

UNIVERSIDAD DE LA FRONTERA

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y FORESTALES



**EVALUACION DEL EFECTO DE UN FERTILIZANTE FOLIAR DE NOMBRE
NUTRIFOL EN EL RENDIMIENTO Y PARAMETROS DE CALIDAD PANADERA EN
TRIGO (*Triticum aestivum* L.).**

Tesis presentada a la Facultad de Ciencias
Agropecuarias y Forestales de la Universidad
de La Frontera. Como parte de los requisitos
para optar al título de Ingeniero Agrónomo.

PAULA ALEJANDRA CATRILAF VALENZUELA

TEMUCO- CHILE

2014

UNIVERSIDAD DE LA FRONTERA

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y FORESTALES



**EVALUACION DEL EFECTO DE UN FERTILIZANTE FOLIAR DE NOMBRE
NUTRIFOL EN EL RENDIMIENTO Y PARAMETROS DE CALIDAD PANADERA EN
TRIGO (*Triticum aestivum* L.).**

Tesis presentada a la Facultad de Ciencias
Agropecuarias y Forestales de la Universidad
de La Frontera. Como parte de los requisitos
para optar al título de Ingeniero Agrónomo.

PAULA ALEJANDRA CATRILAF VALENZUELA

CLAUDIO ROBERTO JOBET FORNAZZARI

TEMUCO – CHILE

2014

**EVALUACION DEL EFECTO DE UN FERTILIZANTE FOLIAR DE NOMBRE
NUTRIFOL EN EL RENDIMIENTO Y PARAMETROS DE CALIDAD PANADERA EN
TRIGO (*Triticum aestivum* L.).**

PROFESOR GUIA : CLAUDIO ROBERTO JOBET FORNAZZARI
Ingeniero Agrónomo M. Sc. Ph. D.
Departamento de Producción Agropecuaria.
Universidad de La Frontera.
INIA- Carillanca

PROFESOR CONSEJERO : JUAN CARLOS GARCIA DIEZ
Ingeniero Agrónomo
Departamento de Producción Agropecuaria.
Universidad de La Frontera.

CALIFICACION PROMEDIO TESIS :

INDICE DE MATERIAS

Capítulo		Página
1	INTRODUCCION	1
2	REVISION BIBLIOGRAFICA	3
2.1	Antecedentes generales del trigo	3
2.2	Situación en Chile y mundial	4
2.3	Cultivares de trigo	5
2.3.1	Cultivares invernales	5
2.3.2	Cultivares primaverales	6
2.3.3	Cultivares de hábito alternativo	6
2.4	Calidad del trigo	6
2.5	Parámetros de calidad general	8
2.5.1	Proteína	8
2.5.2	Gluten húmedo	10
2.5.3	Sedimentación	11
2.5.4	Peso hectólitro	12
2.6	Fertilizantes foliares	13
2.6.1	Modo de incorporación de nutrientes a las hojas	14
2.6.2	Propósitos de la fertilización foliar	16
2.6.3	Factores que influyen en la fertilización foliar	17
2.6.3.1	Formulación foliar	18
2.6.3.2	Relacionadas con el ambiente	20
2.6.3.3	Relacionados con la planta	20

Capítulo		Página
2.6.4	Respuesta al uso de fertilizantes foliares en trigo	22
3	MATERIALES Y METODOS	25
3.1	Localización	25
3.2	Materiales	25
3.2.1	Material vegetal	25
3.2.1.1	Cultivar Kumpa INIA	25
3.2.1.2	Cultivar Maxwell INIA	26
3.2.2	Ubicación del ensayo	28
3.2.3	Características edafológicas del sitio de ensayo	28
3.2.4	Superficie de los ensayos	28
3.2.5	Tratamientos	28
3.2.6	Material de laboratorio	30
3.3	Fertilizante foliar evaluado	31
3.4	Manejo agronómico del ensayo	32
3.4.1	Preparación del suelo	32
3.4.2	Siembra	32
3.4.3	Fertilización	33
3.4.4	Manejo fitosanitario y control de malezas	33
3.4.5	Cosecha	34
3.5	Evaluaciones	34
3.5.1	Rendimiento por hectárea	34
3.5.2	Peso hectólitro	34
3.5.3	Evaluación de los parámetros de calidad panadera	34
3.5.3.1	Determinación del contenido de proteína de la harina	34

Capítulo		Página
3.5.3.2	Determinación del volumen de sedimentación	35
3.5.3.3	Determinación del contenido de gluten húmedo	35
3.6	Análisis estadístico	35
4	PRESENTACION Y DISCUSION DE RESULTADOS	37
4.1	Condiciones locales	37
4.1.1	Heladas en la región y sus efectos	39
4.2	Resultados agronómicos	40
4.2.1	Rendimiento	40
4.2.2	Peso hectólitro	41
4.3	Resultados de análisis de calidad panadera	43
4.3.1	Contenido de proteína	45
4.3.2	Contenido de gluten húmedo	47
4.3.3	Valor de sedimentación	50
5	CONCLUSIONES	52
6	RESUMEN	54
7	SUMMARY	56
8	LITERATURA CITADA	58
9	ANEXOS	63

Dedico esta tesis

A mis padres
Elena y Vicente,
Por el trabajo y
Corazón puesto
Todos estos años.

A mi hermana
Andrea
Por el apoyo
Incondicional.

y
A mis sobrinos
Sebastián y Alonso.

AGRADECIMIENTOS

Al finalizar este trabajo, debo agradecer a aquellas personas e institución que facilitaron que este proceso llegara a un buen final. Por ello, es para mí un verdadero placer utilizar este espacio para ser justo y consecuente con ellas, expresándoles mis agradecimientos.

Debo agradecer de manera especial y sincera al Profesor Claudio Jobet Fornazzari por aceptarme para realizar esta tesis bajo su dirección. Su apoyo y confianza en mi trabajo y su capacidad para guiar mis ideas ha sido un aporte invaluable, no solamente en el desarrollo de esta tesis, sino también en mi formación como profesional. Las ideas propias, siempre enmarcadas en su orientación y rigurosidad, han sido la clave del buen trabajo. Le agradezco también el haberme facilitado siempre los medios suficientes para llevar a cabo todas las actividades propuestas durante el desarrollo de esta tesis.

Quiero expresar también mi más sincero agradecimiento al Laboratorio de calidad de trigo del Centro regional de investigación INIA Carillanca, en especial a Luisa Vera y Ronald Fulle por compartir su conocimiento y años de experiencia. Debo destacar, por encima de todo, su disponibilidad, paciencia y cariño entregado.

Un agradecimiento especial, por el apoyo incondicional y años de amistad a mis amigas Estefani y Francisca, ya que sin ellas no hubiera sido lo mismo.

1. INTRODUCCION

El trigo (*Triticum aestivum* L.), es la especie cultivada más importante a nivel mundial, no sólo por su capacidad de adaptarse a diferentes ecosistemas, sino también por el aporte nutritivo que representa para la alimentación humana. En Chile, según cifras del Instituto Nacional de Estadísticas (INE), la temporada 2011/12 se obtuvo una producción en el país de 1.213.101 toneladas, de las cuales la Región de la Araucanía aportó un 41,6%.

En trigo, la definición de calidad es de suma importancia ya que para un productor agropecuario esta significa alcanzar altos rendimientos, cubrir las demandas de los consumidores, y así obtener mayores márgenes de ganancia. Pero desde el punto de vista de calidad panadera, el atributo más importante son las proteínas formadoras de gluten. Lo cual es un problema, al verse entorpecido obtener ambas por la relación inversa que existe entre el rendimiento y las proteínas, ya que al ser mayor el rendimiento, menor será el contenido de proteínas en el grano (Darwich, 2005). Por ello en este caso se consideró analizar el porcentaje de proteína, la cantidad de gluten húmedo y el volumen de sedimentación para definir la calidad.

Así, para lograr satisfacer a ambas, es que se ha masificado el hacer un uso adecuado de los insumos, y así lograr mejorar los rendimientos y obtener un buen porcentaje de proteínas formadoras de gluten, que se traduce en mayor rentabilidad. Es así como existen evidencias que demuestran que la utilización de fertilizantes foliares corrige las deficiencias nutricionales de las plantas, favorece el buen desarrollo de los cultivos y mejora el rendimiento y la calidad del producto (Trinidad y Aguilar, 2000).

Esta es la nutrición realizada a través de las hojas, y se utiliza como un complemento a la fertilización al suelo cuando éstas no se desarrollan lo suficiente o bien cuando se quiere aumentar los rendimientos y los parámetros de calidad panadera.

Sin embargo, las respuestas frente a la fertilización foliar complementaria pueden ser variables dependiendo del propósito de esta, del porcentaje de macro y micronutrientes que posea un determinado fertilizante y del momento en que este sea aplicado.

Según Lagrassa y Ciarlo (2010), en aplicaciones realizadas en macollaje, que incluían dosis únicas de fertilizante foliar se incrementaba al máximo los rendimientos. Al contrario se ha demostrado que las aplicaciones en el estado de antesis de fertilizantes que contienen nitrógeno, no afectan el rendimiento del grano, pero si aumentaban significativamente todas las variables de calidad al aplicar urea foliar al estado de antesis (Pinilla y Herrera, 2008).

Considerando estos antecedentes, se plantea como hipótesis de trabajo que la aplicación de un fertilizante foliar de nombre comercial Nutrifol, incrementa el rendimiento y parámetros de calidad panadera en trigo (*Triticum aestivum* L.).

OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar el efecto producido por un fertilizante foliar, aplicado como fertilización complementaria en el rendimiento y parámetros de calidad panadera en trigo.

Objetivos específicos

1. Comparar el efecto entre 20 cultivares de trigo al aplicar un fertilizante foliar, en el rendimiento y parámetros de calidad panadera.
2. Determinar la época de aplicación del producto, para aumentar el rendimiento y los parámetros de calidad panadera en los cultivares Maxwell INIA y Kumpa INIA.
3. Determinar la dosis óptima de Nutrifol para aumentar el rendimiento y calidad panadera en los cultivares Maxwell INIA y Kumpa INIA.

2. REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1 Antecedentes generales del trigo

El trigo es una gramínea anual perteneciente al género *Triticum* que comprende especies silvestres y cultivadas, cuyos principales géneros relacionados son: *Triticum*, *Secale*, *Aegilops*, *Agropyron*, *Haynaldia* y *Hordeum* (Lelley, 1976).

La especie más cultivada de trigo (*Triticum aestivum* L.), alcanza una altura de planta entre 40 y 180 cm, su tallo es un rizoma corto que presenta de 5 a 7 nudos según la especie, aún cuando generalmente se desarrollan sólo 3 a 4 hojas, denominándose la superior como hoja bandera, la cual posee una alta capacidad fotosintética. Su grano está compuesto de hidratos de carbono, proteínas, minerales, grasas, y vitaminas. Y su mayor proporción corresponde a la endosperma, la cual es la parte productora de harina (Mellado, 2007). El cuadro 1, presenta los porcentajes de los principales componentes de la harina de trigo.

El trigo es un cultivo de estación fría, ya que tolera temperaturas mínimas entre los 3 a 4 °C, y temperaturas máximas de entre 30- 32 °C, siendo alrededor de 25 °C la temperatura óptima para su desarrollo. Sus requerimientos pluviométricos anuales se encuentran entre 200 y 1.750 mm, pero la mayor superficie cultivada se localiza entre 375 y 875 mm de lluvia anual (López Bellido, 1990).

El trigo al poseer cultivares de amplias características se adapta a diferentes condiciones de clima y suelo a nivel mundial, aunque en los 30 y 60° de latitud Norte y entre 27 y 40° de latitud Sur los rendimientos son mayores que en el resto del mundo, pues en esas latitudes las altitudes varían desde el nivel del mar a los 3.050 m en Kenya y a 4.572 m en el Tibet (Kent, 1987).

El trigo se originó en Asia Menor, específicamente entre los ríos Tigris y Eufrates desde donde fue llevado a Europa y África antes de la era cristiana (Lelley, 1976). Según Mellado

(1998), el trigo se comenzó a utilizar como cultivo en Chile luego de la llegada de los españoles en el siglo XVI.

En Chile, por las condiciones climáticas se cultiva trigo desde la región de Coquimbo hasta la región de Los Lagos (Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA), 2013). Es importante en términos de superficie sembrada, rotaciones culturales, demanda de trabajo y abastecimiento de mercados, en la que participan grandes, medianos y pequeños productores.

Cuadro 1. Porcentaje de los principales componentes de la harina de trigo.

Componente	Porcentaje (%)
Almidón	70 – 75
Agua	14
Proteínas	10 – 12
Polisacáridos no del almidón	2 – 3
Lípidos	2

Fuente: (Mellado, 2007).

2.2 Situación en Chile y mundial

El trigo es consumido en diferentes formas por el aporte calórico y proteico que posee su grano, mayor al de cualquier otro alimento, por ello también es la especie más cultivada a nivel mundial (Jobet, 1989).

De acuerdo al informe entregado por el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA) para la temporada 2012/13, se estimó que en el mundo la producción de trigo caería 42,1 millones de toneladas (6%) en relación a la temporada anterior, alcanzando 216 millones de hectáreas y 655 millones de toneladas, donde Chile tiene el lugar N°30 de los países productores con 1,4 millones de toneladas (Danty y Olfos, 2013).

En Chile, el trigo es el cultivo más importante en volumen y superficie concentrándose el 80% de la superficie en las regiones del Maule, Biobío y La Araucanía (ODEPA, 2013). Cada chileno consume alrededor de 150 kilos de trigo per cápita/año, encontrándose entre los más elevados a nivel mundial. Además se estima que el 40% de las calorías que los chilenos consumen en su dieta provienen de este cultivo (Jobet, Zúñiga y Campos, 2003).

En la temporada 2012/13 la superficie sembrada en Chile alcanzó 253.627 hectáreas, 3,4% más que la temporada anterior, con un rendimiento de 57,3 qqm/ha lográndose una producción total de 1.474.663 toneladas, de las cuales 1.365.123 toneladas fueron destinadas a producir harina.

Las mayores superficies cultivadas se concentraron en la Región del Biobío y La Araucanía con una superficie de 70.438 hectáreas y 105.528 hectáreas respectivamente. Sin embargo los mayores rendimientos se obtuvieron en la Región de Los Ríos y la Región de Los Lagos con un rendimiento promedio 68.3 y 75.2 qqm/ha respectivamente (ODEPA, 2013).

2.3 Cultivares de trigo

Un buen cultivar de trigo es aquel que alcanza una alta producción y calidad, con lo cual debe cumplir con obtener altos rendimientos producto de un manejo adecuado de insumos, lograr un grano de calidad al momento de la cosecha y poseer resistencia genética a enfermedades (Matus y Vega, 2004).

De acuerdo a las condiciones climáticas de Chile, según el hábito de desarrollo y las necesidades de temperatura se distribuyen tres tipos de cultivares de trigo. Los cuales son de tipo invernall, primaveral y de hábito alternativo (Matus y Vega, 2004).

2.3.1 Cultivares invernales

En general son de crecimiento inicial rastrero y largo ciclo de alrededor de nueve meses. Los trigos de invierno se siembran de mayo a junio, ya que se caracterizan por necesitar bajas

temperaturas o vernalización entre siembra y macolla, para pasar del estado vegetativo al reproductivo (Mellado, 2007).

2.3.2 Cultivares primaverales

Son de crecimiento inicial erecto y de un periodo vegetativo corto de 5 a 7 meses según la fecha de siembra, no requieren de vernalización para pasar del estado vegetativo al reproductivo, pero si tienen sensibilidad al fotoperíodo. Estos cultivares tienen un crecimiento ininterrumpido desde siembra a cosecha (Mellado, 2007).

