Ministerio de Agricultura
Gobierno de Chile
CHILELO HACEMOS TODOS
INIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS
TRITICALE
en el Sur de Chile
Editor: Claudio Jobet F.
ISSN: 0717-4829
Boletín INIA Nº 391

TRITICALE
en el Sur de Chile

EDITOR: CLAUDIO JOBET F.

Temuco, Chile
Región de La Araucanía
2018

Directora Regional: Elizabeth Kehr Mellado, Ing. Agrónomo M.Sc

Editor: Claudio Jobet F., Ing. Agrónomo, Ph.D

Comité Editor:
Jaime Mejías B., Ing. Agrónomo Ph.D
Gabriela Chahín A., Ing. Agrónomo
Carlos Fuentes B., Ing. Agrónomo Mg.
Lilian Avendaño F., Mg. en Comunicación Estratégica y Marketing Corporativo

Boletín INIA Nº 391
ISSN: 0717-4829

Jobet, C., 2018. Triticale en el Sur de Chile, Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Centro Regional Carillanca. Km 10 camino Cajón Vilcún. (56-45) 2297100.

Prohibida la reproducción parcial o total de esta obra sin permiso del Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Ministerio de Agricultura.

Diseño y diagramación: Ramón Navarrete.
Impresión: Imprenta América
Cantidad Ejemplares: 500

Autores:

- Adrián Catrileo S., Ing. Agrónomo M.Sc.Ph.D. especialista en ganadería bovina, ex investigador del Centro Regional INIA Carillanca. Docente Escuela de Medicina Veterinaria U. Mayor, sede Temuco.
- Ricardo Campillo R., Ing. Agrónomo M.Sc. Especialista en fertilidad, ex investigador del Centro Regional INIA Carillanca, consultor privado.
- Rafael Galdames G., Ing. Agrónomo. Dr. Especialista en fitopatología Centro Regional INIA Carillanca.
- Juan Carlos García D., Ing. Agrónomo. Docente Universidad de la Frontera (UFRO), Temuco.
- Claudio Jobet F., Ing. Agrónomo M.Sc. Ph.D. Programa de Fitomejoramiento de Trigo Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Investigador Centro Regional INIA Carillanca, Región de La Araucanía.
- Mario Mellado Z., Ing. Agrónomo MS. Investigador emérito Instituto de Investigaciones Agropecuarias, y especialista en trigo.
- Iván Matus T., Ing. Agrónomo M.Sc. Ph.D. Programa de Fitomejoramiento de Trigo Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Investigador Centro Regional INIA Quilamapu, Región del Biobío.
- Cristian Ortiz M., Técnico Forestal, ayudante de investigación Programa de Trigo Centro Regional INIA Carillanca.
- Héctor Pauchard C., Técnico Agrícola, ayudante de investigación y encargado de las estaciones metereológicas INIA en La Araucanía.

Capítulo 1
El Cultivo de Triticale en el Sur de Chile

Claudio Jobet[1], Mario Mellado[2] Iván Matus[2] y Cristian Ortiz[1]
[1]INIA-Carillanca; [2]INIA-Quilamapu
cjobet@inia.cl

1.1 Introducción

Las investigaciones relacionadas con el triticale (*X. Triticosecale Wittmack*), producto de un cruzamiento entre trigo y centeno comenzaron hace más de un siglo. El objetivo original fue producir un cereal que complementara o superara a los otros, un tremendo desafío en vista de los problemas que tuvo el triticale en sus inicios. Por lo general, las plantas eran altas y de madurez tardía, sensibles al fotoperíodo y parcialmente estériles, con tendencia a producir semillas arrugadas. Estos problemas determinaron los primeros proyectos para mejorar el triticale.

Con el paso del tiempo y gracias a investigaciones realizadas por científicos en todo el mundo se han logrado adelantos significativos. En gran medida los problemas relacionados con el triticale han sido resueltos y hoy se cultivan millones de hectáreas en muchos países de todo el mundo. El triticale aún tiene varias características desventajosas incluyendo la germinación en la espiga y bajo peso hectolitro en ambientes de producción menos favorables. No obstante, el cultivo ha ido mejorando gradualmente la expresión de su potencial en condiciones específicas, tales como ambientes semiáridos, suelos ácidos y tierras altas de más de 1.500 m.s.n.m, caracterizadas por suelos volcánicos casi siempre ácidos y con gran capacidad de fijación de fósforo. Si bien se siguen realizando los esfuerzos para elevar el rendimiento y mejorando la adaptación a diferentes ambientes, la calidad de semilla y calidad industrial, son actualmente aspectos que concentran la mayor atención de los fitomejoradores quienes buscan en sus nuevas creaciones (variedades), que éstas prosperen en ambientes difíciles, expresen altos potenciales productivos y sean resistentes a enfermedades.

1.2 Primeras investigaciones

En 1875, el investigador Alexander Wilson informó a la Sociedad Botánica de Edimburgo que había obtenido una planta estéril a partir de un cruzamiento trigo x centeno. A pesar de la curiosidad que ello despertó entre los británicos el híbrido así obtenido carecía de utilidad práctica, pues con frecuencia cruzamientos entre géneros botánicos distintos e incluso entre especies diferentes, las plantas eran estériles a consecuencia de las diferencias en el número y estructura de los cromosomas de los dos parentales. En 1888, el alemán Wilheim Rimpau produjo el primer triticale fértil. A pesar de este significativo avance, el cultivo tuvo poca trascendencia hasta los primeros decenios del siglo XII. En ese tiempo, científicos de la Unión Soviética y Europa, en particular Arne Müntzing de Suecia, comenzaron a explorar su potencial como cultivo comercial (Hewstone *et al*. 2000). Los esfuerzos se vieron frustrados por la persistente infertilidad del híbrido, su tendencia a producir semillas arrugadas y la imposibilidad de obtener grandes cantidades de nuevos híbridos trigo x centeno fértiles a los que se llama **triticales primarios**, en contraste con los **triticales secundarios**, que son la progenie mejorada de los primarios (Varughese *et al*., 1987).

Si bien desde su primera aparición en el decenio de 1870 el triticale despertó la curiosidad de los fitogenetistas como una rareza botánica, no estimuló de inmediato su imaginación como un cultivo comercial. Esto se logró gracias a los esfuerzos de muchas personas quienes creyeron que valía la pena explotar sus características poco comunes.

1.3 Grandes avances en el desarrollo del triticale

El primer adelanto en la producción de triticales fértiles se alcanzó en 1937 con el descubrimiento de la **colchicina**, un alcaloide venenoso derivado de los bulbos o de las semillas del azafrán de otoño (*Colchicum autumnale*). El tratamiento con colchicina puede inducir

la duplicación del número de cromosomas de las plantas y, de ese modo, superar las barreras de fertilidad. El francés Pierre Givadoun desarrolló la técnica de aplicación de dicho alcaloide a las plántulas de los híbridos inter específicos estériles convergiéndolos en aloploides fértiles. Esto hizo posible la creación artificial de triticales primarios fértiles, y ya no fue necesaria la búsqueda laboriosa para detectar su aparición espontánea, poco frecuente en la naturaleza (Royo, 1992)

La segunda contribución importante a la producción de triticale se produjo en el decenio de 1940, con el desarrollo de las técnicas del **cultivo de embriones**. Se retiraban los embriones de sus endospermas anormales antes que abortaran, para luego transplantarlas a un medio de cultivo con nutriente. Esta técnica tiene especial importancia en la producción de triticales hexaploides (42 cromosomas), a partir de cruzamientos de trigo duro (*Triticum turgidum* var. *durum*) x centeno (*Secale cereale*). Dado el alto grado de incompatibilidad del cruzamiento, los embriones obtenidos deben pasar inevitablemente por el cultivo de embriones y después las plántulas reciben un tratamiento con colchicina a fin de restaurar el nivel de ploidía y permitir por tanto la perpetuación de la especie (CIMMYT, 1976).

Sin embargo, la fortuna hizo que otro hecho casual definido como el avance más importante en la mejora del triticale, cambiara totalmente el rumbo de la historia de esta especie. El hecho tuvo lugar en los campos del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) en México, en 1967, cuando una planta de triticale fue fecundada de forma accidental con polen de un trigo enano que se encontraba en una parcela vecina y que, según se comprobó posteriormente, llevaba una carga genética valiosísima. Dos generaciones después y fruto de esta combinación, aparecieron plantas de triticales de menor altura, insensibles al fotoperíodo, de mejor peso específico del grano, más precoces y de buena calidad nutritiva y lo que no es menos importante, había superado la barrera de la esterilidad que durante años impedía el avance del triticale. Al triticale poseedor de estas características se le llamó **Armadillo**, pasando a ser el padre del los triticales más modernos (CIMMYT, 1976).

1.4 Clasificación de los triticales

Según la especie de trigo usada en el cruzamiento con centeno, los triticales pueden ser ***hexaploides (6x)*** u ***octoploides (8x)***. Los primeros se obtienen a partir del cruzamiento entre trigo duro (especie tetraploide, con 28 cromosomas y fórmula genómica AABB) y el centeno (especie diploide con 14 cromosomas y fórmula genómica RR). La fórmula genómica del triticale hexaploide es AABBRR, posee 42 cromosomas, es decir, la suma de los cromosomas de ambos padres. Por su parte, los triticales octoploides se obtienen a partir del cruzamiento entre el trigo harinero de 42 cromosomas (especie hexaploide de forma genómica AABBDD) y el centeno diploide de 14 cromosomas y fórmula genómica RR. Por lo tanto, la fórmula genómica del triticale octoploide es AABBDDRR y posee 56 cromosomas, es decir la suma de los cromosomas de ambos padres. Considerando el número de cromosomas de centeno que los triticales tienen en su composición genética, estos se agrupan en **triticales completos** y **triticales sustituidos**. Los completos son los que tienen la dotación cromosómica completa del centeno, es decir, sus 14 cromosomas. Debido a ello son superiores a los sustituidos bajo condiciones de estrés. Los triticales sustituidos son aquellos en los que uno o más cromosomas del genoma D del trigo harinero han sustituido a cromosomas R del centeno. Estos triticales tienden a ser más estables y de mejor calidad panadera (Varughese *et al*., 1987).

El cultivo del triticale, que una vez fue rareza botánica es ahora una realidad comercial y puede convertirse en un factor cada vez más importante en mejorar el bienestar rural en los ambientes de producción agrícola más difíciles del mundo.

1.5 Triticales en alimentación animal

La calidad nutritiva del triticale es semejante al trigo y, en algunos aspectos, puede incluso superarlo. En particular, el mayor contenido de lisina, su mejor digestibilidad proteica y el balance de minerales lo hacen especialmente adecuado para reemplazar o complementar a otros cereales en alimentación humana o animal. Además, su contenido de fósforo es más alto que el de cualquiera de sus especies progenitoras (4,5 g/kg de materia seca, en comparación con 3.8 g/kg del trigo y 4.1 g/kg del centeno). Esto lo convierte en una alternativa conveniente para alimentación de cerdos y gallinas, animales cuyas necesidades de fósforo son considerables (Mellado *et al.*, 2008).

Por otra parte, el grano es muy prometedor como sustituto del trigo, maíz, sorgo, cebada y centeno. Cuando se utiliza como cultivo forrajero, el triticale tiene un potencial de forraje y contenido proteínico superiores a los de la avena, y rendimientos de ensilaje y forraje más altos que los del trigo, centeno, avena y cebada (Royo, 1992).

Por su parte, desde el punto de vista de alimentación animal, y de lo que se desprende del cuadro 1, los valores de proteína y de energía del grano de triticale son similares a los del trigo, lo que permite inferir que se puede usar en raciones para animales. Incluso si se comparan estos valores con los de cebada, ambos son similares. Como se indicó anteriormente, una ventaja importante del grano de triticale sobre el grano de trigo es su mayor contenido de aminoácidos, especialmente lisina. Por otra parte, trabajos publicados en este ámbito señalan que el triticale puede reemplazar a una parte del maíz en alimentación de terneros, sin provocar efectos negativos en los aumentos de peso vivo ni en el consumo de materia seca. Situación similar se ha encontrado en alimentación de pollos, donde se puede reemplazar hasta el 100% del maíz por triticale sin producir diferencias en aumento de peso, aunque hay tendencia a menores aumentos de peso en los niveles más altos de sustitución. Su uso más promisorio sería en alimentación de ganado puesto que los valores de los aminoácidos más limitantes en la alimentación animal como son lisina, isoleucina, metionina y leucina, son similares o, superiores al trigo (Mellado *et al*., 2008)

Cuadro 1. Promedios bromatológicos de dos variedades de triticales y otros cereales de grano pequeño. Laboratorio de Bromatología, INIA Remehue, 2017.

	Faraón INIA	Aguacero INIA	Trigo	Avena	Cebada
Materia Seca (%) [1]	85,6	86,6	87,5	91,8	89,7
Cenizas (%)	1,6	1,7	1,4	2,5	2,0
Proteína Cruda (N x 6,25) [2]	10,6	11,5	12,6	9,9	14,2
Digestibilidad Materia Seca (%) [3]	95,3	93,7	94,0	73,7	90,0
D (%) [4]	93,5	91,6	92,7	71,9	88,4
Energía Metabolizable (Mcal/kg^{-1}) [5]	3,32	3,26	3,29	2,61	3,15
Energía Neta Lactancia (%) [6]	1,95	1,95	1,94	1,57	1,86
Gluten húmedo (%) [7]	15,3	21,5	21,0	-	-
Peso hectolitro (kg/hl) [8]	76,0	78,5	80,0	56,0	68,0

*** Valores de las temporadas 2016 y 2017 (Laboratorio de Bromatología, INIA Remehue).**

(1) Valores sobre 85 corresponden a un buen valor
(2) Valores sobre 12% corresponden a un buen valor
(3) Valores sobre 90% corresponden a un buen valor
(4) Valores sobre 90% corresponden a un buen valor
(5) Valores sobre 3,0% corresponden a un buen valor
(6) Valores bajo 2% corresponden a un buen valor
(7) Valores sobre 26% corresponden a un buen valor para calidad panadera
(8) Valores sobre 76 kg/hl es buen valor

La información presentada en el cuadro anterior sugiere que el grano de triticale se puede utilizar sin problemas en alimentación animal, formando parte de los concentrados en porcentajes variables según tipo y especie animal. De hecho, trabajos de mejoramiento actuales han logrado variedades con granos bien desarrollados, conservando los mejores niveles de aminoácidos, no solo de lisina si no de otros como isoleucina, alanina, cistina y fenilalanina, que no siendo superiores, al menos son similares al trigo.

