

**UNIVERSIDAD DE LA FRONTERA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y FORESTALES**



**EFFECTO DEL USO DE NITRÓGENO DE ENTEC 26 EN LA PRODUCCION DE  
TRIGO (*Triticum aestivum* L.) EN UN SUELO ANDISOL, DE LA REGION DE LA  
ARAUCANIA**

Tesis de grado 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.

**NATALY ANDREA ALEJANDRA SALAZAR CUEVAS**

**TEMUCO – CHILE**

**2013**

**UNIVERSIDAD DE LA FRONTERA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y FORESTALES**



**EFFECTO DEL USO DE NITRÓGENO DE ENTEC 26 EN LA PRODUCCION DE  
TRIGO (*Triticum aestivum* L . ) EN UN SUELO ANDISOL, DE LA REGION DE LA  
ARAUCANIA**

Tesis de grado 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.

**NATALY ANDREA ALEJANDRA SALAZAR CUEVAS**

**PROFESOR GUIA: HERNAN PINILLA QUEZADA**

**TEMUCO – CHILE**

**2013**

**“EFECTO DEL USO DE NITRÓGENO DE ENTEC 26 EN LA PRODUCCION DE TRIGO (*Triticum aestivum* L . ) EN UN SUELO ANDISOL, DE LA REGION DE LA ARAUCANIA”**

**Profesor guía**

**: HERNAN PINILLA QUEZADA**

Ingeniero Agrónomo. Magister en Fertilidad de Suelos

Depto. de Producción Agropecuaria

**Profesor consejero**

**: HECTOR SANHUEZA ROA**

Ingeniero Ejecución Agrícola.

Depto. de Producción Agropecuaria

Calificación:

:

## DEDICATORIA

*Mi tesis la dedico con todo mi amor y mi cariño:*

*A la familia maravillosa que he construido en paralelo a mis estudios que son Luis y mis hijos Pedro y Rafael, a mis padres Cecilia y Pedro, a mis tíos que siempre me han apoyado Ljubica y Hardy y por sobre todo a mi compañía diaria a mi abuelita Elisa que me ayuda desde el cielo .*

## AGRADECIMIENTOS

*Con mucho cariño quiero agradecer a Luis por creer en mi y ayudarme en los momentos difíciles dándome ánimo para terminar, por entender lo difícil que es ser estudiante, dueña de casa, madre y esposa a la vez, a mis hijos por ser la principal motivación de mi vida, a mis padres por estar conmigo en todo momento, gracias por darme una carrera para mi futuro y por creer en mi.*

*A don Hernán Pinilla por asesorarme a lo largo de la tesis, por compartir su conocimiento conmigo, por ser un pilar fundamental en esta etapa, agradezco cada uno de sus consejos, a mi profesor consejero don Héctor Sanhueza, por la colaboración brindada durante los ensayos realizados y sus consejos de gran utilidad.*

## INDICE DE MATERIAS

<b>Capítulo</b>		<b>Página</b>
<b>1</b>	<b>INTRODUCCION</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>3</b>
<b>2.1</b>	Transformación del nitrógeno en el suelo	3
<b>2.2</b>	Inhibidores de la nitrificación (INs)	4
<b>2.3</b>	Mecanismos de acción del 3,4 dimetil pirazol fosfato (DMPP)	5
<b>2.4</b>	Relación nitrógeno proteína.	8
<b>3</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>11</b>
<b>3.1</b>	Ubicación del ensayo	11
<b>3.1.1</b>	Clima	11
<b>3.1.2</b>	Suelo	11
<b>3.2</b>	Cultivar	12
<b>3.3</b>	Diseño Experimental	13
<b>3.4</b>	Manejo Agronómico	14
<b>3.5</b>	Evaluaciones	14
<b>3.5.1</b>	Lectura SPAD	14

3.5.2	Nitrógeno total	14
3.5.3	Rendimiento de grano	15
3.5.4	Contenido de gluten húmedo	15
3.6	Análisis estadístico	15
<b>4</b>	<b>PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b>	<b>16</b>
4.1	Índice de verdor	16
4.2	Absorción de nitrógeno de la planta a Z 75-77.	19
4.3	Rendimiento de grano	21
4.4	Contenido de gluten húmedo.	24
<b>5</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>26</b>
<b>6</b>	<b>RESUMEN</b>	<b>27</b>
<b>7</b>	<b>SUMMARY</b>	<b>28</b>
<b>8</b>	<b>LITERATURA CITADA</b>	<b>29</b>
<b>9</b>	<b>ANEXOS</b>	<b>34</b>

## 1. INTRODUCCIÓN.

La nutrición nitrogenada concentra el mayor gasto en la fertilización de un cultivo, motivo por el cual la dosis total, así como el tipo de fertilizante nitrogenado y la época oportuna de aplicación seguirán siendo temas de interés al planificar la aplicación de este nutriente en los cultivos anuales. Además cuando se consigue una disminución de la aplicación de fertilizante N, se consiguen beneficios económicos y ambientales (Yu *et al.*, 2007).

En el caso del trigo, numerosos estudios señalan que parcializar las aplicaciones de nitrógeno aumenta la producción, ya que aumenta la eficiencia del nitrógeno (Mossedaq y Smith, 1994; Sowers *et al.*, 1994). Investigaciones realizadas por la Universidad de La Frontera indican que en los trigos de invierno y alternativos se ha absorbido aproximadamente un 10% del N hasta Zadoks 23, y que este valor se incrementa a un 30% a Zadoks 25, esta cifra puede alcanzar a un 45% a Zadoks 31.(\*).

La región del sur del país, donde se concentra una gran superficie de siembra de cereales, se caracteriza por presentar caídas pluviométricas anuales de entre 1300 a 2000 mm, concentrándose más del 60% de ellas en los meses de invierno. Por tal motivo, la aplicación de N en trigos de invierno se fracciona, con el objetivo de asegurar un adecuado suministro de N a inicio de macolla e inicio de encañado, etapas relevantes en la producción de macollas por metro cuadrado y número de granos por espiga. Numerosos estudios desarrollados en trigo demuestran que limitaciones en la disponibilidad de nitrógeno durante estadios vegetativos limitarían la capacidad del cultivo para acumular biomasa hasta floración y a su vez limitan sus rendimientos (Ferrari y Couretot, 2006).

---

\* Comunicación personal: Hernán Pinilla Quezada, Ingeniero Agrónomo, Magíster en Fertilidad de Suelos.



La aplicación de un fertilizante nitrogenado como el Entec 26, con tasa de nitrificación más lenta que la urea, podría ser una alternativa interesante para este cultivo en la zona sur del país.

De acuerdo a los antecedentes señalados, la presente investigación tiene como objetivo principal evaluar el uso de Entec 26 en comparación al uso tradicional de urea, utilizando diferentes épocas de aplicación de este producto como alternativa de manejo del nitrógeno en trigo.

Para cumplir con el objetivo general, se establecieron los siguientes objetivos específicos:

- Determinar el efecto de la dosis de N y del uso de Entec 26, aplicado en diversas dosis y época, en la lectura Spad en diversos estados fenológicos.
- Evaluar el efecto de la dosis de N y del uso de Entec 26, aplicado en diversas dosis y época, en la absorción de nitrógeno a espigadura.
- Determinar el efecto de la dosis de N y del uso de Entec 26, aplicado en diversas dosis y época, en el rendimiento de grano.
- Evaluar el efecto de la dosis de N y del uso de Entec 26, aplicado en diversas dosis y época, en el contenido de gluten del grano.

### **Hipótesis:**

La aplicación de N de entrega gradual, en zonas de alta pluviometría podría reducir el estrés de N en etapas fenológicas críticas del cultivo, generando aumento de rendimiento y gluten, con menor dosis total de N.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

### 2.1 Transformación del nitrógeno en el suelo.

La materia orgánica depositada en el suelo experimenta una degradación bioquímica, mediante la cual, las proteínas y otros compuestos nitrogenados complejos se transforman en compuestos más simples. Estas transformaciones son efectuadas por ciertos microorganismos del suelo que obtienen de ella tanto la energía necesaria para su desarrollo como el nitrógeno para la síntesis proteica. (Fuentes, 1994).

La mayor parte del fertilizante N usado se basa en amonio ( $\text{NH}_4^+$ ), y gran parte de este se oxida a nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) (Hatch *et al.*, 2005). Este proceso de transformación del nitrógeno es llevado a cabo principalmente por bacterias pertenecientes al género *Nitrosomonas spp*, las cuales obtienen la energía para actividades metabólicas a partir de la nitrificación (Kpombrekau y Killorn, 1996). El  $\text{NO}_3^-$  producido y que no es absorbido por la planta puede perderse en el suelo por desnitrificación, por reducción a  $\text{NH}_4^+$  y transporte superficial o lixiviación. (Paul y Clark, 1998).

El nitrógeno aportado al suelo en forma de amonio o urea se transforma a nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) el cual es muy móvil en el suelo debido a su elevada solubilidad y escasa retención por el complejo iónico, al tener el mismo tipo de carga eléctrica. En condiciones de elevadas precipitaciones o riego abundante se facilita su movimiento vertical en el perfil del suelo hacia profundidades alejadas de la raíz, donde el nitrato no puede ser absorbido por la planta. Finalmente el nitrato es transportado por el flujo de agua hacia las corrientes subterráneas, siendo este fenómeno conocido como lixiviación (Sharifi *et al.*, 2007; Sainz Rozas *et al.*, 2008).

La nitrificación se inicia a una temperatura de 2°C y aumenta progresivamente hasta alcanzar un máximo cuando llega a unos 30° C. (Fuentes, 1994). Estudios realizados por Campillo y Rodríguez, (1984) en condiciones de laboratorio, demuestran que a una temperatura constante de 10 ° C el proceso de nitrificación del N con urea culmina a los 30 días, mientras que a 20 °C , se requiere sólo de 15 días, es decir la mitad del tiempo para realizar el proceso de transformación.