La siembra de los trigos primaverales se realiza desde agosto a septiembre (Matus y Vega, 2004).

2.3.3 Cultivares de hábito alternativo

Tienen crecimiento inicial semi erecto y un período vegetativo intermedio entre los cultivares invernales y primaverales, poseen menor requerimiento de vernalización que los cultivares invernales, pero mayor tolerancia al frío que los de primavera (Mellado, 2007).

Los trigos alternativos tienen una gran elasticidad de siembra de mayo a agosto (Matus y Vega, 2004).

2.4 Calidad del trigo

La calidad de los productos que se elaboran en base al grano del trigo, está determinada por variadas características, por ello se debe diferenciar entre las características requeridas para una buena calidad del grano de trigo y las requeridas para establecer la calidad de la harina para panificación. Según lo señalado por Herrera, Pinilla y Sanhueza (2012), la calidad del grano de trigo está determinada por factores genéticos, la cual es afectada por factores ambientales y la gestión de los cultivos, que incluye la fertilización utilizada en Chile entre otros.

Entre las principales características que definen la calidad de grano entero se encuentran el peso hectólitro y la dureza del grano (Mellado, 2007), en cambio en la industria de la

panificación, no existe una única variable que defina adecuadamente la calidad panadera en el trigo y para analizarla hay que estudiar lo sucedido en el período reproductivo del mismo, ya que está íntimamente asociado a la formación de las proteínas (Brach, 2012). Es decir, se requiere de varios tipos de calidad, las cuales se bonifican y aceptan en un lote uniforme de trigo, razón por la cual los productores buscan cultivares que tengan buenos rendimientos y a la vez una buena calidad de mercado. Esta considera a los factores de composición del grano, la dureza del grano y la calidad y cantidad de la proteína insoluble formadora de gluten, como las características más relevantes en la calidad del procesamiento del trigo.

Asimismo, las características adecuadas de un cultivar de buena calidad dependerá de las necesidades del producto que se quiere elaborar con la harina, siendo distintas para pastas, galletas, repostería, y más aún, siendo distintas para la producción de pan francés o pan de molde (Peña, 2003). En el Cuadro 2, se presenta la clasificación del trigo basándose en la fuerza de su gluten, dividiéndose en 5 grupos, que se asocian al uso industrial y a la textura de grano deseada (Peña, Ortiz y Sayre, 1998).

Bergh, Echeverría y Loewy (2005), plantean que para contar con una buena calidad panadera es importante contar con cultivares reconocidos por su potencial genético para generar esta calidad, la cual debe alcanzar niveles mínimos en un grupo de parámetros. Entre los principales se encuentran el porcentaje de proteína en los granos (11,5 a 12,5%), el gluten en la harina (28 a 32%) y en lo que respecta al comportamiento de la masa como valor alveográfico un W de 300 a 340 y en relación al farinograma una estabilidad superior a 20 minutos.

Cuadro 2. Clasificación de la harina de trigo y su uso final.

Grupo de calidad	Fuerza de gluten	Uso industrial	Observaciones
1	Fuerte/Extensible	Panificación mecanizada mejorador de trigos de menor fuerza de gluten	Endosperma duro o semi-duro
2	Medio/Extensible	Panificación manual y semi-mecanizada	Endosperma duro o semi-duro
3	Débil/Extensible	Galletería y repostería panificación artesanal	Endosperma suave (blando)
4	Medio/Tenaz (poco extensible)	Algunos productos de repostería	Endosperma duro o semi-duro (no panificable)
5	Fuerte/Tenaz	Elaboración de pastas alimenticias	Endosperma muy duro y cristalino (no panificable)

Fuente: (Peña, Ortiz y Sayre, 1998).

2.5 Parámetros de calidad general

2.5.1 Proteína

Las proteínas son polímeros orgánicos, formados por cadenas de aminoácidos unidos entre sí por enlaces peptídicos entre el grupo amino ($-\text{NH}_2$) y el grupo carboxilo ($-\text{COOH}$) de un aminoácido. El trigo contiene aminoácidos esenciales, los cuales tienen la característica de no poder ser sintetizados por el cuerpo humano como los aminoácidos no esenciales, pero si pueden ser suministrados en la alimentación. Uno de estos aminoácidos esenciales presentes en el trigo es la lisina, la cual se encuentra en cantidades limitadas en el grano, además su contenido disminuye en el proceso de molienda y también al aumentar la cantidad de proteína presente en la harina (Mellado, 2007).

Las proteínas son el mayor indicador de calidad del trigo, por ello es importante conocer su composición y calidad, ya que representan al potencial de panificación de una harina. Las

proteínas son clasificadas de dos maneras, de acuerdo a su solubilidad y en base a la funcionalidad de estas. Respecto a la solubilidad, esta clasificación fue desarrollada por Osborne y consiste en una serie de extracciones consecutivas que permiten separar y clasificar las proteínas de acuerdo a su solubilidad en: proteínas solubles en agua; hidrosolubles (albúminas), solubles en sal (globulinas), y las insolubles en agua que pertenecen al gluten; solubles en alcohol (prolaminas) y solubles en ácidos y álcali (glutelinas) (Hevia, 2003; De la vega, 2009).

Desde el punto de vista de la funcionalidad de las proteínas, se pueden distinguir dos grupos de proteínas de trigo. Proteínas pertenecientes al gluten con un desempeño muy importante en la elaboración del pan y proteínas no pertenecientes al gluten, con un desempeño secundario en la elaboración del pan.

Las proteínas no pertenecientes al gluten, denominadas albúminas y globulinas, representan entre un 15–20% del total de las proteína del trigo, principalmente se encuentran en las capas externas del grano de trigo y en bajas concentraciones en el endospermo, por otro lado las proteínas del gluten forman el 80- 85% del total de las proteínas del trigo, es decir, representan la mayor parte de las proteínas de almacenamiento y pertenecen a las prolaminas, donde se distinguen dos grupos: las denominadas gliadinas y gluteninas, las cuales se encuentran en el endospermo del grano de trigo maduro donde forman una matriz continua alrededor de los gránulos de almidón (De la Vega, 2009).

Los diferentes grupos de proteínas se translocan en diferentes momentos durante el llenado de grano (período comprendido desde floración hasta madurez fisiológica). Es así, como durante los primeros días posteriores a la floración se sintetizan proteínas como las albúminas y globulinas, y las proteínas del gluten se sintetizan 10 a 20 días posteriores a floración, superando rápidamente a las primeras (Brach, 2012).

Según lo establecido por el INN (1999), en Chile los requisitos de proteína varían según el tipo de trigo, dependiendo si este es fuerte, intermedio o suave. Para un trigo fuerte el porcentaje de proteína será de mayor o igual a 10,5%, para un trigo intermedio se requiere entre 9-10,4% de proteína y en el caso de un trigo suave 7- 8,9%.

El procedimiento para determinar el contenido de proteína total es mediante el método de Kjeldahl, el cual consiste en relacionar el N total y los polímeros de aminoácidos que se unen para formar las proteínas, pero existe un método más eficiente llamado NIR (Near Infrared Reflectance), el cual permite determinar de manera indirecta la proteína de muestras de grano molido y harina por medio de reflectancia en la región del espectro infrarrojo cercano (Mellado, 2007).

2.5.2 Gluten húmedo

El gluten o proteínas de reserva del grano son el mayor constituyente de la proteína del endosperma ya que alcanza entre el 80 y 85% de la proteína total del grano (Mellado, 2007). El gluten representa la porción insoluble al agua de las proteínas y por tanto puede aislarse sometiendo la masa a un trabajo mecánico bajo corriente de agua, la cual arrastrará el almidón y los demás constituyentes solubles quedando el gluten. Este le confiere la calidad al pan, ya que una vez aislado se observan sus propiedades de cohesividad, extensibilidad y elasticidad propias de la masa panadera.

Estas características del trigo se atribuyen principalmente a su composición que en su mayoría corresponde a dos tipos de proteínas, glutelinas y prolaminas; más conocidas como gluteninas de alto peso molecular (GAPM), gluteninas de bajo peso molecular (GBPM), y gliadinas, respectivamente (Mellado, 2007).

Las gliadinas por su parte son responsables de la cohesión de la masa, tienen un peso molecular medio de unos 40.000, son de cadena simple y tienen la característica de ser extremadamente pegajosas cuando están hidratadas. Además su resistencia a la extensión es nula. En cambio las gluteninas tienen la cualidad de entregar a la masa resistencia a la extensión ya que son proteínas físicamente elásticas, además pertenecen al grupo de las glutelinas, con alto peso molecular que oscila entre unos 100.000 y varios millones, y cadenas ramificadas (Peña, 2003).

Por tanto, gliadinas y gluteninas deben tener un equilibrio, ya que son los componentes principales del gluten en la harina que se forma cuando estas proteínas insolubles hacen contacto

con el agua, lo cual le confiere las características visco-elásticas a la masa de panificación (Peña, Ortiz y Sayre, 1998).

En principio, el contenido de gluten húmedo se determina de manera mecánica con el uso del Glutomatic o lavador de gluten, este método consiste en prepara una masa de una muestra de harina de 10 gramos agregando 4,8 ml de una solución buffer de cloruro de sodio al 2%. El gluten húmedo es aislado lavando esta masa con una solución de cloruro de sodio por 300 segundos. El agua residual adherida al gluten se remueve tras centrifugar 60 segundos la muestra; luego, el gluten es pesado.

Según INN (1999), de acuerdo al contenido de gluten húmedo el trigo se clasifica en:

Fuerte: mayor o igual a 30%

Intermedio: entre 25 y 29,9%

Suave: entre 18 y 24,9%

2.5.3 Sedimentación

La sedimentación de la harina está directamente relacionada con la fuerza del gluten, la cual depende de la interacción de las gluteninas y las gliadinas. La forma de determinar la fuerza del gluten es a través del análisis de sedimentación establecido por Zeleny, este índice está altamente correlacionado con el contenido de proteínas y mide la capacidad de hidratación y expansión de la proteína del gluten en un medio ligeramente ácido, donde valores altos de sedimentación corresponden a harinas de trigo de mayor fuerza (Peña, 2003; López- Bellido, 1990).

En Chile, el método de sedimentación es una modificación del sistema ideado por Zeleny, y básicamente determina la capacidad de retención de agua de las proteínas en presencia de azul bromofenol, ácido láctico y alcohol isopropílico, siendo una medida ampliamente conocida por tener una buena asociación con la calidad panadera (Mellado, 2007). Los valores altos de sedimentación corresponden a trigos con mayor fuerza (Peña, 2003).

Según los índices de sedimentación, los trigos pueden clasificarse en trigos de calidad fuerte, con un valor de sedimentación igual o mayores a 33 ml, trigos intermedios entre 27-32,9 ml y trigos suaves, entre 17 ml- 26,9 ml (INN, 1999).

2.5.4 Peso hectólitro

El peso hectólitro es básicamente el peso del grano por unidad de volumen, expresado en kilogramos por hectólitro. Se determina en una muestra de trigo libre de impurezas, empleando una balanza Schopper, la cual tiene una capacidad de 250 ml de capacidad.

Según Guerrero (1999), el peso hectólitro depende fundamentalmente de la densidad de las materias que componen el grano, pero también depende de otras variables, como son la humedad, contenido de impurezas, forma del grano y uniformidad de granos; no así por el tamaño, además de las condiciones en que se haya realizado la maduración. Si en el momento de la maduración se produce asurado, los granos quedarán arrugados y a medio formar, y el peso por hectólitro descenderá notablemente.

Este es uno de los parámetros más empleados para determinar la calidad comercial de los granos de cereales, pues en general existe una relación directa entre el peso hectólitro de un cultivar y su rendimiento de harina (Mellado, 1992; López- Bellido, 1990). Es así como, un trigo de mejor calidad tendrá un mayor peso por hectólitro.

Según NCH 1237 (1999), de acuerdo al peso hectólitro el trigo se clasifica en:

Grado 1: mayor a 78.

Grado 2: 76 a 77,9.

Grado 3: 74 a 75,9.

2.6 Fertilizantes foliares

En la mayoría de los sistemas agrícolas, la fertilización de cultivos se realiza aplicando los nutrientes directamente al suelo, pero la eficiencia de este tipo de fertilización dependerá entre otros factores de la capacidad de la planta para movilizar los nutrientes desde las raíces hasta los diferentes órganos y tejidos, también de las condiciones del suelo y de la forma de presentación del fertilizante. Cuando la planta se encuentra bajo condiciones de estrés o en suelos con baja disponibilidad de nutrientes, los tejidos de su parte aérea experimentan deficiencias nutricionales que la planta por sí sola no puede corregir, por lo cual se utiliza la fertilización foliar, la cual consiste en aplicar disoluciones de nutrientes directamente sobre el tejido foliar.

La utilización de fertilizantes foliares es reportada en la literatura en 1844 en Francia, donde se aplicaba en el follaje de la vid sulfato ferroso para corregir la clorosis de las hojas. Se inicio en la época Babilónica (Trinidad y Aguilar, 2000). Sin embargo Malavolta (1990), indicó que el suministro foliar de nutrientes comenzó a ser utilizado en Europa en el siglo XIX donde se aplicaban sales de hierro, nitrógeno, potasio, fósforo, en solución.

Luego con el fin de conocer el mecanismo de penetración de los nutrientes a través de las hojas, es que se realizaron estudios de las características estructurales y fisiológicas de las plantas. Ya en el siglo XX, con una tecnología más avanzada se logró el desarrollo de métodos precisos para investigar los mecanismos de penetración y translocación dentro de la planta después de la aplicación foliar de soluciones nutritivas (Fernández, Sotiropoulos y Brown, 2013).

La fertilización foliar ha despertado un creciente interés en productores y asesores, al ser una práctica estándar para muchos de los cultivos, y debido a la aparición de casos en los que ha permitido corregir deficiencias nutricionales de las plantas, promover un buen desarrollo de los cultivos y mejorar el rendimiento y la calidad del producto cosechado (Trinidad y Aguilar, 2000).

A pesar de sus beneficios no es un sustituto de la fertilización normal aplicada al suelo, ya que el movimiento de los nutrientes aplicados sobre las hojas no es el mismo en tiempo y forma que el que se realiza desde las raíces al resto de la planta. Tampoco la movilidad de los distintos nutrientes a través del floema será la misma (Melgar, 2005). Por ello Malavolta (1986),

señaló que su principal utilidad consiste en complementar los requerimientos de un cultivo que no se pueden abastecer mediante la fertilización clásica, ya se trata de elementos de baja absorción desde el suelo.

2.6.1 Modo de incorporación de nutrientes a las hojas

La fertilización foliar está basada en la aplicación de macro y/o micronutrientes dentro de una solución al área foliar de las plantas, por esto es importante conocer los mecanismo de absorción de los nutrientes a las hojas, considerando que estas no son órganos especializados para la absorción de nutrientes como lo son las raíces y posterior translocación de nutrientes a los sitios de mayor demanda para el rendimiento y crecimiento dentro de la planta.

La hoja es la principal fábrica de fotosintatos en una planta, posee un tejido laminar formado mayoritariamente por células activas a excepción de los tejidos vasculares y la cutícula que es un tejido suberizado que protege la epidermis del medio (Trinidad y Aguilar, 2000). La pared exterior de las células de la epidermis está cubierta por la cutícula y una capa de cera hidrófoba para proteger a las hojas de la pérdida de agua por transpiración (Figura 1). Pese a esta característica los nutrientes encuentran la manera de infiltrarse mediante poros a través de la cutícula en forma pasiva (Melgar, 2005).

