las Provincias de Bío-Bío, Concepción y Cautín las mayores superficies.

CUADRO 1.2.

Superficie, producción y rendimiento unitario de centeno en Chile entre las temporadas 1979-1980 y 2006-2007.

Temporada	Superficie (ha)	Producción (t)	Rendimiento (t/ha)
1979-1980	8.250	10.379	1,26
1980-1981	8.770	9.206	1,05
1981-1982	5.490	6.059	1,10
1982-1983	4.890	4.464	0,91
1983-1984	3.390	4.383	1,29
1984-1985	5.030	11.480	2,28
1985-1986	4.670	8.610	1,84
1986-1987	2.380	4.831	2,03
1987-1988	2.100	3.681	1,75
1988-1989	2.870	8.917	3,11
1989-1990	2.287	6.174	2,70
1990-1991	2.900	8.686	3,00
1991-1992	2.550	7.541	2,96
1992-1993	1.220	2.917	2,39
1993-1994	470	686	1,46
1994-1995	881	2.555	2,90
1995-1996	839	2.377	2,83
1996-1997	2.182	6.382	2,92
1997-1998	1.048	2.882	2,75
1998-1999	1.360	3.537	2,60
1999-2000	1.158	2.396	2,07
2000-2001	1.167	3.735	3,20
2006-2007	1.684	8033	4,77

Fuente: ODEPA (Oficina de Estudios y Políticas Agrarias).

El 90% de las siembras de centeno son de secano y generalmente ocupa suelos de baja fertilidad. El rendimiento potencial de los tipos de centenos que se cultivan en el país, y que son muy pocos, en general no sobrepasa las 5 t/ha, debido a que por su gran altura son muy propensos a la tendadura cuando se fertilizan con más de de 80 kg N/ha.

2. CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS Y AGRONÓMICAS DE LA PLANTA

El centeno es una planta monocotiledónea anual de la tribu *Hordeae*, familia *Poaceae* (*Gramineae*). La única especie cultivada es *Secale cereale* L.

La altura de planta de algunas variedades puede superar los 180 cm. Aunque los tallos son más largos que los del trigo, su caña hueca, fuerte y flexible le otorga cierto grado de resistencia a la tendedura. Las hojas son ásperas, de color verde azulino, largas, y proporcionalmente más angostas que las hojas de trigo. Las vainas foliares son pubescentes. Las lígulas son cortas y redondeadas y las aurículas son blancas, muy cortas, y no abrazan al tallo como ocurre, por ejemplo, con la planta de cebada (Leonard y Martin, 1967).

Las raíces fasciculadas¹ ramifican profusamente cerca de la superficie del suelo; no obstante algunas pueden penetrar hasta los 2 m, lo que contribuye a su rusticidad. Al respecto, Miller (1938) señala que la penetración máxima de las raíces depende de varios factores, entre ellos del tipo de suelo. Este autor indica que según las características del suelo la profundidad máxima de las raíces del centeno puede variar entre 103 y 161 cm, comparado con 103 a 134 cm de la avena y 134 a 164 cm del trigo. Esto significa que estos cereales, a pesar de poseer un sistema radical fasciculado, se caracterizan por tener un porcentaje de sus raíces profundizantes, lo que es una característica beneficiosa en años de sequía y en siembras de secano. Sainju *et al.* (1998) complementan esta información al señalar que el rápido y profundo arraigamiento de las raíces del centeno es un factor clave en su rusticidad, y que a

¹Raíz fasciculada: raíz formada por un haz de raíces, todas de calibre similar.

través de sus residuos superficiales contribuye a reciclar nutrientes minerales situados en profundidad. En plantas de centeno se ha determinado que la superficie total del sistema radicular, incluyendo los pelos radicales, era de 639 m² (130 veces mayor que la superficie aérea de la planta). Para comprender estos datos de superficie radical debemos tener en cuenta que en una planta de centeno el número de pelos radicales por centímetro cuadrado alcanza los 2.500.

La inflorescencia del centeno es una espiga delgada y larga, compuesta de espiguillas sésiles, distribuidas a lo largo del raquis o eje, a razón de una por cada diente del raquis. Cada espiguilla, normalmente, tiene dos flores fértiles, y una que aborta o muere. Cada flor tiene tres estambres, un estigma y un ovario. La espiguilla está protegida por dos glumas vellosas en su parte dorsal, la pálea y, la lema que termina en una arista. La lema y la pálea de cada flor tienden a separarse durante la formación del grano, de forma que cuando éste está maduro su extremo superior es claramente visible (observación personal). Esta característica es indicada en otros términos por Mela (1966), quién señala que las cubiertas florales del centeno quedan menos cerradas que en los restantes cereales.

El fruto es una semilla desnuda llamada cariósipide, más alargada que la del triticale y del trigo, de unos 6-8 mm de longitud y 2-3 mm de ancho (Hoseney, 1991) (Foto 2.1).



Foto 2.1. Grano de cereales: A. Centeno, B. Triticale, C y D. Trigo harinero.

Como en los otros cereales, el grano de centeno está compuesto por el pericarpio, una capa de células de aleurona, el endosperma y el germen o embrión. Su color puede variar de gris verdoso a gris amarillento. El grano reacciona fuertemente al fenol² (observación personal; Moya *et al.*, 2006), tomando un color oscuro. Respecto al contenido de grasa, Miller (1938), indica que el grano de centeno tiene 1,8% de grasa o aceite, comparado con 2,1% del trigo. En cuanto al peso de los granos, y tomando como ejemplo el Centeno Tetra, el único actualmente cultivado en Chile, el peso de 1.000 granos oscila entre 50 y 55 g, en tanto que el peso del hectolitro (hL) varía entre 70 y 73 kg/hL.

3. ADAPTACIÓN DE LA PLANTA

La adaptación de las plantas a distintos medioambientes es una característica valiosa, especialmente tratándose de plantas cultivadas, a las que generalmente se les exige que produzcan bien en diferentes zonas agroecológicas.

²Fenol: sustancia química, sólida, muy tóxica y que se comercializa al estado líquido.

3.1. Requerimientos de clima

El centeno es resistente a las heladas, por lo que se adapta mejor que el trigo en zonas frías, hasta los 1800 m.s.n.m. (Mela, 1966), sobre todo en suelos ácidos, arenosos y poco profundos, por lo que siempre ha estado más extendido en regiones montañosas de inviernos duros. En este sentido, el centeno se aclimata muy bien en suelos de la precordillera, donde los fríos y heladas pueden dañar al trigo.

La temperatura óptima para la germinación de la semilla de centeno va de 12,8 a 18,3 °C, y la germinación ocurre después que el grano ha absorbido agua en cantidad equivalente al 56% del peso del grano (Leonard y Martin, 1967). Además de la vernalización³, la planta de centeno requiere un período de 14 horas de luz y una temperatura de 5 a 10 °C para inducir la floración.

3.2. Requerimientos de suelo

Por su rusticidad, el centeno se adapta prácticamente a cualquier tipo de suelo. Además es resistente a la acidez del suelo y al aluminio (Grauer y Horst, 1990). Los autores anteriores indican que el aluminio soluble es el factor limitante más importante para el crecimiento de las plantas en suelos ácidos, y que las concentraciones de aluminio en la solución del suelo están principalmente determinadas por el pH del suelo. Reid (1976) señala que los cultivares de centeno generalmente son más tolerantes a la acidez del suelo que las variedades de triticale (cereal creado por el hombre), y mucho más que las variedades de trigo. La zona de Vilcún, Región de la Araucanía, se caracteriza

³Vernalización: exposición del grano o la planta a un período de baja temperatura.

por tener suelos ácidos. En ellos los agricultores han logrado muy buenos rendimientos con el triticale Aguacero-INIA. Trabajos de genética que estudiaron la tolerancia al aluminio en centeno han puesto en evidencia la existencia de un par de genes independientes y con efecto aditivo, que confieren dicha tolerancia.

3.3. Germinación

Cuando el grano se deposita en el suelo se inicia un proceso de imbibición de la semilla, como preparación a la etapa de germinación. El grano germinado presenta tres raíces seminales y un coleóptilo⁴ o estructura que protege a la primera hoja. Las hojas nuevas tienden a presentar un tinte purpúreo y esta coloración se constituye en una característica diferencial al momento de la emergencia, respecto a las plántulas de otros cereales como el trigo, el triticale o la avena.

La Foto 3.1 muestra el desarrollo de una plántula de Centeno Tetra, en comparación a una plántula de la variedad de triticale Aguacero-INIA y una plántula de trigo harinero de la variedad Pandora-INIA, todas de 8 días de edad. Se puede observar un mayor crecimiento del centeno comparado con el triticale y trigo, y que el largo de las raíces fue similar o levemente mayor que el de las hojas en los tres cereales. En términos comparativos el largo de la parte aérea del centeno fue de 17,0 cm, en tanto la raíz midió 17,5 cm de largo. En el triticale la parte aérea midió 12,0 cm y la raíz 15,5 cm. En el caso del trigo la parte aérea midió 9,0 cm y la raíz 10,0 cm.

⁴Coleóptilo: estructura en forma de capuchón que protege a la primera hoja durante la germinación.



Foto 3.1. Plántula de centeno (A), plántula de triticale (B), y plántula de trigo (C) de 8 días de edad.

4. MEJORAMIENTO GENÉTICO

4.1. Sistema de reproducción

El centeno es el único de los cereales menores productores de grano que es de fecundación cruzada. En el centeno la autofecundación obligada, efectuada por el hombre, produce depresión endogámica semejante a lo que ocurre en maíz. Aunque las flores del centeno son estructuralmente similares a las del trigo, el centeno es una

planta anual autoestéril, por haber incompatibilidad gametofítica⁵ entre el polen y el estigma y estilo de la misma flor, además de existir el fenómeno conocido como protandria⁶.

Esto se traduce en que el polen no germina, y si lo hace, el tubo polínico no es capaz de penetrar en el estigma (Allard, 1964). En el centeno la fecundación cruzada alcanza a 96-99%, por lo cual es difícil mantener las características de una variedad, en especial la uniformidad en altura y madurez (Foto 4.1). Por ello es más correcto hablar de una población de centeno o de un determinado tipo de centeno. En las siembras de campo, para evitar contaminación con polen de otras variedades de la misma especie que pudiera haber en los alrededores, debe existir una separación mínima de unos 200 m entre ellas.



Foto 4.1. Centeno Tetra.

⁵Incompatibilidad gametofítica: incapacidad de gametos funcionales de efectuar la fertilización.

⁶Protandria: fenómeno por el cual la dehiscencia de la antera ocurre antes que el estigma esté receptivo.

Como consecuencia de la alogamia, las variedades de centeno (o tipos de centeno) son poblaciones con apreciable nivel de heterocigosis, y por lo mismo son mucho menos estables que las variedades de plantas autógamas como el trigo. Esto se aprecia visualmente en siembras comerciales de centeno en las que la desuniformidad de altura de las plantas es algo natural. Para disminuir este problema, y tratándose de siembras destinadas a producir semilla, es necesario establecer los semilleros aislados de otras variedades de la misma especie y efectuar una reelección anual o al menos cada 2 ó 3 años, para mantener la población original (Elliot, 1964).