El triticale se puede destinar a alimentación animal, siendo una buena alternativa para usarlo en raciones de concentrados, ensilaje o forrajes verdes.

1.6 Productos derivados del triticale

Como el triticale se parece más al trigo que al centeno en cuanto a tamaño, forma y composición química del grano, sus características de calidad alimenticia se comparan más a menudo con las del trigo. La riqueza nutritiva del triticale lo convierte en un producto de gran interés para alimentación humana en países en vías de desarrollo. De acuerdo con Varughese *et al*., (1987), cuando se comenzó a evaluar la calidad nutritiva del grano de triticale, resultó evidente que la harina difiere de la del trigo en cuanto a sus características de panificación. Los triticales son adecuados para fabricar productos en los que se utiliza trigo suave, incluidas galletas, pasteles, panqueques, fideos y tortillas de harina. En la actualidad, muchas líneas experimentales de triticale tienen gluten débil y por lo tanto, no son apropiadas para elaborar pan, a menos que la harina de triticale se mezcle en una proporción no mayor al 30% con una buena harina de trigo para panificación (Javier Peña, 2018. Comunicación personal). Además, el triticale puede utilizarse para hacer pan integral semejante al consumido en muchas zonas rurales del mundo en desarrollo.

Los triticales producidos mundialmente a comienzos del decenio de 1970 tenían propiedades de molienda y panificación deficientes a causa de sus característicos granos arrugados, escasa cantidad y calidad de gluten y altos grados de actividad de la enzima alfa-amilasa (precursora del proceso de germinación en el grano) También se ha determinado que existen diferencias en la calidad de los distintos tipos de triticale, por ejemplo los triticales hexaploides carecen de los genes *Glu-D1* para calidad y que los triticales completos llevan los genes para la proteína secalina en su endosperma (derivada del centeno), lo cual afecta negativamente la calidad panadera (Mellado *et al.,* 2008).

Sin embargo, y como sucede con los trigos harineros, cuyo potencial genético de calidad varía, se han encontrado en el triticale diferencias genéticas respecto a las características de calidad. Por ejemplo, la variedad comercial de primavera, Aguacero INIA, tiene un perfil de calidad superior a la media de los triticales producidos en Chile, de cuya harina es posible obtener productos de repostería, galletas y realizar mezclas con harinas de trigo. De esta forma, la calidad harino-panadera depende sobre todo de la variedad y en el futuro, del trabajo que se

realice en el mejoramiento genético de la especie, que a través de los años ha permitido avanzar en otros frentes relacionados a la calidad industrial del grano. Por ejemplo, reducir el alto nivel de la actividad enzimática de la alfa amilasa de los triticales, disminuyendo la tendencia de germinación del grano de precosecha, siendo esta situación unas de las limitantes más importantes en el uso del triticale como alimento para humanos. Otro avance importante ha sido el mejoramiento del llenado del grano, que siempre constituyó una prioridad para los especialistas en triticale, ha dado por resultado la obtención de numerosos triticales nuevos con mejor tipo de grano y características de molienda cercana a las del trigo harinero. Considerando las características actuales del grano de triticale, se convierte en un producto adecuado para ser utilizado por la agricultura familiar, ya que al tener un grano blando puede molerse fácilmente y mezclándolo con harina de trigo elaborar productos de consumo doméstico (Mellado *et al.,* 2008).

En Chile y el mundo, el triticale es hoy una alternativa productiva para la elaboración de productos orientados a la alimentación humana.

1.7 Triticales en Chile

En Chile los trabajos experimentales se iniciaron en 1970 con la introducción por parte de la Sociedad Nacional de Agricultura (SNA) de germoplasma enviado por CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo). Más tarde, en 1972, la Pontificia Universidad Católica de Chile inició un Proyecto de Mejoramiento de Triticale en conjunto con el Centro de Investigación Internacional de Canadá. De acuerdo con Mellado *et al*. (2008), este proyecto permitió efectuar ensayos de investigación durante un tiempo prolongado en diferentes localidades del país, desde Ovalle por el norte hasta Llanquihue por el sur, permitiendo evaluar germoplasma para una amplia gama de condiciones ambientales. Los resultados fueron promisorios al establecer que el triticale alcanzaba potenciales productivos superiores al trigo de manera significativa y su grano alcanzaba altos niveles de proteína. Su harina, producto de estas líneas experimentales era adecuada para elaborar un pan de calidad, que mejoraba considerablemente cuando se mezclaba con harina de

trigo en una proporción de 1:1. Sin embargo, sus limitaciones en esa época, eran el grano defectuoso y bajas extracciones en harina. A pesar de ello los trabajos persistieron, y en 1973 en el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) se inician los trabajos conducentes a evaluar el comportamiento de triticales para las zonas centro sur y sur del país.

En este contexto, en INIA Quilamapu (Región del Bíobío) se liberan dos variedades de triticale: Porcifén INIA y Alamos 83, y posteriormente en el 2005 aparece Aguacero INIA, una variedad de tipo primaveral muy demandada por los ganaderos del país. Más al sur, en INIA Carillanca (Región de La Araucanía), el investigador Christian Hewstone (Q.E.P.D.) libera las primeras variedades de tipo alternativo, como fueron: Lonquimay INIA (1985), Calbuco INIA (1985), Tolhuaca INIA (1990), Antuco INIA (1991) y Peteroa INIA (2004). Este programa se ha mantenido en el tiempo y el 2010 se libera Faraón INIA, la primera variedad de tipo invernal, y recientemente, en el año 2018, se lanza al mercado la variedad de invierno Emperador INIA. Paralelamente, la empresa Semillas Baer, también ha estado trabajando en mejoramiento de triticale, producto de ello se han liberado cuatro variedades de tipo alternativo: Lonko BAER, Toqui BAER, Cacique BAER, siendo Torete BAER la última liberada el año 2018. A partir de este fructífero desarrollo de la especie, el triticale empieza a marcar presencia en los campos del sur de Chile, convirtiéndose en la actualidad en una de los cereales de mayor importancia nacional con más de 20 mil hectáreas sembradas cada año (ODEPA, 2017).

1.7.1 Variedades comerciales recomendadas en Chile por INIA

1.7.1.1 Faraón INIA

Triticale de origen europeo, específicamente de la empresa Nordsaat de Alemania, seleccionado como línea experimental e introducida a Chile el 2003, sobre la base de un convenio formal existente entre el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) y la empresa citada, liberado comercialmente el 2010. Esta variedad se destaca por su tipo agronómico y adaptabilidad a zonas de siembras tempranas e inviernos largos. Es un triticale de hábito de desarrollo invernal

(requiere vernalización), muy rastrero al estado de plántula, de muy lento crecimiento, terminando en una vigorosa macolla. Sus hojas son de color verde azuloso muy oscuro, con hoja bandera delgada y semi curvada. La espiga es de color blanco amarillo, poco curvada a la madurez, forma paralela, densidad alta, compacta y con barbas. El grano es de forma alargada, tamaño pequeño, color amarillo, pudiendo presentar ocasionalmente ciertos cambios de pigmentación en el endosperma. Reacciona homogénea y medianamente fuerte con el fenol tomando color oscuro. La altura de planta adulta varía entre los 100 y 110 cm, con un promedio de 107 cm, siendo considerado como un triticale semi enano. Tiene un tallo hueco de longitud media con moderada resistencia a la tendedura. Su período vegetativo desde la siembra a la espigadura es entre 176 a 186 días aproximadamente.

Considerando su período de siembra a madurez, es un triticale tardío, con requerimientos de frío y recomendado solo para siembras tempranas de otoño e invierno. Faraón INIA ha presentado susceptibilidad a polvillo estriado (*Puccinia striiformis* West. f. sp. *tritici*) y resistencia a polvillo colorado de la hoja (*Puccinia triticina Erikss.*). Tiene buena tolerancia a septoriosis (*Mycosphaerella graminícola* (Fuckel) J. Schröt.) y es resistente a oidio causado por el hongo *Blumeria graminis* D C. f. sp. *tritici* Marchal. No ha presentado escaldado (*Rhynchosporium secalis*), enfermedad que afecta a las hojas de algunos triticales (Madariaga y Mellado, 1992). Faraón INIA ha demostrado tener un rendimiento estable, sus promedios en diferentes localidades y años han superado las 8 a 9 ton ha^{-1}, llegando en condiciones óptimas a superar las 12 ton ha^{-1} a nivel comercial. Faraón INIA es un triticale de peso del hectolitro aceptable (75 kg hl^{-1}) y de textura de grano blanda, presentando un porcentaje de proteína del grano superior al 7%. Tiene muy buena tolerancia a la acidez de suelo. Su uso es preferentemente para alimentación animal.

Faraón INIA se recomienda en zonas de precordillera, desde la Región del Biobío (Chillán) hasta la Región de Los Lagos.

Foto 1. Siembra de la variedad Faraón INIA (Purranque, Chile)

1.7.1.2 Emperador INIA

Triticale de origen europeo, específicamente de la empresa Nordsaat de Alemania, seleccionado como línea experimental e introducida a Chile el 2013 y liberado el 2018. Esta variedad se destaca por su tipo agronómico y su adaptabilidad a zonas de siembras tempranas e inviernos largos. Es un triticale de hábito de desarrollo invernal (requiere vernalización), muy rastrero al estado de plántula, de muy lento crecimiento, terminando en una vigorosa macolla. Sus hojas son de color verde más pálido, con hoja bandera delgada y semi curvada. La espiga es de color amarillo, curvada a la madurez, forma paralela, densidad alta, compacta y con barbas. El grano es de forma alargada, tamaño pequeño, color amarillo, pudiendo presentar ocasionalmente ciertos cambios de pigmentación en el endosperma. La altura de planta adulta varía entre los 105 y 115 cm, con un promedio de 110 cm, siendo considerado como un triticale de altura mediana. Tiene un tallo hueco de longitud media con moderada sensibilidad a la tendedura. Su período vegetativo desde la siembra a la espigadura es

entre 178 a 188 días aproximadamente. Considerando su período de siembra a madurez, es un triticale tardío, con requerimientos de frío y recomendado solo para siembras tempranas de otoño e invierno. Emperador INIA ha presentado moderada susceptibilidad a polvillo estriado (*Puccinia striiformis* West. f. sp. *tritici*) y resistencia a polvillo colorado de la hoja (*Puccinia triticina Erikss.*). Tiene buena tolerancia a septoriosis y es resistente a oidio. No ha presentado escaldado. Esta nueva variedad ha demostrado tener un rendimiento estable y superiores a Faraón INIA, sus promedios en diferentes localidades y años han superado las 9 a 11 ton ha^{-1}, llegando en condiciones óptimas a superar las 14 ton ha^{-1} a nivel experimental. Emperador INIA es un triticale de peso del hectolitro aceptable (76 kg hl^{-1}) y de textura de grano blanda, presentando un porcentaje de proteína del grano superior al 7%. Tiene muy buena tolerancia a la acidez de suelo. Su uso es preferentemente para alimentación animal.

La variedad Emperador INIA ha destacado por su alto rendimiento en siembras de invierno.

Foto 2. Nueva variedad de triticale invernal Emperador INIA (Valdivia, Chile).

1.7.1.3. Aguacero INIA

Variedad de triticale que proviene de un cruzamiento efectuado en el Programa Nacional de Trigo (PNT) del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), en el Centro Regional de Investigación INIA Quilamapu, en 1992 y liberado comercialmente el 2005. Es un triticale de hábito primaveral y de crecimiento erecto al estado de plántula. La altura de la planta adulta varía entre 105 y 120 cm, y normalmente presenta plantas con espigas lanzadas, lo que es común en la mayoría de los triticales debido a problemas de inestabilidad genética. Sus hojas son de color verde, con hoja bandera delgada y semi curvada. La espiga es de color blanco muy poco curvada a la madurez, forma piramidal, densidad alta, de buen tamaño, compacta y con barbas distribuidas en toda su extensión. El grano es de color café, alargado, forma elíptica, de tamaño medio, cuyo peso de 1.000 semillas es de 50 a 55 g. Reacciona homogénea y medianamente fuerte con el fenol tomando color oscuro. El tallo es de médula mediana, resistente a la tendedura, con un promedio de cuatro nudos por tallo. Ha mostrado moderada resistencia a la roya estriada y a la roya colorada de la hoja, moderada resistencia al oidio y a la septoriosis de la hoja, y resistencia al escaldado. Respecto a su comportamiento a pudriciones radiculares ha mostrado importantes ventajas en el rendimiento de grano respecto a trigos de primavera en suelos severamente infestados con Mal del Pie (*Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*.). Aguacero INIA es un triticale de buen peso hectolitro, grano blando y bajos niveles de sedimentación. Respecto a su nivel de gluten húmedo y proteína del grano, desde el punto de vista de alimentación humana, se lo clasifica como una variedad destinada a galletería o para uso en mezclas con trigos de fuerza destinados a panificación. Es una excelente alternativa como ensilaje.

Foto 3. Siembra de la variedad Aguacero INIA (Vilcún, Chile).

Aguacero INIA es considerada una variedad de buena tolerancia a suelos con estrés hídrico.

Cuadro 2. Variedades de triticale INIA actualmente recomendadas

Factor	Emperador INIA	Faraón INIA	Aguacero INIA
Hábito de desarrollo	Invernal	Invernal	Primaveral
Hábito de crecimiento	Muy rastrero	Muy rastrero	Erecto
Altura de planta (cm)	105-115	90-95	115-120
Espiga	Barbada	Barbada	Barbada
Color de grano	Rojo	Rojo	Rojo
Peso de 1000 granos (g)	40-46	40-44	50-55
Peso del hectolitro (kg/hl)	71-76	71-75	74-80
Dureza del grano	Blando	Blando	Blando
Proteína (%)	6-8	6-8	7-10
Siembra	Fines de abril a 30 de junio	Fines de abril a 30 de junio	Agosto a fines de septiembre
Dosis semilla (kg)	160-180	160-180	200-220
Rendimiento	Muy Bueno	Muy Bueno	Bueno
Tolerancia acidez	Tolerante	Tolerante	Moderadamente tolerante
Roya amarilla	Susceptible	Susceptible	Moderado
Roya colorada	Resistente	Resistente	Moderado
Septoria	Moderado	Moderado	Moderado
Uso industrial	Animal	Animal	Animal/Galletas

Para seleccionar correctamente una variedad es fundamental, en primer término, considerar la zona de cultivo y la fecha de siembra.