La absorción de nutrientes es principalmente por la cutícula de las plantas, y la absorción a través de los estomas es considerada poco probable, ya que el contacto gota-estoma es mínimo, debido a que las gotas son más grandes que la apertura estomática, y porque el agua tiene alta tensión superficial. Adicionalmente, la difusión del soluto tendría que ocurrir mayoritariamente de una fase líquida a una gaseosa, lo que es poco probable (Murillo, Piedra y León, 2013). Y las células de guarda de los estomas se encuentran recubiertas por una capa de cutina, lo que dificulta aún más la entrada de un soluto (Ronen, 2005), la evidencia de lo anterior se basa en que no hay diferencias de absorción entre pulverizaciones de día, cuando los estomas se encuentran abiertos, y de noche cuando estos están cerrados (Melgar, 2005).

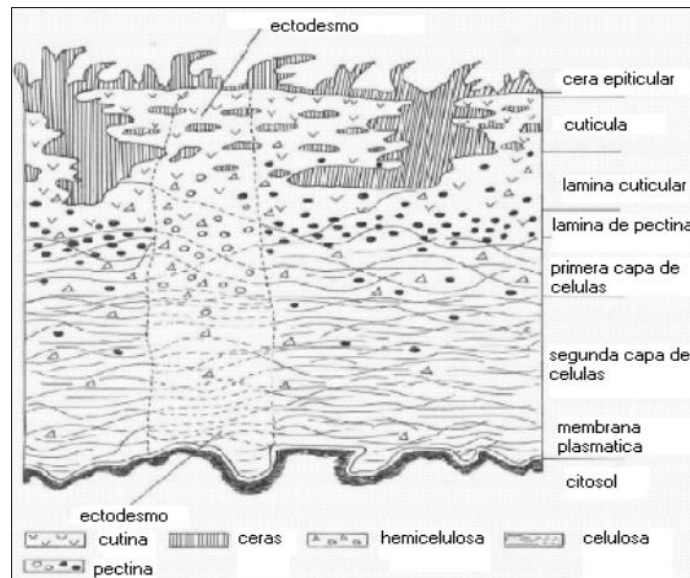


Figura 1. Esquema de corte transversal de una hoja indicando las capas que la forman.

Franke (1986), indicó que aunque los nutrientes a través de este tipo de fertilización no fueran absorbidos en toda el área de la cutícula foliar, si lo eran en las áreas puntiformes las cuales coinciden con la posición de los ectodesmos que se proyectan radialmente en la pared celular.

Entonces al ser aplicado un nutriente por aspersión en las hojas, este se difunde por los espacios interfibrilares en la pared de las células epidermales, o bien, vía intercambio iónico a través de ectodesmos, hasta llegar a la membrana plasmática, lugar donde se lleva a cabo prácticamente una absorción activa como en el caso de la absorción de nutrientes por las raíces. Una vez que el nutriente es incorporado al citoplasma de la célula se forman metabolitos, los cuales finalmente son translocados a los sitios de mayor demanda (Trinidad y Aguilar, 2000).

El traslado de metabolitos se realiza vía apoplasto y simplasto, el primero se realiza de una célula hacia otra, de manera pasiva e involucra a la difusión de acuerdo al gradiente y al flujo de masa a través del movimiento agua/fluido entre células, pero también puede ser de forma activa, la cual se realiza contra un gradiente y la inversión de energía de las moléculas ATP.

El segundo movimiento vía simplasto, consiste en la descarga de un ion en el sistema vascular. El floema contribuye en la distribución desde las hojas maduras hacia las regiones de crecimiento en las raíces y tallos, ya que sigue la relación "fuente – sumidero", y el xilema depende de la diferencia de potencial de agua entre el suelo, la hoja y la atmósfera para el traslado (Ronen, 2005).

El traslado no se realiza de igual manera entre iones distintos, por lo tanto, se ha desarrollado categorías para diferenciarlos según su movilidad en las plantas tres grupos: móviles, parcialmente móviles e inmóviles, como lo indicado en el cuadro 3.

Cuadro 3. Movilidad entre distintos tipos de nutrientes en la célula.

Movilidad	Nutrientes de las plantas				
Móvil	N	P	K	S	Cl
Parcialmente móvil	Zn	Cu	Mn	Fe	Mo
Inmóvil	Ca	Mg	B		

Fuente: (Trinidad y Aguilar, 2000).

2.6.2 Propósitos de la fertilización foliar

La fertilización foliar puede ser útil para varios propósitos tomando en consideración que es una práctica que permite la incorporación inmediata de los elementos esenciales en los metabolitos que se están generando en el proceso de fotosíntesis. Algunos de estos propósitos se indican a continuación: corregir las deficiencias nutricionales que en un momento dado se presentan en el desarrollo de la planta, corregir requerimientos nutricionales que no se logran cubrir con la fertilización común al suelo, abastecer de nutrientes a la planta que se retienen o se fijan en el suelo, mejorar la calidad del producto, acelerar o retardar alguna etapa fisiológica de la planta, hacer eficiente el aprovechamiento nutricional de los fertilizantes, corregir problemas fitopatológicos de los cultivos al aplicar cobre y azufre, y respaldar o reforzar la fertilización

edáfica para optimizar el rendimiento de una cosecha (Trinidad y Aguilar, 2000). Mediante la aplicación foliar de nutrientes se superan las limitaciones de la fertilización del suelo, tales como la lixiviación, la precipitación de fertilizantes insolubles, el antagonismo entre determinados nutrientes, los suelos heterogéneos que son inadecuados para dosificaciones bajas, y las reacciones de fijación/absorción como en el caso del fósforo y el potasio.

La fertilización foliar puede ser utilizada para superar problemas existentes en las raíces cuando éstas sufren una actividad limitada debido a temperaturas bajas/altas ($<10^{\circ}$, $>40^{\circ}\text{C}$), falta de oxígeno en campos inundados, ataque de nematodos que dañan el sistema radicular, y una reducción en la actividad de la raíz durante las etapas reproductivas en las cuales la mayor parte de los fotoasimilados es transferida para reproducción, dejando pocos para la respiración de la raíz. La nutrición foliar ha probado ser la forma más rápida para curar las deficiencias de nutrientes y acelerar la performance de las plantas en determinadas etapas fisiológicas. Con el cultivo compitiendo con las malezas, la pulverización foliar focaliza los nutrientes sólo en aquellas plantas seleccionadas como destino. Se ha encontrado además que los fertilizantes son químicamente compatibles con los pesticidas, y de esta forma se ahorran costos y mano de obra. Cierta tipo de fertilizantes puede incluso desacelerar la tasa de hidrólisis de pesticidas/hormonas de crecimiento (GA3), debiendo bajarse el pH de la solución y lográndose de esta forma mejorar la performance o reducir costos (Ronen, 2005).

Lo anterior indica que la fertilización foliar debe ser específica, de acuerdo con el propósito que se quiere alcanzar (Segura, 2002).

2.6.3 Factores que influyen en la fertilización foliar

Los factores que afectan las respuestas de las plantas a los fertilizantes foliares son en base a las características de la solución, que determinan su capacidad de absorber y translocar los nutrientes aplicados en órganos de la planta.

Estos factores pueden encontrarse dentro de tres grupos: los propios a la planta, las condiciones ambientales en el momento del tratamiento y las propiedades de la formulación foliar.

2.6.3.1 Formulación foliar

Para el uso adecuado de un determinado fertilizante foliar es importante conocer las características de la solución a asperjar, como los nutrientes y la concentración que componen la solución, la capacidad que posee para diluirse y el pH entre otros.

El intervalo de concentración ideal de cada nutriente en una solución que será aplicada a las hojas es un factor importante, ya que su exceso puede provocar toxicidad en las plantas. Por esto la concentración de cada nutriente debe ser seleccionada de acuerdo a factores tales como el tipo de nutrientes ya sea macro o micronutriente, especie de planta, edad de la planta, el estado nutricional y las condiciones meteorológicas (Fernández, Sotiropoulos y Brown, 2013). En general, los cereales soportan mayores concentraciones que algunas otras especies como el frijol, pepino, tomate y otras hojas con cutícula más delgada (Ronen, 2005).

Además, cada uno de los nutrientes se absorbe por el follaje con una velocidad notablemente diferente. El nitrógeno se destaca por su rapidez de absorción necesitando de 0,5 a 2 horas para que el 50% de lo aplicado penetre en la planta. El fósforo por su parte es de lenta absorción, requiriendo hasta 10 días para que el 50% sea absorbido. En el Cuadro 4, se detallan tiempos de absorción de algunos nutrientes (Salas, 2002).

Cuadro 4. Tiempo de absorción de los nutrientes en los tejidos.

Nutriente	Tiempo para que se absorba el 50% del producto
Nitrógeno	0,5- 2 horas
Fósforo	5-10 Días
Potasio	10-24 horas
Calcio	1-2 días
Magnesio	2-5 horas
Azufre	8 días
Manganeso	1-2 días
Zinc	1-2 días
Molibdeno	10-20 días
Fierro	10-20 días

Fuente: (Salas, 2002).

La solubilidad en agua de la sustancia que se aplica es un factor clave para la absorción foliar, ya que se producirá la absorción sólo cuando el compuesto que se aplica se disuelve en una fase líquida en la superficie de la planta, y que posteriormente se difundirá a los órganos de la planta. Por ello los fertilizantes foliares son disueltos comúnmente en agua antes de la aplicación y contienen como ingredientes activos los compuestos químicos, como las sales de quelatos o complejos de nutrientes minerales.

El pH de la solución y el ion acompañante del nutriente por aplicar están directamente relacionados e influyen en la absorción de éste a la hoja. De esta manera Kannan (1980), indicó que la máxima incorporación de nutrientes presentes en soluciones foliares se logra en aquellas en que el pH se ubica en el rango de 3,0 y 5,5. Asimismo Fernández, Sotiropoulos y Brown (2013), señalaron que a un pH mayor a 3, las cutículas vegetales están cargadas negativamente y las paredes celulares tienen cargas correspondientes a los ácidos débiles disociados. En consecuencia los compuestos no cargados o cargados negativamente pueden penetrar la hoja y ser trasladados fácilmente vía apoplasto más fácil que los complejos con carga positiva.

Por ejemplo, las soluciones de pH ácido favorecen la absorción de fósforo y esta absorción es mayor con el ion acompañante Na^+ , NH_4^+ que con el K^+ , la absorción de nutrientes está relacionada con la capacidad de intercambio catiónico en la hoja, y la valencia del ion influye en este intercambio. Los iones K^+ y NH_4^+ requieren sólo de un H^+ en el intercambio, mientras que el Ca_2^+ y el Mg_2^+ requieren de dos H^+ ; por lo tanto, los iones monovalentes penetran con mayor facilidad que los iones con mayor número de valencias (Trinidad y Aguilar, 2000). Además, los iones más pequeños en su diámetro penetran más rápidamente que los iones de mayor tamaño (Fregoni, 1986).

Para aumentar la eficiencia de absorción de los fertilizantes de este tipo se utilizan surfactantes y adherentes en la solución, los cuales favorecen el aprovechamiento del fertilizante. El mecanismo de acción de un surfactante consiste en reducir la tensión superficial de las moléculas de agua, permitiendo una mayor superficie de contacto con la hoja; un adherente permite una mejor distribución del nutrimento en la superficie de la hoja evitando concentraciones de este elemento en puntos aislados cuando la gota de agua se evapora.

2.6.3.2 Relacionadas con el ambiente

La luz es un factor importante ya que está directamente relacionado con el proceso de activación de la fotosíntesis, el cual es necesario en las plantas al momento de incorporar nutrientes en los metabolitos.

Los factores de mayor importancia en la absorción de nutrientes vía aspersión foliar son la temperatura y humedad relativa, ya que estos factores en forma conjunta o separada afectan la velocidad de secado de la solución aplicada sobre la superficie de la planta. Por consiguiente, una alta humedad relativa y temperatura moderada produce una disminución en la gradiente de presión de vapor de agua entre la cavidad estomática y el ambiente, favoreciendo la absorción de solutos presentes en la solución aplicada al mantener la hoja húmeda. Por el contrario, cuando las condiciones son de alta temperatura y baja humedad ambiental, se produce una rápida evaporación de la solución aplicada con la consiguiente acumulación de sales a niveles tóxicos y en algunos casos daños por quema.

También puede ocurrir una pérdida de elementos desde la planta al exterior, cuando las condiciones sean de alta humedad y baja temperatura, produciéndose condensación sobre la superficie de la hoja y con ello una “inversión estomática” generando así la salida de iones hacia la superficie de la hoja (Trinidad y Aguilar, 2000).

2.6.3.3 Relacionados con la planta

La absorción de los nutrientes minerales por la planta depende de la especie, estableciendo que las diferencias en las tasas de absorción foliar de minerales de diferentes especies son resultado no sólo de la estructura específica de la membrana cuticular, sino también de la variación en las cantidades de ectodermos ubicados en la superficie de la hoja. Además, las diferentes tasas de absorción son proporcionales a los requerimientos de la planta, es decir, aquellas especies que requieren más de un elemento específico, poseen mayor habilidad para absorberlo (Marschner, 1995).

Según Trinidad y Aguilar (2000), señala que las plantas y hojas jóvenes, siempre y cuando tengan un déficit de un nutriente, son las que tienen mayor capacidad de absorción de nutrientes vía aspersión foliar, lo que concuerda con Romheld y El- Fouly (1999), el cual indicó que la absorción de un determinado nutriente depende de el sitio de aplicación, ya sea en hojas jóvenes o viejas y además de la movilidad del nutriente en la planta, pudiendo ser móvil o inmóvil como se ilustra en la figura 2. Por ejemplo, sí se aplica un nutriente en hojas jóvenes, se verá incrementada el área foliar y por consecuencia también abra una mayor actividad fotosintética, lo que se traducirá en una mayor absorción radicular.

La absorción también depende de la especie, ya que entre especies el grado de cutinización y/o significación de las hojas es diferente, de esta forma, a menor cutinización, lignificación y presencia de ceras en la hoja, la absorción de nutrientes será más fácil (Trinidad y Aguilar, 2000).

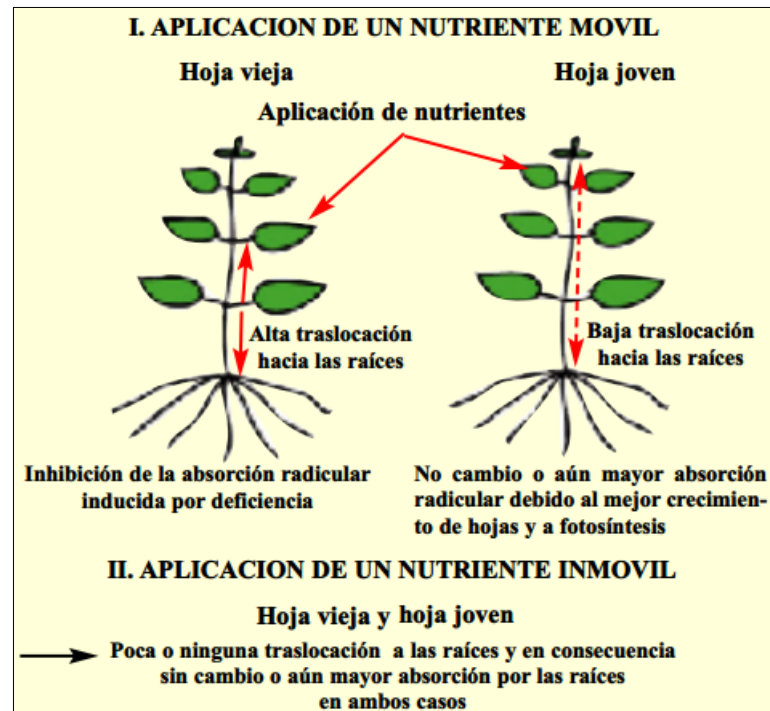


Figura 2. Posibles efectos de la aplicación foliar de nutrientes en la absorción de nutrientes por las raíces dependiendo de la movilidad de nutriente y del sitio de aplicación.