## **2.2 Inhibidores de la nitrificación (INs).**

Actualmente existen nuevas tecnologías que permitan hacer un uso más eficiente del nitrógeno y disminuir sus pérdidas. Los inhibidores de la nitrificación (INs) como Nitrapirina (NP), Diciandiamida (DCD) y 3,4 dimetil pirazol fosfato (DMPP), se unen a la enzima amonio monoxigenasa (AMO) y la inhabilitan temporalmente hasta que las bacterias no desarrollan nuevas enzimas para transformar el amonio en nitrato (McCarty, 1999). La duración de este efecto depende de la temperatura del suelo que es el factor que más afecta la eficiencia de estos productos. En cultivos extensivos su duración alcanza seis a diez semanas en forma de amonio (Slangen y Kerkhoff, 1984; Prasad y Power, 1995). El ion  $\text{NH}_4^+$  queda retenido en el complejo arcillo-húmico del suelo y se reducen pérdidas en forma de nitrato. (Prasad y Power, 1995; Trenkel, 1997; Irigoyen *et al.*, 2003; 2006).

Diversos autores coinciden en señalar que los inhibidores de la nitrificación deberían ser específicos, actuando selectivamente sobre *Nitrosomonas spp* o *Nitrobacter spp*, y no ser tóxico en otros organismos del suelo como tampoco en plantas, animales y humanos. (Prasad y Power, 1995; Ortega y Molina, 2003).

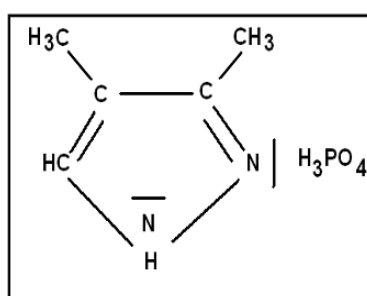
Teniendo en cuenta que los nitratos son la principal fuente de pérdidas de N por lixiviación y desnitrificación, los inhibidores de la nitrificación pueden contribuir a reducir los problemas medio ambientales mediante un incremento de la eficiencia en el uso del N. Las ventajas prácticas de estos productos para la agricultura, así como para el medio ambiente, es la significativa reducción del riesgo de pérdidas de nitrato por lixiviación y una nutrición amoniacal temporal, que a menudo provoca un incremento en los rendimientos de los cultivos, debido a una mayor persistencia del nitrógeno aplicado y la posibilidad de reducir aplicaciones de N. (Zerulla *et al.*, 2001).

Estudios realizados por Macadam *et al.* (2003), señalan que aplicaciones de DCD en trébol producen síntomas visuales de fitotoxicidad los cuales se componen principalmente de clorosis, necrosis en el borde de las hojas y pecíolos secos, con reducción en el rendimiento que puede alcanzar un 16%. Estos estudios concuerdan con lo mencionado por Reeves y Touchton, (1986), Zerulla *et al.*, (2001), quienes informan que el DCD induce a la reducción del rendimiento y de efectos fitotóxicos en algunos cultivos.

### **2.3 Mecanismos de acción del 3,4 dimetil pirazol fosfato (DMPP).**

El DMPP se obtuvo a finales de los años 90 como nuevo inhibidor de la nitrificación, con un efecto bacteriostático, no bactericida, es decir, modifica el comportamiento oxidante de las bacterias sobre el ión amonio, sin aniquilarlas sino que inhibe su acción, además permite extender el tiempo que necesita el fertilizante en pasar su fracción de nitrógeno amoniacal a nitrato, suministrando nitrógeno amoniacal por mayor periodo de tiempo. Este producto presenta una gran selectividad ya que solo inhibe la acción de las bacterias *Nitrosomonas spp*, no así las de

otros géneros de bacterias del suelo (Barth *et al.*, 2001; Pasda *et al.*, 2001; Zerulla *et al.*, 2001; Chen *et al.*, 2010). El producto se degrada totalmente en el suelo sin dejar residuos tóxicos para las personas, animales y ambiente en general. (Pasda *et al.*, 2001; Weiske *et al.*, 2001; Zerulla *et al.*, 2001; Carrasco, 2002; Boeckx *et al.*, 2005; Roco y Blu, 2006; Yu *et al.*, 2007, Barth *et al.*, 2008).



**Figura 1: Estructura química del 3,4-Dimetilpirazol fosfato (DMPP).**

DMPP ha sido identificado por varios autores como uno de los inhibidores de la nitrificación más eficientes cuando se dan las condiciones apropiadas del suelo. (Linzmeier *et al.*, 2001; Weiske *et al.*, 2001; Hatch *et al.*, 2005). Estudios realizados mostraron que la eficiencia de inhibidor de la nitrificación DMPP para retardar la lixiviación del nitrato depende de las propiedades del suelo, tales como la temperatura, textura, materia orgánica (Zerulla *et al.*, 2001; Ignacio *et al.*, 2003).

El estudio realizado por Wu *et al.* (2007), evalúa la aplicación del inhibidor de la nitrificación DMPP en un suelo franco arenoso y franco arcilloso, en los cuales se compara la aplicación de urea con y sin DMPP al 1% de la dosis de N.

En dicho estudio, las pérdidas de N por lixiviación durante el período experimental de 40 días fueron de 37,9 mg de N al aplicar urea, 31,6 mg de N al aplicar urea + DMPP, en el suelo franco arenoso, y 30,5 mg de N al aplicar urea, y de 21,1 al aplicar urea + DMPP, en el suelo franco arcilloso. El porcentaje de pérdidas de N por lixiviación con respecto al N aplicado, descontando el N lixiviado en el control, fue 21,1% al aplicar urea, 16,9% al aplicar urea + DMPP, en el suelo franco arenoso y fue 17,0% al aplicar urea, 10,7% al aplicar urea + DMPP.

Estos resultados se encuentran por encima de los resultados de estudios anteriores (Serna *et al.* 2001; Xu *et al.*, 2005) y concuerdan con lo descrito por Linzmeier *et al.* (2001); Weiske *et al.* (2001); Hatch *et al.* (2005), quienes identifican al DMPP como uno de los inhibidores de la nitrificación más eficientes y mejor que DCD y nitrapirina (Zerulla *et al.*, 2001).

El estudio realizado por Hua *et al.*, (2008) realizado con el propósito de determinar el efecto de DMPP sobre la lixiviación del nitrógeno, al aplicar urea con y sin DMPP al 1% de la dosis de N concluye después de dos temporadas de evaluaciones que el tratamiento DMPP redujo las concentraciones de lixiviación de nitrato en un 44,3% la primera temporada y en un 47,3% la segunda temporada en comparación con las parcelas sin DMPP. En cuanto a la concentración de ion amonio esta aumentó en un 24,3% y 22,0% al primer y segundo año respectivamente al ser comparadas con las parcelas sin DMPP.

Diversos autores Weiske *et al.* (2001); Xu *et al.* (2005); Yu *et al.*(2007), señalan que DMPP redujo significativamente las concentraciones de nitrato lixiviado en suelo franco arcilloso.

El beneficio de DMPP en este experimento tuvo un impacto positivo en los rendimientos, a pesar de que sólo aumentaron en un 6,6% en la primera temporada y 7,5% en la segunda

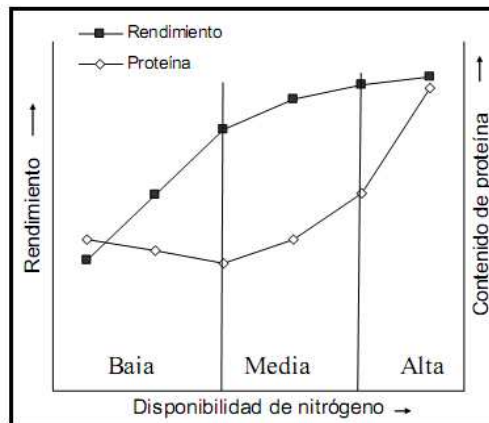
temporada en comparación con las parcelas con urea sola. Un poco más de amonio contenido en las parcelas DMPP podrían haber desempeñado un papel importante en la mejora de la disponibilidad de N en el suelo que promovió el crecimiento de los cultivos. (Patra *et al.*, 2006).

#### **2.4 Relación nitrógeno proteína.**

La calidad panadera del trigo se asocia frecuentemente con los niveles de proteína en grano, la cantidad y calidad de gluten y las propiedades reológicas de la masa. El nitrógeno es el nutriente que con mayor frecuencia condiciona la obtención de contenidos adecuados de gluten y proteína en los granos de trigo. (Darwich, 2005; Reussi *et al.*, 2006). El contenido de proteínas del grano, y por consiguiente su calidad panadera, está influenciado por factores genotípicos como la variedad, y por factores ambientales (Selles y Zentner, 1998).

Dentro del manejo de la fertilización nitrogenada, es muy importante tener en cuenta las interacciones nitrógeno disponible en el suelo y rendimiento. (Stone y Savin, 1999).

En la figura 2 se muestra que la relación entre rendimiento y contenido de proteína en grano depende de la disponibilidad de N. En situaciones de baja disponibilidad de N, el rendimiento del cultivo aumenta al agregar este nutriente, mientras que los niveles de proteína en grano no se modifican o disminuyen (Quattrocchio *et al.*, 2004).