Referencias Bibliográficas

CIMMYT. 1976. Trigo x Centeno = Triticale. El CIMMYT Hoy, N°5, 23p. México, D.F.

Hewstone, C. 1986. Avances en el mejoramiento de triticales para la zona sur de Chile. Simiente 56(3-4): 139-145.

Mellado, M., Matus, I. y Madariaga, R. 2008. Antecedentes sobre el triticale en Chile y otros países. 74p. Boletín INIA N°183. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación INIA Quilamapu. Chillán, Chile.

ODEPA. 2017. Estadísticas Agropecuarias. S/p. Cultivos anuales, frutales y hortalizas. https://www.odepa.cl/

Royo, C. 1992. El triticale, bases para el cultivo y aprovechamiento. Agroguia Mundi-prensa. Madrid, 95p.

Varughese, C., Barker, T. y Saari. E. 1987. Triticale, 32p. CIMMYT, México, D.F.

Capítulo 2
Manejo Agronómico del Triticale

Claudio Jobet[1], Mario Mellado[2] Iván Matus[2], Rafael Galdames[1] Cristian Ortiz[1] Héctor Pauchard[1] y Juan Carlos García[3]
[1]INIA-Carillanca; [2]INIA-Quilamapu, [3]Universidad de La Frontera
cjobet@inia.cl

2.1 Características ambientales del sur de Chile

2.1.1 Clima

El clima en la zona sur de Chile se caracteriza por una elevada precipitación, que en las diversas áreas sobrepasa en promedio los 1.000 mm anuales, pero que ha bajado a 680 mm anuales en algunos sectores como Traiguén en años de fuerte sequía. La precipitación se concentra principalmente entre mayo y agosto, con niveles usualmente superiores a los 200 mm mensuales, declinando con posterioridad a niveles cercanos o inferiores a los 30 mm en los meses de verano. Sin embargo, en algunos años ocurren precipitaciones abundantes y frecuentes en verano, las que en triticales maduros inducen la brotación del grano en la espiga, deteriorando su calidad de manera significativa.

Las temperaturas medias mensuales son moderadas, sobrepasando los 6º C en invierno y alcanzando 14 a 17º C en verano. Los promedios invernales permiten un continuo aunque moderado crecimiento del triticale y el suave incremento de la temperatura en primavera, unido a lo anterior, favorece un muy buen desarrollo del tamaño de la espiga, de sus partes florales y del proceso de fecundación, produciéndose un elevado número de granos por espiga.

Las heladas son frecuentes en los meses invernales, alcanzando promedios de 10 heladas por mes, aunque se han registrado valores tan extremos como 12º C bajo cero, por lo general no producen daños en las sementeras cuando están en pleno período vegetativo. Las heladas se extienden en el valle central hasta mediado de noviembre, aunque suelen ocurrir hasta los primeros días de diciembre, especialmente en el sector precordillerano, causando a veces daños en la fecundación.

2.1.2 Suelo.

El triticale se cultiva en alta proporción en suelos derivados de cenizas volcánicas que, de acuerdo a su edad, se clasifican como rojo-arcillosos los más antiguos, transicionales algo más reciente, y trumaos los más nuevos. Todos se caracterizan por su alta capacidad de fijación de fósforo, que puede alcanzar niveles superiores a 90% en los trumaos y sobre 60% en los rojo-arcillosos, requiriendo este elemento al momento de la siembra o incorporándolo antes de ésta tal como se realiza por parte de algunos agricultores en la zona. Al mismo tiempo, la plasticidad del suelo húmedo aumenta de acuerdo a la antigüedad, con las consiguientes mayores dificultades de laboreo.

La elevada precipitación, la extracción por altos rendimientos y el uso de fertilizantes de reacción acidificante, han producido en la zona sur una generalizada acidez en los suelos, caracterizada por pérdida de bases, pH inferiores a 5,5 y elevados porcentajes de saturación de aluminio, que en conjunto limitan el desarrollo y rendimiento del triticale a pesar que la mayoría de estos tienen mayor tolerancia que los trigos, pero que en condiciones más extremas, podría afectar el crecimiento de las raíces y plantas. Existen dos formas de abordar este problema: (1) por medio del uso de variedades de mayor tolerancia a la acidez y aluminio fitotóxico del suelo, y (2) mediante correcciones de la acidez con aplicaciones de cal.

Las características de los suelos, el proceso natural de pérdida de bases y la importante extracción de nutrientes de un cultivo de alto rendimiento, están obligando a los productores a utilizar fórmulas de fertilización cada vez más complejas, que incluyen nitrógeno, fósforo, potasio, azufre y, frecuentemente, magnesio y algún micronutriente, como boro y zinc. Estas fórmulas complejas y las elevadas dosis utilizadas, hacen que la fertilización constituya normalmente sobre el 50% del costo total de producción de trigo en la zona sur. Para evitar gastos innecesarios se recomienda efectuar un **análisis de suelo** que permitirá verificar el estado del mismo y los requerimientos sobre la base de la producción esperada.

2.1.2.1 Rotación

La rotación de cultivos busca evitar sembrar un cultivo sobre sus propios rastrojos, contribuyendo a disminuir la población de malezas, la incidencia de plagas y enfermedades y mantener un balance nutricional adecuado. Las rotaciones permiten generar variados y positivos efectos en la agricultura, tales como: aumento del rendimiento de los cultivos en comparación al monocultivo; ruptura del ciclo de enfermedades e insectos y reducción de diversas especies de malezas; aumento de la disponibilidad de nutrientes en el suelo, por lo que los costos en fertilización pueden también ser disminuidos; conservación de la calidad química del suelo y protección del medio ambiente, al disminuir la recarga de las aguas subterráneas con exceso de elementos químicos y la mantención de la calidad física del suelo y el mejor enraizamiento de las plantas. Por el contrario, la intensificación creciente en el uso del suelo, sumado a la falta de rotaciones adecuadas y malas prácticas de labranza, genera entre otros efectos: compactación de suelos, erosión, oxidación de materia orgánica y acidez del suelo. Ello afecta negativamente la productividad y rentabilidad del sistema. Los efectos negativos se acentúan al realizar monocultivo. El triticale en general debe seguir una rotación similar al trigo, o sea después de avena, raps, maíz, lupino, papas, evitando el monocultivo, aun cuando después de trigo y por las características de rusticidad puede ser una opción, pero no recomendable.

2.1.2.2 Preparación de suelos

Respecto a la preparación de suelos, se puede sembrar sobre una cama de semillas preparada por el sistema convencional de araduras y rastrajes, por el sistema de labranza vertical con un par de labores de vibrocultivador, o bien se puede sembrar mediante el sistema de siembra directa o cero labranza, sin mover el suelo. Respecto a la profundidad (Mellado *et al.*, 2008), aunque el grano de triticale es mayor que el de trigo, la cama de siembra debe permitir que la semilla quede depositada a una profundidad no mayor a 5 cm, y para esto es importante una cierta compactación del suelo, es decir, con textura algo apretada y poco porosa. En términos generales el lapso de tiempo entre siembra a emergencia no pasa de los 12 días, siendo

una especie poco dormante, especialmente la variedad Faraón INIA, cuyo tiempo en emerger no sobrepasa los 10 días.

Las normas de rotación y preparación de suelos indicadas para trigo son también aplicables para triticale.

2.3 Época de siembra

El hábito de desarrollo de invierno y primaveral de las tres variedades actualmente recomendadas, permite que su período de siembra, como especie, se extienda desde comienzos de mayo (o fines de abril según localidad), como es el caso de Faraón INIA y Emperador INIA y hasta fines de agosto o principios de septiembre, para Aguacero INIA.

La elección de la época de siembra a nivel del productor está condicionada por la disponibilidad de humedad que exista en su terreno para cubrir adecuadamente el período desde siembra a grano lechoso y por las limitaciones físicas del terreno para las labores de preparación de suelo y siembra. En general, las condiciones de precipitación en las localidades del norte de la Región de La Araucanía hasta el sur del río Cautín, son limitantes para siembras de primavera y muchos de los suelos presentan textura pesada, difícil de trabajar con exceso de humedad, características que hacen recomendable las siembras antes de invierno para el caso de los triticales de invierno. El productor debe considerar que mientras más largo sea el período vegetativo que le pueda dar a su cultivo, mejores son las posibilidades de compensación de daños climáticos o de otra naturaleza (Mellado, 2013).

Para decidir el momento adecuado de siembra es necesario considerar la variedad y el riesgo de heladas tardías, además de la disponibilidad de agua en floración.

2.4 Dosis de semilla

La dosis de semilla recomendada para Faraón INIA y Emperador INIA es de 160 a 180 kg ha^{-1}, mientras que la recomendada para Aguacero INIA, por ser de primavera, es de 200 a 220 kg ha^{-1}. El triticale al igual que el trigo tiene una ventaja al ser un cultivo que puede compensar variaciones en la población establecida y sea afectado por una dosis de semilla no adecuada. Si hay menos plantas por unidad de superficie, probablemente cada planta producirá más macollos. Un error frecuente que se encuentra en las siembras de triticale es la mala calibración de las máquinas sembradoras. Un correcto establecimiento del cultivo debe necesariamente partir con una sembradora bien calibrada, que deposite la dosis correcta de semilla, en el lugar y profundidad que corresponde. No olvidar que existe un rango óptimo por variedad y zona, ya que por ejemplo una cantidad excesivamente alta de macollos por metro cuadrado puede ocasionar problemas de tendedura y un aumento de enfermedades fungosas. Por esta razón y para el caso de Faraón INIA y Emperador INIA la cantidad de semillas por unidad de superficie es menor, además que estas variedades tienen una alta capacidad de reproducir macollas a diferencia de Aguacero INIA. La semilla generalmente posee un porcentaje de germinación mayor al 85% y debe sembrarse desinfectada para evitar el daño de enfermedades, como los carbones (Mellado, 2013). La siembra debe hacerse a una profundidad de 3 a 5 cm, ya que las siembras muy profundas implican que muchas veces las reservas del grano se agoten antes que emerja la nueva planta.

Hay que tener siempre presente que respecto a la dosis a utilizar, ésta varía según la variedad, tamaño del grano y calidad del mismo, pero principalmente según el hábito de desarrollo (Royo, 1992).

2.5 Consideraciones generales para el control de malezas

El control de malezas se inicia con la elección de la rotación de cultivos, preparación del suelo y limpieza de canales, en el caso de siembras con riego. A estas prácticas se debe agregar el uso de herbicidas que eliminan o detienen el crecimiento de las malezas, ya sea malezas de hoja angosta o gramíneas o malezas de hoja ancha. Dependiendo del conocimiento que el agricultor tenga de sus potreros será necesario

usar herbicidas de pre siembra, herbicidas de pre emergencia y/o herbicidas de post emergencia, que pueden ser de contacto o sistémicos. Cuando se aplican herbicidas al suelo, éste debe tener cierto nivel de humedad, y elegir días de poco viento para evitar que algunos productos químicos puedan afectar a otros cultivos.

2.6 Consideraciones generales para el control de enfermedades

Al igual que otros cereales, el cultivo de triticale es afectado por numerosas enfermedades parasitarias, es decir, ocasionadas por agentes bióticos o infecciosos. Destacan por su mayor número e importancia los hongos fitopatógenos, sin embargo, también virus, bacterias y nematodos constituyen amenazas. La expresión de cualquier enfermedad parasitaria en triticale y su impacto en la productividad y calidad del grano está influenciada fuertemente por factores ambientales. Esto determina variaciones importantes en la prevalencia de las enfermedades en los diferentes ambientes o zonas agroclimáticas donde se cultiva triticale.

Además, las prácticas de manejo frecuentemente influyen en la condición sanitaria del cultivo, por consiguiente es fundamental que el productor las tenga presente y dimensione el riesgo asociado a su esquema productivo. Para implementar una medida de control es fundamental realizar una correcta y oportuna identificación de las enfermedades e idealmente conocer el impacto o pérdidas que ésta puede ocasionar. De esta manera, el agricultor podrá emplear no solo la mejor opción de control disponible, sino que además tener claridad sobre la relación costo/beneficio de la medida que aplicará.

2.7 Consideraciones generales para el riego

El agua forma parte de la planta de triticale y disuelve los fertilizantes para que los nutrientes sean absorbidos por las raíces. Una siembra donde no falte la humedad del suelo formará buenas raíces que sostendrán las plantas y las harán más resistentes a la tendedura desde su base. Además, favorecerá el rendimiento de grano ya que el agua estará distribuida en todos los tejidos contribuyendo a un buen funcionamiento fisiológico y normalidad en el abastecimiento de nutrientes, lo que se traducirá en buenas hojas y espigas y finalmente

un buen desarrollo de los granos. Los riegos más importantes son aquellos realizados entre la espigadura y cuando el grano ha alcanzado el estado acuoso. Si estos riegos no se realizan el grano será chupado, con lo cual el peso del hectolitro y el rendimiento se afectarán. El cultivo de triticale desde La Araucanía hasta la Isla Grande de Chiloé se realiza bajo condiciones de secano, ya que generalmente el agua de lluvia es suficiente.

2.8 Consideraciones generales para fertilización

El triticale es una especie que responde eficientemente a las aplicaciones de nutrientes, en particular nitrógeno y fósforo elementos más necesarios en suelos chilenos. La fertilización recomendada para el triticale es similar a la del trigo, posiblemente con menos requerimiento de nitrógeno, ya que es una especie de alta eficiencia de uso en este elemento. La dosis a aplicar, dependerán del tipo de suelo, rotación y condiciones de secano o riego.

En todo caso, la fertilización será específica para cada caso y deberá definirse basándose en un análisis de suelo y en las expectativas de producción. Es conveniente recordar que la cantidad de nutrientes que se debe aplicar al cultivo será la diferencia entre la demanda del cultivo y el suministro del suelo.

2.9 Consideraciones generales para la cosecha

Con la tecnología actual, una buena sementera de triticale puede rendir entre 8 y 12 toneladas por hectárea. La planta de triticale debe cosecharse cuando el grano tenga una humedad de 13-14,5% y para alcanzar este nivel es necesario revisar periódicamente la disminución de ésta.