4.2. Tipos de centeno

El centeno cultivado diploide tiene siete pares de cromosomas ($2n = 2x = 14$) y fórmula genómica RR. A partir de él se han obtenido centenos tetraploides de 28 cromosomas ($2n = 4x = 28$) que han ofrecido ventajas respecto a los diploides, en cuanto a rendimiento, tamaño del grano y firmeza del tallo (Muntzing, 1951). Los centenos tetraploides mantienen cierta inestabilidad genética y es así que Leonard y Martin (1967) señalan que alrededor del 15% de las plantas de una población de centeno autotetraploide son aneuploides con 27, 29 ó 30 cromosomas. Estos aneuploides, a consecuencia de su desequilibrio genético, en general, producen menos semilla que las plantas tetraploides.

Actualmente se han producido centenos tetraploides que tienen caña más firme, más resistencia a la sequía y granos más pesados que los centenos diploides, y para mantener estas características y evitar esterilidad deben sembrarse aislados de los centenos diploides.

A nivel mundial dominan ampliamente las variedades de invierno y se caracterizan por ser las plantas más rústicas entre los cereales,

y por requerir vernalización y fotoperíodo similar a las variedades de trigo de invierno (Mellado, 2007). La vernalización no induce la floración, sino que prepara la planta para que se cumpla esta etapa (Devlin, 1975); sin embargo, el fotoperíodo favorece el inicio de este proceso. En efecto, el estímulo físico de la luz es necesario para que se transforme en estímulo químico, mediante la activación del fitocromo que participa activamente en la regulación de la respuesta.

En el país se siembra, al menos, un centeno invernal tetraploide llamado “Centeno Tetra” de 28 cromosomas, y un “Centeno Diploide” muy antiguo llamado “Centeno Común” de 14 cromosomas, de espiga pequeña y un tallo delgado muy propenso a la tendedura. Ambos son de altura superior a 150 cm, y la diferencia más notable radica en la mayor firmeza de tallo y espiga más grande del centeno Tetra.

Los cromosomas del centeno (designados como IR, IIR, IIIR, IVR, VR, VIR, y VIIR), son más largos que los del trigo, excepto el cromosoma 2R que es de tamaño similar al cromosoma 2D del trigo, por lo que en ciertos casos se han logrado exitosas sustituciones genéticas, o que le han conferido rusticidad y resistencia a enfermedades. Estas variedades se conocen como “trigos traslocados”.

4.3. Herencia de algunas características

Respecto a la herencia de algunos caracteres se ha informado que el tallo vellosa (pubescencia) es dominante sobre la condición glabra (lampiña); el carácter ceroso es dominante, y el hábito primaveral es dominante sobre el invernal. La característica de planta quebradiza es monogénica recesiva, es decir ambos genes alélicos deben estar presentes para que se exprese la característica.

El color verdoso del grano domina sobre el amarillo. Estos colores se localizan en la capa de aleurona y manifiestan el fenómeno de xenia. Esto significa que cuando se cruza una planta de grano amarillo (madre) con una planta de grano verde (padre), la descendencia tiene su grano de color verdoso.

4.4. Mejoramiento efectuado en INIA Quilamapu

En Chile, la falta de centenos mejorados, podría explicar el poco interés de los productores por las siembras de este cereal, a pesar que en los últimos años al consumo humano se ha sumado el uso en siembras destinadas a control de malezas en huertos frutales.

El método elegido para mejorar algunas características agronómicas, como altura de planta y precocidad del centeno, fue el de mutaciones. Durante la temporada 1994-1995 se inició un programa de radiaciones con cobalto usando el material conocido como "Centeno Tetra". En esa temporada se seleccionaron espigas de este cereal en una siembra comercial ubicada en las cercanías de San Ignacio (Provincia de Ñuble, Región del Bío-Bío). Las espigas se trillaron en forma conjunta, es decir, en masa.

Como se ha mencionado, el centeno utilizado se caracteriza principalmente por ser de gran altura (más de 150 cm), por tener un largo período vegetativo, y un tallo bastante resistente a la tendedura considerando su altura. Para determinar el número de cromosomas y confirmar que se trataba del Centeno Tetra, se envió semilla al Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT, México), donde el Dr. Mujeeb Kazi comprobó que se trataba de un centeno tetraploide (M. Mellado, información personal, datos no publicados). Este centeno provendría de la variedad Tetra Petkus de Alemania.

La irradiación de la semilla se hizo en las instalaciones de la Comisión Chilena de Energía Nuclear, el año 1995.

Para determinar un rango de dosis que no dañara la semilla, la primera irradiación comprendió los siguientes niveles: 0, 50, 100, 150, 200, 250, 300 Gy⁷. Estos tratamientos permitieron determinar que con dosis mayores o iguales a 100 Gy no había germinación. Por lo tanto, se hizo una segunda radiación con las siguientes dosis de cobalto: 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60 y 70 Gy obteniendo buena germinación y plantas normales en todas las dosis.

La semilla irradiada se evaluó en siembras a campo hasta la séptima generación (M7). El trabajo de selección para disminuir la altura no dio resultado ya que ésta se mantuvo igual que en la variedad original. Respecto a la precocidad, en la generación M7 fue posible seleccionar dos líneas de centeno designadas con las siglas Quicen 2, y Quicen 12. Estas líneas mostraban además de su mayor precocidad, un crecimiento claramente más erecto que la variedad original.

En la temporada 2003-2004 el material seleccionado por precocidad se evaluó en ensayos de rendimiento, usando como testigo al centeno sin irradiar. La Foto 4.2 muestra el crecimiento del centeno original no irradiado (lado izquierdo) comparado con el centeno seleccionado a partir del material irradiado.

⁷La sigla Gy corresponde a la unidad en que se mide la cantidad de energía depositada por la radiación sobre la semilla. Esta unidad de medida es equivalente a 100 rad. Un rad es la unidad básica de medida del sistema inglés que mide la dosis de radiación ionizante absorbida por un material. Un rad equivale a la energía de 100 ergios por gramo de materia irradiada. Un rad = 0,01 Gy. El nombre de la unidad rad es la abreviatura de las palabras inglesas "Roentgen Absorbed Dose", que en castellano significa "dosis de radiación Roentgen". En Estado Unidos todavía se usa el rad, pero en el resto del mundo ha sido sustituido por la unidad del Sistema Internacional llamada Gray (Gy) que corresponde a 1 Julio de energía absorbida por kilogramo de materia. Un Julio equivale a 100 rad.



Foto 4.2. Diferencia en crecimiento del centeno Tetra (izquierda) y una línea experimental derivada del centeno Tetra (derecha).

Existe la posibilidad que la mayor precocidad de las líneas Quicen 2 y Quicen 12, respecto al Centeno Tetra, sea consecuencia de la selección de plantas precoces *per se* y no como consecuencia de la irradiación. En efecto Devlin (1975) señala que en el centeno Petkus (de donde proviene el centeno Tetra Petkus que sería similar al centeno Tetra), hay dos *strain* o variantes de centeno. Uno primaveral que no requiere vernalización, y otro invernal que tiene requerimiento de vernalización para florecer y fructificar, aunque el efecto de la luz continua acorta el período de espigadura.

Como se señaló anteriormente la altura de planta no sufrió cambios por efecto de las radiaciones, observando un promedio de 157 cm, tanto en el Centeno Tetra original así como en las líneas derivadas de este centeno, Quicen-2 y Quicen 12.

En cuanto a rendimiento, las líneas experimentales produjeron grano al ser sembradas tanto en época de invierno como de primavera, no así el Centeno Tetra que en las siembras de primavera no formó granos. Esto demostraría que la selección de plantas más precoces fue efectiva, y específicamente para las líneas Quicen-2 y Quicen-12. En las siembras de invierno las líneas rindieron semejante al testigo, tanto en condiciones de riego como de secano, lo que mostraría que la radiación no afectó la capacidad de producción del material seleccionado.

Los rendimientos fueron muy variables. Así por ejemplo en el secano interior de Cauquenes el rendimiento fue alrededor de 3 t/ha, pero en condiciones de riego varió entre 5 y 7 t/ha. Sin embargo en las siembras de riego se presentó tendedad, lo que limitaría el potencial de rendimiento en siembras comerciales.

En calidad del grano, evaluada mediante la prueba de sedimentación, se apreció un avance respecto a la variedad original. Mientras la harina del testigo (Centeno Tetra) presentó un volumen promedio de sedimento de 2,9 mL, las líneas Quicen-2 y Quicen-12 mostraron valores medios de 4,5 y 3,5 mL, respectivamente. En todo caso estos valores son muy inferiores a los observados normalmente en variedades de trigo. En efecto, las variedades Tukán-INIA y Domo-INIA, que se sembraron en el mismo experimento donde se evaluaron las líneas de centeno, presentaron un promedio de sedimentación de 22,8 y 27,8 mL respectivamente.

En peso del hectolitro no hubo avance genético y su valor promedio se ubicó en los 71 kg/hL, unas 8 unidades (8 kg) por debajo de las variedades de trigo Tukán-INIA y Domo-INIA incluidas en el ensayo. El menor peso del hectolitro del centeno, respecto al trigo, es normal y se explica fundamentalmente por la forma alargada del grano que no permite un buen acomodo de los granos en el

cilindro que se usa para determinar el peso del hectolitro.

Los valores de índice de cosecha (cuociente entre producción de grano y producción de biomasa total), del número de granos/espiga y del peso de 1.000 granos se señalan en el Cuadro 4.1. Es interesante observar el bajísimo valor del índice de cosecha (25%) si se tiene presente que en el trigo este valor oscila entre 35 y 45%. Esto se explica por la gran altura de las plantas, que según señalamos anteriormente alcanzó a un promedio de 157 cm.

Los valores de los componentes de rendimiento granos/espiga y peso de 1.000 granos son semejantes a los que presentan las variedades de trigo actualmente cultivadas en el país, observándose que hay un fenómeno de compensación entre ambos componentes, es decir, cuando aumenta el valor de uno de ellos, el otro disminuye. En efecto, el centeno Quicen-2 que tiene la mayor cantidad de granos/espiga, posee los granos más pequeños o de menor peso.

CUADRO 4.1.		Características de productividad del Centeno Tetra y de las líneas experimentales Quicen-2 y Quicen-12.		
Centenos	Características¹			
	Índice de cosecha (%)	Granos/espiga	Peso 1.000 granos (g)	
Centeno Tetra	24,5	51,0	49,1	
Quicen-2	25,6	63,9	47,2	
Quicen-12	26,5	52,3	50,2	

¹Los valores corresponden a un promedio de 15 tallos y sus correspondientes espigas.
Fuente: Mellado, datos no publicados (temporada 2003-2004).

En otro estudio se procesaron 100 espigas de cada centeno, seleccionadas por su buena conformación y ausencia de esterilidad. En este caso el número de granos por espiga aumentó

sustancialmente y fue de 82, 80, y 92 para Centeno Tetra, Quicen 2 y Quicen 12, respectivamente. Lo mismo ocurrió con el peso de 1.000 granos que fue de 59,7; 55,3 y 51,5 g, respectivamente. Estos datos muestran nuevamente el poder de compensación de los componentes de rendimiento analizados.

Trabajos posteriores permitirán determinar fehacientemente si alguna de las líneas es superior al testigo en siembras de otoño, o bien se trata de una ventaja lograda en las siembras de primavera, dada por la mayor precocidad. Si esto último fuera lo real, también sería un aspecto interesante, independiente si tal precocidad se logró por efecto de la irradiación o fue exclusivamente una consecuencia de la selección de plantas más precoces durante varias temporadas.