**Figura 2: Relación entre la disponibilidad de N, el rendimiento y la concentración de proteína de grano. (Selles y Zentner, 1998).**

El empleo de altas dosis de N en estadios tempranos de desarrollo del trigo permite lograr elevados rendimientos, pero no es una estrategia eficiente para mejorar el contenido de proteína y las propiedades reológicas de las masas. La baja eficiencia de utilización de elevadas dosis de N podría derivar en efectos adversos sobre la calidad del ambiente y la rentabilidad del cultivo (Echeverría, 2006).

Cuando las lluvias durante el ciclo del cultivo son superiores al promedio histórico y, especialmente, cuando superan la capacidad de almacenaje de los suelos se producen pérdidas de N por lixiviación (Drury *et al.*, 1996). Bajo estas condiciones, las aplicaciones de N que surgen del balance de N, que considera el N disponible a la siembra en el suelo y el requerido por el cultivo en relación a un rendimiento objetivo, resultan insuficientes para lograr una adecuada nutrición nitrogenada del trigo. (Bergh *et al.*, 2003).



La parcialización de la dosis de N tiene como beneficio adicional que permite una mayor eficiencia del uso del N y, por consiguiente, menor riesgo ambiental en zonas de inviernos lluviosos. Por lo tanto, las decisiones de la dosis y la fuente de N utilizada son importantes, ya que las mismas permiten obtener mayores niveles de proteína y de gluten en la harina. (Reussi *et al.*, 2006).

La utilización de inhibidores de la nitrificación provoca un incremento de la disponibilidad de los contenidos de amonio en el suelo que las plantas tienen a su disposición para absorber junto con los nitratos. Además ciertos estudios (Teyker y Hoobs, 1992; Marschner, 1995; Goos *et al.*, 1999; Ball-Cohelo y Roy, 1999) demuestran como una nutrición mixta con ambas formas de N provoca un incremento en el rendimiento de los cultivos, pero no en la concentración de proteína.

Con respecto al DMPP, Pasda *et al.*, (2001); Britto y Kron Zucker (2002) han reportado aumento en el rendimiento de muchos cultivos, así como un efecto negativo sobre la concentración de proteína cruda de trigo de invierno. En general estas alteraciones en el rendimiento son una consecuencia del cambio en la nutrición a la que se somete la planta.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS.

#### 3.1 Ubicación del ensayo.

La investigación fue realizada durante la temporada 2010-2011 en el Campo Experimental Maquehue de la Universidad de La Frontera, ubicado en la IX región de La Araucanía, comuna de Freire, sector Maquehue, a 15 kilómetros de Temuco, en las coordenadas ubicado 38° 45' Latitud sur, 72° 38' Longitud Oeste a 74 m.s.n.m.

**3.1.1 Clima.** El Campo Experimental Maquehue, se ubica en el área agroclimática del llano central de la región de La Araucanía corresponde a un clima mediterráneo frío que se caracteriza por presentar bajas temperaturas en invierno, período libre de heladas desde el mes de diciembre hasta el mes de febrero y un déficit hídrico que varía entre 3 a 4 meses (Rouanet *et al.*, 1988).

**3.1.2 Suelo.** La investigación se realizó en un suelo Andisol correspondiente a la serie Freire, de origen volcánico, con alto potencial productivo para trigo (Mella y Kühne, 1985). Las principales características químicas del suelo utilizado para el establecimiento del ensayo, se presentan en el cuadro 1.

**Cuadro 1. Caracterización química del suelo del lugar del ensayo.**

<b>COMPONENTE</b>	<b>CONTENIDO</b>
Fósforo (mg/kg)	14
Potasio (mg/kg)	149
pH (en agua)	5.76
Potasio (cmol+/kg)	0.38
Calcio (cmol+/kg)	4.20
Magnesio (cmol+/kg)	0.53
Sodio (cmol+/kg)	0.15
Suma de bases (cmol+/kg)	5.26
S (mg/kg)	10
Sat. Aluminio (%)	1.13

\*A una profundidad de suelo de 0-20 cm.

Fuente: Laboratorio de Análisis Químico de Suelos y Plantas. Instituto de Agroindustrias, Universidad de La Frontera.

### **3.2 Cultivar.**

Se utilizó el cultivar Rupanco con hábito de desarrollo alternativo, crecimiento semi rastrero y abundante macolla, caña firme resistente a tendedura, posee una espiga con barba de largo medio, grano de color rojo y resistente a la roya estriada.

### 3.3 Diseño Experimental.

Se utilizó un diseño factorial de 2 x 3 distribuido en bloques al azar. El diseño constó de 24 parcelas experimentales de 2 x 6 metros.

Los factores evaluados fueron:

Dosis de nitrógeno: - 140 Kg N.  
- 160 Kg N.

Época aplicación de Entec: - A la siembra.  
- Zadoks 14-15.  
- A la siembra y Zadoks 22- 23.

El momento de aplicación de los tratamientos son indicados en el cuadro 2.

**Cuadro 2. Aplicación de Entec 26 y cantidad de N/ha en trigo Rupanco según tratamiento y estado fenológico.**

Tratamientos	N ha <sup>-1</sup> siembra (Kg)	N ha <sup>-1</sup> Z 14-15 (Kg)	N ha <sup>-1</sup> Z 22-23 (Kg)	N ha <sup>-1</sup> Z 30 (Kg)
140 Kg N	50 Entec 26		30 Urea	60 Urea
160 Kg N	50 Entec 26		30 Urea	80 Urea
140 Kg N	30 Urea	50 Entec 26		60 Urea
160 Kg N	30 Urea	50 Entec 26		80 Urea
140 Kg N	30 Entec 26		50 Entec 26	60 Urea
160 Kg N	30 Entec 26		50 Entec 26	80 Urea

\* Z 14- 15 corresponde al estado fenológico de cuatro a cinco hojas desplegadas; Z 22-23 dos a tres macollos y Z-30 a la erección del pseudotallo.

Entec 26 es un fertilizante que contiene 26% N y 13% S. Para igualar el aporte de S entre los tratamientos con 50 y 80 Kg de N con Entec 26 , se aplicaron 22 Kg de fertiyeso a la siembra.

### **3.4 Manejo Agronómico.**

De acuerdo al hábito de desarrollo del cultivar la siembra se realizó el 13 de julio de 2010. La dosis de semilla fue de 180 kilos  $\text{ha}^{-1}$  con un sistema de siembra en surcos en línea continua a una distancia entre hilera de 17,5 cm. con una sembradora Planet Junior de una unidad de siembra.

Como medida fitosanitaria se aplicó Flufenacet + Flurtamone + Diflufenican (Bacara forte) en dosis de 0,8 lt  $\text{ha}^{-1}$  y Iodosulfuron-metil-sodium + Mesosulfuron-meti (Cossack) en dosis de 400 g  $\text{ha}^{-1}$  para el control de malezas, Prothioconazole + Tebuconazole (Prossaro) en dosis de 800 cc  $\text{ha}^{-1}$  para prevenir enfermedades fúngicas y Pirimicarb: 2-Dimetilamino-5,6,-dimetil + pirimidin-4-il dimetil carbamato (Pirimor) en dosis de 500 g  $\text{ha}^{-1}$  para el control de insectos.

### **3.5 Evaluaciones.**

**3.5.1 Lecturas SPAD.** Se determinó el índice de verdor (I.V.) de las plantas en distintos estados fenológicos según la escala de Zadoks, en Z-31, Z-45 y Z-57, a través de clorofilómetro N- tester Minolta- 502, aparato no destructivo que mide el I.V. en unidades SPAD (Takebe y Yoneyama, citado por Marques *et al.*, 2003). La medición se realizó de manera homogénea, muestreando 30 hojas al azar por parcela experimental, utilizando la última hoja recién expandida a nivel medio de la lámina.

**3.5.2 Nitrógeno total.** Se determinó el contenido de nitrógeno total absorbido por la planta a Zadoks 75 - 77. Se procedió a cortar manualmente un metro lineal por parcela de la planta entera

a nivel del suelo, posteriormente cada muestra se secó en una estufa con una ventilación forzada a una temperatura de 65°C hasta obtener peso constante. Posteriormente se realizó su molienda en un micromolino, obteniendo así una muestra compuesta de las cuatro repeticiones de cada tratamiento por cultivar.

**3.5.3 Rendimiento de grano.** Se determinó el rendimiento del grano en las seis hileras centrales de trigo de cada parcela experimental. Estas se cosecharon en forma manual y se trillaron en una máquina estacionaria de ensayos, diseñada para bajos volúmenes. Los kilos de grano total promedio fueron expresados en  $\text{qqm ha}^{-1}$  y estandarizados a 14% de humedad.

**3.5.4 Contenido de gluten húmedo.** Se obtuvo una muestra compuesta de granos de cada tratamiento, a partir de una submuestra de cada parcela experimental. En el laboratorio se obtuvo mediante un centrifugado de 1 minuto a 6.500 rpm que permite eliminar de igual manera toda el agua residual. Los resultados de gluten húmedo, siendo éste la proteína insoluble, están correlacionados con el contenido en proteína total de la muestra.

El análisis de nitrógeno total de la planta fue realizado en el Laboratorio de Análisis Químico de Suelos y Plantas del Instituto de Agroindustria de la Universidad de La Frontera.

El análisis de gluten húmedo del grano fue realizado en el Laboratorio de Calidad de Trigo del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA Carillanca).

### **3.6 Análisis estadístico.**

Para determinar el efecto de los tratamientos en el rendimiento de grano y contenido de clorofila (I.V.), los resultados fueron sometidos al Análisis de Varianza (ANOVA) y a la prueba de Duncan, utilizando el programa estadístico computacional SPSS versión 11.

#### 4. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

##### 4.1 Índice de Verdor.

En el cuadro 3 se presenta en índice de verdor (I.V.) promedio de las dosis 140 y 160 kg N ha<sup>-1</sup> del cultivar Rupanco a Z-31, 45 y 57.