Se debe recordar que una vez que el grano logra su madurez fisiológica (35-40% de humedad), ya no acumulará más materia seca. En términos prácticos, el momento oportuno de cosecha es cuando el grano no se puede rayar con la uña o cuando el grano se quiebra al morderlo. Sin embargo, lo ideal es usar el dato proporcionado por un instrumento medidor de humedad. También es requisito usar una máquina trilladora limpia de residuos de cosechas anteriores

antes de entrar a una sementera por primera vez y que debe estar bien regulada. La cosecha debe almacenarse en bodegas secas y limpias para evitar daño por humedad, por ratones o insectos como los gorgojos.

2.10 Recomendaciones finales

Según Mellado (2013), algunas recomendaciones para obtener un buen resultado en una siembra de triticale y cuidar los recursos productivos son:

1. No sembrar triticale en suelos con mucha pendiente
2. No repetir triticale en un mismo suelo en años seguidos
3. No sembrar triticale después de trigo
4. Si es posible sembrar más de una variedad para disminuir el riesgo sanitario
5. Anualmente revisar las cartillas de recomendación de variedades, para saber qué variedad sembrar en una localidad determinada
6. No sembrar granos de triticale de origen desconocido ya que puede contaminar potreros con enfermedades y malezas que no tiene
7. En lo posible usar semilla certificada.

Referencias Bibliográficas

Galdames, R. 2013. Principales enfermedades del trigo en la zona sur. p:91-111. En: Copeval Agroindustrias (ed.). Manual de Manejo para el Cultivo del Trigo. Santiago, Chile.

Hewstone, C., Granger, D., Hazard, S., Rojas, C., Romero, O y Teuber, N. 2000. Triticale en el sur de Chile. 52p. Boletín INIA N°12. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación Carillanca. Temuco, Chile.

Mellado, M., Matus, I. y Madariaga, R. 2008. Antecedentes sobre el triticale en Chile y otros países. 74p. Boletín INIA N°183. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación Quilamapu. Chillán, Chile.

Mellado, M. 2013. Manejo agronómico del cultivo del trigo. p.7-34. En: Copeval Agroindustrias (ed.) Manual de Manejo para el Cultivo del Trigo. Santiago, Chile.

Royo, C. 1992. El triticale, bases para el cultivo y aprovechamiento. 95p. Agroguía Mundi-prensa. Madrid, España.

Capítulo 3

Fertilización de Triticale con Énfasis en la Gestión del Nitrógeno en Andisoles de la Región de La Araucanía

Ricardo Campillo R.(*)
rcampillo.rocco@gmail.com

3.1 Introducción

La productividad cerealera nacional es la más alta del Cono Sur y se sustenta en el empleo de variedades de alto potencial de rendimiento que requieren, entre otros, un uso intensivo de insumos como los fertilizantes (Fundación Chile, 2005). Los altos rendimientos son resultado de condiciones ambientales, tecnología, manejo, capital e insumos. Desde el punto de vista del manejo, es común identificar prácticas agronómicas que se sostienen en el empleo de elevadas dosis de nitrógeno (N) para fertilizar el cultivo de trigo y triticale, que afectan su competitividad, potenciando las pérdidas por lixiviación del nutriente, incrementando la polución y poniendo en riesgo la sustentabilidad ambiental (Semenov *et al*., 2007).

La utilización de cantidades altas de N que permitan expresar los potenciales de rendimiento de las variedades existentes actualmente en el mercado, requiere identificar y ponderar de manera adecuada las diferencias en el poder de suministro de los suelos de la región, junto con un manejo cuidadoso y eficiente de la parcialización del nutriente.

3.2 Análisis de suelo

Existen diferentes herramientas de diagnóstico de la fertilidad de los suelos. Sin duda la más certera y directa es la respuesta de la planta a la condición de suelo en donde se desarrolla. La respuesta productiva del cultivo estará condicionada por la disponibilidad de nutrientes en el suelo (fertilidad natural del suelo) y por el aporte de nutrientes como fertilizante que haga el productor (fertilización de producción).

* Ex investigador INIA Carillanca. Consultor Privado.

El análisis de suelo es una herramienta indirecta que permite evaluar su fertilidad natural o disponibilidad de nutrientes. Para ello se analizan distintas fracciones de los nutrientes existentes en el suelo a partir del uso de distintas soluciones químicas. Cuando la agregación de un nutriente al suelo deja de producir aumentos de rendimiento, se dice que alcanzó un nivel crítico de disponibilidad de ese nutriente en el suelo (Campillo, 2013). En general, el nivel crítico de un nutriente define dos categorías de fertilidad de suelo:

- Suelos donde la probabilidad de respuesta a la aplicación de fertilizantes es alta (suelos de baja fertilidad)

- Suelos donde la probabilidad de respuesta a la aplicación de fertilizantes es baja (suelos de alta fertilidad).

Normalmente no se aplica fertilizante cuando se está sobre el "nivel crítico". Previo a la definición de fertilización del cultivo se requiere efectuar un análisis de suelo completo, a objeto de estimar el contenido de nutrientes disponibles, como base del plan de fertilización adecuado para cubrir los requerimientos del cultivo.

3.3 Necesidades nutricionales de cultivos de trigo y triticale

Se ha establecido que la cantidad de nutrientes que requiere un cultivo es función directa del rendimiento esperado, del índice de suministro del nutriente del suelo y de la eficiencia de uso del fertilizante (Rodríguez, 1993). Así, cuanto mayor sea el rendimiento esperado mayor será también la necesidad de nutrientes por el cultivo. Sin embargo, en el caso del cultivo de trigo y triticale es fundamental considerar también la variedad y hábito de crecimiento. En relación a la variedad, se observan diferencias en la acumulación de proteínas del grano, indicando así variaciones en el requerimiento de *N* de la planta (Johnson y otros, 1973; Stone y Savin, 1999). Respecto al hábito de crecimiento, en general las variedades invernales generan mayores extracciones totales de nutrientes que las variedades primaverales, principalmente por su mayor permanencia en el suelo (Hirzel, 2004).

Otros factores que afectan la variabilidad en las necesidades nutricionales del cultivo de trigo y triticale son las propiedades físico-químicas del suelo, condiciones climáticas y el manejo agronómico. De esta forma, un mismo cultivar de trigo y triticale sembrado en diferentes sitios presentará también diferentes necesidades nutricionales para iguales niveles de rendimiento. Por ello, para definir las cantidades de nutrientes a aplicar en este y otros cultivos, se deben considerar los factores que influyen en sus necesidades nutricionales.

La dosis de fertilización se obtiene a partir del análisis de suelo y de la fertilización con diferentes nutrientes sugeridas por el laboratorio, a partir del análisis químico, del pre cultivo y del próximo cultivo a establecer.

El productor siempre busca aplicar la cantidad de nutrientes que le permita alcanzar los máximos rendimientos (óptimo físico). Sin embargo, la mayor eficiencia se obtiene con la dosis óptima económica, la cual varía según el precio del triticale y el precio del insumo-fertilizante. Aplicaciones de nutrientes (fertilizantes) por sobre lo necesario no se traducirán en mayor rentabilidad. De allí la importancia de calcular correctamente la dosis requerida por el cultivo.

La estrategia de fertilización se define en función del nutriente a usar, las características del suelo y el hábito de crecimiento del cultivo. En relación al nutriente, es importante precisar que el nitrógeno es el único elemento que debe ser aplicado en forma parcializada en todo tipo de suelo. Los demás elementos químicos (fósforo, potasio, magnesio, azufre) presentan mayor estabilidad en el suelo, por lo cual se pueden aplicar de una sola vez al momento de la siembra. Incluso, el potasio puede aplicarse en dos parcialidades, siempre que se utilicen variedades de hábito invernal o alternativo.

El cultivo de triticale se caracteriza por su alto requerimiento de nitrógeno (N) y potasio (K), además de otros nutrientes esenciales como fósforo (P), azufre (S) y calcio (Ca). En general, el N y K representan cerca del 80% del total de los nutrientes en las plantas, el P, S, Ca y el Mg en conjunto constituyen el 19%, mientras que el total de los micronutrientes constituyen menos del 1%.

3.4 Gestión del nitrógeno en la productividad y calidad del cultivo de triticale

La deficiencia de N en las plantas reduce notoriamente la tasa de crecimiento. En el caso de los cereales (Mengel y Kirkby, 1982), el macollaje es pobre y el área foliar es pequeño; el número de espigas por unidad de área junto con el número de granos por espiga son reducidos. Como este nutriente es un componente de la clorofila, su deficiencia se visualiza como un amarillamiento o clorosis de las hojas, apareciendo primero en las hojas basales mientras que las superiores permanecen verdes. En casos de deficiencia severa, se manifiesta una clorosis generalizada en toda la planta. Como resultado disminuye el rendimiento del cultivo y el contenido de proteínas (Roy *et al.*, 2006).

Los efectos del exceso de N son menos evidentes que su deficiencia. Ellos incluyen crecimiento vegetativo prolongado, coloración verde oscuro en el follaje, aumento en la susceptibilidad de la planta al ataque de fitopatógenos y un retraso de la madurez del cultivo.

La concentración de N en las plantas de triticale disminuye con el transcurso de los períodos fenológicos, alcanzando valores de 3,5–4,2 % en el estado de plena macolla, hasta 0,9–1,2 % al estado de madurez a la cosecha (Hirzel, 2004). En el caso del grano, al momento de la cosecha la concentración de N fluctúa entre 1,6–2,4 %, superando a los otros nutrientes.

El rendimiento está condicionado fuertemente a la nutrición mineral, donde el N es el nutriente más importante cuantitativamente, el de mayor impacto y a través del cual se logra el mayor retorno económico. Gran parte del N del suelo está en forma orgánica, razón por la cual su disponibilidad para el cultivo depende principalmente de la mineralización de los residuos. Sin embargo, el proceso de mineralización ocurre normalmente en el suelo a una tasa insuficiente para satisfacer la demanda de N en triticale de alto potencial de rendimiento. Por ello, el N es el nutriente que en mayor medida limita el rendimiento del cultivo (Campillo, 2013).

Existe la urgente necesidad de mejorar la eficiencia de uso de N (EUN), esto es, que produzca una mayor cantidad de grano y mantenga niveles

medios a altos de proteína, con aplicaciones menores a las actualmente en uso, como una manera de rentabilizar la producción de este cereal y mantener la sustentabilidad de los sistemas de producción. La obtención de altas EUN es de gran importancia en la producción actual de los cultivos. La EUN puede incrementarse a través de selección del ambiente de crecimiento del cultivo (tipo de suelo y clima), prácticas de manejo (fecha de siembra, dosis y parcialización de la aplicación de N) y mejoramiento genético del cultivo (Semenov *et al*., 2007).

La dosis y parcialización de la fertilización nitrogenada son las mejores herramientas disponibles para optimizar la productividad del cultivo. El N afecta los tres componentes principales del rendimiento: espigas por hectárea, granos por espiga y peso de grano, así como también la calidad del grano representados por la proteína y el gluten húmedo.

La EUN está muy influenciada por la época de aplicación del fertilizante nitrogenado. Cuando se utilizan altas dosis de N en períodos en que el cultivo de triticale tiene baja demanda por su escaso desarrollo, como ocurre durante la siembra o emergencia de la planta, se potencian las pérdidas de N. Para minimizar esto, la aplicación del fertilizante nitrogenado debe realizarse en parcialidades que coincidan con el período de utilización del cultivo. Esto significa que las aplicaciones de N deben sincronizarse con la curva de demanda del cultivo (Raun y Johnson, 1999; Cassman y otros, 2002; Fageria y Baligar, 2005). Durante los primeros estadios de crecimiento de la planta, la absorción de N es muy baja y se incrementa sustancialmente durante el macollaje del triticale. La parcialización de la dosis es la base de un manejo eficiente para lograr el máximo rendimiento económico y de calidad superior. En el cultivo de triticale producido en la zona sur de Chile, se ha establecido que la aplicación parcializada del N en dos oportunidades, además de la dosis de siembra durante la temporada, y considerando su sincronización con la demanda del cultivo, son suficientes para mejorar significativamente la EUN (Campillo *et al*., 2011).

Es muy importante aplicar N a la siembra ya que en los primeros estadios de desarrollo del cultivo se determinan los componentes de rendimiento. Cuando se elimina la aplicación de N a la siembra y adicionalmente se atrasa la aplicación del N de inicio de macolla, se genera una baja importante en el rendimiento de grano.

La dosis de N necesaria para fertilizar el cultivo no se obtiene del análisis de suelo, puesto que este valor es muy variable y fluctúa rápidamente en función del clima (humedad y temperatura). Por ello, la dosis se define a partir del pre cultivo, del rendimiento esperado y de las características del suelo y de la zona donde se realizará la siembra (Campillo, 2013). En términos generales, la gestión del N en andisoles de la precordillera y llano central debe considerar los siguientes criterios:

Dosis de N según rendimiento esperado:

- Hasta 80 - 90 qqm ha^{-1}: 170 – 190 kg N ha^{-1} (dosis anual cultivo)
- Hasta 100 - 110 qqm ha^{-1}: 200 – 220 kg N ha^{-1} (dosis anual cultivo)

Parcialización de la dosis anual de N según cultivar de triticale:

- Triticales invernales y alternativos: 15% a la siembra, 40% al inicio de macolla y 45% en plena macolla
- Triticales primaverales: 20% a la siembra, 40% al inicio de macolla y 40% en plena macolla.

En la Región de La Araucanía existe escasa información de estudios nutricionales específicos que permitan caracterizar el efecto de los nutrientes sobre el cultivo de triticale, especialmente de nitrógeno. Normalmente se asume una respuesta productiva similar al cultivo de trigo.

El año 2011 se realizó un experimento de campo para evaluar el impacto del nitrógeno sobre la producción y calidad de grano de triticale en un andisol de la serie Vilcún ubicado en el predio de INIA Carillanca de la comuna de Vilcún. Se utilizó el cv. Faraón INIA (invernal) sembrado con una dosis de 200 kg ha^{-1}, el 26 de mayo de 2011.

En el cuadro 1 se indica la dosis de N total, la dosis de N a la siembra y la aplicada en algunos estados del desarrollo del triticale, además de la fuente-N. Las fuentes nitrogenadas empleadas fueron urea y nitromag.