Fuente: (Romheld y El-Fouly, 1999).

2.6.4 Respuesta al uso de fertilizantes foliares en trigo

El uso de fertilizantes foliares en trigo es una práctica que se realiza de manera complementaria a la fertilización edáfica, con el propósito de otorgarle un valor agregado al mejorar la calidad y rendimiento del grano. Por lo cual se han realizados numerosas investigaciones a fin de determinar el momento de aplicación, dosis y la composición óptima de nutrientes a aplicar para conseguir buenos resultados.

La fertilización con elementos tales como Nitrógeno (N), Fosforo (P) y Azufre (S), además de la adición de micronutrientes han generado incrementos frecuentes y de considerable magnitud en la calidad y el rendimiento de trigo, este último está determinado por la tasa de

crecimiento alrededor de la floración y en menor medida, por la tasa de llenado de los granos y su duración en el tiempo, lo cual concuerda con lo indicado por Kugler (2012), el cual menciona que en aplicaciones de nitrógeno foliar a inicios del período de encañazón, es mayor el efecto sobre el rendimiento y menor sobre la proteína. Lo contrario sucede hacia finales del período de encañazón, cuando ya es demasiado tarde para modificar el número de granos, principal componente del rendimiento.

Entonces en el caso particular del nitrógeno, este influye positivamente en el rendimiento, contenido de proteínas y otros parámetros de calidad comercial e industrial. Así, la acción del nitrógeno sobre el rendimiento va acompañado de una modificación en la composición bioquímica del grano, variando la proporción de almidón y de proteínas que son los constituyentes principales del grano. En la fase de formación del grano la cantidad de nitrógeno crece rápidamente, así, en cultivares de elevada calidad panadera existe una rápida acumulación de nitrógeno en las primeras fases de desarrollo del grano, momento en que se forman las proteínas generadoras de gluten (Brach, 2012).

Darwich (2005), indicó que al aumentar el rendimiento disminuía el porcentaje de proteínas, es por ello que se recomienda complementar con fertilizantes foliares, en macollaje que contengan nitrógeno en sus componentes, para así poder incrementar rendimiento. También se puede realizar una aplicación de nitrógeno más tardía, cercana a la floración, la cual no provocará un efecto sobre el rendimiento pero si enriquecerá proteícamente el grano, ya que las sustancias nitrogenadas son acumuladas al final de la maduración.

En este mismo sentido Ferraris y Couretot (2008), mencionaron que al aplicar un fertilizante foliar compuesto de macro y micro nutrientes incrementaba el rendimiento, sin establecer una diferencia significativa entre cultivares, es decir; se obtuvieron rendimientos similares, y el principal componente que explicó las diferencias en los rendimientos fue el número de granos.

En cuanto al momento de de aplicación de un determinado fertilizante foliar compuesto por macro y micro nutrientes se ha evaluado mayoritariamente en macollaje, encañado y en anthesis, ya que el momento preciso para aplicar un fertilizante foliar depende de la característica

que se quiera aumentar, siendo distinto para incrementar el rendimiento y la calidad. Así, Kugler (2012) evaluó el momento de aplicación demostrando que a inicios de macolla aumentaban los rendimientos en un 4% comparado con el testigo, y que en aplicaciones realizadas al inicio de encañado había un mayor efecto sobre el rendimiento, y menor en el porcentaje de proteína. Por el contrario Loewy (2004), observó incrementos de rendimiento de entre 120 y 340 kg ha⁻¹ y de proteína de entre 0,4 y 0,8% por el agregado de 20 kg ha⁻¹ de nitrógeno foliar en antesis. Igualmente Pinilla y Herrera (2008), establecieron que las aplicaciones de urea foliar al estado de antesis, aumentaban significativamente todas las variables de calidad, pero que no incidían en el rendimiento del trigo.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 Localización

El desarrollo de esta investigación se llevó a cabo en el Centro Regional de Investigación INIA-CARILLANCA durante la temporada 2012/2013. Los análisis de calidad panadera se realizaron en el Laboratorio de calidad de trigo perteneciente al Programa Nacional de Trigo, en donde se evaluaron factores de calidad del grano de trigo tales como contenido de proteína, gluten húmedo, volumen de sedimentación y peso hectolitro.

3.2 Materiales

3.2.1 Material vegetal

Como material vegetal se utilizó un jardín de 20 cultivares comerciales de trigo (*Triticum aestivum* L.) pertenecientes al ensayo 1, de hábito alternativo e invernial como se indica en el cuadro 5, además de dos ensayos complementarios con los cultivares Kumpa INIA y Maxwell INIA, las cuales fueron elegidas por poseer alto potencial productivo, entre otras cualidades.

3.2.1.1 Cultivar Kumpa INIA

Kumpa-INIA es un cultivar de trigo (*Triticum aestivum* L.) utilizado para la elaboración de pan, introducida por intercambio de germoplasma entre Nordsaat de Alemania y el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Kumpa-INIA es un trigo semienano de ciclo largo, con buena resistencia al Polvillo estriado y Oidio, moderadamente resistente al Polvillo de la hoja y Septoria. Su rendimiento promedio en ensayos en cinco temporadas desde 1996 fluctuó entre 4,74 y 15,26 t ha⁻¹ en tres localidades de la zona sur. Tiene buena calidad panadera, con un buen valor de sedimentación (38,5) y buen volumen de pan (685 cm³).

Kumpa-INIA es un trigo de hábito de desarrollo invernial (requiere vernalización), de crecimiento muy rastrero al estado de plántula, y con una abundante y vigorosa macolla. Sus

hojas son de color verde muy oscuro y hoja bandera semi erecta. Presenta cierta pigmentación antocianínica de débil intensidad en las aurículas. La espiga es de color blanco, semi curvada, forma paralela, densidad alta y sin barbas. El grano es de forma redondeada, tamaño mediano, color café oscuro, pudiendo presentar ocasionalmente ciertos cambios de pigmentación en el endosperma. La altura de la planta adulta varía entre 85 y 100 cm, con un promedio de 95 cm (Hewstone y Jobet, 2003).

3.2.1.2 Cultivar Maxwell INIA

Maxwell-INIA es un cultivar de trigo utilizado por la industria panadera, su hábito de desarrollo es invernal (requiere vernalización) de tipo tardío, de ciclo largo, con buena resistencia al Polvillo estriado, Polvillo colorado y Oídio. Tiene una excelente adaptación desde la región del Bio-Bio hasta Los Lagos, su rendimiento potencial es de 112 quintales métricos por hectárea. Entre los factores de calidad posee un buen valor de sedimentación entre 25 a 35 cc. y un contenido de gluten húmedo intermedio entre 22 a 30%.

Presenta un tipo de crecimiento rastrero al estado de plántula, macollaje débil en sus inicios y de lento crecimiento, terminando con una vigorosa macolla. La altura de planta adulta varía entre los 70 y 95 cm, con un promedio de 90 cm, calificado como un trigo semi enano, con alta resistencia a tendadura. Su espiga es de color blanco amarillo, forma paralela, compacta y con barbas. El grano tiene forma redondeada, tamaño mediano, color café oscuro, pudiendo presentar ocasionalmente ciertos cambios de pigmentación en el endosperma, dependiendo del ambiente y/o temporada.

Cuadro 5. Cultivares de *Triticum aestivum* L. utilizados en el ensayo 1.

Nº	CULTIVARES	CREADOR	HÁBITO DE DESARROLLO
1	KUMPA	INIA	INVERNAL
2	BICENTENARIO CL	INIA	INVERNAL
3	DOLLINCO	INIA	ALTERNATIVO
4	DON CRISTIAN CL	INIA	ALTERNATIVO
5	RUPANCO	INIA	ALTERNATIVO
6	KONDE	INIA	INVERNAL
7	MAXWELL	INIA	INVERNAL
8	PORFIADO	BAER	INVERNAL
9	PUELCHE	BAER	INVERNAL
10	MAITRE	BAER	INVERNAL
11	SWINDY	ANASAC	INVERNAL
12	TUKAN	INIA	INVERNAL
13	OLIVART	ANASAC	INVERNAL
14	IKARO CL	BAER	ALTERNATIVO
15	INVENTO	BAER	ALTERNATIVO
16	FRITZ	BAER	ALTERNATIVO
17	BAKAN	BAER	ALTERNATIVO
18	BUENNO	SYNGENTA	INVERNAL
19	MAXI	BAER	INVERNAL
20	INSTINCT	SYNGENTA	INVERNAL

3.2.2 Ubicación de los ensayos

El material vegetal a investigar se sembró en el Centro Regional de Investigación INIA Carillanca, ubicado en la Región de La Araucanía, Provincia de Cautín, Comuna de Vilcún, a 38°41' latitud sur, 72°25' longitud oeste y 200 m.s.n.m.

3.2.3 Características edafológicas del sitio de ensayo

El suelo correspondió a un Andisol, perteneciente a la serie Vilcún, Familia Temuco. El cual posee una profundidad de 0,8 m aproximadamente y una topografía plana con pendiente de 0 a 2% (Mella y Khüne, 1985).

3.2.4 Superficie de los ensayos

La unidad experimental del ensayo 1, correspondiente a 20 cultivares fue una parcela de 5 m de largo y 1,2 m de ancho (4 surcos a 0,3 m), con una superficie de 6 m². Y la dimensión del ensayo 2 y 3, tanto para el cultivar Kumpa INIA, como para Maxwell INIA fueron de 2 m de largo y 1,35 m de ancho (9 surcos a 0,15 m), con una superficie de 2,7 m².

3.2.5 Tratamientos

Se realizó un ensayo que correspondió a 20 cultivares de hábito de desarrollo invernal y alternativo, cuyo tratamiento fue:

Ensayo 1: Efecto de la aplicación de un fertilizante foliar de nombre Nutrifol y la ausencia de este sobre el rendimiento y calidad del grano, en una dosis única de 5 L/ha, en inicio de espigadura, Z-55 según la escala de Zadoks (Cuadro 6).

Además se llevó a cabo cuatro ensayos en trigo de invierno, (Maxwell INIA y Kumpa INIA). Los tratamientos fueron los siguientes:

Ensayo 2: Evaluación de la dosis del fertilizante foliar a aplicar, sobre el rendimiento y calidad del grano (Maxwell y Kumpa), en tres dosis (testigo 0, 3 y 5 L/ha) en espigadura (59 Escala Zadoks *et al.*) (Cuadro 7).

Ensayo 3: Efecto del momento de aplicación del fertilizante foliar, sobre el rendimiento y calidad del grano (Maxwell y Kumpa), en testigo 0, 39 y 59 Escala Zadoks *et al* (embuche y espigadura), al aplicar una dosis única de 5 L/ha. (Cuadro 8).

Cuadro 6. Disposición de los cultivares y tratamientos en el ensayo 1.

N°	CULTIVAR	CON FERTILIZANTE FOLIAR		SIN FERTILIZANTE FOLIAR	
		REP 1	REP 2	REP 3	REP 4
1	KUMPA INIA	1	3	7	1
2	BICENTENARIO CL INIA	2	11	11	2
3	DOLLINCO INIA	3	6	3	3
4	DON CRISTIAN CL INIA	4	12	5	4
5	RUPANCO INIA	5	8	18	5
6	KONDE INIA	6	10	6	6
7	MAXWELL INIA	7	19	20	7
8	PORFIADO BAER	8	1	17	8
9	PUELCHÉ BAER	9	20	8	9
10	MAITRE BAER	10	13	13	10
11	SWINDY ANASAC	11	9	16	11
12	TUKAN INIA	12	18	1	12
13	OLIVART ANASAC	13	7	19	13
14	IKARO BAER	14	4	15	14
15	INVENTO BAER	15	15	9	15
16	FRITZ BAER	16	2	2	16
17	BAKAN BAER	17	14	14	17
18	BUENNO SYNGENTA	18	17	10	18
19	MAXI BAER	19	16	4	19
20	INSTINCT SYNGENTA	20	5	12	20

Cuadro 7. Disposición del ensayo 2: Determinación de la dosis adecuada, en inicio de espigadura, para cultivares Kumpa INIA y Maxwell INIA según sus tratamientos.

REP I	REPII	REP III	REP IV
5 L	3 L	TESTIGO	5 L
3 L	TESTIGO	5 L	TESTIGO
TESTIGO	5 L	3 L	3 L

Cuadro 8. Disposición del ensayo 3: Determinación de la época de aplicación, para cultivares Kumpa INIA y Maxwell INIA según sus tratamientos.

REP I	REP II	REP III	REP IV
Testigo	Espigadura	Embuche	Espigadura
Espigadura	Embuche	Testigo	Testigo
Embuche	Testigo	Espigadura	Embuche

3.2.6 Material de laboratorio

Los diferentes equipos, instrumentos e insumos utilizados en el laboratorio durante la investigación se muestran en el Anexo 1.

3.3 Fertilizante foliar evaluado

El fertilizante utilizado en los ensayos es un producto comercial llamado Nutrifol, clasificado como un corrector foliar complementario, que aporta macro y micro nutrientes. Al ser un fertilizante líquido, tiene la característica de ser absorbido vía foliar y radicular, por ello es utilizado en hortalizas como el Ajo, Cebolla, Tomate y en cereales, recomendado para este último como mejorador de la calidad panadera.

Nutrifol, está compuesto por un complejo de moléculas (fosfatos, sulfatos y boratos muy activos) de alta pureza y asimilables por las plantas. Cuenta además con un compuesto nitrogenado a base de amonio que funciona como carrier (transporte y fijador) de otros productos. Por ello, Nutrifol es recomendado con el fin de corregir carencias nutricionales de las plantas y promover un aumento en la producción y calidad de los frutos.

Las características del fertilizante foliar utilizado se muestran en los cuadros 9 y 10.

Cuadro 9. Caracterización del fertilizante foliar utilizado.

PARÁMETRO	CONCENTRACIÓN
Nitrógeno total , N (%)	7,2
Fósforo asimilable , P ₂ O ₅ (%)	2,8
Potasio soluble , K ₂ O (%)	0,2
Azufre , S (%)	7,2
Zinc (ppm)	0,2
Boro (ppm)	0,4
Densidad (g/ml)	1,24
Tensión superficial (Dyn/cm)	69
Ph	3,8

Cuadro 10. Tabla de composición química del fertilizante.

NOMBRE QUÍMICO	Solución Acuosa de Sales Minerales
FAMILIA QUÍMICA	Solución Acuosa de sal inorgánica
FORMULA QUÍMICA	Sulfato de Amonio: $\text{SO}_4(\text{NH}_4)_2$ Fosfato Monoamónico: $\text{PO}_4\text{H}_2\text{NH}_4$ Sulfato de Potasio: SO_4K_2 Sulfato de Zinc: SO_4K_2 Borato de Amonio

3.4 Manejo agronómico del ensayo

3.4.1 Preparación del suelo

El suelo se preparó mediante labranza convencional, iniciando con la quema de rastrojos de la temporada anterior, luego se realizó una pasada de subsolador para romper el pie de arado, una de arado de disco (rastra offset) y una de vibrocultivador. Finalmente se realizaron los surcos y se abonaron, de tal forma que el sustrato presentara las condiciones óptimas para una buena germinación y desarrollo de las plantas.

3.4.2 Siembra

El ensayo 1 se sembró el 12 de mayo, y el ensayo 2 y 3 se sembró el 9 de junio, utilizando semilla certificada (C2) y desinfectada con triticonazole (Real), en dosis de 400cc/100kg e insecticida Imidacloprid (Punto 600 FS), en dosis de 120cc/100kg de semilla, con una dosis de semilla equivalente a 200 kg/ha.