**Cuadro 3. Efecto de los tratamientos en el índice de verdor del cultivar Rupanco, expresado en unidades SPAD.**

Lectura SPAD Z-31				
Épocas de aplicación Entec 26				
Dosis N	N siembra	N Z 14-15	N siembra y Z 22-23	Promedio dosis
140	578,5	574,5	549,8	567,6
160	557,8	568,3	535,3	553,8
Promedio épocas	568,1	571,4	542,5	
Lectura SPAD Z-45				
Épocas de aplicación Entec 26				
Dosis N	N siembra	N Z 14-15	N siembra y Z 22-23	Promedio dosis
140	573,5	588,5	601,5	587,8
160	589,0	591,8	611,0	597,3
Promedio épocas	581,3	590,1	606,3	
Lectura SPAD Z-57				
Épocas de aplicación Entec 26				
Dosis N	N siembra	N Z 14-15	N siembra y Z 22-23	Promedio dosis
140	565,5	584,3	599,5	583,1
160	592,3	596,5	603,5	597,4
Promedio épocas	578,9	590,4	601,5	

Los resultados obtenidos y el análisis de varianza (Anexo 2, 3, 4, 5, 6 y 7) permiten señalar que las lecturas SPAD a Z 31 y 45 no presentaron diferencia significativa por efecto de la dosis de N, pero sí a Z 57. Estos resultados indicarían que la dosis de 140 y 160 Kg N ha<sup>-1</sup> satisfacen adecuadamente los requerimientos nutricionales en los estados Z 31 y Z 45, sin embargo cuando aumentaron los requerimientos de N a Z 57 por una mayor biomasa se produjo una lectura SPAD significativamente superior con la mayor dosis de N. Esta etapa de desarrollo de mayor exigencia de N, guarda relación con lo indicado por Melchiori *et al.*, (2003) y Grandrup *et al.* (2004), quienes señalan diferencias significativas en las lecturas SPAD en función del incremento de la dosis de nitrógeno.

Respecto al efecto de la época aplicación de N, los resultados del cuadro 3 y los respectivos análisis de varianza permiten señalar que en todos los estados vegetativos evaluados se produjeron diferencias significativas en las lecturas SPAD. A Z 31 las lecturas SPAD más altas, e iguales entre sí, se obtuvieron con la aplicación de Entec 26 a la siembra y cuando se aplicó a Z 14-15. La lectura significativamente más baja se produjo cuando Entec 26 se aplicó a la siembra y a Z 22-23 debido a que esta última fracción de nitrógeno se aplicó en un período cercano al momento de la lectura Spad, lo que habría limitado el aprovechamiento del N de un fertilizante de entrega gradual. Al aplicar Entec 26 a la siembra y con cuatro a cinco hojas se produjo un mayor suministro de N (Slangen y Kerkhoff, 1984; Prasad y Power, 1995).

La lectura SPAD en Z 45 y en Z 57 presenta diferencias significativa a favor de aplicaciones de Entec 26 a la siembra y en Z 22-23 debido a una mayor proporción de N con Entec 26 y porque ha transcurrido el tiempo necesario para evidenciar la eficiencia de este fertilizante que incluye DMPP que hace más lenta la transformación de amonio a nitrato. La aplicación de Entec 26 solo a la siembra o a Z 14-15 tienen un mayor porcentaje de aplicación de N con urea lo que facilita su movimiento vertical en el perfil del suelo, donde el nitrato no puede ser absorbido por la planta (Sharifi *et al.*, 2007; Sainz-Rozas *et al.*, 2008) lo que se tradujo en una menor lectura SPAD.



Trabajos recientes en trigo harinero han demostrado que el índice de verdor de la hoja bandera determinado por el clorofilómetro Minolta SPAD 502 puede ser utilizado para predecir el contenido de proteína en grano (García, 2003). De acuerdo a los resultados de las lecturas SPAD, Quemada *et al.* (2005), señala que con índice de verdor entre 600 y 700, existe una alta probabilidad de que el contenido de proteína en grano este en el rango de 12 a 14,8%. Si el índice de verdor es menor a 600, el contenido de proteína en grano probablemente será de un 12%. Por lo cual el cultivar Rupanco en época de aplicación a la siembra y en Z 22-23 tiene una alta probabilidad de tener un 12% de contenido de proteína en grano.

#### 4.2 Absorción de nitrógeno de la planta a Z 75-77

En la figura 3 se presenta el efecto de la aplicación de Entec 26 en la absorción de nitrógeno a Z 75 - 77 del cultivar Rupancho.

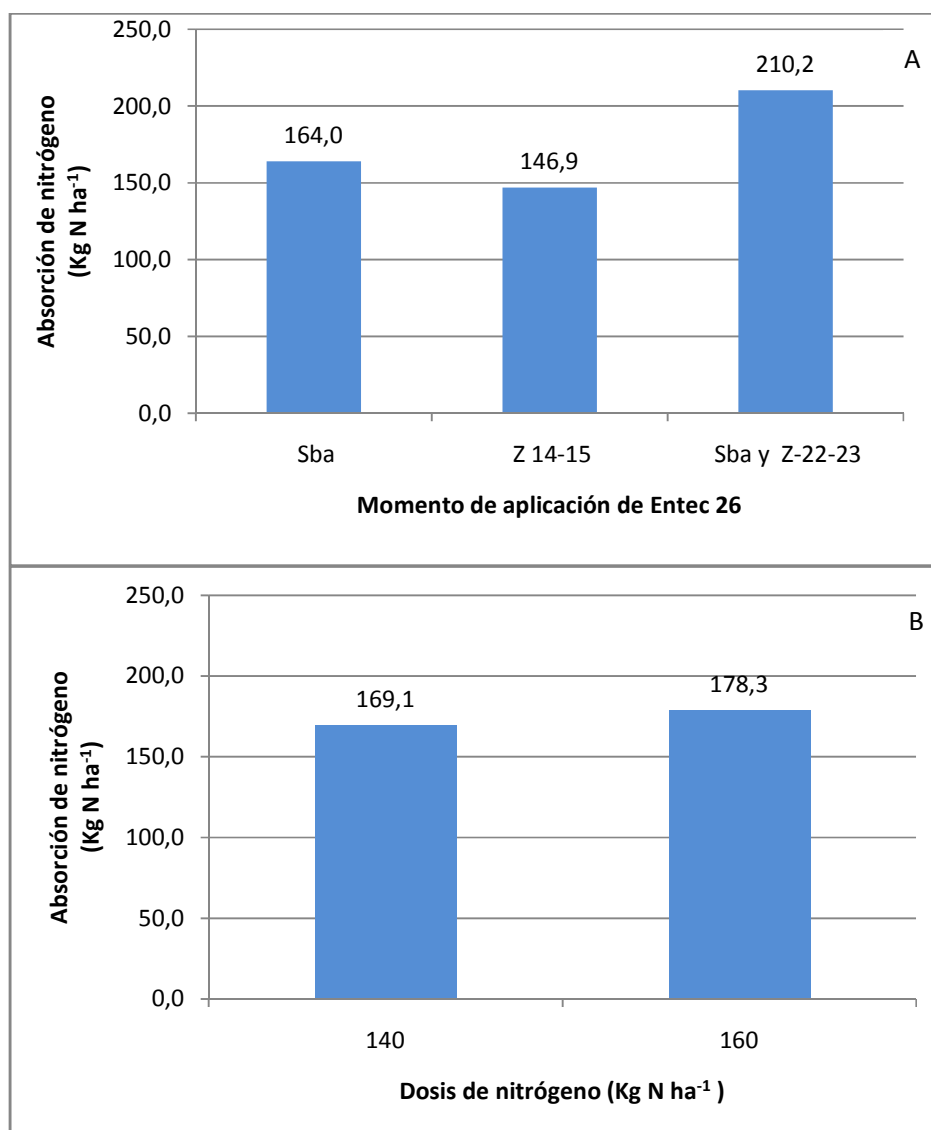


Figura 3. Efecto de los tratamientos en la absorción de nitrógeno del cultivar Rupancho. A: época de aplicación. B: dosis de N. Valores expresados en Kg N ha<sup>-1</sup>.