5. MANEJO DEL CULTIVO

5.1. Rotaciones

Las normas de manejo indicadas para el trigo (Mellado, 2007) son también aplicables al centeno. La diferencia más sustancial en el manejo de ambos cereales radica principalmente en las rotaciones, dado que el centeno es más resistente a las pudriciones radicales, en especial al mal del pie, causado por *Gaeumannomyces graminis tritici*. Por ello se puede sembrar centeno después del trigo, cebada, o pradera natural, aunque esto no es aconsejable. En la Figura 5.1 se observa el rendimiento de grano de centeno sembrado después de trigo (C/T), comparado con el rendimiento de trigo sembrado después de centeno (T/C). Es posible ver que el rendimiento de centeno a través de los años es más uniforme que en trigo. En efecto el trigo muestra dos violentas caídas de rendimiento durante los años 1997 y 1999. Por lo tanto, aunque el centeno presenta un alto nivel de resistencia a mal del pie,

no es un buen cultivo para preceder al trigo en la rotación. Es probable que el rendimiento del trigo en 1999 se deba al efecto alelopático del centeno sobre el trigo.

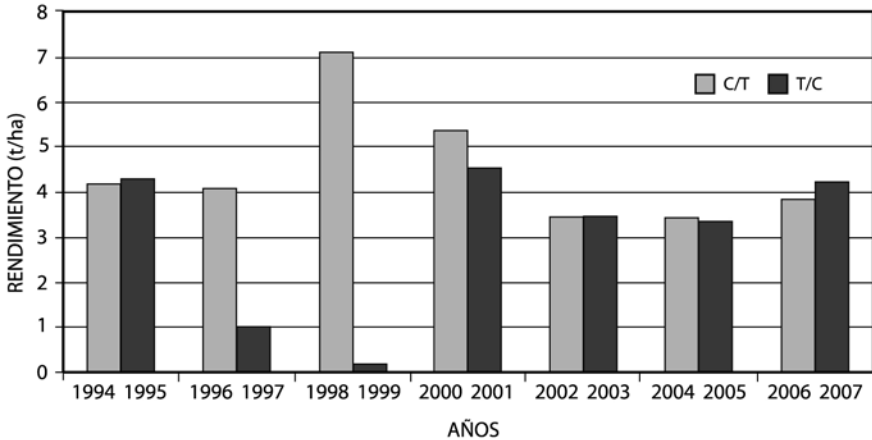


Figura 5.1. Rendimiento de grano del Centeno Tetra sembrado después de trigo (C/T), comparado con el rendimiento de la variedad de trigo Lancer-INIA sembrada después de centeno (T/C).

Fuente: Mellado, 2003. Actualizado con datos del Proyecto Trigo INIA-Quilamapu.

Sin embargo, Miedaner *et al.* (1995) señalan que los hongos *Pseudocercospora herpotrichoides*, *Fusarium spp.*, y *Fusarium nivale* (este último no existe en Chile) pueden ocasionar pudrición de la raíz del centeno, pero en Chile es poco frecuente que causen enfermedades.

Otra razón para no sembrar trigo después de centeno es la susceptibilidad del centeno al cornezuelo, enfermedad que puede ocasionalmente transmitirse al trigo en la temporada siguiente. Esto no ocurre con la avena, por lo que este cereal es ideal para rotar con centeno. Además el centeno y avena se adaptan bien a suelos con pH relativamente bajos (alrededor de 5,5).

5.2. Variedad recomendada

En el país se siembra una sola variedad que tiene un nombre propio. Se trata del centeno invernal Centeno Tetra caracterizado por su gran altura y buen tamaño de espiga. Sin embargo, en diferentes zonas del país es posible encontrar siembras con otros tipos de centeno, a los que se designa como Centeno Común, pero que representan un porcentaje muy marginal respecto a la superficie sembrada en el país. Estos centenos comunes son de espiga pequeña, tallo delgado y gran altura, por lo que generalmente sufren tendadura y son de muy bajo potencial de rendimiento.

5.3. Dosis de semilla y fecha de siembra

Respecto a la fecha de siembra y dosis de semilla, ensayos realizados en el valle central de la Región del Bío-Bío (36°31' lat. Sur; 71°54' long. Oeste) demostraron que en las siembras de mayo la cantidad de semilla más conveniente para el Centeno Tetra y las líneas experimentales Quicen-2 y Quicen-12 es de 120 kg/ha (Cuadro 5.1).

CUADRO 5.1.

Efecto de la dosis de semilla sobre el rendimiento de grano (t/ha) de centenos sembrados a mediados de mayo. Temporada 2004-2005.

Centenos	Dosis de semilla (kg/ha)				
	40	80	120	160	200
Centeno Tetra	4,86 (100) ¹	5,44 (112)	6,17 (127)	5,35 (110)	5,08 (104)
Quicen-2	5,94 (100)	5,80 (98)	6,64 (112)	6,32 (106)	6,24 (105)
Quicen-12	5,64 (100)	6,57 (116)	6,43 (114)	5,80 (102)	6,12 (108)

Fuente: Proyecto Trigo INIA Quilamapu.

¹Entre paréntesis se indican los rendimientos en porcentaje respecto a la dosis 40 kg/ha.

Al sembrar el centeno a fines de agosto, los rendimientos disminuyen ostensiblemente, en especial en el Centeno Tetra, pero se mantiene como más aconsejable la dosis de 120 kg/ha (Cuadro 5.2).

Centenos	Dosis de semilla (kg/ha)				
	40	80	120	160	200
Centeno Tetra	0,74 (100) ¹	1,03 (139)	1,08 (146)	1,00 (135)	1,12 (151)
Quicen-2	4,12 (100)	4,79 (116)	5,15 (125)	5,03 (122)	5,33 (129)
Quicen-12	3,92 (100)	3,94 (100)	5,01 (128)	4,73 (121)	4,58 (117)

¹Entre paréntesis se indican los rendimientos en porcentaje respecto a la dosis 40 kg/ha.
Fuente: Proyecto Trigo INIA Quilamapu.

Los datos indicados en los Cuadros 5.1 y 5.2 demuestran que las líneas de centeno Quicen-2 y Quicen-12 se pueden sembrar en otoño y primavera, a diferencia de lo que ocurre con el Centeno Tetra. En todo caso, sembrar centeno en primavera para cosecha de grano no es buena alternativa, puesto que requeriría agua de riego durante su desarrollo, por la cual competiría con otros cultivos menos rústicos y más rentables.

Según Bishnoi (1980) la dosis de semilla está influenciada por el espaciamiento entre hileras y depende del destino de la cosecha (producción de grano o forraje). Este autor determinó que la distancia entre hileras de 12,5 cm era mejor que 25 cm para ambos usos del centeno.

En las siembras se recomienda usar semilla del año y desinfección con fungicida, porque el centeno pierde su germinación más rápidamente que la de otros cereales. En todo caso cuando no se conoce el año de cosecha de la semilla es necesario efectuarle un análisis de germinación.

5.4. Control de malezas

El centeno compite bien con las malezas, dado que ejerce un cierto efecto inhibitorio de tipo alelopático⁸, producido por ácidos hidroxámicos, sobre las malezas que crecen a su alrededor. Esta propiedad se aprovecha para usar este cultivo como protector de suelo y controlador de malezas (Zasada *et al.*, 2005). Respecto a la permanencia de estas sustancias en el suelo, Yenish *et al.* (1995) indican que los ácidos hidroxámicos del centeno persisten más allá de la duración del residuo de centeno en la superficie del suelo, estimándose su duración entre 120 y 160 días. Además, el mayor contenido de ácidos hidroxámicos del centeno (Argandoña *et al.*, 1980) se constituye en un excelente medio de defensa contra las plagas.

Crovetto (2006) señala que en la zona maicera de EE.UU. es común sembrar centeno vía aérea sobre el maíz aún no cosechado. Esto ayuda a mantener una mayor actividad biológica del suelo durante los fríos meses de otoño, a la vez que produce una reducción significativa de malezas de hoja ancha debido a los efectos alelopáticos.

Respecto al control de malezas en sementeras de centeno, el Manual Fitosanitario 2006-2007 (IMPPA-SAG-AFIPA, 2006-2007),

⁸Alelopatía: efecto químico por el cual un vegetal interfiere con el desarrollo de otro vegetal.

recomienda los siguientes productos comerciales para controlar malezas de hoja ancha en este cereal: 2,4-D 480; Bentax 48 SL (concentrado soluble); Starane; Tordon 24 K; U 46 D-Fluid 720; U 46 M-Fluid 780 g/L y Weed-Rhap-720. Este Manual Sanitario citado no indica herbicidas para controlar malezas gramíneas en centeno.

5.5. Reguladores de crecimiento

Aunque el tallo es flexible, considerando la altura de planta de los centenos actuales, una fertilización mayor de 100 kg de nitrógeno por hectárea produce tendadura. Sin embargo, este problema se puede subsanar en gran parte mediante la aplicación de un regulador de crecimiento que reduzca el crecimiento de los entrenudos. En la Foto 5.1 se puede observar el efecto del regulador de crecimiento Medax Top que contiene 50 g/L de prohexadiona de calcio + 300 g/L de cloruro de mepiquat. El resultado de la aplicación de Medax Top sobre el centeno Quicen-2, que a continuación se indica, se consiguió aplicando el producto a inicios de encañado y en una dosis de 750 cm³/ha en 120 L de agua + 250 cm³/ha del surfactante Dash para aumentar la eficacia del regulador. Con esta dosis se logró bajar la altura de planta de 181 cm en el testigo sin regulador a 144 cm con aplicación. Además con esta aplicación se produjo un aumento de rendimiento de 14%.

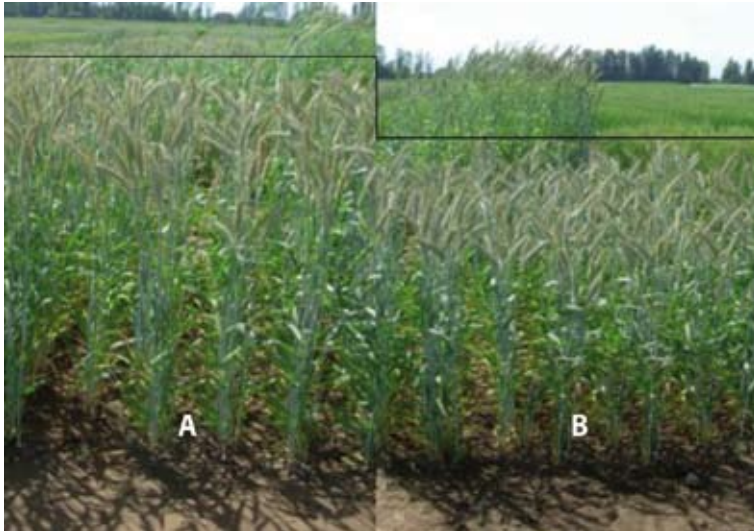


Foto 5.1. Primer plano. Efecto del regulador de crecimiento Medax Top sobre la altura del centeno Quicen 2. A. Sin regulador; B. Con regulador.

5.6. Fertilización (N, P y otros)

A pesar que el centeno es una planta rústica, responde fuertemente a la fertilización, especialmente la nitrogenada.