Cuadro 1. **Dosis y fuente de N a la siembra y en algunos estadios de desarrollo del triticale Faraón INIA. Centro Regional INIA Carillanca, 2011-2012.**

Nº Trat.	N anual kg ha^{-1}	Z_0	Z_{20}	Z_{28}	Z_{32}
		Nitromag	Urea	Urea	Urea
		26 mayo	19 julio	29 sept.	18 oct
		N kg ha^{-1}			
1	0	0	0	0	0
2	160	20	70	70	0
3	200	20	80	100	0
4	240	20	90	130	0
5	280	20	90	130	40
6+	240	20	90	130	0

Z_0 - Z_{20} - Z_{28} - Z_{32} Parcialización según escala de Zadoks +: Sin fertilización basal de P_2O_5.

La caracterización química del suelo del experimento se presenta en el cuadro 2. El potrero estuvo sometido a una rotación intensiva de cultivos bajo labranza tradicional y anualmente recibía una fertilización nitrogenada principalmente con urea. En general, el suelo presentaba adecuados niveles de P, niveles medios de bases de intercambio y altos de S. Los parámetros de acidez indican ausencia de limitaciones productivas por acidificación.

Cuadro 2. Caracterización química del suelo previo al encalado y establecimiento del experimento con triticale Faraón INIA. Centro Regional INIA Carillanca, 2011-2012.

Parámetro químico	Unidad	0 – 20 cm
P Olsen	ppm	21
M. orgánica	%	17
pH agua	1 : 2,5	6,0
Ca intercambiable	cmol+/kg	6,77
Mg intercambiable	cmol+/kg	0,87
Na intercambiable	cmol+/kg	0,09
K intercambiable	cmol+/kg	0,49
S. bases intercambiable	cmol+/kg	8,22
Al intercambiable	cmol+/kg	0,05
CICE	cmol+/kg	8,27
Sat. Aluminio	%	0,6
S extractable	ppm	21,4
Cu	ppm	3,19
Fe	ppm	62,42
Mn	ppm	2,88
Zn	ppm	0,99
B	ppm	0,51

La situación climática de la localidad, INIA Carillanca (pluviometría y evaporación) se presenta en la figura 1. El 2011 presentó inicialmente una pluviometría relativamente normal, que se extendió hasta septiembre.

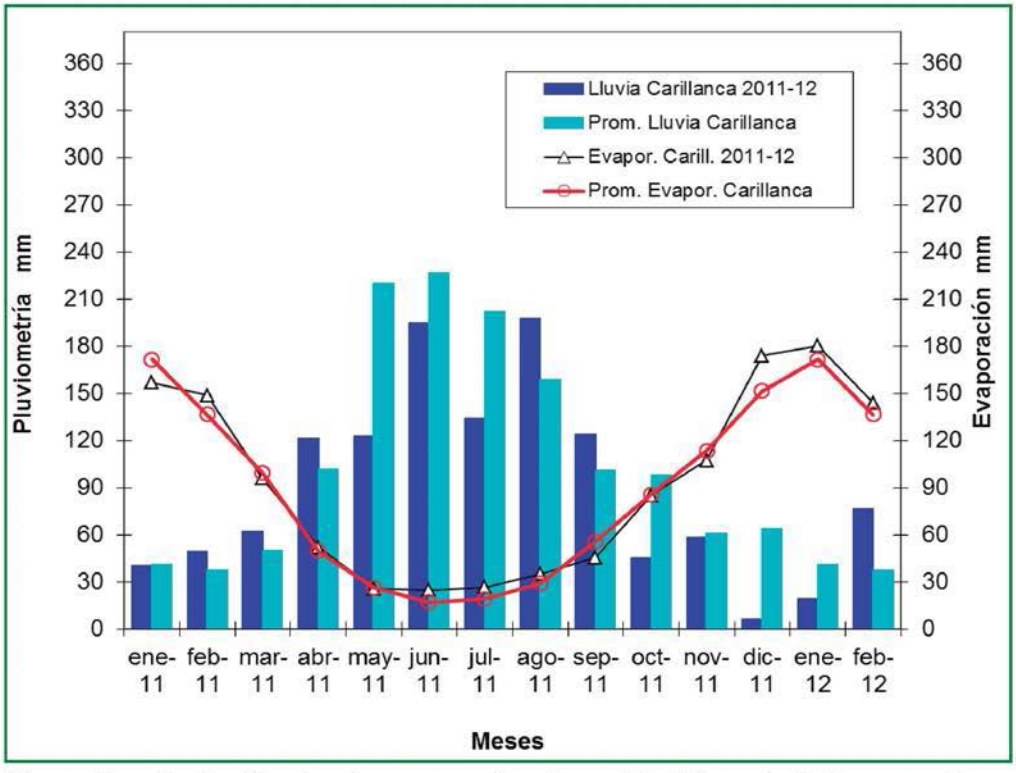

Figura 1. Evolución de algunos parámetros climáticos de la temporada. INIA Carillanca, 2011 – 2012.

Sin embargo, a partir de octubre las precipitaciones declinaron ostensiblemente, lo cual afectó el normal desarrollo de los cultivos, adelantando el período reproductivo y perjudicando el llenado de grano del triticale. El déficit de precipitaciones se extendió hasta la cosecha del experimento. Ello se debió a la acentuación del fenómeno climático de "La Niña" durante el segundo semestre de 2011.

Los rendimientos de grano de triticale de Faraón INIA en los distintos tratamientos evaluados estuvieron satisfactorios, considerando las condiciones deficitarias de precipitación a partir de la primavera y el verano, aunque por debajo del potencial del cultivar. El ANDEVA mostró efecto significativo de la dosis de N sobre el rendimiento de grano de Faraón INIA, con un coeficiente de variación (C.V.) de 3,0%.

En el cuadro 3 se presenta el rendimiento de grano de Faraón INIA. Éstos fueron crecientes en función de la dosis y fluctuaron entre 28,1 qqm ha^{-1} (Testigo sin N) y 94,8 qqm ha^{-1} (240 kg ha^{-1} N).

Cuadro 3. Efecto de dosis de N en el rendimiento de grano del triticale cv. Faraón-INIA. Carillanca, 2011-2012.

Trat.	Fuente y parcialización	Dosis N kg ha^{-1}	Rendimiento qqm ha^{-1}	
4	$Nmg_{20}_U_{90}_U_{130}$	240	94,8	a
5	$Nmg_{20}_U_{90}_U_{130}_U_{40}$	280	93,4	a
6+	$Nmg_{20}_U_{90}_U_{130}$	240	90,9	ab
3	$Nmg_{20}_U_{80}_U_{100}$	200	89,8	ab
2	$Nmg_{20}_U_{70}_U_{70}$	160	86,0	b
1	0	0	28,1	c

Medias con letras diferentes indican diferencias significativas ($P \leq 0,05$) según la Prueba de Tukey.

Nmg: Nitromag U: Urea +: Sin fertilización basal de P_2O_5.

De acuerdo al test de Tukey (Cuadro 3), no hubo diferencia en el rango de dosis entre 200 y 280 kg ha^{-1} N.

Cuadro 4. Contrastes ortogonales de producción de grano de triticale invernal Faraón INIA. Carillanca, 2011-2012.

Trat.	Fuente y parcialización	qqm ha^{-1}	Trat.	Fuente y parcialización	qqm ha^{-1}	F
2	$Nmg_{20}_U_{70}_U_{70}$	86,0	4	$Nmg_{20}_U_{90}_U_{130}$	94,8	**
3	$Nmg_{20}_U_{80}_U_{100}$	89,8	4	$Nmg_{20}_U_{90}_U_{130}$	94,8	*
4	$Nmg_{20}_U_{90}_U_{130}$	94,8	6+	$Nmg_{20}_U_{90}_U_{130}$	90,9	*

Medias con letras diferentes indican diferencias significativas ($P \leq 0,05$) según la Prueba de Tukey.

Nmg: Nitromag U: Urea +: Sin fertilización basal de P_2O_5.

Cuando se hizo una comparación en base a contrastes ortogonales, prueba estadística más robusta (Cuadro 4), se observó que la aplicación de 240 kg ha^{-1} N superó a las dosis de 160 y 200 kg ha^{-1} N, en producción de grano. Adicionalmente, el tratamiento 4 (240 kg ha^{-1} N con P) fue superior al tratamiento 6 (240 kg ha^{-1} N sin P). Ello significa que la fertilización base con 100 kg P_2O_5 ha^{-1} fue fundamental para expresar una mayor producción de grano, a pesar que el suelo del experimento presentaba inicialmente un nivel adecuado de P Olsen (21ppm).

Para establecer las dosis óptimas físicas y económicas derivadas del experimento, se ajustó un polinomio de segundo grado a los resultados de rendimiento de grano del triticale Faraón INIA:

$Y = a + bx + cx^2$ donde **Y** es el rendimiento en qqm ha^{-1}; **x** es la dosis de N en kg ha^{-1} y **a**, **b** y **c** son parámetros de la regresión.

Cuadro 5. Producción de grano de triticale Faraón INIA. Carillanca, 2011-2012.

Trat.	Fuente y parcialización	Dosis N kg ha^{-1}	Rendimiento qqm ha^{-1}	Rendimiento ** qqm ha^{-1}
1	0	0	28,1	28,1
2	$Nmg_{20}_U_{70}_U_{70}$	160	86,0	85,2
3	$Nmg_{20}_U_{80}_U_{100}$	200	89,8	91,2
4	$Nmg_{20}_U_{90}_U_{130}$	240	94,8	94,0
5	$Nmg_{20}_U_{90}_U_{130}_U_{40}$	280	93,3	93,4
6+	$Nmg_{20}_U_{90}_U_{130}$	240	90,9	

+: Sin fertilización basal de P_2O_5.
****: Valores según ajuste cuadrático**

En el cuadro 5 se presentan los valores de rendimiento del experimento y los valores ajustados a un modelo de regresión cuadrático. La ecuación ajustada fue:

$Y = 28,1443+0,521329\ x-0,00102922\ x^2$ $(R^2 = 0.9989)$

De esta manera, fue posible estimar las dosis óptima física (DOF) de producción de triticale. Según este ajuste cuadrático la DOF fue de 253,3 kg ha^{-1} de N anual, alcanzando un rendimiento máximo de 94,2 qqm ha^{-1}.

Asumiendo un costo por unidad de N (Urea) de $565 y un valor de $13.000 por qqm de triticale (octubre de 2018), fue posible determinar la dosis óptima económica (DOE) de producción de triticale para N.

Cuadro 6. Índices de eficiencia de uso de N de triticale Faraón INIA. Carillanca, 2011-2012.

Trat.	Fuente y parcialización	Dosis N kg ha^{-1}	Rdto. * qqm ha^{-1}	EUN kg grano kg N^{-1}	kg N qqm^{-1} *	kg N qqm^{-1} grano **
1	0	0	28,1			
2	$Nmg_{20}_U_{70}_U_{70}$	160	85,2	53,3	1,88	2,8
3	$Nmg_{20}_U_{80}_U_{100}$	200	91,2	45,6	2,19	3,2
4	$Nmg_{20}_U_{90}_U_{130}$	240	94,0	39,2	2,55	3,6
5	$Nmg_{20}_U_{90}_U_{130}_U_{40}$	280	93,4	33,4	3,00	4,3
6+	$Nmg_{20}_U_{90}_U_{130}$	240	90,9	37,9	2,64	3,8
	DOF	***253.3***	***94,2***	***37,2***	***2,69***	***3,8***
	DOE	***221.6***	***93,1***	***42,0***	***2,38***	***3,4***

+: Sin fertilización basal de P_2O_5.
***: Valores de rendimiento ajustado. DOF: dosis óptima física DOE: dosis óptima económica**

****: Rendimiento grano neto = (Rdto N fert – Rdto testigo)**

De acuerdo al proceso de optimización, la DOE estimada fue de 221,6 kg ha^{-1} de N anual, alcanzando un rendimiento máximo de 93,1 qqm ha^{-1}. Es importante recordar que la DOE de N permite obtener el máximo ingreso neto.

En base a los resultados obtenidos, se realizó un análisis de eficiencia de utilización del fertilizante nitrogenado (Cuadro 6). Se observa que la EUN (kg de grano kg^{-1} de N-suministrado) disminuyó en función de la dosis de N. La DOE estimada (221,6 kg ha^{-1} de N anual) alcanzó una EUN de 42 kg de grano kg de N^{-1} suministrado. Este valor de EUN es menor al esperado para un triticale de alto potencial de rendimiento.

Respecto a los kg de N necesarios para producir un qqm de grano, Faraón INIA requirió 2,38 kg N qqm^{-1} grano producido (DOE 221,6 kg ha^{-1} de N). Estos índices de EUN son menores a los esperados y se explican por el menor rendimiento obtenido debido a las limitaciones de precipitación durante la primavera y verano de la temporada.

Cuadro 7. Efecto de dosis de N en el peso hectolitro de grano del triticale Faraón INIA. Carillanca, 2011-2012.

Trat.	Fuente y parcialización	Dosis N kg ha^{-1}	Peso hectolitro	
1	0	0	77,0	a
5	$Nmg_{20}_U_{90}_U_{130}_U_{40}$	280	76,7	a
6+	$Nmg_{20}_U_{90}_U_{130}$	240	76,7	a
4	$Nmg_{20}_U_{90}_U_{130}$	240	76,5	ab
2	$Nmg_{20}_U_{70}_U_{70}$	160	76,0	bc
3	$Nmg_{20}_U_{80}_U_{100}$	200	76,0	c

Medias con letras diferentes indican diferencias significativas (P≤ 0,05) según la Prueba de Tukey.

Nmg: Nitromag U: Urea +: Sin fertilización basal de P_2O_5.

En cuanto al peso hectolitro de los tratamientos (Cuadro 7), no hubo diferencias entre los niveles de N aplicado en el rango de aplicado, como tampoco entre los tratamientos con y sin fertilización basal de P (4 y 6). En todo caso, estos valores son menores que los niveles normales para Faraón INIA.

Se concluye que la aplicación parcializada del N debe realizarse en tres oportunidades (siembra, inicio y fines de macolla), de manera de sincronizar la fertilización con la curva de demanda del cultivo, permitiendo así mejorar significativamente la EUN del cultivo. Esta gestión del nitrógeno contribuirá a optimizar la producción del triticale invernal Faraón INIA en andisoles de la Región de La Araucanía.

Referencias Bibliográficas

Campillo, R., J. Hirzel, y C. Jobet. 2011. Fertilización del cultivo de Trigo harinero. p:11-79. Colección Libros INIA Nº 28, En: Hirzel, J. (ed.) Fertilización de cultivos en Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación Quilamapu. Chillán, Chile.