3.4.3 Fertilización

La fertilización se realizó en base a un análisis de suelo previo, y consistió de 300 kilos de superfosfato triple por hectárea (138 kg de fósforo), y el equivalente a 220 kg de nitrógeno en invierno, el cual fue aplicado en cuatro hojas, mitad de macolla y fines de macolla (Estado 14, 24 y 30, respectivamente (Zadoks *et al.* 1974). Adicionalmente, el 22 de junio se aplicó Sulfato de Potasio y Magnesio (Sulpomag) en una dosis de 100 kg/ha, y Cloruro de Potasio (Muriato de Potasio) en una dosis de 100 kg/ha del producto comercial.

3.4.4 Manejo fitosanitario y control de malezas

Los ensayos recibieron aplicaciones de fungicidas como; Fenpropimorph Kresoxim methyl Epoxiconazole (Juwel Top), en dosis de 1 litro de producto comercial en 160 litros de agua, en dos parcialidades, estado 30 y 55 de acuerdo con Zadoks *et al.* (1974), esto fue, con el fin de poder evaluar el efecto del producto sin la intervención de factores externos que pudiesen afectar el desarrollo de los cultivares, tanto en su expresión productiva como en su calidad industrial.

Los ensayos se mantuvieron en buenas condiciones, con buen drenaje de los suelos a pesar de la gran cantidad de agua caída en las últimas semanas de diciembre de 2012, lo que produjo un rebrote de malezas, debiéndose realizar controles manuales para evitar su efecto sobre el cultivo. Para controlar malezas se realizó una aplicación de herbicida pre emergente Dipropiltiocarbamato de S-bencilo (Falcon Plus), en una dosis de 6 L/ha y, tempranamente en junio, se utilizó Iodosulfuron metil sodio (Hussar), en dosis de 200 g/ha, más Flucarbazone sódico (Vulcano), en dosis de 80 g/ha, ambos disueltos en 200 litros de agua. Del mismo modo y como una forma de mantener los ensayos libres de malezas se aplicó el 24 de agosto una mezcla de herbicidas compuesta por Metsulfuron metil (Ally), en una dosis de 4 g/ha; Triasulfuron (Logran), en una dosis de 4 g/ha y Sal dimetil amina de MCPA (MCPA), en una dosis de 0,5 L/ha, con el fin de controlar principalmente malezas de hoja ancha.

3.4.5 Cosecha

La cosecha se inició el 30 de enero de 2013, en buenas condiciones, pero algo temprano con respecto a otras temporadas. La cosecha del ensayo 1, se realizó con una cosechadora para ensayos, las espigas del ensayo 2 y 3 fueron cortadas de manera manual con echona, y trilladas por una trilladora estacionaria.

3.5 Evaluaciones

Se cosechó la parcela en su totalidad con el fin de evaluar:

3.5.1 Rendimiento por hectárea

Cada parcela se cosecho y se pesó en una balanza electrónica de 0,5 g. de precisión para determinar el rendimiento del grano, el cual es expresado finalmente en qqm/ha.

3.5.2 Peso hectólitro

El peso hectólitro es una medida de densidad, que se define como el peso por unidad de volumen bajo condiciones estándares de llenado y se expresa en kg/HL. Se procedió a pesar 1/4 kg con la balanza Schopper, y luego el valor obtenido se transformó según la tabla de peso hectólitro.

3.5.3 Evaluación de los parámetros de calidad panadera

Los análisis de calidad fueron realizadas en el laboratorio de calidad de trigo perteneciente al Centro Regional de Investigación INIA Carillanca, y son los siguientes: contenido de proteína, volumen de sedimentación y contenido de gluten húmedo.

3.5.3.1 Determinación del contenido de proteína de la harina

El análisis de calidad utilizado correspondió al valor del contenido de proteína NIR (%). La proteína se determinó en base a la Norma ICC N° 159 utilizando un equipo NIR Infratec

1241, como método de determinación indirecta de los parámetros de calidad (Anexo 5, figura A3).

3.5.3.2 Determinación del volumen de sedimentación

La prueba de microsedimentación se realizó con 0,64 gramos de harina, de acuerdo con la metodología propuesta por Zeleny. Consistió básicamente en mezclar la harina con ácido láctico y alcohol isopropílico en una probeta estandarizada, luego de un lapso de tiempo se midió el volumen del sedimento que se forma. Este volumen obtenido después de la división de las fases, se convirtió a valor definitivo de sedimentación mediante una tabla de conversión (Anexo 4). El protocolo para realizar la microsedimentación se detalla en el Anexo 3.

3.5.3.3 Determinación del contenido de gluten húmedo

Estas pruebas se basaron en la metodología señalada por el Instituto Nacional de Normalización (1999), en donde se obtiene el contenido de gluten index y gluten húmedo básicamente por eliminación del almidón, la ecuación 3.1 se utilizó para conocer estos valores.

$$\text{Gluten húmedo (\%)} = \frac{\text{Gluten total (g)} \times 100}{10 \text{ (g)}} \quad (3.1)$$

El detalle del procedimiento utilizado en las pruebas de cantidad y calidad de gluten se describe en el Anexo 2, figura A1.

3.6 Análisis estadístico

Luego de la obtención de los datos, se organizaron en tablas de promedios cada uno de los parámetros de calidad panadera de trigo observados en esta investigación. Con la información anterior se llevó a cabo el análisis estadístico correspondiente. El análisis estadístico se realizó empleando un modelo de ANOVA factorial de efectos fijos y aleatorios, correspondiente a un diseño de bloques divididos en franjas completamente aleatorizado (strip plot). Este diseño presenta la ventaja de verificar con mayor sensibilidad el efecto de la interacción, lo cual en esta

investigación correspondió a comparar el efecto del producto en cada uno de los cultivares evaluados. Posteriormente un test de comparación múltiple de Tuckey ($p < 0,05$), analizados estadísticamente con el software SPSS 11.0.

4. PRESENTACION Y DISCUSION DE RESULTADOS

Para un mejor análisis se presentan primero las condiciones locales donde se establecieron los ensayos, luego los resultados referidos a características agronómicas como el rendimiento y peso hectólitro y finalmente los resultados referentes a los análisis de calidad panadera como el contenido de proteína, el contenido de gluten húmedo y el valor de sedimentación. Además, cada resultado será expresado según los ensayos realizados en Vilcún (38°50'S/72°42'O), específicamente en el Centro Regional de Investigación INIA Carillanca y en el laboratorio de calidad de trigo de dicho centro, la temporada 2012 - 2013.

4.1 Condiciones locales

Los ensayos efectuados fueron sembrados el 12 de mayo y el 9 de junio, lo cual según Matus y Vega (2004), es la fecha óptima para cultivares de tipo invernial-alternativo, considerando las características edafoclimáticas de la zona.

El suelo de tipo trumao, de mediana profundidad, no mostró limitaciones respecto a la fertilidad, como tampoco respecto al drenaje en invierno, de topografía plana y con rotaciones cortas pero pertinentes (trigo, avena, trigo, avena), sin problemas observables de enfermedades radicales. Tampoco se observó daño atribuible a pájaros ya que se consideró un “*pajarero*” durante el período de espigadura y llenado de grano.

En cuanto a la distribución y cantidad de precipitaciones durante el desarrollo del cultivo, no se presentó una adecuada distribución de estas, ya que estas se concentraron en los meses de invierno (Abril – Junio) y Diciembre, con una baja considerable en los meses de junio hasta noviembre, denotando en cierta medida una falta de agua en períodos críticos del cultivo, como se muestra en la figura 3. Sin embargo, diciembre fue un mes muy húmedo lo que facilitó el desarrollo y expresión productiva de los trigos más tardíos.

Las temperaturas estuvieron relativamente adecuadas durante todo el período, con algunos golpes de calor en diciembre, que podría haber afectado contenidos de proteínas y producido inestabilidad en el gluten, sumado a ello la situación de las heladas del 22 y 23 de noviembre, factor que sin duda afectó dramáticamente a los cultivares, ya que por la intensidad y duración en la localidad de Vilcún, afectaron significativamente el rendimiento de los cultivares precoces (Cuadro 11).

**Pluviometría y Evaporación de bandeja mensual (mm), año 2012_2013, EMA, INIA
Carillanca, comparado con el promedio histórico de 48 años (1964-2011).**
Lat. 38° 41' Long. 72° 25' W Alt. 200 m.s.n.m

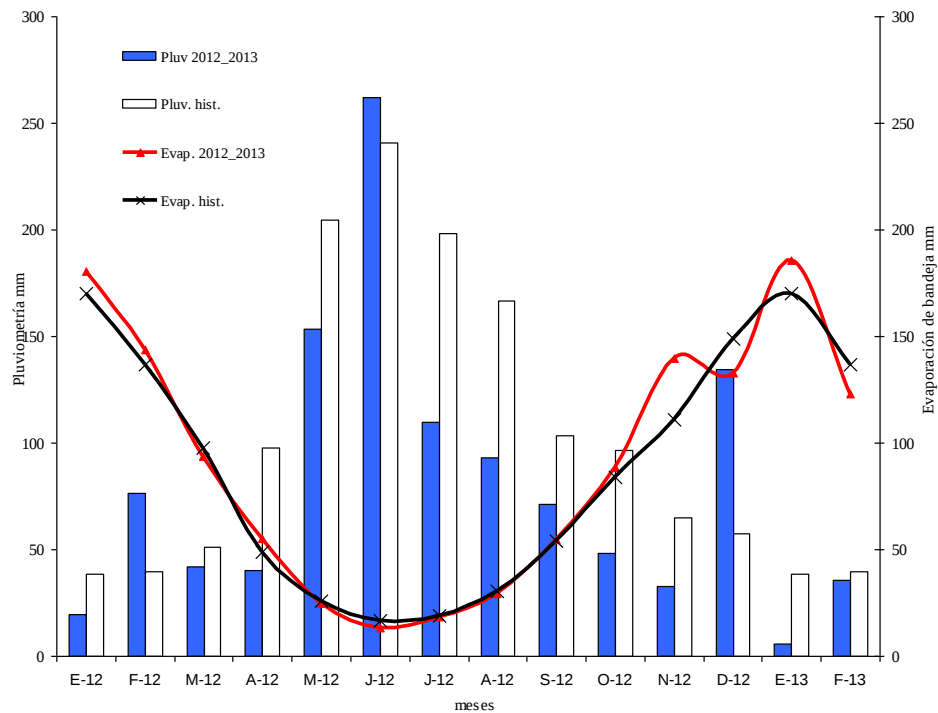


Figura 3. Antecedentes climatológicos del lugar de ensayos, INIA, Carillanca, 2012/13.

Cuadro 11. Fecha de aplicación de Nutrifol según cultivar. Temporada 2012/13.

CULTIVAR	Dosis (L/ha)	Fecha Aplicación (55 Escala Zadoks et al.)
KUMPA	5	23/11
BICENTENARIO CL	5	23/11
DOLLINCO	5	23/11
DON CRISTIAN CL	5	23/11
RUPANCO	5	19/11
KONDE	5	13/11
MAXWELL	5	19/11
PORFIADO	5	23/11
PUELCHE	5	19/11
MAITRE	5	13/11
SWINDY	5	13/11
TUKAN	5	15/11
OLIVART	5	19/11
IKARO CL	5	13/11
INVENTO	5	05/11
FRITZ	5	04/11
BAKAN	5	19/11
BUENNO	5	05/11
MAXI	5	19/11
INSTINCT	5	19/11

4.1.1 Heladas en la región y sus efectos

De acuerdo a reportes climatológicos, una helada de gran intensidad y duración se presentó en gran parte de la región sur de Chile entre las regiones de Bio Bio y Los Ríos. En La Araucanía, antecedentes indican que esta helada de dos días alcanzó intensidades de -2.6°C con una duración de cinco horas en la comuna de Vilcún y Curacautín, siendo de menor intensidad en otras comunas como Teodoro Schmidt, Nueva Imperial, Carahue, Quino, Victoria, Cunco y Perquenco ($-1,0^{\circ}\text{C}$).

En general, noviembre fue un mes con baja pluviometría, lo que se tradujo en un déficit anual de 300 mm respecto a un año promedio y que potenció el daño producido por este fenómeno ambiental. De acuerdo a la información de las heladas ocurridas en región de La Araucanía y considerando la intensidad, duración y estado de desarrollo del trigo, se puede indicar que para algunos sectores como Vilcún y Curacautín, en trigos espigados y en plena floración, los daños podrían llegar a ser severos comprometiendo el rendimiento y calidad del grano, afectando especialmente a siembras de otoño-invierno y en cultivares de tipo precoz. En otras comunas, donde la helada fue de menor intensidad, y considerando las mismas etapas de desarrollo de los trigos, el daño puede ser de menor cuantía.

4.2 Resultados agronómicos

4.2.1 Rendimiento

En promedio los rendimientos por cultivar y por ensayo fueron 59,58 qqm/ha, lo cual se considera bajo en relación al potencial de los cultivares. Los rendimientos máximos fueron alcanzados por cultivares de características similares, en cuanto a largo de ciclo entre siembra y espigadura, siendo los cultivares tardíos menos afectados por las heladas. De esta manera Kumpa, Bicentenario, Dollinco y Don Cristian, alcanzaron altos niveles productivos tanto en el promedio del ensayo con y sin aplicación, como en los ensayos comparativos, con más de 100 qqm/ha (Cuadros 12 y 13, respectivamente).

Respecto al posible efecto en el rendimiento, ya sea potenciador o detrimental del producto Nutrifol presentados en el Cuadro 13, no se aprecia respuestas de ningún tipo al comparar los rendimientos, ya que los rendimientos entre cultivares y en presencia del producto y ausencia de este son similares. Así mismo, los cultivares de mayor productividad, así como aquellos que mostraron menor rendimiento tienen un ordenamiento similar en ambas columnas y con similares grados de significancia (Tukey 0,05%). Las diferencias que se observan para algunos cultivares se pueden atribuir al error experimental, el cual se ve favorecido e incrementado por las condiciones ambientales imperantes de la temporada, para este caso sólo el cultivar Ikaro muestra una diferencia al producto.

En cuanto a los ensayos establecidos para determinar el momento y la dosis adecuada de aplicación del fertilizante foliar, en los dos cultivares de trigo de invierno, Maxwell y Kumpa INIA, los resultados se muestran en los cuadros 14, 15, 16 y 17, reflejan que no existió significancia entre los tratamientos y el testigo al 0,5% Test Tukey. Alcanzando rendimientos promedios de 123.6 qqm/ha en el caso de Maxwell y 94 qqm/ha para Kumpa.

Lo cual se contradice con Loewy (2004), que obtuvo un incremento de 120 y 340 kg/ha⁻¹ con aplicaciones de fertilizantes foliares que contenían nitrógeno, en el estado de antesis.

Muchas investigaciones concuerdan con los resultados obtenidos, un ejemplo de esto es Pinilla y Herrera (2008), los cuales obtuvieron que en aplicaciones de urea foliar en antesis (Zadoks 65), no tenía incrementos en el rendimiento, ya que los componentes de rendimiento como el número de espigas por unidad de área, número de granos por espiga, ya estaban definido en etapas anteriores a esta aplicación.

Ferraris y Couretot (2008), por su parte obtuvieron en ensayos que en hoja bandera expandida, zadoks 39 afectaba en menor medida el rendimiento, comparado con la aplicación en encañado, zadoks 31. Si bien las dos mostraron aumentos en el rendimiento, la aplicación más tardía tuvo menor efecto.

Por lo tanto aplicaciones en el estado de desarrollo de espigadura, con una aplicación única de Nutrifol de 5 L/ha, no cumplió su objetivo de aumentar el rendimiento en cultivares comerciales de trigo (*Triticum aestivum* L.).