En experimentos realizados en el valle central de la Región del Bío-Bío (36°31' lat. Sur; 71°54' long. Oeste) se demostró que el efecto de la dosis de nitrógeno, aplicado mitad en la siembra y mitad en la macolla, depende de la fecha de siembra y de la precocidad del centeno. Por ejemplo el centeno tardío Tetra y los centenos de hábito alternativo Quicen-2 y Quicen-12 expresan buen rendimiento sembrados en el mes de mayo y con una dosis de nitrógeno de 100-150 kg/ha (Cuadro 5.3).

CUADRO 5.3.

Efecto de la dosis de nitrógeno sobre el rendimiento de grano (t/ha) de centenos sembrados a mediados de mayo. Temporada 2004-2005.

Centenos	Dosis de nitrógeno (kg/ha)			
	0	50	100	150
Centeno Tetra	4,00 (100) ¹	5,19 (130)	5,80 (145)	6,32 (158)
Quicen-2	3,73 (100)	4,94 (132)	6,95 (186)	7,62 (204)
Quicen-12	3,36 (100)	5,84 (174)	6,44 (192)	7,33 (218)

¹Entre paréntesis se indican los rendimientos en porcentaje respecto a la dosis 0 de N.
Fuente: Proyecto Trigo INIA Quilamapu.

Al sembrar estos tres centenos a fines de agosto, los rendimientos disminuyen, pero de manera mucho más drástica en el Centeno Tetra. Sin embargo, se mantiene como más apropiada la dosis de nitrógeno de 100-150 kg/ha (Cuadro 5.4). Estas respuestas se lograron en un suelo trumao con buenas características químicas ya que tenía un nivel medio de N (24 mg/kg), un nivel alto de P y un nivel medio de K. El pH al agua era de 5,7 y la materia orgánica de 5,9%.

CUADRO 5.4.

Efecto de la dosis de nitrógeno sobre el rendimiento de grano (t/ha) de centenos sembrados a fines de agosto. Temporada 2004-2005.

Centenos	Dosis de nitrógeno (kg/ha)			
	0	50	100	150
Centeno Tetra	0,43 (100) ¹	0,81 (188)	1,12 (260)	1,32 (307)
Quicen-2	2,55 (100)	4,95 (194)	5,37 (210)	5,31 (208)
Quicen-12	2,87 (100)	4,47 (156)	5,07 (177)	5,27 (184)

¹Entre paréntesis se indican los rendimientos en porcentaje respecto a la dosis 0 de N.
Fuente: Proyecto Trigo INIA Quilamapu.

En relación al efecto del nitrógeno sobre el peso del hectolitro y altura de planta, se determinó que la aplicación de nitrógeno de sólo 50 kg/ha mejoró el peso del hectolitro del grano en 1 kg/hL y aumentó la altura de planta entre 15 y 20 cm, respecto a las plantas que no recibieron nitrógeno. Dosis mayores de este nutriente no hicieron variar significativamente estas dos características (datos no presentados).

En Canadá, Fowler *et al.* (1989a) demostraron que el centeno de invierno puede cultivarse exitosamente en siembras directas sobre rastrojo de trigo, y que tiene una eficiencia de uso del nitrógeno y potencial de rendimiento superior al trigo de invierno. Además indican que los máximos rendimientos estuvieron relacionados con la condición de humedad del suelo durante la estación de crecimiento y que estos máximos niveles de rendimiento se lograron con diferentes dosis de fertilización nitrogenada.

En la misma investigación Fowler *et al.* (1989b) analizaron el efecto de distintas dosis de nitrógeno (0-333 kg/ha) sobre la proteína del grano. Demostraron que aunque la concentración de proteína fue significativamente más alta en trigo de invierno que en el centeno, el centeno de invierno mostró una mayor eficiencia en el uso del nitrógeno para producción de grano. De esta manera los mayores rendimientos de grano del centeno compensaron las menores concentraciones de proteína, por lo que a igual dosis de N el centeno produjo más proteína por hectárea que el trigo.

Aunque se carece de experimentos que comparen diversas dosis de fósforo y potasio en centeno, se debe tener presente que se trata de un cereal rústico por lo que en general se le destinan los suelos más pobres. En este sentido, será suficiente aplicar una dosis de 80 kg de P_2O_5 y unas 60 unidades de K_2O por hectárea en aquellos suelos deficientes en estos nutrientes. Respecto a

las necesidades de calcio se debe recordar que se trata de un cereal que se adapta bien a suelos relativamente ácidos, es decir, bajos en este nutriente. Esto ocurre a pesar que el centeno extrae cantidades de calcio parecidas a las del trigo (Mela, 1966).

5.7. Efecto de la condición del suelo (riego o seco) y rendimiento de grano

Como en todos los cereales, en el caso del centeno conviene regar sin viento y al atardecer para que aproveche mejor el agua, ya que durante un día caluroso el agua transpirada es alrededor de 95%, porcentaje que baja a sólo 5% si se riega entre el atardecer y la mañana siguiente (Miller, 1938).

A pesar de la rusticidad del centeno Tetra, su largo período vegetativo impide que exprese buen rendimiento de grano en condiciones de déficit hídrico primaveral. Esto fue demostrado en tres ensayos efectuados en diferentes condiciones agroecológicas de las Regiones del Maule y del Bío-Bío durante la temporada 1979-1980. Dos sitios de seco y uno regado. El Cuadro 5.5 indica el rendimiento de grano y el peso del hectolitro de este centeno en comparación con una variedad de triticale de primavera y una variedad de trigo de hábito alternativo. Se observa que en condiciones de seco los tres cereales presentaron un rendimiento similar cuando no recibieron fertilizantes; sin embargo con 80 kg de N y 80 kg de P_2O_5 /ha el centeno rindió menos que el trigo y triticale, debido posiblemente a que en este caso la falta de humedad aprovechable afectó mucho más al centeno dado su largo período vegetativo y a la mayor cantidad de biomasa generada, principalmente en hojas y tallos.

CUADRO 5.5.

Rendimiento de grano y peso del hectolitro del Centeno Tetra comparado con la variedad de triticale Yoco y la variedad de trigo Andifén, sometido a dos niveles de fertilización y tres condiciones agroecológicas.

Sitio	Cereal	Rendimiento (t/ha)		Peso hectolitro (kg/hL)	
		N0-P0	N80-P80	N0-P0	N80-P80
Secano interior Ñuble	Centeno	1,47	1,67	75,3	74,0
	Triticale	1,84	2,88	72,3	68,9
	Trigo	1,28	3,14	78,6	78,0
Secano interior Cauquenes	Centeno	1,42	1,25	69,5	68,2
	Triticale	1,81	2,77	73,7	71,5
	Trigo	1,58	2,46	81,3	82,5
Valle regado de Ñuble	Centeno	3,51	5,36	73,1	71,7
	Triticale	2,65	4,21	74,8	72,0
	Trigo	3,29	5,12	80,7	79,2

Nota: N0-P0 significa sin N y sin P; N80-P80 significa que se aplicaron 80 kg de N y 80 kg de P₂O₅ por hectárea.

La situación cambia notoriamente en el experimento efectuado en el valle regado donde el centeno presenta el mayor rendimiento con y sin fertilizante, demostrando que se trata de un cereal de buen potencial de rendimiento (Cuadro 5.5). Además, en el Cuadro 5.6 se puede observar que bajo condiciones de riego el número de granos por espiga y el peso de los granos mejora notablemente cuando dispone de agua en etapas críticas.

CUADRO 5.6.

Componentes de rendimiento del Centeno Tetra comparado con la variedad de trigo Andifén y la variedad de triticale Yoco (mexicano), sometido a dos niveles de fertilización y tres condiciones agroecológicas.

Sitio	Cereal	Granos/espiga		Espigas/m ²		Peso 1.000 granos (g)	
		N0-P0	N80-P80	N0-P0	N80-P80	N0-P0	N80-P80
Secano interior Ñuble	Centeno	22,7	29,6	175	203	45,7	52,0
	Triticale	19,8	28,3	261	378	43,4	56,5
	Trigo	26,4	36,7	280	322	40,0	41,3
Secano interior Cauquenes	Centeno	28,3	35,7	186	243	39,1	37,6
	Triticale	37,7	49,0	203	228	49,0	45,2
	Trigo	29,3	32,3	193	230	53,1	47,0
Valle regado de Ñuble	Centeno	47,3	48,3	167	210	51,7	52,3
	Triticale	35,7	44,7	227	303	52,0	49,0
	Trigo	31,7	38,3	363	388	53,0	50,0

Nota: N0-P0 significa sin N y sin P; N80-P80 significa que se aplicaron 80 kg de N y 80 kg de P₂O₅ por hectárea.

Fuente: Mellado, 1980.

6. COMPORTAMIENTO A ENFERMEDADES

Históricamente el cornezuelo o ergot ha sido considerada la enfermedad más característica del centeno y por ello será tratada de manera más detallada. Es producida por el hongo ascomicete *Claviceps purpurea* (Fr.) Tul. 1883 (anamorfo: *Sphacelia segetum* Lév. 1827) (Fotos 6.1 y 6.2). Este hongo también ataca al trigo (Foto 6.3) y cebada, pero su frecuencia es muy escasa, en tanto la avena es inmune. Estas fotos están disponibles en <http://www.zoetecnocampo.com/Documentos/cornezuelo/cornezuelo.htm>. Leído 03 abril 2008. No se conocen variedades de centeno resistentes al ergot y para facilitar su perpetuación existen varios otros huéspedes susceptibles, entre ellos el panizo o setaria (*Setaria*

italica (L.) P. Beauv.), la grama de agua (*Paspalum distichum* L.) y la cizaña (*Lolium temulentum* L.).

La mayor susceptibilidad del centeno se explica por ser una planta de fecundación cruzada que exige la abertura de las flores hermafroditas para que tenga lugar la polinización y fecundación. En este estado del centeno, las ascosporas del hongo colonizan los tejidos florales del huésped formando esclerocios que se desarrollan en las espigas donde sustituyen a los granos del cereal.

Los esclerocios son una especie de cuernecillos o espolones, de color negro en el exterior y blanco en el interior, de 1 a 6 cm de largo y 2 a 3 mm de ancho, y por ser del tamaño de la semilla del centeno, normalmente no se separan al momento de la trilla, por lo que se constituyen en un serio contaminante que reduce la calidad del grano cosechado. Al respecto se puede señalar que la Norma Chilena Oficial NCh 1237. of. 2000, indica que en el caso del trigo, no deben comercializarse granos con presencia de cornezuelo del centeno.



Foto 6.1. Ergot en centeno.
Fuente: Universidad de Alberta.



Foto 6.2. Ergot en centeno.
Fuente: University of New England.

Fotos disponibles en: <http://www.zoetecnocampo.com/Documentos/cornezuelo/cornezuelo.htm>. Leído 03 abril 2008.



Foto 6.3. Ergot en trigo.

Fuente: Montana State University.

Fotos disponibles en: <http://www.zoetecnocampo.com/Documentos/cornezuelo/cornezuelo.htm>. Leído 03 abril 2008.

Los esclerocios son estructuras de supervivencia que sustituye uno o varios granos de la espiga de centeno y sirven para perpetuar al hongo, ya que una vez maduros, lo que coincide con la madurez del grano de centeno, caen al suelo donde permanecen hasta la primavera siguiente. En la primavera los esclerocios que se hallan próximos a la superficie del suelo se hidratan y los estromas formados por hifas fúngicas conglutinadas (unidas) en una masa compacta forman los apotecios de los que salen las ascosporas. Las esporas del hongo son diseminadas por el viento, salpicadura de lluvia y por insectos, e infectan los ovarios de la flor del centeno al momento de la floración como se indicó previamente. Siete a catorce días más tarde se observa una secreción dulce.