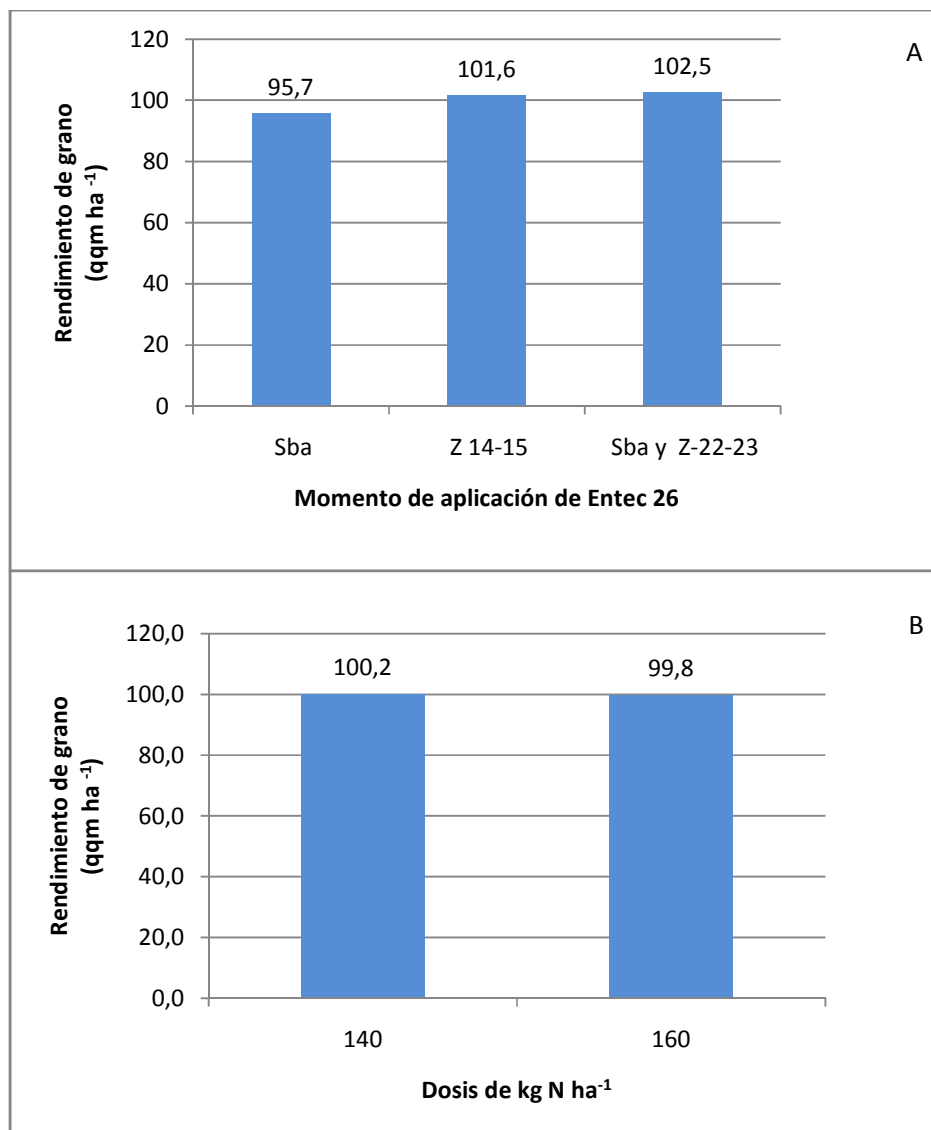
De acuerdo a los resultados de la figura 3 A se observa que la absorción de nitrógeno del cultivar Rupanco aumentó en un 43,1% al aplicar Entec 26 a la siembra y a Z 22-23 en comparación con la época de aplicación Z 14-15. Al aplicar Entec 26 a la siembra y en Z 22-23 el aumento fue de 28,2% en relación a la aplicación a la siembra.

La mayor absorción de N con Entec 26 aplicado a la siembra y a Z 22-23 está relacionada a la mayor proporción de N con Entec 26, fertilizante que reduce las pérdidas de N al incorporar la molécula DMPP que hace más lenta la transformación de amonio a nitrato (Barth *et al.*, 2001; Pasda *et al.*, 2001; Zerulla *et al.*, 2001; Chen *et al.*, 2010).

En la figura 3 B la absorción de nitrógeno del cultivar Rupanco incrementa en un 5,4 % al aplicar 160 Kg de nitrógeno comparado con la dosis de 140 Kg de nitrógeno. Diversos estudios han señalado una estrecha relación entre las dosis de N con la absorción de N y el porcentaje de proteína en el grano. (Bergh *et al.*, 1998; Echeverría y Studdert, 1998).

### 4.3 Rendimiento de grano.

En la figura 4 se presenta el efecto de la aplicación de Entec 26 en el rendimiento de grano del cultivar Rupanco.



**Figura 4. Efecto de los tratamientos en el rendimiento de grano del cultivar Rupanco. A: época de aplicación. B: dosis de N. Valores expresados en qqm ha<sup>-1</sup>.**

Los resultados presentados en la figura 4 A y el análisis de varianza respectivo (Anexo 8 y 9) permiten señalar que la época de aplicación de Entec 26 producen diferencias significativas en los rendimientos. La aplicación de Entec 26 en Z 14-15 ó a la siembra y en Z 22-23 tienen igual rendimiento entre sí, superando significativamente al tratamiento con Entec 26 solo a la siembra. La aplicación oportuna de N es fundamental para lograr altos rendimientos en cereales, más incluso que la dosis total, estos resultados concuerdan con los estudios realizado por Pasda *et al.* (2001); Britto y Kronzucker (2002), y por Hua *et al.* (2008), quienes han señalado aumento en el rendimiento de cereales cuando se aplica oportunamente N. La aplicación temprana de Entec 26 a la siembra, en estados de desarrollo del trigo de baja demanda de nitrógeno, no sería de acuerdo a los resultados obtenidos, la época más apropiada para su aplicación.

Numerosos estudios desarrollados en trigo demuestran que limitaciones en la disponibilidad de nitrógeno durante estadios vegetativos como inicio de macolla (Z 20) e inicio de encañado (Z 30), etapas relevantes en la producción de macollas por metro cuadrado y número de granos por espiga respectivamente limitarían la capacidad del cultivo para acumular biomasa hasta floración y a su vez limitan sus rendimientos (Ferrari y Couretot, 2006). En estos estados de desarrollo de mayor demanda de N y a la vez de alta pluviometría, sería una mejor época para la aplicación de este fertilizante. Al aplicar Entec 26 en Z 14-15 ó a la siembra y en Z 22-23 satisface las necesidades del cultivo por un mayor período de tiempo debido a la entrega gradual de N y además se reducen las pérdidas por lixiviación. (Slangen y Kerkhoff, 1984 ; Prasad y Power, 1995).

Los resultados obtenidos en la figura 4 B y el análisis de varianza respectivo (Anexo 8 y 9) permiten señalar que la aplicación de las dosis de 140 y 160 N (Kg ha<sup>-1</sup>) en el cultivar Rupanco no presentaron diferencia significativa en el rendimiento. Estos resultados se contradicen con lo mencionado por Loewy (1995); Quattrocchio *et al.* (2004); Echeverría *et al.* (2004), quienes señalan que aplicaciones de dosis crecientes de N, permiten lograr aumentos en el rendimiento.

Si bien no se midió el suministro de N del suelo, es posible presumir que por ser una primavera húmeda y por la buena distribución de la pluviometría en los meses de octubre, noviembre y diciembre, se produjo un alto suministro de N del suelo por mineralización. Este aporte de N del suelo más la aplicación de 140 kg de N vía fertilizante cubrió los requerimientos de N de un cultivar que rindió 100 qqm ha<sup>-1</sup>. En tales condiciones mayores dosis de nitrógeno no incrementaron el rendimiento de grano.

#### 4.4 Contenido de gluten húmedo.

En la figura 5 se presenta el efecto de la dosis de N y épocas de aplicación de Entec 26 en el contenido de gluten promedio de grano del cultivar Rupanco.

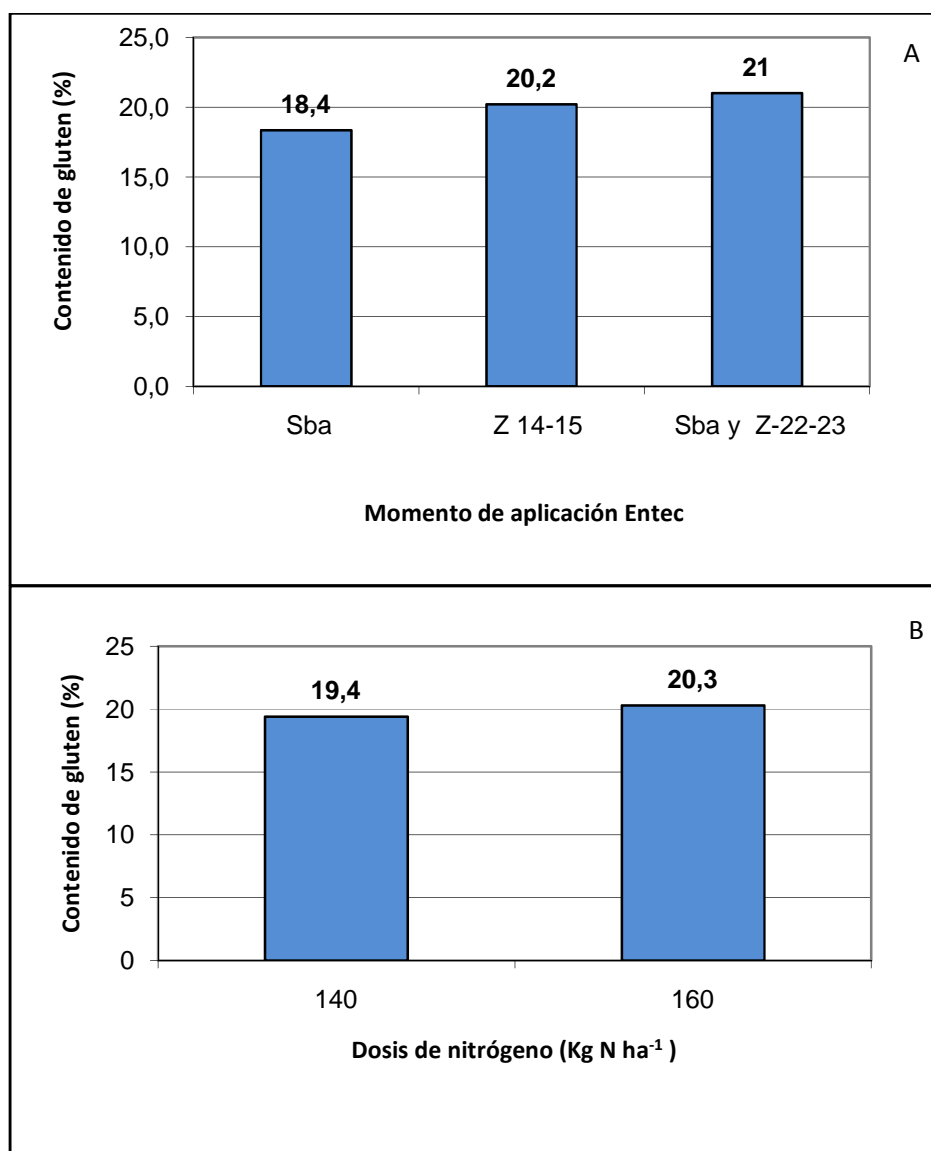


Figura 5. Efecto de los tratamientos en el contenido de gluten del cultivar Rupanco.  
A: época de aplicación. B: Dosis de N .