4.2.2. Peso hectólitro

Los valores de peso hectólitro indicados en el cuadro 12, señalan que hubo un efecto detrimental, debido a las condiciones de falta de agua en períodos de llenado y secado del grano, además de las lluvias de precosecha en el mes febrero (figura 3), que provocaron que el grano tuviera mayor humedad en el momento de trilla, e incluso algunos, con señales claras de inicio de brotación. Del mismo modo, la presencia de las heladas también afectó el peso del grano, siendo un factor común en algunos cultivares la presencia de grano chupado.

Se destacaron los trigos tardíos, como Rupanco, Bakan, Instinct e Ikaro, cuyos pesos superaron los 82 kg/HL.

Cuadro 12. Evaluaciones realizadas de cultivares de invierno incluidas en el ensayo en Vilcún, temporada 2012/13.

Nº	Cultivar	Rendimiento (qqm/ha) ^{1/}	Peso del hectolitro (kg/HL)	Fecha de espigadura
1	KUMPA	104,47 a	80,7	25/11
2	BICENTENARIO CL	106,78 a	80,5	25/11
3	DOLLINCO	81,47 b	82,1	23/11
4	DON CRISTIAN CL	75,89 bc	81,9	23/11
5	RUPANCO	40,46 gh	84,1	16/11
6	KONDE	55,73 e	80,1	13/11
7	MAXWELL	51,16 ef	78,3	16/11
8	PORFIADO	72,63 cd	81,7	24/11
9	PUELCHE	66,02 d	81,9	17/11
10	MAITRE	50,76 ef	80,9	13/11
11	SWINDY	50,26 ef	80,1	13/11
12	TUKAN	38,32 ghi	80,7	08/11
13	OLIVART	65,9 d	81,5	16/11
14	IKARO CL	56,65 e	83,9	14/11
15	INVENTO	31,46 i	79,1	08/11
16	FRITZ	38,76 ghi	77,9	05/11
17	BAKAN	46,43 fg	83,3	16/11
18	BUENNO	40,58 gh	78,7	08/11
19	MAXI	37,04 hi	81,5	18/11
20	INSTINCT	80,71 bc	82,3	17/11
PROMEDIO		59,58		
CV = 9,32%				

1/ Valores unidos por la misma letra en sentido horizontal no tienen diferencia significativa de rendimiento entre sí (Test de Tukey al 5%).

Cuadro 13. Rendimientos comparativos entre aplicar Nutrifol y no aplicar. Vilcún, temporada 2012/13.

Nº	Cultivar	Rdto. Con Nutrifol (qqm/ha)		Rdto. Sin Nutrifol (qmm/ha)		Diferencia
1	KUMPA	100,70	a	108,25	a	-7,55
2	BICENTENARIO CL	107,94	a	105,62	a	2,32
3	DOLLINCO	84,64	b	78,80	bc	5,84
4	DON CRISTIAN CL	79,30	bc	72,49	bc	6,81
5	INSTINCT	78,22	bc	83,19	b	-4,97
6	PORFIADO	68,55	cd	76,71	bc	-8,16
7	PUELCHE	64,50	de	67,43	cd	-3,04
8	OLIVART	64,30	de	67,54	cd	-3,24
9	IKARO CL	62,54	def	50,75	efg	11,79
10	KONDE	51,91	efg	59,55	de	-7,64
11	SWINDY	50,58	fgh	49,95	efg	0,63
12	MAITRE	50,36	fgh	51,20	efg	-0,84
13	MAXWELL	49,16	gh	53,16	ef	-4
14	BUENNO	42,00	ghij	39,15	ghi	2,85
15	BAKAN	45,76	ghi	47,01	efgh	-1,25
16	FRITZ	40,76	ghij	36,76	hi	4
17	TUKAN	38,13	hij	38,52	ghi	-0,32
18	RUPANCO	35,81	ij	45,11	fgh	-9,3
19	MAXI	32,96	ij	41,13	fghi	-8,17
20	INVENTO	30,45	j	32,48	i	-2,03
PROMEDIO		58,93		60,24		-1,31

1/ Valores unidos por la misma letra en sentido horizontal no tienen diferencia significativa de rendimiento entre sí (Test de Tukey al 5%).

4.3 Resultados de análisis de calidad panadera

Los cuadros 14, 15, 16 y 17 contienen los resultados pertenecientes a los ensayos 2 y 3, donde se evalúa la dosis y el momento de aplicación de Nutrifol en los cultivares Maxwel y Kumpa INIA. En parámetros de calidad panadera como proteína, gluten húmedo y sedimentación, además de el peso hectólitro y el rendimiento por hectárea.

Cuadro 14. Ensayo 2, evaluación de dosis de aplicación en cultivar Maxwell INIA. Vilcún, Temporada 2012/13.

Tratamiento	Rendimiento (qqm/ha)	Gluten (%)	Sedimentación (ml)	Proteína (%)
Testigo	122,2a	41,65a	35,43a	11,70a
3 L	125,9a	43,18a	34,73a	11,88a
5 L	127,3a	43,20a	35,90a	12,05a
CV (%)	5,70	4,85	11,01	6,13

1/ Valores unidos por la misma letra en sentido horizontal no tienen diferencia significativa de rendimiento entre sí (Test de Tukey al 5%).

Cuadro 15. Ensayo 2, evaluación de dosis de aplicación en cultivar Kumpa INIA. Vilcún, Temporada 2012/13.

Tratamiento	Rendimiento (qqm/ha)	Gluten (%)	Sedimentación (ml)	Proteína (%)
Testigo	96,6a	24,90a	31,05a	9,75a
3 L	91,9a	27,03a	32,60a	10,30a
5 L	91,3a	24,35a	30,68a	9,65a
CV (%)	7,26	16,58	14,00	9,70

1/ Valores unidos por la misma letra en sentido horizontal no tienen diferencia significativa de rendimiento entre sí (Test de Tukey al 5%).

Cuadro 16. Ensayo 3, evaluación del momento de aplicación en cultivar Maxwell INIA. Vilcún, Temporada 2012/13.

Tratamiento	Rendimiento (qqm/ha)	Gluten (%)	Sedimentación (ml)	Proteína (%)
Testigo	119,2a	40,5a	36,4a	12,1a
Embuche	126,9a	39,6a	36,3a	12,0a
Espigadura	120,3a	41,2a	38,7a	12,0a
CV (%)	4,51	9,08	10,09	5,40

1/ Valores unidos por la misma letra en sentido horizontal no tienen diferencia significativa de rendimiento entre sí (Test de Tukey al 5%).

Cuadro 17. Ensayo 3, evaluación del momento de aplicación en cultivar Kumpa INIA. Vilcún, Temporada 2012/13.

Tratamiento	Rendimiento (qqm/ha)	Gluten (%)	Sedimentación (ml)	Proteína (%)
Testigo	96,7a	27,80a	32,90a	10,15a
Embuche	91,9a	28,56a	32,57a	10,30a
Espigadura	96,0a	27,18a	31,30a	10,00a
CV (%)	6,68	11,09	14,07	7,03

1/ Valores unidos por la misma letra en sentido horizontal no tienen diferencia significativa de rendimiento entre sí (Test de Tukey al 5%).

4.3.1 Contenido de proteína

Los niveles de proteína se presentan como porcentaje del grano en el Cuadro 18, en un grupo de cultivares chilenos con y sin aplicación de Nutrifol. El nivel alcanzado sugiere un efecto ambiental considerable reflejado por un bajo rendimiento individual (Cuadros 12 y 13), como consecuencia de las heladas de noviembre de 2012.

Las diferencias entre un tratamiento y otro fue de -0,3% con un rango de -0,8% en los cultivares Porfiado y Puelche Baer y de 0,3% en Bicentenario INIA. A consecuencia de lo anterior y no habiendo diferencia respecto a este factor, tampoco debiera esperarse mayores impactos en otros factores de calidad asociados a proteína, como gluten húmedo y sedimentación.

Sin perjuicio de lo anterior, se observaron niveles de proteína alcanzados por parte de algunos cultivares, como Rupanco INIA, Maitre Baer, Windy Anasac y Maxi Baer, que distan mucho de ser normales y que reflejan lo establecido por Darwich (2005), el cual indicó que el efecto del bajo rendimiento del grano incrementaría la concentración de proteína.

Respecto a los resultados obtenidos en los ensayos para determinar la dosis y momento de aplicación del producto, el cuadro 14, 15, 16 y 17, indican que no hubo diferencias significativas entre tratamientos y el testigo al 0.5% test de Tukey, en los cultivares Maxwell INIA y Kumpa INIA.

El contenido de proteína obtenido por los ensayos, no mostro diferencias significativas en respuesta a la fertilización, contrario a lo que observó Loewy (2004), al notar incrementos de proteína de entre 0,4 y 0,8% por el agregado de 20 kg ha⁻¹ de nitrógeno foliar en antesis, concordando con Darwich (2005), el cual también obtuvo respuestas significativas sobre el aumento en el contenido de proteína al aplicar un fertilizante de tipo foliar que contenía nitrógeno en el estado de hoja bandera.

Sin embargo Cuniberti (1996), mencionó que aplicaciones a la siembra o siembra-macollaje era el momento adecuado para mejorar rendimiento y calidad a la vez, ya que la proteína tiene su origen en el nitrógeno inorgánico del suelo, natural o químico, que se transforma luego en nitrógeno orgánico en el grano. Y que en aplicaciones en prefloración o floración plena no siempre existía respuesta a proteína, con algunas excepciones, dependiendo mucho del ambiente. Así mismo Arens, Ron y Loewy (2011), también obtuvieron nulas diferencias estadísticas, al aplicar un fertilizante foliar compuesto por Nitrógeno y Azufre en la etapa de encañazón y antesis.

Cuadro 18. Contenido de proteína comparativa entre aplicar Nutrifol y no aplicar. Vilcún, temporada 2012/13.

N°	Cultivar	Proteína. Con Nutrifol (%)	Proteína. Sin Nutrifol (%)	Diferencia
1	KUMPA	10,8 h	10,8 j	0
2	BICENTENARIO CL	11,2 h	10,9 ij	0,3
3	DOLLINCO	11,9 fgh	12,0 fg	-0,1
4	DON CRISTIAN CL	11,8 gh	11,9 fgh	-0,1
5	RUPANCO	13,9 bcd	14,1 bc	-0,2
6	KONDE	13,4 cde	13,6 cd	-0,2
7	MAXWELL	12,7 efg	13,1 de	-0,4
8	PORFIADO	11,6 gh	12,4 ef	-0,8
9	PUELCHE	10,9 h	11,7 fghi	-0,8
10	MAITRE	13,3 cde	13,5 cd	-0,2
11	SWINDY	13,0 def	13,5 cd	-0,5
12	TUKAN	15,1 ab	14,9 b	0,2
13	OLIVART	11,0 h	11,1 hij	-0,1
14	IKARO CL	13,1 def	13,4 cd	-0,3
15	INVENTO	15,6 a	15,8 a	-0,2
16	FRITZ	14,5 abc	14,8 b	-0,3
17	BAKAN	14,2 bcd	14,6 b	-0,4
18	BUENNO	13,5 cde	13,6 cd	-0,1
19	MAXI	14,1 bcd	14,6 b	-0,5
20	INSTINCT	10,8 h	11,2 hij	-0,4
PROMEDIO		12,8	13,1	-0,3

1/ Valores unidos por la misma letra en sentido horizontal no tienen diferencia significativa de rendimiento entre sí (Test de Tukey al 5%).

4.3.2 Contenido de gluten húmedo

De acuerdo a los resultados presentados en el cuadro 19, no se evidencian diferencias significativas entre ambos tratamientos, con y sin Nutrifol tanto a nivel de cultivares como a nivel del promedio del ensayo, cuya diferencia fue de -0,7%. Esta diferencia no alcanza a producir un

cambio en la clasificación de calidad promedio de acuerdo a la Norma Chilena del 1999, ya que con sus niveles de gluten, ambas categorías se pueden clasificar como “trigos fuertes” (INN, 1999).

A nivel de cultivares, las diferencias oscilaron entre -2,1% (Maxi Baer) y 2,7% (Tukan INIA), siendo ambos cultivares muy afectados por las heladas del 22 y 23 de noviembre, lo que pudo alterar el real valor del gluten en el grano. Al contrario los cultivares de ciclo más tardío como Kumpa INIA y Bicentenario INIA, no fueron fuertemente afectados por este fenómeno, pero aun así el efecto potenciador del producto Nutrifol no se ve reflejado en un incremento sustancial del contenido de gluten del grano, manteniendo este porcentaje en niveles muy similares entre un tratamiento y otro.

Además se observaron altos niveles de gluten húmedo en todos los cultivares, lo que no refleja la real calidad de estos trigos, lo que podría deberse a un efecto ambiental que afectó considerablemente la real expresión de este factor de calidad, sobredimensionando su real expresión en relación con la que se presenta bajo condiciones normales. Sólo el cultivar Tukan presentó diferencias significativas al tratamiento.

Respecto a los resultados obtenidos en los ensayos para determinar la dosis y momento de aplicación del producto, los cuadros 14, 15, 16 y 17, indican que no hubo diferencias significativas entre tratamientos y el testigo al 0.5% test de Tukey, en los cultivares Maxwell INIA y Kumpa INIA.

De acuerdo a la relación que existe entre el contenido de proteína y el gluten, se puede estimar el gluten que puede tener una muestra, conociendo la cantidad de proteína. Este a pesar de ser un estimador rápido, es aproximado y no exacto, de la cantidad de gluten probable en una muestra de trigo, ya que la proteína puede estar desnaturalizada por un almacenaje inadecuado o por secado del grano a altas temperaturas, haciendo que no forme gluten, por eso esta relación dependerá de factores como el año, la región, el ambiente y el cultivar (Cuniberti y Mir, 2012). Por ello se considera que al igual que en los resultados obtenidos para el contenido de proteína, estos no presenten significancia estadística al aplicar fertilizantes de tipo foliar en el estado de embuche y espigadura.

Lo cual no coincide con Darwich (2005), el cual verificó respuestas significativas en 6 de 12 cultivares en Argentina, al agregar un fertilizante foliar sobre el porcentaje de gluten en el estado de hoja bandera.

Cuadro 19. Contenido de gluten húmedo comparativo entre aplicar Nutrifol y no aplicar. Vilcún, Temporada 2012/13.

N°	Cultivar	Gluten húmedo. Con Nutrifol (%)		Gluten húmedo. Sin Nutrifol (%)		Diferencia
1	KUMPA	29,8	jk	31,1	g	-1,3
2	BICENTENARIO CL	31,3	hijk	30,9	g	0,4
3	DOLLINCO	38,1	efg	37,7	cde	0,4
4	DON CRISTIAN CL	37,1	efghi	37,6	cde	-0,5
5	RUPANCO	35,3	fghij	35,3	def	0
6	KONDE	40,1	def	40,7	c	-0,6
7	MAXWELL	45,7	cd	47,2	b	-1,5
8	PORFIADO	33,5	ghijk	35,3	def	-1,8
9	PUELICHE	31,1	ijk	33,9	efg	-2,8
10	MAITRE	39,5	def	40,0	c	-0,5
11	SWINDY	38,0	efgh	38,9	cd	-0,9
12	TUKAN	57,6	a	54,9	a	2,7
13	OLIVART	27,3	k	26,7	h	0,6
14	IKARO CL	39,8	def	40,5	c	-0,7
15	INVENTO	53,4	ab	53,8	a	-0,4
16	FRITZ	50,1	bc	52,0	a	-1,9
17	BAKAN	43,3	de	44,7	b	-1,4
18	BUENNO	43,1	de	44,5	b	-1,4
19	MAXI	42,6	de	44,7	b	-2,1
20	INSTINCT	31,6	ghijk	32,8	fg	-1,2
PROMEDIO		39,4		40,1		-0,7

1/ Valores unidos por la misma letra en sentido horizontal no tienen diferencia significativa de rendimiento entre sí (Test de Tukey al 5%).