El estado de secreción sigue su curso y el ovario infectado cambia a un esclerocio o cornezuelo que sobresale de las espiguillas.

La enfermedad se propaga a partir de semilla contaminada que se siembra en el siguiente cultivo, y mediante las ascosporas originadas desde los esclerocios que cayeron al suelo el ciclo agrícola anterior.

El grano contaminado con el hongo es muy tóxico, por lo que provoca serios problemas al ser consumido por animales y el hombre. Dependiendo del nivel de consumo su ingestión produce convulsiones, descoordinación muscular, cojeras, dificultades respiratorias, pérdida de fertilidad reproductiva, aborto, e incluso la muerte. En general se le conoce como ergotismo y constituyó una enfermedad muy importante a fines del siglo XVIII y comienzo del siglo XIX.

Control del cornezuelo

Las araduras profundas controlan la enfermedad ya que hacen perder la capacidad germinativa del hongo. El uso de semilla libre de ergot, o semilla de más de un año de antigüedad son métodos positivos de control porque el esclerocio pierde su viabilidad después de un año de haberse desprendido de la planta de centeno o de otro cereal infestado. Las rotaciones que incluyen un cultivo resistente como la avena también constituyen un buen método de control. Cuando se trata de pequeñas cantidades de semilla con presencia de ergot, ésta se puede limpiar mediante la inmersión de los granos contaminados en una solución saturada de sal común. En esta solución salina, los cornezuelos flotan y se pueden separar de los granos de centeno. Una vez separados deben lavarse inmediatamente con agua pura.

Esta enfermedad produce pérdidas de rendimiento y la característica venenosa de los esclerocios se debe a que contiene algunos

alcaloides, como la ergotamina, la ergometrina, la ergotoxina y otros compuestos que son amidas del ácido lisérgico. En la industria farmacéutica, estos alcaloides sirven de medicamentos en dosis controladas, en niveles excesivos son muy tóxicos y de efectos acumulativos. Algunos de estos alcaloides producen constricción (opresión) de los vasos capilares de algunos tejidos y aborto, perturbaciones mentales, ataques epilépticos, convulsiones, alucinaciones, etc. Por ello, consumir granos de centeno de una cosecha con más de 0,3% de esclerocios es muy peligroso. Por seguridad conviene desechar toda cosecha de centeno que presente esta enfermedad.

La presencia del hongo en granos de centeno puede determinarse al colocarlos en una solución de agua, ácido clorhídrico y alcohol. Al calentar la solución junto a los granos se produce un color rojizo característico que acusa la presencia del hongo.

Royas o polvillos

Las royas son enfermedades producidas por hongos, parásitos obligados, del género *Puccinia*, que atacan a los cereales. Los centenos cultivados en Chile son susceptibles a la roya colorada (*Puccinia recondita* Roberge ex Desmaz (anamorfo: *Aecidium clematidis* DC.), y a la roya del tallo (*Puccinia graminis* Pers. = *P. graminis* Pers. f. sp. *secalis* Erikss. & Henning) y aunque se observan fuertes ataques, por la escasa importancia del cultivo, considerando la superficie de siembra, no se ha trabajado en resistencia genética a estas enfermedades. La roya de la hoja se presenta como pústulas ovales de color rojo oscuro esparcidas en las vainas foliares y hojas, en tanto la roya del tallo presenta pústulas de color café rojizas que rompen la epidermis de las vainas foliares y de la hojas (Zillinsky, 1984).

Otras enfermedades

El centeno es tolerante a la enfermedad conocida como mal del pie (*Gaeumannomyces graminis* var. *tritici* J. Walker), pero aparentemente no corta el ciclo del hongo como lo hacen otros cultivos.

La septoriosis del nudo y de las glumas producida por el hongo patógeno *Septoria nodorum* es una enfermedad de importancia secundaria en Chile y que produce manchas necróticas en las hojas, glumas y nudos (BASF Chile, 2000).

Tollenaar (1982) detectó la enfermedad llamada estría café del centeno (*Scolecotrichum graminis* = *Cercosporidium graminis*) en una siembra ubicada en la provincia de Cautín (Región de La Araucanía). Se trata de una enfermedad muy poco frecuente en este cereal.

El centeno también puede ser afectado por nematodos. Por otro lado, es resistente al *Virus del enanismo amarillo de la cebada* (VEAC) y al áfido ruso (*Diuraphis noxia*), patología y plaga de mucha importancia en trigos harineros y candeales, y en cebada.

Control químico de enfermedades

El Manual Fitosanitario 2006-2007 (IMPPA-SAG-AFIPA, 2006-2007), recomienda los siguientes productos para control de enfermedades en centeno: Baytan 150 FS (ingrediente activo: triadimenol); Chambel (ingrediente activo: tebuconazole) específico para septoriosis foliar; Raxil 2% WS (ingrediente activo: tebuconazole) específico para septoriosis de la espiga; Stereo 312.5 EC (ingrediente activo: propiconazol + cyprodinil); Tacora

Mas (ingrediente activo: tebuconazole y carbendazima); Zenit 400 EC (ingrediente activo: propiconazol + fenpropidin); Soprano C (ingrediente activo: epoxiconazol + cardendazim), y Matador 375 EC (ingrediente activo: tebuconazole + triadimenol). Los fungicidas desinfectantes de semillas Baytan 150 FS; Chambel y Raxil 2% WS también se recomiendan para el control de carbones.

7. USOS DEL CENTENO Y COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL GRANO

La composición química del grano de centeno, al igual como ocurre con la de otros cereales, varía fuertemente según las características del medio ambiente, el tipo de suelo y el genotipo.

En el Cuadro 7.1 se indica la composición mineral del grano y de la paja del centeno. Estos porcentajes son semejantes al trigo respecto al nitrógeno, pero son más altos en fósforo del grano y de la paja, más bajo en el potasio de la paja, y más alto en el contenido de calcio de la paja (Mela, 1966).

CUADRO 7.1.		Porcentaje de elementos minerales contenidos en el grano y en la paja del centeno.	
Elementos	Grano (%)	Paja (%)	
Nitrógeno	1,80	0,42	
Fósforo	0,82	0,23	
Potasio	0,55	0,80	
Calcio	0,07	0,33	
Agua	14,50	14,94	

Fuente: Mela, 1966.

En el Cuadro 7.2 se señalan valores promedio de otros componentes químicos del grano, y en él se observa que el centeno es inferior al trigo en todas las características indicadas, excepto en cenizas y riboflavina. Esto es importante, ya que aminoácidos como la niacina o vitamina B3 son necesarios para el funcionamiento del sistema digestivo, piel y nervios, y el ácido pantoténico o biotina es indispensable para el metabolismo de los alimentos, síntesis de hormonas y del colesterol. Por su parte, la tiamina o vitamina B1 ayuda a las células del organismo a convertir carbohidratos en energía.

Sin embargo, se debe agregar que estas diferencias a favor del trigo, en el contenido de proteína y vitaminas, son importantes cuando se consume el grano entero, ya que cuando se muelen para obtener harina, gran parte de estos constituyentes se incorporan en los subproductos como el afrecho y afrechillo, tanto en el centeno como en el trigo.

CUADRO 7.2.

Composición química promedio del grano de trigo y centeno.

Componente	Centeno	Trigo duro harinero
Humedad, %	10,5	10,0
Proteína (N x 6,25), %	13,4	14,3
Grasa, %	1,8	1,9
Fibra, %	2,2	3,4
Ceniza, %	1,9	1,8
Tiamina, mg/kg	1,4	5,5
Niacina, mg/kg	1,3	63,6
Riboflavina, mg/kg	1,8	1,3
Ácido pantoténico, mg/kg	7,7	13,6

Fuente: Shellenberger, 1978.

7.1. Uso del grano de centeno en panificación

El sistema de Servicios de Información y Bibliotecas (SISIB) de la Universidad de Chile señala que el grano de Centeno Tetra, con cáscara y con 10,24% de humedad, contiene 11,7% de fibra dietética insoluble y 3,3% de fibra dietética soluble. Estos valores se comparan con 9,8% de fibra dietética insoluble y 1,8% de fibra dietética soluble de la variedad de trigo Peneca Baer que tenía 10,72% de humedad.

Molienda del grano

Como cereal panificable el centeno le sigue al trigo en importancia, aunque en términos relativos su consumo es inmensamente menor. Se muele en forma parecida al trigo, pero difiere en algunos aspectos. Por ejemplo, es suficiente con unas 6 horas de acondicionamiento después de haber agregado agua para que alcance un 15% de humedad, porque los granos son blandos y la penetración del agua es muy rápida (Hoseney, 1991). ¿Cuánta agua agregar? El porcentaje de agua que se debe aplicar al grano corresponde a la diferencia entre la humedad final (HF) menos la humedad inicial (HI). Para determinar ese porcentaje de agua se aplica la fórmula siguiente:

$$\text{Agua en litros} = \frac{100 (HF - HI)}{100 - HF}$$

Según esta fórmula, si la humedad del grano cosechado es 12% y se quiere acondicionar a 15% antes de molerlo, la cantidad de agua (litros) que se debe adicionar es la siguiente:

$$\text{Agua en litros} = \frac{100 (15 - 12)}{100 - 15} = 3,53 \text{ L x } 100 \text{ kg de centeno}$$

Otra diferencia de la molienda del centeno respecto al trigo está dada por la textura blanda del grano de centeno que obliga a que todos los rodillos del molino deban ser estriados. Si se usaran rodillos lisos, éstos tenderían a formar escamas de afrecho, debido al alto contenido de pentosanas (un tipo especial de hidratos de carbono), reduciendo de esta manera la tasa de extracción (Peña, 2004). Esto hace que el cernido sea más difícil que el de la harina de trigo.

Sobre el aspecto de molienda, Peña (2004) agrega que el endosperma del centeno está fuertemente adherido al pericarpio, situación que torna impracticable una completa separación entre ambas partes, por lo que la harina siempre presenta una tonalidad algo oscura. Es obvio que el color oscuro aumenta a medida que el porcentaje de extracción es mayor.

Cuando la extracción es de 60%, en la molienda se obtiene una harina blanca; con 85% de extracción la harina es algo oscura, y con 90-100% de extracción ya se habla de harina integral que se caracteriza por tener un color oscuro y menor cantidad de gluten ya que las proteínas del pericarpio no constituyen gluten.

Características de la harina

La harina de centeno tiene grandes cantidades de carbohidratos no almidonosos llamados pentosanas. Estos son polímeros de azúcar pentosa, principalmente xilosa, pero también incluyen arabinosa. Tienen parecido a las gomas en sus propiedades físicas, unos son solubles y otros son insolubles, y proporcionan alta viscosidad a la masa. Por ello se toma la relación pentosana/almidón como factor importante de la calidad de los productos molidos del centeno (Hoseney, 1991). Peña (2004) señala que las pentosanas son polisacáridos que están en las paredes celulares y que juegan un rol importante en determinar las propiedades viscosas de la masa de harina de centeno que conllevan a la producción de un pan característico. El autor anterior agrega que el contenido de pentosanas de la harina del centeno determina el rendimiento, la estabilidad y el volumen de la masa, y parcialmente influencia el volumen del pan y textura de la miga.