Campillo, R. 2013. Fertilización del Cultivo de Trigo en el Borde Costero de La Araucanía, con énfasis en la Fertilización Nitrogenada. p:25-41. Boletín INIA Nº 281. En Campillo, R. (ed). Producción de Trigo Harinero para el Borde Costero de La Araucanía. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación Carillanca. Temuco, Chile.

Cassman, K.G., A. Dobermann, and D.T. Walters. 2002. Agroecosystems, nitrogen-use efficiency, and nitrogen management. Ambio 31:132-140

Fageria, N.K., and V.C. Baligar. 2005. Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. Advances in Agronomy 88:97-185.

Fundación Chile. 2005. Una nueva visión para el sector triguero en Chile. 100 p. Fundación Chile, Santiago, Chile.

Hirzel, J. 2004. Fertilización del cultivo. p: 49-75. Boletín INIA Nº 114. En: Mellado,M. (ed). Boletín de trigo 2004. Manejo tecnológico. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación Quilamapu. Chillán, Chile.

Mengel, K., and E. Kirkby. 1987. Principles of plant nutrition. 4th ed. 686 p. International Potash Institute, Worblaufen-Bern, Switzerland.

Raun, W.R., and G.V. Johnson. 1999. Improving nitrogen use efficiency for cereal production. Agronomy Journal 91:357-363.

Rodríguez, J. 1993. Manual de fertilización. 362 p. Colección en Agricultura. Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía, Santiago, Chile.

Roy, R.N., Finck, A., Blair, G.J. and H.I.S. Tandon. 2006. Plant nutrients and basics of plant nutrition. pp:25-42 FAO Fertilizer and Plant Nutrition Bulletin16. In: Roy, R.N. et al.,(eds). Plant nutrition for food security. A guide for integrated nutrient management., Rome, Italy.

Semenov, M.A., P.D. Jamieson, and P. Martre. 2007. Deconvoluting nitrogen use efficiency in wheat: A simulation study. European Journal of Agronomy. 26:283-294.

Stone, P., and R. Savin. 1999. Grain quality and its physiological determinants. p. 85-120. In Satorre, E., and G. Slafer (eds.) Wheat: Ecology and physiology of yield determination. Food Products Press, New York, USA.

Capítulo 4
Enfermedades Parasitarias del Triticale en Chile

Rafael Galdames G.
rgaldame@inia.cl

4.1 Introducción

El triticale en Chile ha sido considerado por años un cultivo que posee una muy buena condición sanitaria. Comparado con el trigo – uno de sus progenitores- tanto el número de enfermedades parasitarias que lo afectan, así como su nivel de incidencia es notoriamente menor.

En todos los países donde se cultiva este cereal una constante ha sido que en la medida que se incrementa la superficie sembrada, también lo hacen los problemas sanitarios que lo afectan. Sin embargo, excluyendo contadas excepciones, el triticale sigue mostrando en muchas regiones del mundo donde se cultiva buenos niveles de resistencia.

A nivel mundial alrededor de 30 enfermedades causadas por hongos, bacterias, virus y nemátodos han sido descritas, varias de las cuales son de muy baja ocurrencia (Arseniuk, 1996). Para Chile la información actualmente disponible indica un reducido número de patologías, siendo la mayoría de ellas comunes a las que afectan al trigo (Cuadro 1). Enfermedades que comprometen el follaje como royas o polvillos (*Puccinia striiformis* y *P. triticina*) y Septoriosis (*Septoria tritici*), son las de mayor frecuencia. Por otra parte, Oidio (*Blumeria graminis*) y escaldadura (*Rhynchosporium secalis*), han sido observadas pero en menor grado. El mal del pie (*Gaeumannomyces graminis* var. tritici) a nivel del cuello y raíz es la enfermedad más común. Finalmente, de las enfermedades conocidas como carbones, solo se ha observado muy ocasionalmente el carbón volador o desnudo *(Ustilago tritici).*

El buen nivel de resistencia que siguen mostrando las variedades de triticale disponibles en el mercado nacional frente a las enfermedades más comunes que afectan la parte aérea de la planta, indica que hasta

el momento no se justifica aplicar fungicidas foliares. Sin embargo, frente a situaciones particulares donde algunas de estas patologías puedan alcanzar inusuales niveles de ataque, se entrega un listado de los productos fungicidas que poseen registro en Chile como tratamientos foliares así como a la semilla (SAG, 2018. Cuadro 2 y 3). Se sugiere que el agricultor esté informado de las características específicas del producto, considerando los antecedentes entregados por el fabricante en la etiqueta.

Cuadro 1. Enfermedades parasitarias descritas afectando al triticale en Chile y su importancia relativa respecto al trigo (*T. aestivum*).

Nombre común	Agente causal	Triticale	Trigo
Roya colorada o polvillo colorado	*Puccinia triticina* (=*P. recondita* f. sp. *tritici*)	xx	xxx
Roya amarilla o polvillo estriado	*Puccinia striiformis* f.sp. *tritici*	xxx	xx
Septoriosis de la hoja	*Septoria tritici*	x	xxx
Oidio	*Blumeria graminis*	x	xxx
Escaldadura, escaldado o Rincosporiosis	*Rynchosporium secalis*	x	-
Mal del pie	*Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*	x	xxx
Carbón volador o desnudo	*Ustilago tritici*	x	x

[-] Ausente; [+] Leve; [++] moderado y [+++] alto grado de riesgo de que la enfermedad pueda causar daño económico.

4.2 Royas o Polvillos

Son consideradas las enfermedades más comunes asociadas al triticale. Razas fisiológicas de las tres royas que afectan al trigo (*Puccinia graminis*, *P. recondita* y *P. striiformis*) han sido descritas afectando al triticale a nivel mundial. En Chile solo la Roya amarilla o polvillo estriado (*Puccinia striiformis* f.sp. *tritici*) y Roya colorada o polvillo colorado de la hoja *(Puccinia triticina =Puccinia recondita* f.sp. *tritici*) han sido observadas.

La roya amarilla produce típicamente pústulas de color amarillo anaranjado, distribuidas como estrías lineales y paralelas en las hojas (Foto 1). En triticale no se han observados ataques que comprometan la espiga, lo cual es usual en variedades susceptibles de trigo. La roya colorada en cambio produce pústulas de color anaranjado a rojizo que se distribuyen de manera irregular principalmente en la lámina (Fotos 2A y 2B) y vainas de las hojas.

Por los diferentes requerimientos ambientales (temperatura y humedad) de estos patógenos, la roya estriada aparece primero en el ciclo del cultivo, en cambio los síntomas iniciales de roya colorada se pueden observar a fines de noviembre, es decir alrededor de un mes más tarde que la roya amarilla.

Durante la temporada 2016-2017, se detectaron por primera vez inusuales niveles de ataque de roya amarilla, solo en algunas líneas avanzadas de triticale. Lo anterior simplemente representó un presagio de lo que sería el actual ciclo productivo. A fines de septiembre de 2018, se detectaron los primeros focos de infección en la variedad Faraón INIA, los que posteriormente se fueron extendiendo y afectando severamente a varias siembras comerciales.

Otras variedades como Emperador INIA y Aguacero INIA también fueron afectadas por el brote de roya estriada. Sin embargo, Faraón INIA muestra los mayores niveles de susceptibilidad. La situación anterior, está obligando a realizar aplicaciones de fungicidas foliares, práctica de manejo que en temporadas anteriores era puesta en duda por los buenos niveles de resistencia que mostraban estas variedades

Foto 1. Roya estriada (*P. striiformis*) en triticale, mostrando cierto nivel de resistencia (izquierda), comparada con una línea más susceptible (derecha).

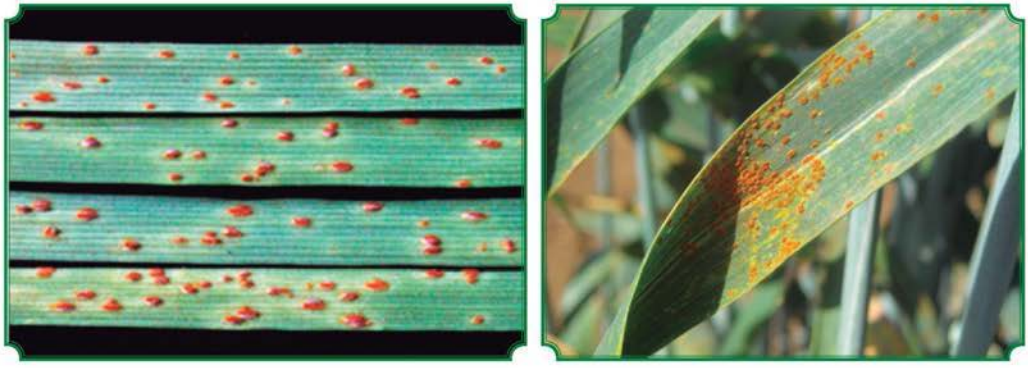

Foto 2. En imagen izquierda se observan pústulas producidas por roya colorada en una hoja de triticale (hoja superior), comparado con diferentes líneas de trigo (las tres inferiores). (Fuente: Pretorius y Bender, 2010). En imagen derecha se observa infección avanzada en una hoja de trigo con abundantes pústulas distribuidas de manera irregular en la lámina foliar.

4.3 Septoriosis de la hoja (*Septoria tritici)*

Los síntomas son muy similares a los producidos en trigo, caracterizados por el desarrollo de manchas levemente amarillentas, ovaladas o alargadas y luego oscuras o necróticas en las hojas (Foto 3). Sin embargo, los niveles de ataque observados en triticale son significativamente más bajos. Sobre las manchas necróticas y dependiendo del nivel de susceptibilidad se pueden forman picnidios, los que a simple vista se ven como pequeños puntos negros. Los síntomas de esta enfermedad siempre comienzan en las hojas inferiores y avanzan progresivamente a hojas superiores.

En el sur de Chile, así como en países donde existen condiciones ambientales predisponentes, caracterizadas por temperaturas moderadas y ambientes húmedos y lluviosas, no se han descrito ataques severos por esta enfermedad. Para Chile, todas las variedades comerciales muestran buenos niveles de resistencia, por lo que nuevamente no se ha justificado aplicar fungicidas foliares para su control.

Foto 3. En la imagen izquierda síntomas de septoriosis en hojas individuales y a la derecha en plantas espigadas, mostrando un patrón de infección foliar de tipo ascendente, en líneas susceptibles de triticale.

4.4 Oidio (*Blumeria graminis*)

Se caracteriza por la presencia de micelio superficial blanco grisáceo de apariencia algodonosa principalmente en hojas (Foto 4). Esta enfermedad es más severa en trigo, donde puede llegar a comprometer las espigas (glumas y barbas). Posteriormente, en lesiones más viejas se pueden desarrollar estructuras esféricas de color negro (cleistotecios) que le permiten al hongo pasar el invierno en residuos de cosecha.

Normalmente se presenta en cultivos de sectores con baja ventilación, alta densidad de plantas, alta fertilización nitrogenada y ambiente con alta humedad relativa.

A pesar que *B. graminis* puede atacar un amplio rango de hospederos (cereales y otras gramíneas), se caracteriza por la existencia de al menos ocho *"formae especialis"*, que dan cuenta de su refinada

capacidad de atacar hospederos específicos. En nuestro país no está claramente determinado si *B. graminis* f.sp. secale y B. *graminis* f.sp. *tritici* afectan al triticale, sin embargo, como el trigo es uno de sus progenitores podrían eventualmente estar presente ambos.

Las variedades comerciales de triticale han mostrado frente a oidio desde moderada resistencia a resistencia, por lo cual no debería ser necesario hacer aplicaciones de fungicidas foliares.

Foto 4. En la imagen de la izquierda, micelio superficial blanco grisáceo en una hoja de triticale y trigo a la derecha.

4.5 Escaldadura, escaldado o rincosporiosis (*Rhynchosporium secalis*)

R. secalis ha sido considerado en la mayoría de los estudios como el responsable de la escaldadura en triticale. Los síntomas se pueden observar tempranamente durante el desarrollo del cultivo (fines de macolla inicio de encañado), y se caracterizan por la formación de lesiones ovaladas de aspecto acuoso y de márgenes definidos. En la medida que la infección aumenta las lesiones se van extendiendo tomando formas alargadas y adquiriendo una coloración café claro en el centro con bordes de coloración más oscura (Foto 5). En infecciones avanzadas el tejido se seca, pero en general los bordes oscuros de las lesiones individuales son reconocibles aún en el tejido muerto.

Junto al triticale, esta enfermedad también afecta a otros cereales (cebada y centeno), siendo lejos más severa en cebada. En Chile la

enfermedad fue descrita por primera vez en 1992 (Madariaga y Mellado, 1992) y en la zona sur, donde se dan condiciones muy favorables para su desarrollo (humedad relativa alta y temperaturas templadas a frías), la escaldadura se ha observado muy ocasionalmente. En Canadá y varios países productores europeos, la escaldadura es una enfermedad que no representa un problema, esencialmente porque es una enfermedad ausente o muy ocasional. Baja ocurrencia y bajos niveles de ataque hasta el momento no justifica aplicaciones de fungicidas foliares.

Foto 5. Síntomas de escaldadura en hojas de cebada.

4.6 Mal del pie (*Gaeumannomyces graminis* var. *tritici)*

Variaciones importantes en la sintomatología se puede observar dependiendo del momento en que se inicie la infección. En ataques tempranos las plantas presentan clorosis foliar y ennegrecimiento de raíces. En estados avanzados, el ennegrecimiento es más intenso, comprometiendo además el cuello de las plantas (Foto 6). Durante la madurez de la planta es común observar la presencia de espigas blancas, las cuales pueden estar completamente vanas o presentan grano chupado. Generalmente en el campo, la enfermedad se presenta como sectores o áreas de extensión variable, con plantas que presentan amarillez foliar, menor desarrollo y menor población.

En general todos los cereales de grano pequeño son susceptibles a esta enfermedad, a excepción de la avena. Varios estudios ubican al trigo como la especie más susceptible y menos al centeno, ubicándose al triticale y la cebada en posición intermedia. En otros estudios se

señala que la cebada es significativamente más resistente que el triticale.

Antecedentes nacionales respecto a esta enfermedad afectando triticale son limitados. En siembras primaverales, en suelos fuertemente infectados con *G. graminis*, la variedad Aguacero INIA mostró una significativa menor infección por mal del pie cuando se comparó con seis variedades de trigo primaveral. Lo anterior también se tradujo en importantes ventajas en rendimiento de grano (Mellado *et al.,* 2005).