Los resultados de la figura 5 A del contenido de gluten del trigo Rupanco presentan moderadas diferencias en el momento de aplicación de Entec 26, produciéndose un aumento de 2,6 puntos en el gluten al aplicar Entec 26 a la siembra y en Z 22-23. Al aplicar Entec 26 sólo a Z 14 - 15 este incremento fue de 1,8 puntos. Este incremento estaría indicando que estas aplicaciones fueron más eficientes que la aplicación temprana realizada a al siembra ya que existe una relación directa entre la concentración de N y contenido de gluten (Selles y Zentner, 1998, Quattrocchio *et al.*, 2004, Darwich, 2005; Reussi *et al.*, 2006).

En la figura 5 B se observa un leve incremento del contenido de gluten húmedo al aumentar la dosis nitrogenada. Este incremento en el contenido de gluten por un aumento moderado en la dosis de N guarda relación con lo indicado por Berght *et al.* (2007), quienes señalan que la dosis de nitrógeno afecta el contenido de gluten , obteniendo incrementos en el contenido de gluten al aumentar la dosis de nitrógeno de 120, a 160 y 200 Kg N ha<sup>-1</sup>.



## 5. CONCLUSIONES.

Bajo las condiciones y metodología aplicada en el presente estudio es posible concluir lo siguiente:

La aplicación de diferentes dosis de nitrógeno no afectaron significativamente las lecturas Spad en los primeros estados de desarrollo del cultivo. Si hubo un efecto significativo y favorable a la mayor dosis de nitrógeno en espigadura. La proporción y época de aplicación de Entec 26 afectó significativamente la lectura Spad en los tres estados fenológicos evaluados.

La mayor dosis de N incrementó moderadamente la absorción de N a espigadura. La aplicación de Entec 26 a Z 14-15 y a Z 22-23 aumentó fuertemente la absorción total de N en comparación a la aplicación de Entec 26 a la siembra.

La aplicación de diferentes dosis de nitrógeno no afectó significativamente el rendimiento de grano. Si hubo un efecto significativo y favorable a la época de aplicación de Entec 26.

La dosis total de nitrógeno y la época y dosis aplicada de Entec 26 influenciaron en forma moderada el contenido de gluten del trigo.

## 6. RESUMEN.

La dosis total de nitrógeno, así como el tipo de fertilizante nitrogenado y la época de aplicación son temas de interés al planificar la aplicación de este nutriente en los cultivos anuales.

Por tal motivo la presente investigación tiene como objetivo principal evaluar el uso de Entec 26 en comparación al uso tradicional de urea, utilizando diferentes épocas y dosis de aplicación de este producto como alternativa de manejo del nitrógeno en trigo.

Con el propósito de cumplir dichos objetivos se realizó un ensayo experimental utilizando un diseño factorial de 2\*3 y cuatro repeticiones, con dos dosis de Nitrógeno (140 y 160 kg de N ha<sup>-1</sup>) y tres épocas de aplicación de nitrógeno (siembra, Z 14-15, siembra y Z 22-23) combinando Entec 26 y urea como fertilizantes nitrogenados.

Se determinó lectura Spad en tres estados fenológicos, absorción de N a Z 75-77, rendimiento de grano a la cosecha y contenido de gluten del grano. Los resultados se sometieron a Análisis de varianza y test de comparación múltiple de Duncan.

Las dosis de N influenciaron de manera diferente la lectura Spad según estado de desarrollo del cultivo. La proporción y época de aplicación de Entec 26 afectó significativamente la lectura Spad en los tres estados fenológicos evaluados.

La aplicación de Entec 26 a Z 14-15 y a Z 22-23 aumentó fuertemente la absorción total de N en comparación a la aplicación de Entec 26 a la siembra.

La aplicación de diferentes dosis de nitrógeno no afectó significativamente el rendimiento de grano. Si hubo un efecto significativo y favorable a la época de aplicación de Entec 26.

La dosis total de nitrógeno y la época y dosis aplicada de Entec 26 influenciaron en forma moderada el contenido de gluten del trigo.

## 7. SUMMARY.

The total dose of nitrogen, and besides the type of nitrogenous fertilizer and time of application are topics of interest in planning the implementation of this nutrient in annual crops.

Therefore this present research has as main objective to evaluate the use of Entec 26 compared to the traditional use of urea, using different times and rates of application of this product as an alternative of the nitrogen management in wheat.

With the purpose to achieve these objectives we conducted a pilot trial using a factorial design 2\*3 and four replicates with two doses of nitrogen (140 and 160 kg N ha<sup>-1</sup>) and three times of application of nitrogen (planting, Z 14-15 Z sowing and 22-23) combining Entec 26 and urea as nitrogen fertilizers.

Spad reading was determined on three phenological stages, uptake of N to Z 75-77, grain yield at harvest and content of the gluten of the grain. The results were subjected to analysis of variance and multiple comparison test of Duncan.

The doses of N influenced differently by state Spad reading of crop development. The rate and time of application of Entec 26 Spad reading significantly affected in the three growth stages phonological evaluated.

The application of Entec 26 Z 22-23 and Z 14-15 increased strongly the total uptake of N compared to the application of Entec 26 planting.

The application of different doses of nitrogen did not affect significantly grain yield. If there was a significant and positive to the time application of Entec 26.

The total nitrogen dose and the time and dose applied of Entec 26 influenced moderately the content of the wheat gluten.

## 8. LITERATURA CITADA.

- Ball- coelho B y ROY R.** 1999. Enhanced ammonium nutrition sources to reduce nitrate leaching. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 54: 73-80.
- Barth G., Von Tucher S y Schmidhalter U.** 2001 influence of soil parameters on the effect of 3,4- dimethylpyrazole- phosphate as a nitrification inhibitor. *Biol fertil soils* 34, 98-102 .
- Barth, G., Von Tucher, S. y Schmidhalter, U.** 2008. Effectiveness of 3,4dimethylpyrazole phosphate (DMPP) as nitrification inhibitor in soil as influenced by inhibitor concentration application form, and soil matric potential. *Pedosphere*. 18 378–385.
- Bergh R, Baez M, Zamora M y Quatrocchio.** 1998. Fertilización nitrogenada del trigo candeal en el centro sur Bonaerense. *Actas IV y 2do Simposio Nacional de Cereales*. Mar del Plata 11 al 13 de Nov.
- Bergh R; Zamora M; Seghezzo M; Molfense E.** 2003. Fertilización nitrogenada foliar en trigo en el centro- sur de la provincia de Buenos Aires. *CEI Barrow convenio INTA-MAA y P . C.C.50(7500) Tres arroyos, Argentina*
- Bergh R., Loewy T. y Echeverría H.** 2007. Importancia de la fertilización nitrogenada sobre la calidad panadera del trigo.
- Britto DT, Kronzucker HJ.** 2002.  $\text{NH}_4^+$  toxicity in higher plants: a critical review. *J Plant Physiol* 159: 567–584
- Boeckx, P., Xu, X. y Van Cleemput, O.** 2005. Mitigation of  $\text{N}_2\text{O}$  and  $\text{CH}_4$  emission from rice and wheat cropping systems using dicyandiamide and hydroquinone. *Nutr. Cycl. Agroecosys*. 72: 41–49.
- Campillo R y Rodríguez J.** 1984. Efecto acidificante de las transformaciones de la urea en dos andisoles de la región de los Lagos. *Agricultura Técnica*. Chile 44(2): 131-138 .
- Carrasco I.** 2002. Nuevas tecnologías en fertilización para el respeto del medio ambiente. *Phytoma España* (135): 193- 195.
- Chen, D., Suter, H.C., Islam, A., Edis, R.** 2010. Influence of nitrification inhibitors on nitrification and nitrous oxide ( $\text{N}_2\text{O}$ ) emission from a clay loam soil fertilized with urea. *Soil Biol. Biochem.* 42, 660–664.
- Darwich, N.** 2005, Estrategias de fertilización nitrogenada para la obtención de trigos con calidad de exportación, *Informaciones Agronómicas* N°27.
- Drury C., Tan C., Gaynor J., Olaya T y Welacky T.** 1996. Influence of controlled drainage-subirrigation on surface and drainage nitrate loss. *Journals Environment Quality*. 25: 317-324.