El gluten del centeno contiene menos proteínas que el del trigo (Drew y Seibel, 1976), y en este complejo proteico que es el gluten, las gliadinas del centeno, que representan del 30-50%, reciben el nombre de secalinas. Estas secalinas son las que causan problemas cuando son ingeridas por los celíacos, y contribuyen a formar un tipo especial de gluten. El gluten del centeno no tiene un rol muy destacado si se compara con la harina de trigo donde las gluteninas y gliadinas son fundamentales en el volumen y textura del pan. Además, de la masa de harina de centeno no se puede lavar gluten, como se hace con las harinas de trigo. Esto significa que si se moja en agua una cierta cantidad de harina de centeno, no se obtiene una sustancia chiclosa (gluten) como la que se logra al lavar harina de trigo.

Campbell (1993) señala que aunque las pentosanas solubles han sido consideradas durante algún tiempo como el principal constituyente antinutritivo del centeno, sólo recientemente han sido identificadas como problemáticas en trigo, en Australia. Esto se explica porque los mejoradores actualmente incorporan cada vez más, vía cruzamientos, un componente del genoma del centeno (translocación *1B/1R*) por su asociación con el rendimiento de grano y resistencia a enfermedades. Sin embargo esta translocación se asocia a un fenómeno conocido en panadería como “masa pegajosa”, y una fracción de pentosanas de elevado peso molecular parece estar implicada en este problema (Biliaderis *et al.*, 1992).

Características del pan

El pan de centeno se conserva blando por más tiempo que el pan de trigo, y por tener un contenido de hidratos de carbono inferior al del trigo se aconseja su uso en la alimentación de personas diabéticas. Recordemos que los hidratos de carbono son azúcares *per se* o bien se transforman en azúcar por procesos químicos dentro del organismo.

El pan es de color oscuro y más compacto que el pan de trigo ya que tiene menos cantidad de gluten, por lo que su masa no atrapa mucho gas al fermentar, quedando menos esponjoso. Por ello la mayoría del pan de centeno se hace con una mezcla de harina de centeno y harina de trigo para lograr una textura más ligera y un mayor volumen.

Según Leonard y Martin (1967) el pan de centeno es nutritivo y más rico en minerales (P, S, Mg y K) que el trigo, tiene un sabor semiamargo típico, y se conserva blando y sin enranciarse por

más tiempo que el pan de trigo. ¿Por qué, en general, se enrancia el pan? Este fenómeno se explica por lo siguiente: durante la cocción, la masa soporta una temperatura de 200-230 °C que termina con todas las formas de vida. Pero en el interior de la masa se alcanza una temperatura aproximada de 100 °C que mata sólo a las formas vegetativas (micelio del hongo o parte activa). Las formas de resistencia surgen cuando las condiciones de temperatura han vuelto a la normalidad, por lo que generalmente a las 24-36 horas aparecen organismos fúngicos que alteran el pan. Entre estos hongos están *Rhizopus nigricans*, *Penicillium expansum*, *Aspergillus niger* y *Mucor* spp. Actualmente para disminuir la alteración del pan se añaden sustancias como el propionato cálcico al 0,2%.

El pan integral hecho con 100% de harina de centeno es más denso y de una textura más masticable que el pan blanco, pero normalmente se hace pan integral mezclando 60% de harina de trigo con 40% de harina de centeno, ambas provenientes de molienda con 90% de extracción.

Entre las cualidades del pan integral de centeno se señala que ayuda a mantener la elasticidad de los vasos sanguíneos y que es rico en ácido fólico (regenerador de la sangre) y minerales como hierro, sodio, potasio, calcio, yodo y flúor. En este sentido el pan integral de centeno es un alimento funcional recomendable para quienes sufren estreñimiento, diabetes, problemas de colesterol o siguen dietas de adelgazamiento, ya que la fibra facilita el tránsito intestinal, reduce la velocidad de absorción de los azúcares, contribuye a reducir las tasas de colesterol en la sangre y retrasa el tiempo de vaciado del estómago, lo que disminuye la sensación de hambre entre horas.

Drew y Seibel (1976) señalan que se puede hacer un pan liviano (light) tipo centeno mezclando harina de trigo y triticale en una proporción de 1:1,4.

AVELUP Ltda., una industria chilena ubicada en la ciudad de Freire (Casilla 21, Fono 45-371036), Región de La Araucanía, señala que el centeno no contiene gluten. Por lo tanto para hacer pan centeno la harina debe ser mezclada con harina de trigo a razón de 1/3 de harina integral de centeno y 2/3 de harina integral de trigo.

La receta que entrega esta industria es la siguiente: Mezclar 1 a 2 cucharaditas de levadura seca en una taza agregando agua tibia y una cucharada sopera de azúcar. Dejar reposar por 30 minutos revolviendo de vez en cuando. Mezclar la levadura con 1 kg de la mezcla de harina recomendada agregando tres tazas de agua tibia y dos cucharaditas de sal. Amasar por 5 minutos en amasadora eléctrica a velocidad rápida. La masa cruda del pan de centeno es pegajosa por lo que el uso de amasadora eléctrica es altamente recomendable. Dejar reposar en un lugar tibio por 1 hora o hasta que la masa haya subido al doble del volumen inicial. Amasar por 15 minutos en amasadora eléctrica en velocidad rápida. Moldear los panes y dejarlos subir nuevamente en dos moldes. En horno precalentado, hornee por 15 minutos a 250 °C (llama alta), bajando a 200 °C (llama media) por 45 minutos.

Otra receta indica los siguientes ingredientes: 500 g de harina integral de centeno + 450 g de harina de trigo integral + 50 g de harina de trigo + 1 cucharada sopera de sal + 10 g de levadura inmediata + 1 cucharada sopera de miel + 3 cucharadas soperas de aceite + 670 mL de leche + 125 mL de agua. El procedimiento es el siguiente: entibiar la leche y el agua. Mezclar los 950 g de harina y la sal en un tazón. En el centro de la harina mezclada poner la levadura, la miel, el aceite, la leche y el agua. Amasar

por 10 minutos. Agregar harina, de los 50 g que se reservaron, para quitarle lo pegajoso. Después de los 10 minutos poner la masa en el tazón, cubrirla con un paño y dejarla reposar por 2 horas en un lugar cálido. Enseguida cargar la masa para extraer el aire. Luego hacer tres panes y cubrirlos con el paño por una hora. A continuación ponerlos al horno por 30 minutos a 190 °C, hasta que los panes suenen huecos al golpearlos por el fondo. Finalmente dejarlos enfriarse en un estante.

7.2. Uso del centeno en alimentación animal

La planta de centeno se puede usar en alimentación animal como forraje verde. Para este propósito son aconsejables los centenos con mayor crecimiento otoñal. Sin embargo, como existen otras especies apropiadas para este fin, conviene señalar que el centeno es menos palatable que otros cereales, como la avena; lo mismo ocurre con el heno (Leonard y Martin, 1967).

El año 1967 en INIA Carillanca se evaluó la producción de ensilaje de un centeno forrajero producido por la empresa de mejoramiento SEMILLAS BAER. La cantidad de ensilaje alcanzó a 17,8 t/ha, comparada con 11,5 t/ha de la avena strigosa (*Avena strigosa* Schreb.) y 12,3 t/ha de la variedad de avena Rubia (*Avena sativa* L.) (INIA, 1970). Los autores agregan que probablemente el valor nutritivo del ensilaje de centeno es más bajo que el de avena debido a la alta proporción tallo-hoja del centeno.

En Coyhaique, Región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo, durante la temporada 1983-1984 se evaluó la producción de materia seca (MS) a la espigadura y grano lechoso del centeno comparado con la avena y cebada (Goic y Thiermann, 1986).

Los resultados indicaron que el centeno tuvo un comportamiento inferior a la avena y cebada. En efecto la avena produjo 6,85 y 7,94 t/ha de MS al estado de espigadura y grano lechoso, respectivamente; la cebada 6,03 y 4,73 t/ha, y el centeno 4,16 y 5,14 t/ha. La misma tendencia se observó en nivel proteico y digestibilidad *in vitro* (digestibilidad determinada en laboratorio, sin intervención animal).

Respecto al uso del grano en alimentación animal, Campbell (1993) señala que el grano de centeno es el cereal que presenta más problemas en la alimentación de aves debido a su alto nivel de pentosanas solubles, pero sobre todo con el nivel de una fracción de pentosanas de elevado peso molecular que es en gran medida responsable de la viscosidad observada tanto en el grano en sí mismo como en el contenido del tracto intestinal. En otros animales, el grano puede incluirse en la elaboración de concentrados siempre y cuando se examine que el grano no contenga contaminación por cornezuelo.

Considerando el valor nutricional del centeno en alimentación animal, Hosney (1991) indica que la composición de aminoácidos de las proteínas del centeno es levemente superior a la de los otros cereales, con la excepción de la avena. Este autor agrega que la razón para el buen equilibrio de la composición de aminoácidos del centeno, radica en el alto porcentaje de albúminas (35% de la proteína total) y de globulinas (10% de la proteína total). Las albúminas son proteínas solubles en agua, en tanto las globulinas son insolubles en agua.

Hulse y Laing (1974) señalan que la proteína del centeno es generalmente más alta que la del trigo en el aminoácido esencial lisina, pero es muy baja en triptófano.

Existen varias fuentes de información sobre el contenido de aminoácidos del centeno en comparación con otros cereales en los cuales se comprueba lo mencionado por Hulse y Laing (1974). En los Cuadros 7.3, 7.4, y 7.5 se indican concentraciones de aminoácidos señaladas por diferentes autores y en ellos se aprecia que el grano de centeno es inferior en ácido glutámico y triptófano que el trigo, pero que en lisina es superior.

Aminoácido	Grano de centeno	Grano de Trigo
Ácido glutámico	1.511	1.866
Ácido aspártico	447	308
Alanina	266	226
Arginina	286	288
Cistina	119	159
Fenilalanina	276	282
Glicina	271	254
Histidina	138	143
Isoleucina	219	204
Leucina	385	417
Lisina	212	179
Metionina	91	94
Prolina	586	621
Serina	270	287
Tirosina	120	187
Treonina	209	183
Triptófano	46	68
Valina	297	276

Fuente: FAO, 1970.

CUADRO 7.4.

Composición porcentual base materia seca de aminoácidos del grano de centeno y trigo.

Aminoácido	Grano de centeno	Grano de Trigo
Ácido glutámico	1.511	1.866
Ácido aspártico	447	308
Alanina	266	226
Arginina	0,53	0,80
Cistina	0,18	0,20
Fenilalanina	0,70	0,70
Histidina	0,27	0,30
Isoleucina	0,53	0,60
Leucina	0,71	1,00
Lisina	0,51	0,50
Metionina	0,20	0,20
Tirosina	0,30	0,51
Treonina	0,40	0,40
Triptófano	0,10	0,20
Valina	0,70	0,60

Fuente: Shellenberger, 1978.

CUADRO 7.5.

Contenido de nitrógeno y de aminoácidos (gramos/100 gramos de aminoácido recuperado) del centeno, trigo y triticale, cultivados bajo condiciones comparables.