Para esta enfermedad la rotación de cultivos es considerada la práctica cultural más efectiva para reducir su daño, lo cual resulta cierto en la medida que se incluyen cultivos no hospederos del hongo, tales como raps y lupino, realizando además un buen control de malezas gramíneas. En general cuando el potrero tiene un historial de incidencia de mal del pie, incluir triticale en la rotación, aunque tenga cierto nivel de resistencia, no es una buena práctica puesto que no disminuirá la población o carga del patógeno en el suelo poniendo en grave riesgo el cultivo siguiente si se tratará de un cereal como trigo.

Foto 6. Imagen de la izquierda muestra clorosis foliar y ennegrecimiento de raíces en estados iniciales y espigas blancas, y a la derecha ennegrecimiento de cuello y raíces en planta adulta de trigo (Fuente: CIMMYT)

4.7 Carbón volador o desnudo (*Ustilago tritici)*

La sintomatología es muy característica durante la espigadura y floración, ya que las espiguillas son destruidas completamente y se hacen evidentes las masas de esporas negras de aspecto carbonoso dejando el raquis desnudo.

En Chile, así como en otros países, es una enfermedad de muy baja ocurrencia y de importancia menor, especialmente si se emplea semilla de buena calidad y/o se desinfecta con fungicidas.

Foto 7. Carbón volador o desnudo donde se evidencia la desintegración de espigas con abundantes masas de esporas de aspecto carbonoso (Fuente: CIMMYT).

Cuadro 2. Fungicidas registrados y recomendados según fabricante o importador (x), en aplicaciones foliares en el control de enfermedades aéreas en triticale.

Nombre Comercial	Fabricante o importador	Ingrediente activo	Royas	Septoriosis de la hoja
Mirage 40 EC	Makhteshim Agan Chile Spa	Procloraz	-	x
Duett	Basf Chile S.A.	Carbendazima/epoxiconazol	x	x
Jangal	Basf Chile S.A.	Kresoxim-metilo/epoxiconazol	x	x
Priori	Syngenta S.A.	Azoxistrobina	x	x
Zenit 400 EC	Syngenta S.A.	Fenpropidina/propiconazol	x	x
Juwel Top	Basf Chile S.A.	Epoxiconazol/fenpropimorfo / kresoxim-metilo	x	x
Tacora Mas	Anasac Chile	Tebuconazol/carbendazima	x	x
Priori Xtra	Syngenta S.A.	Azoxistrobina/ciproconazol	x	x
Soprano C	Makhteshim Agan Chile Spa	Carbendazima/epoxiconazol	x	x
Artea 330 EC	Syngenta S.A.	Propiconazol/ciproconazol	x	-
Tantor	Rotam de Chile Agroquimica Ltda.	Tebuconazol/carbendazima	x	x
Tebuconazol 6fs Agrospec	Agrospec S.A.	Tebuconazol	x	x
Impulso 25 SC	Anasac Chile S.A.	Azoxistrobina	x	x
Planet xtra	Syngenta S.A.	Azoxistrobina/ciproconazol	x	x
Stereo	Syngenta S.A.	Ciprodinilo/propiconazol	x	x
Vertice 25 EW	Arysta Lifescience Chile S.A.	Tebuconazol	x	x
Collera 250 SC	Anasac Chile S.A.	Carbendazima/epoxiconazol	x	x
Scenic	Bayer S.A.	Fluoxastrobina/protioconazol/ tebuconazol	x	x
Parclan 250 SC	Anasac Chile S.A.	Carbendazima/epoxiconazol	x	x

Cuadro 3. Fungicidas registrados y recomendados según fabricante o importador, en aplicaciones a la semilla para el control de carbones en triticale.

Nombre comercial	Fabricante o importador	Ingrediente activo	Carbón Volador	Carbón Cubierto[1]
Anagran Plus	Anasac	Carbendazima + Mancozeb	x	x
Baytan 150 FS	Bayer	Triadimenol	x	x
Celest XL O35 FS	Syngenta	Fludioxonil + Mefenoxam	x	x
Chambel 6 FS	Arysta	Tebuconazol	x	x
Raxil 060 FS	Bayer	Tebuconazoe	x	x
Polyben 50 WP	Anasac	Benomilo	x	x
Tacora 25 WP	Anasac	Tebuconazol	x	x
T - Buzol 25% WP	Point Chile S.A	Tebuconazole	x	x
Seed cover	Rotam Chile Agroquimica Ltda.	Tebuconazole	x	x

1. **No ha sido observado en Chile**

Referencias Bibliográficas

Arseniuk E. 1996. Triticale diseases: A review. p.: 499-525. In: Guedes-Pinto H, Darvey N, Carnide VP (eds) Triticale today and tomorrow. Kluwer Acad: Publ Dordrecht, The Netherlands.

Jobet, C. 2010. Faraón INIA, a new Winter Triticale (xTriticosecale Wittmack) for Southern Chile. Chilean Journal of Agricultural Research 70: 670-673.
http://www.chileanjar.cl/files/V70_I4_2010_ENG_ClaudioJobet.pdf

Madariaga, R., y M. Mellado. 1992. El escaldado del triticale en Chile. Agricultura Técnica (Chile) 52:225-228.

Mellado, M., R. Madariaga, e I. Matus. 2005. Aguacero INIA, nuevo cultivar de triticale de primavera para Chile. Agricultura Técnica (Chile) 65:90-95.

SAG. 2018 Lista de plaguicidas con autorización vigente.
http://www.sag.cl/ambitos-de-accion/plaguicidas-y-fertilizantes/78/registros. Leído 12 de marzo de 2018.

Capítulo 5

Rol del Triticale en la Alimentación de Ganado Bovino

Adrián Catrileo S.
acatrile@gmail.com

La agricultura de la Región de La Araucanía se caracteriza por ser de carácter mixto, vale decir, donde puede encontrarse en los predios el desarrollo de la actividad agrícola con una fuerte presencia de cultivos anuales y la ganadería. Aunque el trigo y la avena siguen siendo los cultivos más importantes en la región, el triticale (X *Triticosecale* Wittmack) ha ido adquiriendo importancia en los últimos años alcanzando en la temporada 2016/2017 una superficie estimada de 20.122 hectáreas (ODEPA, 2018). Por su parte, la ganadería bovina, aunque con una leve tendencia a la baja, mantiene aproximadamente el 20% de la masa bovina nacional con 678 mil cabezas de ganado, según el Censo 2007, citado por la misma fuente.

Desde la creación del triticale en el país en los 70's, INIA Carillanca ha liberado siete variedades al medio buscando mejor adaptación, rendimiento y tolerancia a las enfermedades, siendo Emperador INIA el último cultivar puesto en el mercado. Así como el triticale, la Región de La Araucanía tiene aptitud para el desarrollo de diferentes cereales que como forraje o como grano pueden constituir parte de la alimentación de los bovinos. En general, al ser usados como granos se reconoce en ellos su aporte principalmente energético, expresado en Megacalorías de Energía Metabolizable (Mcal EM), donde el aporte del triticale es comparable al trigo y superior al contenido energético de la avena (Cuadro 1), este último muy utilizado en alimentación animal.

Cuadro 1. Composición nutritiva de granos de cereales producidos en La Araucanía (base 100% materia seca).

Grano	MS %	PC %	FC %	EM Mcal/kg	Ca %	P %	Mg %
Avena	88,7	11,7	9,7	2,76	0,09	0,25	0,22
Cebada	86,6	12,1	4,8	3,15	0,09	0,26	0,11
Trigo	83,2	13,5	2,9	3,26	0,06	0,31	0,41
Triticale	86,4	11,6	3,3	3,23	0,06	0,27	0,15

Fuente: Anrique *et al.*, (2014).

Los valores de otros nutrientes como proteína y minerales son similares entre todos los granos de cereales, y en general en una ración que contiene forraje y granos, deben ser suplementados con otros alimentos para evitar deficiencias nutritivas en el animal.

Entre las variedades de triticale tampoco existe gran diferencia, al menos entre las variedades nacionales que han sido evaluadas con este objetivo (Cuadro 2).

Cuadro 2. Calidad y valor nutritivo del grano de tres variedades de triticale cosechados en La Araucanía.

Variables	Antuco INIA	Calbuco INIA	Tolhuaca INIA
Materia seca %	87,5	87	87,5
Proteína cruda %	9,9	11,4	10,9
EM Mcal/kg	3,21	3,18	3,25
Fibra cruda %	3,2	3,6	2,9

Fuente: Laboratorio Nutrición Animal INIA (citado por Mellado *et al.*, 2008).

5.1 El triticale en pastoreo

Todos los cereales pueden ser sembrados y pastoreados en el invierno, pero solo aquellos que tengan un hábito invernal como la avena pueden ser sembrados tempranamente y ser utilizados de buena forma como forraje invernal. Los cereales que tienen hábito invernal requieren horas de frío para expresar su crecimiento y este fenómeno se conoce como vernalización. El triticale Faraón INIA, tiene hábito de desarrollo invernal, pudiendo sembrarse desde temprano en otoño, a partir de abril.

No existe mucha información local publicada acerca del uso del triticale para pastoreo, sin embargo su manejo y utilización con este objetivo es similar al usado con otros granos, en particular la avena. Romero *et al*., (2012) destacan la producción del triticale en relación a ballica anual, indicando una mayor producción de materia seca y mejor recuperación después del pastoreo del triticale, concluyendo que puede ser utilizado como un cultivo doble propósito, con producción invernal para pastoreo y cosecha de grano.

En un estudio realizado en Osorno (Teuber, 2000), el triticale sembrado en marzo, produjo una cantidad de materia seca acumulada a julio de 860 kg por hectárea, que bien podría ser utilizado como talaje invernal. Sin embargo, su mayor volumen de producción se alcanza en los meses posteriores (Cuadro 3). El autor concluye que para efectos de cosechar un buen forraje conservado, como ensilaje, el triticale debiera ser cosechado a comienzos de noviembre, cuando la planta inicia la emergencia de la espiga y donde concentra un buen equilibrio en volumen, proteína y digestibilidad *in vitro* (DIV) de la MS de 13, 9 ton; 12,8% PC y 65,8% DIVMS, respectivamente.

Cuadro 3. Producción de materia seca y calidad nutritiva de triticale en Osorno.

Fecha de corte	Ton MS/ha	Proteína %	Digestibilidad *in vitro* (DIV) %
17 mayo	0, 19	35,4	85,8
12 de julio	0, 86	30,7	82,3
20 de septiembre	5, 00	24,0	71,6
01 noviembre	13,96	12,8	65,8
29 noviembre	24,19	8,5	54,8

Fuente: Teuber, (2000)

El momento para iniciar el pastoreo está asociado al buen establecimiento de las plantas y de sus raíces y en general, se podrá pastorear cuando sea difícil sacar una planta al tomarla con los dedos y tirarla o, cuando el suelo permita soportar el pisoteo de los animales sin destruirse. Si las condiciones de temperatura y establecimiento son normales, en general, el primer pastoreo se podrá hacer cuatro o seis semanas después de la siembra.

En el caso de pastoreo directo, Saroff *et al*., (2003) señalan que para una utilización eficiente de triticale se deberían regular los períodos de descanso entre pastoreos para cada carga animal empleada, tratando de maximizar el potencial de rendimiento, evitando las pérdidas de tejido vegetal por senescencia.

La composición promedio del forraje de algunos triticale se indica en el cuadro 4. Se aprecia que el forraje fresco tiene solo 20% de materia seca, lo que encarece mucho el traslado cuando el lugar de consumo está alejado del sitio de cosecha. No ocurre lo mismo con el heno que contiene casi 90% de materia seca. Sin embargo, se puede observar que el forraje fresco es rico en proteína y tiene más energía metabolizable que el ensilaje y que el heno.

Cuadro 4. Características nutritivas del forraje de triticale bajo diferentes formas de oferta.

Componente	Forraje fresco	Ensilaje	Heno
Proteína cruda %	20	12	8
Materia seca %	20	35	89
Fibra Detergente Neutro (FDN) %	50	60	70
EM Mcal /kg MS	2,5	2,2	2,0

Fuente: Saroff *et al.*, (2003)

De acuerdo a lo sugerido por Oatway (2006), las recomendaciones generales al usar cereales para pastoreo, en especial cuando las plantas tienen un alto contenido de agua como es en el invierno son:

- Evitar la presencia de acidosis suministrando a los animales paja o permitir el acceso a potreros adyacentes donde los animales encuentren praderas más fibrosas

- Evitar altas aplicaciones de nitrógeno, ya que altos niveles de nitrato en el potrero pueden provocar problemas en la primavera

- Usar suplementación con minerales para evitar tetania de los pastos, en particular en áreas con déficit de magnesio

- Suplementar los animales en pastoreo con paja o heno para agregar fibra a la dieta, evitando así un estiércol muy acuoso.

5.2 El triticale como forraje conservado

La gran producción de forraje que alcanza en corto tiempo hace posible el uso del triticale como forraje conservado, particularmente en la forma de ensilaje. En un estudio realizado en La Araucanía Rojas *et al.*, (2004) se evaluó el momento óptimo de corte para este fin.

El cultivo fue sembrado a mediados de abril para evaluar diez momentos de corte, en los siguientes estados fenológicos del triticale (Tolhuaca INIA): T1: bota abriéndose; T2: espiguillas visibles; T3: comienzo antesis; T4: antesis en progreso; T5: grano acuoso; T6:

grano lechoso; T7: grano lechoso harinoso; T8: grano harinoso; T9: grano harinoso suave a duro, y T10: grano duro.

La producción y porcentaje de MS por hectárea a través del tiempo se presenta en el cuadro 5, en el cual se observa un aumento progresivo de ambos parámetros a medida que avanza el estado fenológico o madurez de la planta, lo que es característico de la evolución productiva de los cereales. Así, a los 190 días de crecimiento, correspondiente al estado de bota de espiga, el cultivo acumuló 11,7 ton MS ha^{-1}, similar al rendimiento obtenido en Osorno (10,2 ton MS ha^{-1}) al cortar con 202 días al mismo estado fenológico (Teuber, 2000). La mayor producción se obtuvo en estado harinoso suave a duro con 245 días de crecimiento y fue de 28,3 ton MS ha^{-1}.