- Echeverría H, Studdert G.** 1998. El contenido de nitrógeno en la hoja bandera de trigo como predictivo del incremento de proteína en grano por aplicaciones de nitrógeno en espigazón. Rev. Fac. Agron. La Plata. 103: 27-36.
- Echeverría H, Bergh T, Loewy T.** 2004. Nitrógeno en trigo: rendimiento y calidad. Efecto de la fertilización basal en: Actas VI Congreso Nacional de Trigo. Bahía Blanca, 20 al 22 de octubre.
- Echeverría H,** 2006. Estrategias de fertilización para aumentar el rendimiento y calidad. Unidad integrada INTA-FCA Balcarce. Argentina. Mayo 2006.
- Ferrari G y Couretot L,** 2006. Estudio de la interacción nitrógeno \* azufre sobre el rendimiento mediante la aplicación de fertilizantes líquidos. Campaña 2005/2006. Experiencia en el cultivo de trigo. Proyecto Regional Agrícola Centro Regional Bs. Norte. Pág. 181-186.
- Fuentes J.** 1994. El suelo y los Fertilizantes, 4ª. Ed, Ministerios de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid, España. Ediciones Mundi-Prensa. 325p.
- Gandrup M; García F ; Fabrizzi K y Echeverría H.** 2004. Evolución de un índice de verdor en hojas para evaluar el status nitrogenado en trigo. Revista de Investigaciones Agropecuarias (RIA), 33 (3): 105-121.
- García F.** 2003. Nutrición y fertilización en trigo. Agro mercado (Argentina) 75: 16-20.
- Goos R., Schimelfenig J., Bock B y Johnson B.** 1999. Response of spring wheat to nitrogen fertilizers of different nitrification rates. Agronomy Journal. 91: 287-293.
- Hatch D J, Trindade H, Cardenas L M et al.** 2005. Laboratory study of the effects of two nitrification inhibitors on greenhouse gas emissions from a slurry-treated arable soil: impact of diurnal temperature cycle[J]. Biol Fertil Soils, 41(4): 225–232.
- Hua L, Xinqiang L, Yingxu C, Yanfeng L, Guangming T, Wuzhong N.** 2008. Effect of nitrification inhibitor DMPP on nitrogen leaching, nitrifying organisms, and enzyme activities in a rice oilseed rape cropping system. Journals of Environmental Science 20:149-155.
- Ignacio I, Muro J, Azpilikueta M et al.** 2003. Ammonium oxidation kinetics in the presence of nitrification inhibitor DCD and DMPP at various temperatures[J]. Aust J Soil Res, 41(6): 1177–1183.
- Irigoyen I., Muro J., Azpilikueta M., Aparicio P y Lamsfus C.** 2003. Ammonium oxidation kinetics in the presence of nitrification inhibitor DCD and DMPP at different temperatures. Australian Journal of soil research 41, 1177-118.
- Irigoyen, I., Lamsfus, C., Aparicio-Tejo, P. y Muro, J.** 2006. The influence of 3,4-dimethylpyrazole phosphate and di-cyandiamide on reducing nitrate accumulation in spinach under Mediterranean conditions. J. Agr. Sci. 144: 555– 562.

- Kpombrekai -a., K. y R. Killorn.** 1996. Nitrification of ammonium nitrogen in soils treated with XDE-474. *Soils Sci. Soc. Am. J.* 60: 1482-1489.
- Linzmeier W., Guter y Schmidhalter U.** 2001. The new nitrification inhibitor DMPP (Entec) allows increased N- efficiency with simplified fertilizing strategies. In *plant nutrition-Food security and sustainable of agroecosystems*. Ed WJ.Horst et al. 760-761. Kluwer Academic Publishers, dordrecht.
- Loewy T.** 1995. Fertilización y protein en el grano de trigo. *Boletín técnico N °10 EEA INTA Bordenave, Buenos Aires, Argentina.* 6 págs.
- Macadam M, del Prado A, Merino P, Estavillo JM, Pinto M, González-Murua C.** 2003. Dicyandiamide and 3,4-dimethyl pyrazole phosphate decrease N<sub>2</sub>O emissions from grassland but dicyandiamide produces deleterious effects in clover. *J. Plant Physiol.* 160: 1517–1523.
- Marques P., Braga A. y Dirceu A.** 2003. Uso do clorofilometro como indicador da necessidade de adubacao nitrogenada em cobertera no feijoeiro. *Pesq. Agrop. Bras. (Brasil)* 38: 1083-1087.
- Marschner, H.**1995. Mineral nutrition in higher plants. 2ªEdition. Academic Press. London.
- McCarty G.W.**1999.Models of action of nitrification inhibitors. *Biol. Fert. Soils* 29, 1-9.
- Melchiori R., Caviglia O., Barbagelata P. y Papparotti O.** 2003. Evaluación de la nutrición Nitrogenada en trigo por medio de un Índice de Verdor en hojas. INTA Paraná. Argentina.
- Mella A., Kuhne, G.** 1985. Sistema de descripción de las familias, asociaciones y series de suelos derivados de materiales piroclásticos de la zona central-sur de Chile. En: J.Tosso (Ed). *Suelos Volcánicos de Chile*. INIA. Ministerio de agricultura. Santiago. Chile. Cap.1:p 25-95.
- Mossedaq, F. y Smith, D. H.** 1994. Timing nitrogen application to enhance spring wheat yields in a Mediterranean climate. *Agron. J.* 86: 221–226.
- Ortega R y Molina M.** 2003. Tecnología para mejorar la eficiencia de uso de suelo. *Agronomía y Forestal UC*,(19), 20-25P.
- Pasda, G., H' ahndel, R. y Zerulla, W.** 2001. Effect of fertilizers with the new nitrification inhibitor DMPP (3,4 dimethylpyrazole phosphate) on yield and quality of agricultural and horticultural crops. *Biol. Fert. Soils*.34: 85–97.
- Patra A K, Chhonkar P K, Khan M A,** 2006. Effect of green manure *Sesbania sesban* and nitrification inhibitor encapsulated calcium carbide (ECC) on soil mineral-N, enzyme activity and nitrifying organisms in a rice-wheat cropping system. *Eur J Soil Biol*, 42: 173–180.
- Paul, E.A y F.E. Clark.** 1998. *Soil Microbiology and Biochemistry*. Academic Press. New York.

- Prasad R y Power J.** 1995. Nitrification inhibitors for agriculture, health, and the environment. *Advances in Agronomy*. 54: 233-281.
- Quatrocchio A., Echeverría, H y Alonso, S.** 2004. Estrategias de fertilización nitrogenada en cultivos de trigo: calidad panadera. *Actas Congreso Argentino de la Ciencia de suelos*, 19. Panamá, 22-25 junio 2004. AACSPanamá, Entre Ríos, Argentina.
- Quemada M., Lasa B., Irañeta I., Segura A., Lafarga A., Arregui L., Baroja E. e Iker M.** 2005. Optimización de la fertilización nitrogenada mediante el uso de medidores de clorofilas. *Navarra Agraria*. 31-35.
- Reeves DW, Touchton JT.** (1986). Relative phytotoxicity of dicyandiamide and availability of its nitrogen to cotton, corn, and grain sorghum. *Soil Sci Soc Amer J* 50: 1353–1357.
- Reussi Calvo N, Echeverria H, Barbieri P y Sainz Rozas H.** 2006. Nitrógeno y Azufre en trigo Rendimiento y proteína. *Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo – Salta-Jujuy*, 19-22 de Septiembre.
- Roco, M. M. y Blu, R. O.** 2006. Evaluation of the nitrification inhibitor 3,4-dimethyl pyrazole phosphate in two Chilean soils. *J. Plant Nutr.* 29: 521–534.
- Rouanet J. L., Romero O y Demanet R.** 1988. Áreas agroecológicas en la IX Región: Descripción. *Investigación y Progreso Agropecuario*. Estación Experimental Carillanca. Temuco, Chile. 7(1): 18-23.
- Sainz Rozas, H., A. Calviño, H. Echeverria, P. Barbieri y M. Redolatti.** 2008. Contribution of anaerobically mineralized nitrogen to the realibility of planting or presidedress soil N tes in maize. *Agron. J.* 100: 1020-1025
- Selles F y Zentner, R.** 1998. Environmental factors affecting wheat protein. pp. 139-150. In D. Flower y col (eds) *Wheat Protein: Produccion and marketing*. Univ. Ext. Press. Univ. Of Saskatchewan. Saskatoon, SK. Canada.
- Serna M D, Banuls J, Quinones A et al.** 2001. Evaluation of 3,4- dimethylpyrazole phosphate as a nitrification inhibitor in a Citrus-cultivated soil[J]. *Boil Fertil Soils*, 32: 41–46.
- Sharifi, M., B.J. Zebarth. D. Burton, C.A.Grant y J.M. Cooper.** 2007. Evaluation of some índices of potentially mineralizable nitrogen in soils. *Soils Science Society of American Journal* 71: 1233-1239.
- Slangen, J.H.G, Kerkhoff, P.** 1984. Nitrification inhibitors in agricultura and horticulture : A literatura review. *Fertilizer Research*. 5: 1-76
- Sowers, K. E. Mller, B. C. y Pan, W .L.** 1994. Optimizing grain yield in of soft White Winter wheat with Split nitrogen applications. *Agron. J.* 86:1020- 1025.

- Stone y Savin**, 1999. Grain quality and its physiological determinants en : Wheat: Ecology and physiology of yield and quality to short periods of post- anthesis heat stress. Australian journal of plant physiology, 21:887-900.
- Teyker, R.H., Hobbs, D.C.**1992. Growth and root morphology of corn as influenced by nitrogen form. Agronomy Journal. 84: 694- 700.
- Trenkel M.** 1997 Controlled release and stabilized fertilizers. Internatinal fertilizer industry association, Paris, 106 pp.
- Weiske, A., Benckiser, G., Herbert, T. y Ottow, J.** 2001. Influence of the nitrification inhibitor 3,4-dimethylpyrazole phosphate (DMPP) in comparison to dicyandiamide (DCD) on nitrous oxide emissions, carbon dioxide fluxes and methane oxidation during 3 years of repeated application in field experiments. Biol. Fert. Soils. 34: 109–117.
- Wu F, Wu H, Shi W, Wang Q, Chen Y, Li S.** 2007. Effects of a new nitrification inhibitor 3,4-dimethylpyrazole phosphate (DMPP) on nitrate and potassium leaching in two soils, Journal of Environmental Sciences 19: 841–847.
- Xu C, Wu L H, Ju X T, Zhang F S,** 2005. Role of nitrification inhibitor DMPP (3,4-dimethyl pyrazole phosphate) in  $\text{NO}_3^-$  N accumulation in greengrocery (*Brassica campestris* L. ssp. *chinensis*) and vegetable soil. *J Environ Sci*, 17(1): 81–83.
- Yu, Q. G., Chen, Y. X., Ye, X. Z., Zhang, Q. L., Zhang, Z. J. y Tian, P.** 2007. Evaluation of nitrification inhibitor 3,4- dimethyl pyrazole phosphate on nitrogen leaching in undisturbed soil columns. Chemosphere. 67: 872–878.
- Zerulla, W., Barth, T., Dressel, J., Enhardt, K., Von Loc- quenghien, K. H., Pasda, G., R´ Aedle, M. y Wissemeier, A.** 2001. 3,4-Dimethylpyrazole phosphate (DMPP) a new nitrification inhibitor for agriculture and horticulture. Biol. Fert. Soils. 34: 79–84.