	Centeno	Trigo	Triticale
Nitrógeno Kjeldahl, %	2,38	3,38	3,23
Aminoácidos			
Ácido aspártico	7,5	5,0	6,5
Ácido glutámico	27,2	33,2	34,2
Alanina	4,1	3,3	3,8
Arginina	4,9	4,1	5,0
Cistina	0,3	1,0	0,5
Fenilalanina	4,7	4,7	4,0
Glicina	4,1	3,8	3,8
Histidina	2,0	2,2	2,0
Isoleucina	3,4	3,5	3,1
Leucina	5,7	6,4	5,4
Lisina	3,1	2,4	2,6
Metionina	2,3	2,1	1,8
Prolina	13,1	10,8	10,6
Serina	4,2	4,2	4,2
Tirosina	2,2	2,6	2,3
Treonina	3,1	2,6	2,9
Valina	4,5	4,2	4,1

Fuente: Hulse y Laing, 1974.

7.3 Otros usos del centeno

En algunos países el centeno se siembra en mezcla con trigo, y en este caso el producto cosechado se llama tranquillón o morcajo. Esta práctica se realiza en algunas zonas porque el centeno protege al trigo del excesivo frío y se obtienen mayores rendimientos. Las estadísticas chilenas indican que se importa una cierta cantidad de tranquillón, posiblemente para elaborar productos integrales para alimentación humana.

El centeno se puede usar como cubierta vegetal, en conservación del suelo, como abono verde y en control biológico de malezas. Respecto a esta última propiedad el centeno realiza un efectivo control de la maleza conocida con el nombre de democracia o hierba del té (*Ambrosia artemisiifolia* L.) por medio de la alelopatía. Mediante esta propiedad también inhibe el desarrollo de raíces y coleóptilo de la avenilla (*Avena fatua* L.).

Putnam y Defrank (1982) señalan que los residuos de centeno sirven para reducir el crecimiento de las malezas, ya sea como cubierta vegetal viva así como sus residuos aplicados como *mulch* vegetal. Por su parte, Ormeño (2008) indica que el uso de *mulch* vegetal confeccionado con follaje segado de una cubierta de centeno invernal sembrada entre las hileras de las vides, reduce la biomasa de la chufa amarilla (*Cyperus esculentus* L.) y del pasto bermuda (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.) de manera más eficiente que los tratamientos químicos convencionales.

Cuando la planta de centeno está viva o cuando se descompone al ser incorporada en el suelo, libera metabolitos secundarios que afectan el desarrollo de otras plantas, virus, algas y hongos. El metabolito secundario más importante que libera la planta de centeno es el ácido hidroxámico (glucósido) llamado DIBOA. Este ácido hidroxámico hace que la planta de centeno aumente su resistencia a insectos, como los pulgones, a los hongos y bacterias.

Cuando el centeno se siembra como cubierta vegetal se debe usar una dosis de semilla equivalente al doble de lo normal, y bajo estas condiciones llegado el momento de incorporarlo hace las veces de un herbicida que tiene una toxicidad ambiental muy baja.

Ormeño (1998) evaluó el uso de una cubierta vegetal de centeno invernal sembrada anualmente en la entrehilera de árboles frutales, y del mulch⁹ orgánico formado con restos del mismo centeno sobre la hilera de plantación de carozos y pomáceos durante los dos primeros años de establecimiento. El sistema más efectivo fue la siembra al voleo de centeno en dosis de 100 a 150 kg/ha en los meses de mayo y junio, y el método más conveniente para formar el mulch fue acumular el pasto cortado fresco sobre la banda de plantación. La pradera de centeno redujo significativamente el crecimiento de las malezas. El efecto del mulch equivalió a haber rastreado y luego aplicado herbicida en la entrehilera de los frutales. El efecto alelopático del centeno empezó el primer año, pero fue notable al segundo año, ya que en la práctica no crecieron malezas.

El autor anterior (Ormeño, 2004) evaluó el efecto inhibitor que poseen los residuos de centeno incorporados previamente a la siembra de papas (*Solanum tuberosum* L.). Para este fin sembró centeno como cubierta vegetal en otoño y luego, previo a la siembra primaveral de las papas, lo incorporó al suelo en distintas fracciones. Concluyó que los residuos incorporados produjeron una fuerte inhibición del crecimiento de las malezas anuales que emergieron en el cultivo. Los mejores controles de malezas correspondieron a las mayores cantidades de residuos de centeno incorporados y fueron comparables a un tratamiento de aporca manual o un tratamiento químico de preemergencia. Aunque el rendimiento de tubérculos fue significativamente superior al controlar químicamente las malezas, el uso de residuos de centeno es una alternativa sustentable para reducir significativamente la incidencia de malezas en el cultivo orgánico de papa de la zona

⁹Mulch: cubierta orgánica protectora del suelo.

central de Chile.

En Nebraska, EE.UU., Kessavalou y Walters (1999) usaron el centeno como cultivo protector en una rotación maíz (*Zea mays* L.)-soya (*Glycine max* (L.) Merr.). Determinaron que el centeno era capaz de inmovilizar entre 42 y 48 kg de nitrógeno por hectárea, nutriente que quedaba disponible para el cultivo que seguía en la rotación. Este efecto es importante desde el punto de vista de la mayor eficiencia en el uso del nitrógeno así como de la menor contaminación ambiental debido al mejor aprovechamiento del nitrógeno.

Por su parte, Feyereisen *et al.* (2006) señalan que en Minnesota (EE.UU.) la práctica de usar un cultivo protector entrega una oportunidad de reducir las pérdidas de nitrógeno para rotaciones donde el cultivo primario se cosecha a mediados de septiembre y es sembrado después de mediado de mayo. Ellos predicen que una siembra de centeno de invierno puede reducir las pérdidas por lixiviación de nitrógeno ($\text{NO}_3\text{-N}$) en un promedio de 7,4 kg N/ha en el suroeste de Minnesota, cuando la siembra del centeno es el 15 de septiembre y es controlada por herbicida el 15 de mayo. Sobre este mismo aspecto, Ball *et al.* (2005) indican que el centeno sembrado sobre maíz ya establecido controla la lixiviación de nitrato en un suelo arenoso, y que el rendimiento de maíz fue mayor cuando la siembra se hizo con cultivo protector de centeno tanto en sistema convencional como en cero labranza.

El grano de centeno también se emplea en la elaboración de malta, la que mezclada en una proporción cercana al 50% con otras maltas se usa en la producción de whisky y vodka.

Debido a que la paja es más flexible que la de trigo, es más adecuada para hacer objetos trenzados de gran venta como artesanía.

Tal vez, uno de los usos futuros del grano de centeno que pueden llegar a tener importancia es como alimentos funcionales, con aportes nutritivos o farmacológicos inexistentes en otros cereales. No podemos olvidar que es precisamente del grano de centeno afectado por *Claviceps* o ergot de donde se extrae la ergotamina, importante fármaco utilizado en el control de migrañas.

Del análisis efectuado en este punto queda claro que la planta de centeno y su grano representan un recurso agronómico y alimenticio de gran importancia. Solamente es necesario buscar su uso más apropiado para cada situación. Por lo demás, mientras más fuentes alimenticias se dispongan para el ser humano y los animales de granja, mayor seguridad alimentaria existirá en este mundo de condiciones climáticas tan variables y tan diferentes. Esto cobra más importancia en la actualidad en que existe mucha investigación que trata de determinar los mejores cultivos para obtener combustible líquido, lo que eventualmente podría hacer decrecer la superficie destinada a la obtención de grano para la alimentación humana. Nuestra opinión es que dedicar los granos de cereales a la obtención de combustible para mover automóviles es algo que carece de sentido humano, considerando los millones de personas que actualmente no disponen de uno de los alimentos básicos, como es el pan, ya sea de trigo o centeno. Por lo demás, la conversión de grano en etanol es baja. Por ejemplo en el caso del trigo, y en centeno debiera ser parecido, esta conversión es de 0,28, es decir, con una tonelada de grano se obtienen 280 litros de etanol (Universidad Técnica Federico Santa María, 2007).

8. BIBLIOGRAFÍA

- Allard, R. 1964.** Principles of plant breeding. 2nd ed. p. 238. John Wiley & Sons, New York, USA.
- Argandoña, V.H., J.G. Luza, H.M Niemeyer, and L.J. Corcuera. 1980.** Role of hydroxamic acids in resistance of cereals to aphids. *Phytochemistry* 19:1665-1668.
- Ball, B., C. Roy, and J. Bruin. 2005.** Long-term effects of late summer overseeding of winter rye on corn grain yield and nitrogen balance. *Canadian Journal of Plant Science* 85:543-554.
- BASF Chile. 2000.** Manual de enfermedades del trigo y otros cereales. 55 p. Editado por BASF Chile S.A., Santiago, Chile.
- Biliaderis, C., M. Izydorczyk, O. Lukow, and W. Bushuk. 1992.** Pentosans in flours of 1B/1R translocation wheats. *Cereal Chemistry* 69:226-228.
- Bishnoi, R. 1980.** Effect of seeding rates and row spacing on forage and grain production of triticale, wheat and rye. *Crop Science* 20:107-108.
- Campbell, G. 1993.** Utilización de enzimas en granos de cereales: fitasas, glucanasas y pentosanasas. 13 p. Department of Animal and Poultry Science, University of Saskatchewan, Saskatoon, Saskatchewan, Canada.
- Crovetto, C. 2006.** No tillage. The relationship between no tillage, crop residues, plants and soil nutrition. 216 p. Trama Impresores S.A., Hualpén, Chile.
- Devlin, R. 1975.** Plant physiology. 3rd ed. p. 539-548. D. Van Nostrand Company, New York, USA.
- Drew, E., and W. Seibel. 1976.** Bread-baking and other uses around the world. p. 127-178. *In* W. Bushuk (ed.) Rye: Production, chemistry and technology. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, Minnesota, USA.

- Elliott, F. 1964.** Citogenética y mejoramiento de plantas. p. 245. Compañía Editorial Continental, México D.F., México.
- FAO. 1970.** Amino acid content of foods and biological data on proteins. FAO Nutr. Studies N° 24. 285 p. Food and Agriculture Organization (FAO), Rome, Italy.
- Feyereisen, G., B. Wilson, and G. Sands. 2006.** Potential for a rye cover crop to reduce nitrate loss in southwestern Minnesota. *Agronomy Journal* 98:1416-1426.
- Fowler, D., J. Brydon, and R. Baker. 1989a.** Nitrogen fertilization of no till winter and rye. I. Yield and agronomic responses. *Agronomy Journal* 81:66-72.
- Fowler, D., J. Brydon, and R. Baker. 1989b.** Nitrogen fertilization of no till winter and rye. II. Influence on grain protein. *Agronomy Journal* 81:72-77.
- Goic, L., y H. Thiermann. 1986.** Evaluación de heno de avena, cebada y centeno, cosechado en dos estados de madurez, bajo las condiciones de Aysén. *Agricultura Técnica (Chile)* 46:375-378.
- Grauer, U., and W. Horst. 1990.** Effect of pH and nitrogen source on aluminium tolerance of rye (*Secale cereale* L.) and yellow lupin (*Lupinus luteus* L.). *Plant and Soil* 127:13-21.
- Hoseney, R. 1991.** Principios de ciencia y tecnología de los cereales. 321 p. Acribia, Zaragoza, España.
- Hulse, J., and E. Laing. 1974.** Nutritive value of triticale protein (and the proteins of wheat and rye). International Development Research Centre, Ottawa, Ontario, Canada.
- IMPPA-SAG-AFIPA. 2006-2007.** Manual fitosanitario 2006-2007. 1160 p. Importadores de Productos Fitosanitarios para la Agricultura A.G. (IMPPA) - Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) - Asociación Nacional de Fabricantes e Importadores de Productos Fitosanitarios Agrícolas A.G. (AFIPA), Santiago, Chile.