4.3.3 Valor de sedimentación

De acuerdo con los resultados obtenidos (Cuadro 20), no se observan diferencias claras respecto a este parámetro como respuesta a la aplicación del producto Nutrifol tanto a nivel individual de cada cultivar, como a nivel general, cuyas diferencias promedio fueron de -2,4 ml, siendo 49,7 ml el promedio de cultivares con producto y 52,1 ml sin producto. El rango estuvo entre -7,4 ml (Maxi Baer) y 0,8 ml (Porfiado Baer), siendo mayor la tendencia hacia una reducción por efecto del producto que a un aumento de la sedimentación, aun cuando no se observan diferencias estadísticamente significativas entre ambos promedios del ensayo.

Respecto a los resultados obtenidos en los ensayos para determinar la dosis y momento de aplicación del producto, los cuadros 14, 15, 16 y 17 indican que no hubo diferencias significativas para este parámetro entre tratamientos y el testigo al 0.5% test de Tukey, en los cultivares Maxwell INIA y Kumpa INIA.

Cuadro 20. Valores de sedimentación comparativas entre aplicar Nutrifol y no aplicar. Vilcún, Temporada 2012/13.

Nº	Cultivar	Sedimentación. Con Nutrifol (cm)		Sedimentación. Sin Nutrifol (cm)		Diferencia
1	KUMPA	35,1	k	35,2	k	-0,1
2	BICENTENARIO CL	38,6	jk	38,0	jk	0,6
3	DOLLINCO	47,2	fghij	49,1	hi	-1,9
4	DON CRISTIAN CL	50,2	efg	52,0	fgh	-1,8
5	RUPANCO	38,7	jk	40,5	jk	-1,8
6	KONDE	61,5	bcd	61,9	cd	-0,4
7	MAXWELL	38,9	ijk	43,1	ij	-4,2
8	PORFIADO	43,9	ghijk	50,8	gh	-6,9
9	PUELICHE	48,6	fghi	55,3	defgh	-6,7
10	MAITRE	56,7	cdef	59,9	cde	-3,2
11	SWINDY	63,2	bc	63,9	bc	-0,7
12	TUKAN	24,4	l	24,2	l	0,2
13	OLIVART	39,6	hijk	40,1	jk	-0,5
14	IKARO CL	52,8	defg	54,5	efgh	-1,7
15	INVENTO	54,2	cdef	57,5	cdefg	-3,3
16	FRITZ	68,4	ab	68,6	b	-0,2
17	BAKAN	74,5	a	76,3	a	-1,8
18	BUENNO	58,6	cde	61,0	cde	-2,4
19	MAXI	50,9	efg	58,3	cdef	-7,4
20	INSTINCT	49,0	efgh	52,8	fgh	-3,8
PROMEDIO		49,7		52,1		-2,4

1/ Valores unidos por la misma letra en sentido horizontal no tienen diferencia significativa de rendimiento entre sí (Test de Tukey al 5%).

5. CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en el presente trabajo es posible concluir lo siguiente:

Al evaluar el efecto del uso de Nutrifol, como un fertilizante de tipo foliar complementario, compuesto de macro y micronutrientes en los tres ensayos realizados, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos y el testigo, tanto en la comparación al aplicar y no aplicar el producto en 20 cultivares, la evaluación de la época de aplicación y la dosis a aplicar entre los parámetros de calidad panadera y rendimiento en cultivares de trigo.

Los valores obtenidos en los parámetros de calidad panadera, principalmente el contenido de proteína, mostraron que no hubo diferencias estadísticas significativas respecto a los tratamientos. La diferencias entre un tratamiento y otro fue de -0,3% con un rango de -0,8% en los cultivares Porfiado y Puelche Baer y de 0,3% en Bicentenario INIA. Además se observaron niveles de proteína alcanzados por parte de algunos cultivares, como Rupanco INIA, Maitre Baer, Swindy Anasac y Maxi Baer, que distan mucho de ser normales y que reflejan lo señalado por algunos autores que plantean que el efecto de bajos rendimientos del grano incrementaría la concentración de proteína.

Entre los valores de proteína, no hubo diferencias estadísticas para determinar el efecto sobre la época de aplicación y la dosis, lo que indica que en al aplicar un fertilizante foliar en etapas tardías, este no presenta respuesta alguna, no así lo mencionado por autores que indican que fertilizaciones tempranas si tenían efecto sobre la calidad. A consecuencia de lo anterior y no habiendo diferencia respecto a este factor, tampoco se presentaron diferencias significativas en otros factores de calidad asociados a proteína, como gluten húmedo y sedimentación.

Los valores de rendimiento obtenidos indican que los cultivares tardíos como Kumpa, Bicentenario, Dollinco y Don Cristian, fueron menos afectados por las heladas. De esta manera, alcanzaron altos niveles productivos tanto en el promedio del ensayo con y sin aplicación, como en los ensayos comparativos. Pero estos no indican ninguna significancia estadística al comparar los rendimientos, ya que los rendimientos entre cultivares y en presencia del producto y ausencia de este

son similares. Así mismo, los cultivares de mayor productividad, así como aquellos que mostraron menor rendimiento tienen un ordenamiento similar en ambas columnas y con similares grados de significancia. Las diferencias que se observaron para algunos cultivares se pueden atribuir al error experimental, el cual se ve favorecido e incrementado por las condiciones ambientales imperantes de la temporada, para este caso sólo el cultivar Ikaro muestra una diferencia al producto.

Además el uso de Nutrifol no logró determinar la época de aplicación, ni la dosis adecuada para incrementar el rendimiento, ya que los valores obtenidos no reflejan diferencias significativas. Por consiguiente se considera que la fertilización foliar usada de manera complementaria con el producto Nutrifol, no cumple con el objetivo de mejoramiento propuesto, ya que la mayoría de los componentes de rendimiento ya estaban definidos en etapas anteriores a la aplicación del producto, en base a la fertilización al suelo.

6. RESUMEN

En la industria del trigo para panificación (*Triticum aestivum* L.) uno de los objetivos es alcanzar altos rendimientos y a la vez obtener una optima calidad, la cual depende principalmente del contenido de proteínas formadoras de gluten; gliadinas y gluteninas. Estas le otorgan a la harina la capacidad de formar una masa fuerte, cohesiva, capaz de retener gases y dar productos aireados y livianos después de su cocción.

Pero este objetivo se ve entorpecido, ya que al incrementar el rendimiento disminuiría la cantidad de proteínas, puesto que los componentes de rendimiento se definen en mayoría en etapas anteriores al contenido de proteínas del grano, las que se sintetizan desde floración hasta madurez fisiológica. Por ello se requiere un manejo adecuado y del uso eficiente de insumos para mantener un equilibrio entre el rendimiento y el contenido de proteínas.

Debido a las propiedades favorables como potenciador de rendimiento y calidad panadera de la harina que aporta la aplicación de fertilizantes foliares compuestos por macro y micronutrientes, es que se ha utilizado este tipo de fertilizantes de manera complementaria a la fertilización edáfica.

Al ser aplicado un nutriente por aspersión en las hojas, este se difunde por los espacios interfibriles en la pared de las células epidermales, o bien, vía intercambio iónico a través de ectodesmos, hasta llegar a la membrana plasmática, lugar donde se lleva a cabo prácticamente una absorción activa como en el caso de la absorción de nutrimentos por las raíces. Una vez que el nutriente es incorporado al citoplasma de la célula se forman metabolitos, los cuales finalmente son translocados a los sitios de mayor demanda.

Por ello se utilizó Nutrifol, un fertilizante foliar con aporte de macro y micronutrientes en una solución, con el objetivo de aumentar el rendimiento y los parámetros asociados a la calidad panadera de la harina de trigo.

Para ello se evaluaron 22 cultivares de trigo panadero con el objetivo de determinar el efecto potenciador o detrimental al aplicar un fertilizante foliar, en el estado de antesis, con una dosis de 5 L/ha. Además de dos ensayos más, con el objetivo de definir el momento y la dosis de aplicación en los cultivares Kumpa INIA y Maxwell INIA. Para determinar el momento de aplicación se utilizó una dosis única de 5 L/ha, aplicadas en el estado de embuche y espigadura, además de un testigo y para determinar la dosis adecuada se utilizó un tratamiento testigo 0, 3 y 5 L/ha en el estado de espigadura.

Se realizó un diseño experimental de bloques divididos en franjas completamente aleatorizado, empleando un modelo de ANOVA factorial de efectos fijos y aleatorios y posteriormente un test de comparación múltiple de Tuckey ($p < 0,05$), analizados estadísticamente con el software SPSS 11.0.

Se evaluaron los parámetros de calidad panadera de la harina, con el uso de los del equipo NIR para la determinación de proteína, Glutomatic para obtener el contenido de gluten húmedo y para obtener el valor de sedimentación se realizó mediante el método propuesto por Zeleny. Además se evaluó el rendimiento y peso hectólitro. Estadísticamente no se encontraron diferencias significativas para los parámetros de calidad panadera y tampoco para rendimiento y peso hectólitro. De modo que los resultados coinciden con lo mencionado por algunos autores, que mencionan que no obtuvieron diferencias entre dosis, ni aplicaciones en etapas tardías de desarrollo.

7. SUMMARY

In the wheat industry to bread making (*Triticum aestivum* L.) one of the aims is to achieve high yields and simultaneously get optimum quality, which depends mainly on the content forming-gluten proteins, gliadins and glutenins. These give to flour the ability to form a strong mass, cohesive, able to withhold gases and give aired and light products after cooking.

But this aim is hampered, since increasing the yield would decrease protein quantity, since yield components are defined in most previous stages in protein content of the grain, which are synthesized from flowering to physiological maturity. Therefore proper management is required and the efficient use of inputs to keep a balance between yield and protein content.

Due to favorable properties such as performance enhancer and baking quality of flour which brings the application of foliar fertilizer compounds by macro and micronutrients, this kind of fertilizer has been used in a complementary way to soil fertilization.

By being applied a nutrient by sprinkling on the leaves, this is diffused by interfibrals spaces on the epidermal cells wall, or, via ionic exchange through ectodesmos, reaching the plasma membrane, where practically is carried out an active absorption as in the case of the absorption of nutrients by the roots. Once the nutrient is incorporated into the cytoplasm of the cell, metabolites are formed, which are finally translocated to sites of increased demand.

Therefore nutrifol was used, a foliar fertilizer supported with macro and micronutrients in a solution, in order to increase performance and the parameters associated with baking quality of wheat flour.

To this 22 baker wheat cultivars were evaluated, with the aim to determine the potentiating effect or detrimental in applying a foliar fertilizer, in the anthesis state, with a dose of 5 L/ha. Plus two more trials, with the aim of defining the timing and dose of application in cultivars Maxwell INIA and Kumpa INIA. To determine the application time, a specific dose of 5 L/ha was used, applied in the boot stage and ear emergence, in addition to a witness and to

determine the proper dosage a witness treatment was used 0, 3, and 5 L/ha in the state of ear emergence.

A block experimental design was performed divided into stripes completely randomized, using a factorial ANOVA model of fixed and random effects and thereafter a multiple comparison test of Tukey ($p < 0.05$), statistically analyzed with SPSS 11.0 software.

Baking quality parameters of flour were evaluated with use of the equipment to protein determination, glutomatic to get wet gluten content, and to get sedimentation value was performed using the method proposed by Zeleny. Besides, performance and hectolitre weight were evaluated. Statistically, were not found significant differences to baking quality parameters, neither to performance and hectolitre weight. Therefore the results match with reported by some authors, who say they did not get differences between doses, or applications at delayed stages of development.

8. LITERATURA CITADA

- Arens, O., Ron, M., & Loewy, T.** 2008. Fertilización foliar: efecto de la época y producto en trigo candeal con dos niveles de nutrición azufrada. INTA EEA. Bordenave. En: Congreso Nacional de Trigo. 7. Simposio Nacional de Cereales de Siembra Otoño-Invernal. 5. Encuentro del Mercosur. 1. 2008. Julio de 2008. Santa Rosa, La Pampa. Argentina. p. 5.
- Bergh, R., Echeverría, H. & Loewy, T.** 2005. Red de fertilización nitrogenada para calidad en trigo pan. EEA INTA. 5 p.
- Brach, M.** 2012. Factores que determinan la variación de la calidad panadera en trigo. Revista Voces y ecos N° 28. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Centro Regional Santa Fe. EEA Reconquista. 26-29 p.
- Chile, Instituto Nacional de Normalización.** 1999. Norma Chilena 1237-1999, Trigo harinero Requisitos. Primera Edición. 16 p.
- Cuniberti, M.** 1996. Fertilización nitrogenada, proteínas y calidad del trigo. Información para extensión N° 33. INTA Marcos Juárez.
- Cuniberti, M. & Mir, L.** 2012. Relación gluten/proteína en trigo. INTA Marcos Juárez. Lab. Calidad Industrial de Cereales y Oleaginosas. 10 p.
- Danty, J. & Olfos, M.** 2013. Boletín de trigo. Temporada del trigo 2012/13. Publicación de la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA) del Ministerio de agricultura, Gobierno de Chile.
- Darwich, N.** 2005. Estrategias de fertilización nitrogenada para la obtención de trigos de calidad para exportación. Informaciones agronómicas No 27. 21-24 p.

- De la Vega, G.** 2009. Proteínas de la harina de trigo: clasificación y propiedades funcionales. *Temas de Ciencia y Tecnología*. 13(38): 27–32.
- Fernández, V., Sotiropoulos, T. & Brown, P.** 2013. Foliar fertilization. Scientific principles and field practices. International fertilizer industry association (IFA). Paris, France. 140 p.
- Ferraris G. y Couretot L.** 2008. Efecto de la fertilización foliar complementaria sobre el rendimiento de trigo en siembra directa. INTA Pergamino. Consultado el día 20 de octubre de 2013. Disponible en: <http://www.elsitioagricola.com/articulos/ferraris/Efecto%20Fertilizacion%20Foliar%20Complementaria%20Rendimiento%20de%20Trigo%20en%20SD.asp>.
- Franke, W.** 1986. The basis of foliar absorption of fertilizar with especial regard to mechanisms. *Plant Soil Sci.* 17-25 p.
- Fregoni, M.** 1986. Some aspects of epigeal nutrition of grapevines. In: Alexander, A. (Ed.). Foliar fertilization. Proceedings of the First International Symposium of Foliar Fertilization by Schering Agrochemical. Division. Berlin. 1985. p. 205-211.
- Guerrero, A.** 1999. Cultivos herbáceos extensivos. Ediciones Multi- Prensa. Sexta edición. 829 p.
- Herrera, E., Pinilla, H. & Sanhueza, H.** 2012. Effects of sulfur fertilization on wheat production and industrial quality (*Triticum aestivum*). *Ciencia e Investigación Agraria*. 39(1): 193-199.
- Hevia, F.** 2003. Componentes químicos y algunas propiedades físicas del grano de trigo y su relación con la funcionalidad de las harinas. En: Jobet, C. (ed.). Avances y perspectivas en calidad industrial del trigo. Serie acta n°21. 47-68 p.
- Jobet, C.** 1989. El trigo: pan nuestro de cada día. Investigación y Progreso Agropecuario Carillanca (Chile). 8(39): 18-22.