Cuadro 5. Caracterización de triticale en producción y calidad nutricional cosechado en 10 estados fenológicos. INIA Carillanca.

Estado fenológico	Días de crecimiento*	Materia seca %	Producción ton MS ha^{-1}	Proteína cruda %	EM Mcal kg^{-1}	DIV %
Bota abriéndose	190	20,2	11,7	10,6	2,56	74,6
Espiguillas visibles	196	23,0	15,1	9,3	2,53	73,4
Comienzo antesis	203	26,2	18,5	8,3	2,50	72,0
Antesis en progreso	210	29,5	21,5	7,6	2,46	70,6
Grano acuoso	217	32,7	23,9	7,1	2,43	69,2
Grano lechoso	227	37,4	26,4	6,5	2,38	67,3
Grano lechoso harinoso	231	39,2	27,1	6,2	2,36	66,5
Grano harinoso	238	42,4	28,0	5,5	2,32	65,1
Grano harinoso suave	245	45,7	28,3	5,2	2,29	63,7
Grano duro	252	48,9	28,0	4,2	2,25	62,3

Fuente: Rojas *et al.* (2004).

(*): Siembra el 19 de abril.

Como se aprecia en el cuadro 5, la proteína cruda del triticale expresada en porcentaje, disminuyó gradualmente en la medida que avanzó su madurez desde 10,6 a 4,2% correspondiente a los estados de bota abriéndose a grano duro, coincidente con otros estudios. En cuanto a la energía metabolizable (EM), esta también disminuyó desde el estado de bota abriéndose (T1) con 2,56 Mcal EM kg^{-1} a grano duro (T10) con 2,25 Mcal EM kg^{-1}, lo que significó un 12% de disminución.

En cuanto a la digestibilidad *in vitro* del material (DIV) se observa que ésta, al igual que la PC y EM, disminuye a medida que avanza el estado de madurez, lo cual se debería al aumento del contenido de fibra y lignina de sus componentes. Así, en la medida que avanzó la madurez de la planta disminuyó la proporción relativa de las hojas en relación a tallos y espigas, las que tienen un contenido superior de fibra. La digestibilidad del ensilaje constituye un indicador clave para lograr altos niveles de producción animal, debido a que es uno de los factores reguladores del consumo voluntario, al igual que el contenido de energía.

La digestibilidad mínima de las plantas al corte para obtener un buen forraje conservado es de 70%, y de acuerdo con el estudio, la época de corte aceptable estaría entre T4: antesis en progreso, con 70,6% DIV y T5: grano acuoso cuando la planta tenía un 69,2% DIV.

Los autores concluyeron que el mejor momento de corte del triticale para confeccionar ensilaje de calidad para la engorda de novillos, correspondió al estado de antesis en progreso, con 210 días de crecimiento cuando el cultivo presentaba 29,5% MS, 70,6% de digestibilidad *in vitro* (DIV), 7,6% de proteína cruda (PC) y 2,46 Mcal de energía metabolizable por kilo de materia seca. En ese momento la planta acumuló además 21,5 ton MS por hectárea.

5.3 El triticale y su uso como grano en alimentación de bovinos

El interés de aumentar la superficie con triticale en el país es su mayor rendimiento (10%) en comparación a avena, trigo y cebada (30%) con labores culturales similares. El grano posee menos fibra cruda que el grano de avena, similar en proteína a trigo, cebada y

avena y equivalente en el contenido de energía que la cebada. Estas características en su contenido de energía, proteína y de aminoácidos, en particular lisina, han hecho que el triticale como grano sea también de interés para la alimentación del salmón y animales mono gástricos, como aves y cerdos. En Australia, algunos estudios indican que el almidón que posee tiene una mayor digestión en el intestino delgado y su consumo por rumiantes podría implicar una cierta posibilidad de acidosis. Sin embargo, este problema es posible con cualquier cereal cuando éstos se suministran en grandes cantidades diarias y con el grano molido fino. Al respecto, a diferencia del grano de avena y de lupino dulce que pueden ser suministrados como grano entero en las raciones de rumiantes, el triticale al igual que la cebada y el trigo, debe ser molido. La molienda debe ser gruesa (tamiz 10 mm), con lo cual se disminuye la eventual presencia de acidosis y, si además la ración se entrega en dos parcialidades si ésta tiene un alto contenido de grano.

5.3.1 Uso en alimentación de terneros

En la comuna de Chillán, Vidal y Jahn (1989) realizaron un estudio para evaluar el reemplazo del grano de maíz por triticale en el concentrado de terneros de lechería. Se formularon 4 tratamientos con niveles de 0 - 8,4 – 16,8 y 33,6 % de triticale en reemplazo de maíz (Cuadro 6).

Cuadro 6. Composición de raciones (%) para terneros de lechería. INIA Humán (Los Angeles, Región del Biobío)

	Tratamientos			
	I	**II**	**III**	**IV**
Triticale	0	8,4	16,8	33,6
Maíz	30,4	22,8	15,2	0
Lupino	6,4	5,6	4,8	3,2
Harina de pescado	3,2	3,2	3,2	3,2
Heno alfalfa	58	58	58	58
Minerales y Vitaminas.	+	+	+	+

Fuente: Vidal y Jahn (1989)

Los resultados indicaron que la inclusión creciente de triticale en reemplazo de maíz no presentó diferencias en el consumo de MS, la eficiencia de conversión, ni en el aumento del peso de los animales. Sin embargo, se observó una menor eficiencia de conversión en las primeras cinco semanas del estudio. Los autores concluyen que se puede incluir el reemplazo de maíz por triticale en concentrados de terneros, excepto en terneros menores de 12 semanas de edad o tres meses. La posibilidad de reemplazo finalmente estará determinada además, por el precio de ambos granos.

5.3.2 Uso en engorda de novillos

Un estudio realizado en INIA Carillanca con novillos Hereford de 10 meses de edad y 250 kg de peso, evaluó diferentes niveles de inclusión de grano de triticale molido a una ración que contenía además, heno de praderas como forraje base, afrecho de raps y sales minerales (Cuadro 7).

Cuadro 7. Niveles de inclusión (%) de grano de triticale en la alimentación invernal de novillos de engorda. INIA Carillanca

	Tratamientos				
	I	II	III	IV	V
Triticale	0	15	30	45	60
Afrecho de raps	7	7,5	8	8,5	9
Heno	92	76,5	61	45,5	30
Sales minerales	1	1	1	1	1
Total	100	100	100	100	100

Fuente: Rojas *et al.*, (1991)

Los resultados señalan que al aumentar el triticale en la ración, los niveles de digestibilidad de la materia seca y energía metabolizable aumentaron significativamente y en forma inversa lo hizo la fibra. El aumento del triticale, si bien no hizo aumentar el consumo debido a la mayor concentración energética en la ingesta, sí aumentó sostenidamente el incremento de peso diario de los novillos y en forma conjunta la eficiencia de conversión del alimento a ganancia de peso vivo hasta el nivel 30% de inclusión (Cuadro 8).

Cuadro 8. Resultados productivos en novillos de engorda Hereford con raciones a niveles crecientes de grano de triticale.

	Tratamientos				
	I	II	III	IV	V
Nivel de triticale (%)	0	15	30	45	60
Energía Digestible (ED) Mcal kg^{-1}	2,4	2,5	2,7	2,7	2,8
Ganancia de peso (kg/animal/día)	0,940	1,085	1,137	1,118	1,178
Consumo MS (kg/animal/día)	7,9	7,9	7,6	7,3	7,1
Eficiencia de Conversión kg/kg	8,5	7,3	6,7	6,6	6,1
Rendimiento de canal (%)	56,4	58,6	60,3	60,8	60,9

Fuente: Rojas *et al.*, (1991)

Los niveles superiores de inclusión mejoraron la ganancia de peso, eficiencia de conversión y rendimiento de la canal. Sin embargo, esta mejora no fue estadísticamente diferente entre estos tratamientos (30, 45 y 60%).

Otro estudio realizado en INIA Carillanca con 56 novillos de 440 kg y 18 meses de edad de la raza Clavel de carne, que buscaba evaluar genes para infiltración de grasa, los animales se alimentaron con una dieta alta en energía (proporción de grano a forraje de 55:45), compuesta por concentrado entregado al 1,5% del peso vivo del animal. Éste estaba constituido por 78,5% de triticale molido grueso; 20% de harina de soya; 1% de bicarbonato de sodio y 0,5% de sales minerales. El concentrado se entregó dos veces al día y el resto de la alimentación correspondió a ensilaje de praderas.

Los animales, que no recibieron anabólicos, se ubicaron en un galpón y permanecieron 125 días bajo alimentación intensiva. La engorda fue exitosa con ganancias de peso de 1,2 kg al día, terminándose los novillos con 600 kg de peso vivo en promedio. No se observaron problemas de tipo digestivo a pesar del alto nivel de grano de triticale en la dieta.

5.3.3 Uso en alimentación de vacas lecheras

La alimentación de vacas lecheras requiere de una ración balanceada y rica en nutrientes, particularmente energética. En este aspecto, el triticale puede constituir parte del concentrado suministrado a vacas en lactancia. En un estudio realizado por McQueen y Fillmore (1999) se entregaron a vacas Holstein diferentes raciones, las cuales estaban compuestas por ensilaje de alfalfa a discreción más un concentrado que contenía: a) 100% cebada; b) 57% cebada y 43% triticale y c) 86% triticale y 14% cebada. El grano en la ración fue incluido en 1 kg diario por cada 2,75 litros de leche producida y el estudio se realizó durante 11 semanas. Los resultados se presentan en el cuadro 9.

Cuadro 9. Respuesta productiva del triticale y cebada en la ración de vacas lecheras Holstein (Canadá).

	100% cebada	57%cebada y 43% triticale	86% triticale y 14% cebada
Consumo (kg MS/vaca/día)	21,5	21,5	20,5
Producción, (L/vaca/día)	23,6	25,6	24,0
Materia Grasa leche (%)	4,13	4,25	4,27
Proteína (%)	3,38	3,24	3,35
Lactosa (%)	4,79	4,97	4,89
Ganancia Peso (kg/día)	0,61	0,31	0,19

Fuente: McQueen y Fillmore (1999)

El estudio encontró que las raciones que contenían grano de triticale fueron bien consumidas por las vacas y que la producción de leche y la calidad de ésta fueron similares a las raciones que contenían grano de cebada. Por otra parte, las vacas que consumieron triticale ganaron menos peso, indicando con ello que gran parte de la energía consumida se destinó a producción de leche.

En otro estudio realizado con vacas lecheras, Hazard (2000) comparó los ensilajes de ballicas, maíz y triticale en una ración que contenía además concentrado para optimizar la producción. El ensilaje se entregó a discreción a vacas Frisonas que habían pasado el "peak" de lactancia. Todas las raciones incluían además 3 kg de heno de trébol rosado y 3 kg de concentrado por vaca. El ensilaje de triticale fue cosechado al estado de grano harinoso suave a harinoso duro, en el momento que acumuló un gran volumen de materia seca (12,4 ton MS ha^{-1}).

Cuadro 10. Comparación de ensilaje de triticale, maíz y ballica con trébol blanco, y su efecto en la alimentación de vacas Frisonas. INIA Carillanca, 2000.

	Ensilajes		
	Ballica y trébol blanco	**Maíz ***	**Triticale**
Composición química:			
Materia seca (%)	25,1	24,0	30,1
Proteína cruda (%)	10,1	11,7	10,5
EM (Mcal kg^{-1})	1,9	2,27	1,94
Producción:			
Consumo (kg MS/animal/día)	15,77	16,25	14,6
Leche (L/día)	18,9	19,2	15,3
Materia grasa (%)	3,07	3,53	3,42

Fuente Hazard, (2000). (*): se agregó 5 kg de urea/ ton forraje

Los resultados que se presentan en el cuadro 10 señalan que estadísticamente no hubo diferencias en el consumo entre los tratamientos. Sin embargo, aunque las vacas que consumieron ensilaje de triticale produjeron menos leche en comparación a los otros dos materiales en estudio, el porcentaje de materia grasa no se vio afectado.

Referencias Bibliográficas

Hazard, S. 2000. Triticale. Ensilaje de grano pequeño para lechería. Tierra Adentro N°33. p: 32-34.

McQueen E.R. and Fillmore E.A. 1991. Effects of triticale (cultivar Beaguelita) and barley-based concentrates on feed intake and milk yield by dairy cows. Canadian Journal of Animal Science. 71: 845-853.doi.org/10.4141/cjas91-099.

Mellado, M; Matus, I. y Madariaga, R. 2008. Antecedentes sobre el triticale en Chile y otros países. 74 .p. Boletín INIA N° 183.Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación Quilamapu. Chillán, Chile.

ODEPA. 2018. Estadísticas Agrícolas. Disponible en: https://www.odepa.gob.cl/estadisticas-del-sector/estadisticas-productivas.

Oatway, L. 2006. Triticale for grazing and hay. Alberta Agriculture and Forestry. Available at:
http://wwwl.agrie.gov.ab.ca/$department/deptdocs.nsf/a11/ visitado el 03 de septiembre de 2018.

Rojas, C.; Catrileo, A. y Letelier, A. 1991. Niveles de triticale en raciones de engorda de novillos Hereford. Agricultura Técnica (51):9-14.

Rojas, C., Catrileo, A.; Manríquez, M. y Calabí, F. 2004. Evaluación de la época de corte de triticale (X Triticosecale Wittmack) para ensilaje. Agricultura Técnica (64):34-40.

Romero, O. Jobet, C. y Levío, J. 2012. El triticale (X Triticosecale Wittmack) como forraje suplementario de invierno. Resúmenes 63° Congreso Agronómico. Sociedad Agronómica de Chile, Temuco. Chile.

Saroff, C., H. Pagliaricci, y V. Ferreira. 2003. Efecto de la defoliación sobre la dinámica del crecimiento de triticale. Agricultura Técnica (63):266-276.

Teuber, K.N. 2000. El triticale como recurso forrajero en la X región, p: 29-32. Boletín INIA N°12 En: Granger, D.; Hazard, S.; Hewstone, C.; Rojas, C.; Romero, O. y Teuber, N. (Editores): El triticale en el sur de Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional Carillanca. Temuco, Chile.

Vidal, A. y Jahn. E. 1989. Utilización de triticale en alimentación de terneros, p: 21-23. Revista Investigación y Progreso Agropecuario Quilamapu N°41. Chillán. Chile.