# ANEXOS

Anexo 1. Los estados de crecimiento del trigo según las escalas de Zadoks. Fuente: Moreno et al., 2001.

Escala	Descripción general
<b>Germinación</b>	
00	Semilla seca
01	Comienza imbibición
03	Fin de Imbibición
05	Radícula emergida del grano
07	Coleóptilo, emergido del grano
09	Emergencia: coleóptilo traspasa la superficie del suelo.
<b>Crecimiento de la plántula</b>	
10	1 hoja, fuera coleóptilo
11	1 hoja desarrollada
12	2 hojas desarrolladas
13	3 hojas desarrolladas
1.	Los estadios continúan hasta 9 o más hojas desarrolladas
19	9 o más hojas desarrolladas
<b>Macollaje</b>	
20	Tallo principal solo
21	Tallo principal y 1 macollo
22	Tallo principal y 2 macollos
23	Tallo principal y 3 macollos
2.	Los estadios continúan hasta...
29	Tallo principal y 9 o más macollos.
<b>Alargamiento del tallo (encañazón)</b>	
30	Inicio de nudos (tallos erecto)
31	1er nudo palpable
32	2do nudo palpable
33	3er nudo palpable
3.	Los estadios continúan hasta...
37	Comienzo de la hoja bandera
39	Lígula de hoja bandera visible
<b>Espiga embuchada</b>	
41	Alargamiento vaina hoja bandera
43	Comienzo de hinchazón de la vaina
45	Espiga embuchada (bota)
47	Apertura vaina hoja bandera
49	Aurículas (barbas) visibles

Emergencia de inflorescencia	
51	Primera espiguilla visible
53	1/4 espiga emergida
55	1/2 espiga emergida
57	3/4 espiga emergida
59	Espiga emergida de vaina
Antesis (floración)	
61	Comienzo de antesis
65	50% de antesis
69	Completa floración
Grano lechoso	
71	Endosperma acuoso
73	Endosperma acuo-lechoso
75	Endosperma lechoso-pastoso
77	Grano lechoso tardío
Grano pastoso (masoso)	
83	Endosperma pastoso-lechoso
85	Endosperma pastoso
87	Endosperma pastoso harinoso
Madurez	
91	Cariopse casi duro
92	Cariopse duro (cosecha)
93	Cariopse se separa en las horas de día (cosecha)
94	Perdida de granos
95	Dormancia
96	Prueba de 50% de germinación
97	Semilla de dormancia
98	Dormancia secundaria
99	Semillas viables

Anexo 2. Tabla de ANOVA lectura SPAD en Z-31, trigo Rupanco.

Fuente		Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Significación
TRAT	Hipótesis	1148,167	1	1148,167	2,066	0,171
	Error	8335,000	15	555,667 <sup>b</sup>		
SUBTRAT	Hipótesis	4002,583	2	2001,292	3,602	0,053
	Error	8335,000	15	555,667 <sup>b</sup>		
REP	Hipótesis	2192,000	3	730,667	1,315	0,306
	Error	8335,000	15	555,667 <sup>b</sup>		
TRAT*SUBTRAT	Hipótesis	211,583	2	105792	0,19	0,829
	Error	8335,000	15	555,667 <sup>b</sup>		

Anexo 3. Tabla prueba de Duncan, lectura SPAD en Z-31, trigo Rupanco

Índice de verdor promedio (unidades SPAD)		
Época de aplicación	Subconjunto	
	1	2
Entec		
Cobertera siembra y Z 22-23	542,5 <sup>b</sup>	
Cobertera siembra		568,125 <sup>a</sup>
Cobertera Z 14-15		571,375 <sup>a</sup>
Significación	1,000	0,787

Cifras con letra distintas son diferentes según prueba de Duncan.

Anexo 4. Tabla de ANOVA lectura SPAD en Z-45, trigo Rupanco.

Fuente		Suma de cuadrados tipo III	Gl	Media cuadrática	F	Significación
TRAT	Hipótesis	532,042	1	532,042	2,75	0,118
	Error	2901,958	15	193,464 <sup>b</sup>		
SUBTRAT	Hipótesis	2570,083	2	1285,042	6,642	0,009
	Error	2901,958	15	193,464 <sup>b</sup>		
REP	Hipótesis	3331,792	3	1110,597	5,741	0,008
	Error	2901,958	15	193,464 <sup>b</sup>		
TRAT*SUBTRAT	Hipótesis	150,083	2	75,042	0,388	0,685
	Error	2901,958	15	193,464 <sup>b</sup>		

Anexo 5. Tabla prueba de Duncan, lectura SPAD en Z-45, trigo Rupanco.

Índice de verdor promedio (unidades SPAD)		
Época de aplicación	Subconjunto	
	1	2
Entec		
Cobertera siembra	581,25b	
Cobertera Z 14-14.	590,125b	
Cobertera siembra Z 22-23		606,25 <sup>a</sup>
Significación	0,221	1,000

Cifras con letra distintas son diferentes según prueba de Duncan.

Anexo 6. Tabla de ANOVA lectura SPAD en Z-57, trigo Rupanco.

Fuente		Suma de cuadrados tipo III	Gl	Media cuadrática	F	Significación
TRAT	Hipótesis	1232,667	1	1232,667	7,295	0,016
	Error	2534,667	15	168,978 <sup>b</sup>		
SUBTRAT	Hipótesis	2047,750	2	1023,875	6,059	0,12
	Error	2534,667	15	168,978 <sup>b</sup>		
REP	Hipótesis	1548,833	3	516,278	3,055	0,61
	Error	2534,667	15	168,978 <sup>b</sup>		
TRAT*SUBTRAT	Hipótesis	530,583	2	265,292	1,57	0,24
	Error	2534,667	15	168,978 <sup>b</sup>		

Anexo 7. Tabla prueba de Duncan, lectura SPAD en Z-57, trigo Rupanco.

Índice de verdor promedio (unidades SPAD)		
Época de aplicación	Subconjunto	
	1	2
Entec		
Cobertera siembra	578,875 <sup>b</sup>	
Cobertera Z 14-14	590,375 <sup>ab</sup>	590,375 <sup>ab</sup>
Cobertera siembra y Z 22-23		601,5 <sup>a</sup>
Significación	0,097	0,108

Cifras con letra distintas son diferentes según prueba de Duncan.

Anexo 8. Tabla de ANOVA de rendimiento para cultivar Rupanco.

Fuente		Suma de cuadrados tipo III	Gl	Media cuadrática	F	Significación
TRAT	Hipótesis	1,113	1	1,127	0,054	0,82
	Error	314,025	15	20,935 <sup>b</sup>		
SUBTRAT	Hipótesis	214,776	2	107,388	5,130	0,02
	Error	314,025	15	20,935 <sup>b</sup>		
REP	Hipótesis	67,900	3	22,633	1,081	0,387
	Error	314,025	15	20,935 <sup>b</sup>		
TRAT*SUBTRAT	Hipótesis	14,146	2	7,073	0,331	0,719
	Error	314,025	15	20,935 <sup>b</sup>		

Anexo 9. Tabla prueba de Duncan, de rendimiento para cultivar Rupanco.

Rendimiento promedio (qqm/ha <sup>-1</sup> )		
Época de aplicación	Subconjunto	
	1	2
Entec		
Cobertera siembra	95,78 <sup>b</sup>	
Cobertera Z 14-14		101,613 <sup>a</sup>
Cobertera siembra y Z 22-23		102,550 <sup>a</sup>
Significación	1,000	0,688

Cifras con letra distintas son diferentes según prueba de Duncan.

Anexo 10. Tabla promedio de las precipitaciones caídas la temporada 2010-2011 en la novena región.

Año 2010		Año 2011	
Mes	mm caídos	Mes	mm caídos
Enero	33.79	Enero	43.7
Febrero	70.1	Febrero	28.95
Marzo	46.48	Marzo	39.37
Abril	18.54	Abril	104.88
Mayo	38.61	Mayo	117.09
Junio	170.44	Junio	127.26
Julio	170.19	Julio	116.09
Agosto	119.38	Agosto	166.39
Septiembre	11.43	Septiembre	112.52
Octubre	35.56	Octubre	44.18
Noviembre	46.23	Noviembre	45.48
Diciembre	37.58	Diciembre	8.38

Anexo 11. Tabla temperaturas de suelo temporada 2010-2011 en la novena región.

	Temperatura de suelo (°C)		
	Tem. Media	Temp 10 cm	Temp 20 cm
Enero	16,5	19,1	17,4
Febrero	16,5	17,8	17,3
Marzo	14,8	14,9	16,1
Abril	11,5	12,2	13,8
Mayo	9,2	11,7	11,8
Junio	7,0	7,7	9,7
Julio	6,8	6,7	8,4
Agosto	7,6	7,6	8,4
Septiembre	9,1	9,6	9,5
Octubre	11,1	12,1	11,5
Noviembre	13,1	15,5	13,9
Diciembre	15,2	17,9	16,0