- Jobet, C. & Hewstone, C.** 2003. Kumpa- INIA: Nueva variedad de trigo invernal para el sur de Chile. *Agricultura Técnica*, 63(1): 81-86. Recuperado en 13 de octubre de 2013, de http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S036528072003000100010&lng=es&tlng=es.10.4067/S0365-28072003000100010.
- Jobet, C., Zúñiga, J. & Campos de Quiroz, H.** 2003. Mejoramiento molecular de trigo para calidad industrial. Proyecto Fondef D0I1074. En: Jobet, C. (ed.). *Avances y perspectivas en calidad industrial del trigo*. Serie acta n°21. p. 5-12.
- Kannan, S.** 1986. Physiology of foliar uptake of inorganic nutrients. *Revista Proceedings: Plant Sciences, India*. 96 (6): 457-470.
- Kent, N. L.** 1987. *Tecnología de los cereales*. Ed. Acribia. Zaragoza España. 221 p.
- Kugler, W.** 2012. Efecto de tratamientos de fertilización foliar en trigo y cebada. INTA San Antonio de Areco. Campaña 2011/12.
- Lagrasa, F. & Ciarlo, E.** 2010. Resultados de ensayos de fertilización foliar en el cultivo de trigo. Consultado el 03 de Agosto del 2013. Disponible en: <http://www.cuencarural.com/agricultura/65857-resultados-de-ensayos-de-fertilizacion-foliar-en-el-cultivo-de-trigo/>.
- Lelley, J.** 1976. *Wheat breeding, theory and practice*. Publishing house of the hungarian academy of science. Akademiai kiado, Budapest. p. 485 - 529.
- Loewy, T.** 2004. Fertilización complementaria en trigo. Presentación Jornadas técnicas para productores sobre fertilización de cereales de invierno. 15 diap.
- López Bellido, L.** 1990. *Cereales. Cultivos herbáceos vol. 1*. Ed. Mundi prensa, Madrid, España. 538 p.
- Malavolta, E.** 1986. Foliar fertilization in Brazil. Present and perspectives. In: Alexander, A. (ed.). *Foliar fertilization. Proceedings of the first international symposium of foliar fertilization by schering agrochemical division*. Berlín. 1985. p. 170 - 192.

- Malavolta, E.** 1990. La fertilización foliar: Bases científicas y significado en la agricultura. Suelos ecuatoriales. Bogotá. 20(1): 29-43.
- Marschner, H.** 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. Second Edition. Institute of Plant Nutrition University of Hohenheim. Germany. 862 p.
- Matus, A. & Vega, A.** 2004. Variedades. En: Mellado, M. (ed.). Boletín de trigo 2004. Manejo Tecnológico. Boletín INIA- N° 114. Centro regional de investigación Quilamapu, Chillan, Chile. 7-26 p.
- Melgar, R.** 2005. Aplicación foliar de micronutrientes. INNTA EEA Pergamino. Disponible en: <http://www.fertilizando.com/articulos/Aplicacion%20Foliar%20de%20Micronutrientes.asp>.
- Mella, A. & Kühne, A.** 1985. Sistemática y descripción de las familias, asociaciones y series de suelos derivados de materiales piroclásticos de la Zona Centro-Sur de Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Santiago, Chile. 549-716 p.
- Mellado, M.** 1998. Análisis del cultivo del trigo en Chile durante el siglo veinte. Agricultura técnica. Chile. 58: 230-240.
- Mellado, M.** 2007. El trigo en Chile. Cultura, ciencia y tecnología. Colección libros INIA N° 21. Instituto de investigaciones agropecuarias, Centro regional de investigación Quilamapu, Chillan, Chile. 684 p.
- Murillo, R., Piedra, G. & León, R.** 2013. Absorción de nutrientes a través de la hoja. Uniciencia. 27(1): 232-244.
- Oficina de Estudios y Políticas Agrarias, (ODEPA).** 2013. Cultivos anuales: superficie, producción y rendimientos. Elaborado por oficina de estudios y políticas agrarias con información del INE.
- Peña, R.** 2003. Influencia de la textura del endospermo y la composición de las proteínas del gluten en la calidad panadera del trigo. En: Jobet, C. (ed.). Avances y perspectivas en calidad industrial del trigo. Serie acta N° 21. p. 23-40.

- Peña, R., Ortiz-Monasterio, J. & Sayre, K.** 1998. Estrategias para mejorar (o mantener), la calidad panadera en trigo de alto potencial de rendimiento. En: Koohli, M. M; Martino, D. (eds). Explorando altos rendimiento de trigo. La Estanzuela, Uruguay; CIMMYT-INIA. p. 287-304.
- Pinilla, H. & Herrera, L.** 2008. Efecto de la fertilización nitrogenada tardía en aspectos de calidad panadera en trigo (*Triticum aestivum* L.). Idesia (Chile). 26(1): 77-81.
- Romheld, V. & El Fouly, M.** 1999. Aplicación foliar de nutrientes: retos y límites en la producción agrícola. Informaciones agronómicas No. 48. En: Foliar nutrient application: Challenges and limits in crop production. Proceeding of the 2nd International Workshop on Foliar Fertilization. Fertilizer Society of Thailand. Bangkok, Thailand. p. 10-14.
- Ronen, E.** 2005. Fertilización foliar. Otra exitosa forma de nutrir a las plantas. INTA EEA Pergamino. Disponible en: <http://www.fertilizando.com/articulos/Fertilizacion%20Foliar%20%20Otra%20forma%20exitosa.asp>.
- Salas, R.** 2002. Herramientas de diagnóstico para definir recomendaciones de fertilización foliar. En: Meléndez, G. & Molina, E. (eds.). Fertilización Foliar: Principios y Aplicaciones. Laboratorio de Suelos y Foliare del Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica. p. 7-18.
- Segura, A.** 2002. Fertilización foliar: principios y aplicaciones. En: Meléndez, G. & Molina, E. (eds.). Fertilización Foliar: Principios y Aplicaciones. Laboratorio de Suelos y Foliare del Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica. p. 19-25.
- Trinidad, A. & Aguilar, D.** 2000. Fertilización foliar, un respaldo importante en el rendimiento de los cultivos. Terra. 17(3): 247-255.

9. ANEXOS

Anexo 1. Instrumentos e insumos utilizados durante la investigación.

ANÁLISIS	EQUIPOS	INSTRUMENTOS	MATERIAL DE VIDRIO	REACTIVOS	INSUMOS
MICRO- SEDIMENTACIÓN	Molino Chopin Balanza analítica Agitador mecánico	Tamiz Espátula Timer digital	Probetas graduadas de 25 ml.	Azul de bromofenol Solución ácido láctico-alcohol isopropílico	Harina
CONTENIDO DE PROTEÍNA	Molino Laboratory Mil 120 Molino Chopin NIR	Balanza analítica			Harina
GLUTEN HÚMEDO	Balanza digital Lavador de gluten Glutomatic 6000 Centrífuga Gluten index	Espátula		Solución de cloruro de sodio (NaCl) Fosfato dihidrogeno de potasio (KH ₂ PO ₄)	Harina Agua destilada
PESO HECTÓLITRO	Balanza Schopper				Granos de trigo

Anexo 2. Metodología para determinar el gluten húmedo.

Procedimiento. Se pesaron 10 g de harina (previamente separada del salvado) y se colocaron en la cámara de lavado. A continuación, se añadieron 4,8 ml de la disolución al 2% de Cloruro sódico (NaCl), agitando la cámara suavemente de modo que se extienda uniformemente sobre la harina. Luego de instalar la cámara en el equipo, se introdujeron unas gotas de agua. El programa estándar es de 20 segundos de amasado y 5 minutos de lavado. Al detenerse, se retiró cuidadosamente todo el gluten de la cámara y del gancho amasador, colocándolo sobre un soporte con tamiz en la centrifuga. Después de centrifugar por 60 s, con ayuda de una espátula se retiró todo el gluten que haya pasado a través del tamiz y se pesa (gluten index). Posteriormente, se retiró el gluten que permaneció sin atravesar el tamiz, se unió con la otra porción y se obtuvo el peso total del gluten (gluten húmedo). Figura A1.

Preparación de cloruro de sodio (10 litros). Se disolvieron 200g de Cloruro de sodio, 7,45g de Fosfato hidrógeno de potasio (KH_2PO_4) y 2,46g de Hidrogeno fosfato de disodio deshidratado (Na_2HPO_4).

METODOLOGÍA GLUTEN HÚMEDO**Pesaje y aplicación de Cloruro de sodio****Cámara de lavado****Soporte con tamiz para gluten en Centrifuga****Pesaje del gluten****Figura A1: Metodología para determinar gluten húmedo.**

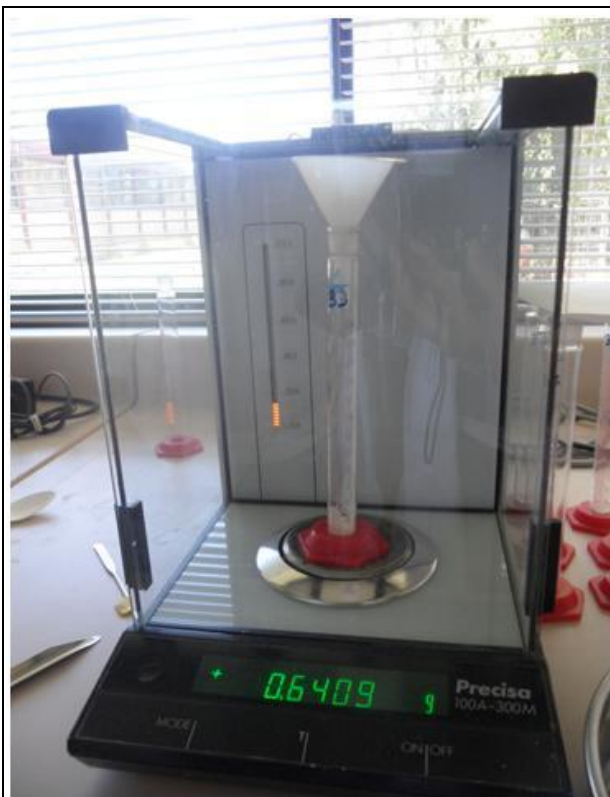
Anexo 3. Metodología para determinar microsedimentación.

Preparación de Azul de Bromofenol. Para preparar un litro de solución de Bromofenol, se utilizaron 4 mg (0,004 g) de Azul de Bromofenol.

Preparación solución Stock ácido láctico. Para preparar la solución stock de ácido láctico, se requiere 250 ml de ácido láctico con base a 85% de concentración y 750 ml de agua destilada. Hervir el contenido de la solución por 6 h sin pérdida de volumen. Luego, mezclar 180 ml de solución stock de ácido láctico con 200 ml de alcohol isopropílico (98%) y aforar a 1 L de agua destilada. Reposar 48 h.

Procedimiento. Moler un mínimo de 20 g de trigo de una muestra representativa en el molino mencionado en el anexo 1, una vez cernida la harina en una malla de 100 mesh por 90 s, se pesan 0,64 g de harina y se transfiere a una probeta de 25 ml. Luego se debe poner en marcha el cronómetro y adicionar 10 ml de solución de azul de bromofenol. Agitar vigorosamente y colocar la probeta en el agitador mecánico.

Pasados 5 min (colocar nuevas muestras con intervalos de 30 s), retirar la probeta del agitador y adicionar 5 ml de la solución de ácido láctico–alcohol isopropílico y colocar en la probeta por un segundo período de 5 min en el agitador. Al retirar la probeta del agitador debe permanecer en reposo por 5 min y leer y registrar el volumen del sedimento (Figura A2). El valor obtenido, es convertido al valor definitivo según la tabla de conversión (Anexo 4).

METODOLOGÍA VOLUMEN DE SEDIMENTACIÓN

Balanza con probeta graduada.

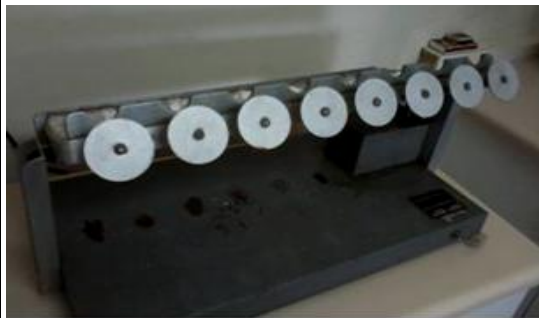


Imagen superior: ácido láctico-alcohol isopropílico y azul de bromofenol; **imagen inferior:** agitador mecánico de probetas.



Lectura del volumen de sedimentación, expresado en ml.



Solución de harina, ácido láctico y azul de bromofenol en probeta graduada.

Figura A2: Imágenes de la metodología utilizada para determinar el valor de sedimentación.

Anexo 4. Tabla de conversión del valor obtenido de sedimentación (milímetros) al valor definitivo.

Valor obtenido ml	Valor definitivo Ml	Valor obtenido ml	Valor definitivo ml	Valor obtenido ml	Valor definitivo ml
1,8	9,9	5,6	30,8	9,4	51,7
1,9	10,4	5,7	31,3	9,5	52,2
2,0	11	5,8	31,9	9,6	52,8
2,1	11,5	5,9	32,4	9,7	53,3
2,2	12,1	6,0	33,0	9,8	53,9
2,3	12,6	6,1	33,5	9,9	54,4
2,4	13,2	6,2	34,1	10,0	55,0
2,5	13,7	6,3	34,6	10,1	55,5
2,6	14,3	6,4	35,2	10,2	56,1
2,7	14,8	6,5	35,7	10,3	56,6
2,8	15,4	6,6	36,3	10,4	57,2
2,9	15,9	6,7	36,8	10,5	57,7
3,0	16,5	6,8	37,4	10,6	58,3
3,1	17	6,9	37,9	10,7	58,8
3,2	17,6	7,0	38,5	10,8	59,4
3,3	18,1	7,1	39,0	10,9	59,9
3,4	18,7	7,2	39,6	11,0	60,5
3,5	19,2	7,3	40,1	11,1	61,0
3,6	19,8	7,4	40,7	11,2	61,6
3,7	20,3	7,5	41,2	11,3	62,1
3,8	20,9	7,6	41,8	11,4	62,7
3,9	21,4	7,7	42,3	11,5	63,2
4,0	22	7,8	42,9	11,6	63,8
4,1	22,5	7,9	43,4	11,7	64,3
4,2	23,1	8,0	44,0	11,8	64,9
4,3	23,6	8,1	44,5	11,9	65,4
4,4	24,2	8,2	45,1	12,0	66,0
4,5	24,7	8,3	45,6	12,1	66,5
4,6	25,3	8,4	46,2	12,2	67,1
4,7	25,8	8,5	46,7	12,3	67,6
4,8	26,4	8,6	47,3	12,4	68,2
4,9	26,9	8,7	47,8	12,5	68,7
5,0	27,5	8,8	48,4	12,6	69,3
5,1	28	8,9	48,9	12,7	69,8
5,2	28,6	9,0	49,5	12,8	70,4
5,3	29,1	9,1	50,0	12,9	70,9
5,4	29,7	9,2	50,6	13,0	71,5
5,5	30,2	9,3	51,1	13,1	72,1

Anexo 5. Metodología para obtener los resultados correspondientes al porcentaje de proteína.

Para la obtención de los datos utilizados en la determinación del contenido de proteína, se procedió a moler el total de la muestra utilizada para todos los análisis de esta investigación con los molinos indicados en el anexo 1. Posteriormente se homogenizó la muestra para hacerla más representativa. La harina fue analizada en el equipo NIR para obtener el valor de proteína de la harina (Figura A3).

METODOLOGÍA PARA DETERMINAR PROTEÍNA**Molino Chopin****Molino Laboratory Mill 120****Equipo NIR (Near Infrared Reflectance) Infratec 1241.****Figura A3.** Metodología para determinar el contenido de proteína en el grano.