- INIA. 1970.** Praderas. p. 219. Investigación Agropecuaria. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Santiago, Chile.
- Kessavalou, A., and D. Walters. 1999.** Winter rye cover crop following soybean under conservation tillage. *Agronomy Journal* 91:643-649.
- Leonard, W., and J. Martin. 1967.** Cereal crop. 789 p. 2nd ed. The McMillan Company, New York, USA.
- Mela, P. 1966.** El suelo y los cultivos de secano. 2^a ed. p. 439-455. Ediciones Agrocienza, Zaragoza, España.
- Mellado, M. 1980.** Comportamiento de cinco cereales en tres zonas agroecológicas de la región centro sur de Chile. *Simiente* 50:146-153.
- Mellado, M. 2003.** Rendimiento de trigo en monocultivo y sembrado después de centeno, triticale, cebada y lupino. *Tierra Adentro* N° 52. p. 43-45.
- Mellado, M. 2007.** El trigo en Chile. 684 p. Colección de Libros INIA N° 21. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Quilamapu, Chillán, Chile.
- Miedaner, T., W. Ludwig, and H. Geiger. 1995.** Inheritance of foot rot resistance in winter rye. *Crop Science* 35:388-393.
- Miller, E. 1938.** Plant physiology. 2^a ed. p. 143. McGraw-Hill, New York, USA.
- Moya, M., P. Reinoso, A. Galussi, y G. Soldá. 2006.** Respuesta al fenol de los cariopsis de cultivares de cebada y centeno. *Ciencia, Docencia y Tecnología* N° 32, Año XVII. p. 243-251.
- Muntzing, A. 1951.** Cytogenetic properties and practical value of tetraploid rye. *Hereditas* 37:2-84.
- Opazo, R. 1932.** Agricultura. Monografía cultural de las diversas plantas agrícolas. Capítulo IX. Centeno. p. 498-504. Tomo II. 994 p. Imprenta Cervantes, Santiago, Chile.

- Ormeño, J. 1998.** Control de malezas: cubierta y mulch de centeno en frutales. *Tierra Adentro* N° 22. p. 18-19.
- Ormeño, J. 2004.** Uso de cubiertas vegetales de centeno como precultivo para reducir la incidencia de malezas en papas. N° 42. Resúmenes del 55° Congreso Agronómico de Chile, 5° Congreso de la Sociedad Chilena de Fruticultura y 1° Congreso de la Sociedad Chilena de Horticultura, Valdivia 19-22 de octubre de 2004. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias, Valdivia, Chile.
- Ormeño, J. 2008.** Control de malezas perennes con mulch vegetal de centeno. *Tierra Adentro* N° 78. p. 20-23.
- Peña, R. 2004.** Food uses of triticale. p. 37-48. *In* Mergoum, M., and H. Gomez-MacPherson (eds.) *Triticale improvement and production*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.
- Putnam, A.R., and J. Defrank. 1982.** The use of phytotoxic plant residues for selective weed control. *Crop Protection* 2:621-647.
- Reid, D. 1976.** Genetic potentials for solving problems of soil mineral stress: Aluminum and manganese toxicities in the cereal grains. p. 55-64. *In* M. Wright (ed.) *Plant adaptation to mineral stress in problems soils*. Proceedings of a workshop held at the National Agricultural Library, Beltsville, Maryland, USA.
- Sainju, U.M., B.P. Sing, and W.F. Whitehead. 1998.** Cover crop root distribution and its effects on soil nitrogen cycling. *Agronomy Journal* 90:511-518.
- Shellenberger, J. 1978.** Production and utilization of wheat. p. 1-18. *In* Pomeranz, Y. (ed.) *Wheat chemistry and technology*. American Association of Cereal Chemists (AACC), St. Paul, Minnesota, USA.
- Tollenaar, H. 1982.** Algunas enfermedades de plantas observadas en el país, que no están incluidas en Flora Fungosa Chilena. *Agricultura Técnica (Chile)* 42:355-357.

Universidad Técnica Federico Santa María. 2007. Evaluación socioeconómica y balance energético de la cadena productiva desde la producción de materia prima hasta la elaboración de biodiesel y etanol en Chile, a partir de los cultivos agrícolas tradicionales. Departamento de Industrias, Centro Avanzado de Gestión, Innovación y Tecnología para la Agricultura (CATA). Primer Informe Evaluación del potencial productivo de biocombustibles en Chile con cultivos agrícolas tradicionales, del Estudio Evaluación socioeconómica y balance energético de la cadena productiva desde la producción de materia prima hasta la elaboración de biodiesel y etanol en Chile, a partir de los cultivos agrícolas tradicionales. Marzo, 2007.

Yenish, J.P., A.D. Worsham, and W.S. Chilton. 1995. Disappearance of DIBOA-glucoside, DIBOA, and BOA from rye (*Secale cereale* L.). *Weed Science* 43:18-20.

Zasada, A., F. Meyer, M. Halbrecht, and C. Rice. 2005. Activity of hydroxamic acids from *Secale cereale* against the plant-parasitic nematodes *Meloidogyne incognita* and *Xiphinema americanum*. *Phytopathology* 95:1116-1121.

Zillinsky, F. 1984. Guía para la identificación de enfermedades en cereales de grano pequeño. 141 p. CIMMYT, México D.F., México.

9. GLOSARIO

Ácido lisérgico: compuesto cristalino relacionado estrechamente con los alcaloides del cornezuelo del centeno. Al ser ingerido por el ser humano produce estados alucinatorios y alteraciones en la conciencia.

Alcaloide: Cualquiera de las sustancias nitrogenadas de origen vegetal que actúan sobre el sistema nervioso central.

Almidón: sustancia de reserva alimenticia predominante en las plantas, y proporciona el 70-80% de las calorías consumidas por los humanos de todo el mundo. Tanto el almidón como los productos de la hidrólisis del almidón constituyen la mayor parte de los carbohidratos digeribles de la dieta habitual.

Alfa amilasa: enzima que se encuentra en los granos de cereales, entre otros vegetales. Cuando los granos se mojan y se promueve la germinación se produce un aumento de la actividad de la enzima alfa amilasa, la cual hidroliza el almidón, lo que genera compuestos más sencillos que ayudan al desarrollo de la nueva planta.

Alimento funcional: aquel alimento que puede proporcionar un beneficio para la salud, además de nutrición básica.

Amidas: compuestos nitrogenados formados por la combinación de una amina con un ácido carboxílico.

Aneuploide: planta que tiene un número mayor o menor de cromosomas del que corresponde a la especie o a la variedad. Por ejemplo, una planta de centeno tetraploide que tiene 27 cromosomas, en lugar de los 28 que le corresponde, es una planta monosómica, y si tiene 29 cromosomas será una planta trisómica.

Autoesterilidad: condición en la cual un organismo produce gametos de ambos sexos funcionalmente normales, pero es incapaz de fecundar sus células huevo con su propio polen.

Celiaquía: enfermedad consistente en una intolerancia total y permanente al gluten o complejo proteico que se encuentra en los granos de trigo, avena, cebada y centeno.

Conversión de grados Centígrados (°C) a grados Fahrenheit (°F):

$$^{\circ}\text{C} = (^{\circ}\text{F} - 32) \times 0,556.$$

$$^{\circ}\text{F} = ^{\circ}\text{C} \times 1,8 + 32.$$

Convulsión: contracción intensa de los músculos del cuerpo, de origen patológico.

Cromatina: conjunto de ADN, proteínas y ARN que se encuentra en el núcleo de las células eucariotas y que constituye el cromosoma eucariótico. En su constitución adopta la forma de largos filamentos delgados y finos de material genético.

Diploide: organismo con dos cromosomas de cada clase.

Esclerocios: masas de compactadas de un hongo ascomicete capaces de sobrevivir durante días o años en condiciones ambientales desfavorables.

Espora: unidad reproductiva muy pequeña de hongos y plantas inferiores.

Estroma: masa de micelio, de la cual se desarrollan esporas.

Fenol: alcohol ($\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$) llamado también ácido carbólico que puede producirse mediante la oxidación parcial del benceno (hidrocarburo insaturado).

Fibra dietética: componentes vegetales no digeribles por las enzimas digestivas del ser humano.

Fibra dietética insoluble: fibra integrada por hidratos de carbono como celulosa, hemicelulosa, lignina, que no pueden ser digeridas por el organismo humano.

Fibra dietética soluble: fibra formada por hidratos de carbono como inulina y pectinas que son digeridos por el organismo humano.

Fotoperíodo: número de horas del día en que existe luz útil para los procesos de fotosíntesis.

Gen recesivo: aquel gen que sólo se expresa en condición homocigota.

Heterocigosis: condición en la que una planta tiene dos formas distintas del mismo gene.

Heterocromatina: forma de cromatina inactiva, condensada, localizada sobre todo en la periferia del núcleo, que se tiñe fuertemente con las coloraciones.

Hidrato de carbono: forma biológica primaria de almacenamiento de energía. Contienen carbono, hidrógeno y oxígeno en su estructura.

Malteado: proceso por el cual se hacen germinar los granos de cereal, como el centeno, y después de terminado este proceso, se secan rápidamente. Los granos malteados desarrollan las enzimas que se necesitan para convertir el almidón del grano en azúcar.

Malta: producto obtenido por el proceso de malteado, que consiste en someter el grano a una germinación parcial, deshidratación y tostado.

Micelio: masa de hifas que forman el cuerpo del hongo.

Peritecio: cuerpo fructífero de un hongo ascomicete que tiene un ostiolo o abertura, por donde descarga esporas llamadas ascosporas.

Polisacárido almidonoso: hidrato de carbono constituido por amilopectina y amilasa. La amilopectina constituye alrededor del 75% de los almidones más comunes. Algunos almidones están constituidos exclusivamente por amilopectina y son conocidos como céreos.

Propionato de calcio: compuesto utilizado como fungicida para aumentar la durabilidad de las masas, ya que evita la proliferación de colonias de hongos presentes en el medio ambiente.

Sedimentación: índice volumétrico obtenido mediante un análisis químico que se efectúa a la harina de trigo y centeno, que mide la calidad y cantidad de gluten a través del hinchamiento de la materia proteica. Es una prueba correlacionada positivamente con el volumen del pan.

Substitución genética: cambio de un segmento de cromosoma por otro. Cambio de la posición de un nucleótido por otro. Por ejemplo, donde debería haber un nucleótido de citosina se inserta uno de timina.

Surfactante: compuesto que disminuye la energía de los enlaces entre las moléculas de agua, o sea reduce la fuerza de tensión superficial del agua. Al disminuir la tensión superficial del agua, aumenta la superficie de contacto de la gota, y por ende producirá una mayor dispersión de ésta, con un aumento del mojado de la planta.

Tetraploide: organismo con cuatro juegos básicos de cromosomas o cuatro genomas.

Vernalización: inducción de la espigadura de algunas plantas, como los centenos de invierno, por exposición a un período de bajas temperaturas.

Xenia: influencia inmediata del polen sobre el endosperma debido a la fertilización. Por ejemplo, cuando el maíz de una variedad que normalmente tiene granos blancos se poliniza con una variedad de granos amarillos, el endosperma de los granos híbridos es amarillo.