



FACULTAD DE
AGRONOMIA
UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA

**EFEECTO DE LA FERTILIZACION NITROGENADA
EN EL CONTENIDO DE PROTEINA DE TRIGO
EN SIEMBRA DIRECTA**

por

María Laura ARBIZA MUTTER

T E S I S

2000

MONTEVIDEO

URUGUAY



UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA

FACULTAD DE AGRONOMIA

Efecto de la fertilización Nitrogenada en el contenido de Proteína
de trigo en Siembra Directa

FACULTAD DE AGRONOMIA

por



**DEPARTAMENTO DE
DOCUMENTACION Y
BIBLIOTECA**

María Laura ARBIZA MUTTER

Tesis presentada como uno de
los requisitos para obtener el
título de Ingeniera Agrónoma
(Orientación Granjera).

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2000**

Tesis aprobada por:

Director:

ING. AGD. MARTIN P. BORDOLI

Nombre completo y firma

ING. AGD. CARLOS PERDOMO

Nombre completo y firma

ING. AGD. FERNANDO GARCIA

Nombre completo y firma

Fecha:

20 | 10 | 2000

Autor:

MARIS LAURA ARBIZA MUTER

Nombre completo y firma

AGRADECIMIENTOS

- Al **Taco Casanova** por conseguirme la tesis.
- A **Martín Bordoli** , mi director de tesis por su ayuda e inamovible paciencia, desconocida hasta por él mismo.
- A **Leticia y al Chito** por su ayuda en el laboratorio, a **Mónica y a Marcelo** también por su ayuda, y al resto de la Cátedra de Fertilidad, Muchas Gracias.
- A mi familia (**Mamá, Papá, Mónica, Gabriela y Pablo; sobrinos y cuñados, tíos y primas**) y amigas **TODAS** por su APOYO, ALIENTO y ESPERA.
- A los que ya no están como **Carlos Varela y María Eugenia Rodríguez (La Pipa)**, pero que no dejaron ni dejan de alentarme.
- A algún contra que otro como **D'Jalma Puppo y Pablo Troche**, los cuales nunca faltan en todo proyecto y nos son indispensables para seguir, Muchas Gracias.
- A **Adrián**, por permitirme terminar la TESIS.
- A mi parapsicóloga, psicopedagoga, oyente, escucha, terapeuta, particular, personal, en fin... a **Marichela...**
- A **Charlito** y a **Mery** los que son mi nexos con el amigo idioma inglés.
- A **Fabián C.** y a **Martín D.** por su tiempo.
- Y por último a mis hijos **Facundo y Federika** (por EXISTIR!!) ya que es por ellos y para ellos **MUCHAS GRACIAS!!!.**

TABLA DE CONTENIDO

	<u>Página</u>
PAGINA DE APROBACION.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	IV
 I. INTRODUCCION.....	 1
II. <u>REVISION BIBLIOGRAFICA</u>.....	3
A. CONCEPTO DE CALIDAD.....	3
B. DETERMINANTES DE LA CALIDAD COMERCIAL A NIVEL REGIONAL.....	4
1. <u>Trigo pan o para panificación</u>	4
2. <u>Peso hectolítrico</u>	4
3. <u>Materias extrañas e impurezas</u>	4
a. Materias extrañas.....	4
b. Impurezas.....	4
4. <u>Granos dañados por manipulación</u>	4
5. <u>Otros granos dañados</u>	4
a. Granos verdes.....	4
b. Granos helados.....	5
c. Granos brotados.....	5
d. Granos calcinados.....	5
e. Granos roídos.....	5
f. Granos roídos en su germen.....	5
6. <u>Granos roídos con carbón</u>	5
7. <u>Granos quebrados y/o chuzos</u>	5
8. <u>Granos picados</u>	5
9. <u>Insectos y/o ácaros vivos</u>	5
10. <u>Olores comercialmente objetables</u>	5
11. <u>Productos que alteran la condición natural del grano</u>	5
12. <u>Trébol de olor</u>	5
13. <u>Cornezuelo</u>	5
14. <u>Humedad</u>	5
15. <u>Proteína</u>	6
16. <u>Gluten húmedo</u>	6
C. DETERMINANTES DE LA CALIDAD COMERCIAL ANTES DE LA COSECHA.....	7
1. <u>Tipo</u>	7
2. <u>Impurezas</u>	7
3. <u>Chuzos</u>	7

4. <u>Hongos</u>	7
5. <u>Granos verdes</u>	8
6. <u>Panza blanca</u>	8
7. <u>Proteína</u>	8
8. <u>Lavado</u>	8
9. <u>Brotado</u>	8
 D. DETERMINANTES DE LA CALIDAD COMERCIAL EN EL PROCESO DE COSECHA.....	 8
1. <u>Humedad</u>	8
2. <u>Peso hectolítrico</u>	8
 E. DETERMINANTES DE LA CALIDAD PARA PANIFICACION.....	 9
1. <u>Gluten</u>	9
2. <u>Absorción de agua</u>	9
3. <u>Valores alveográficos</u>	9
 F. DETERMINANTES DE LA CALIDAD DE MOLIENDA.....	 9
1. <u>Humedad</u>	9
2. <u>Peso hectolítrico</u>	9
3. <u>Falling Number</u>	10
4. <u>Rendimiento de harina</u>	10
5. <u>Cenizas</u>	10
6. <u>Dureza del grano</u>	10
 G. FUNDAMENTOS DE LA CALIDAD.....	 10
1. <u>Medición de la calidad panadera</u>	12
 H. RELACION ENTRE RENDIMIENTO Y PROTEINA DEL GRANO....	 13
I. INFLUENCIA DE LA VARIEDAD EN LA CALIDAD.....	14
J. EFECTOS DEL AMBIENTE SOBRE LA CALIDAD.....	15
K. RELEVANCIA DE LA SIEMBRA DIRECTA EN TRIGO.....	17
L. EL N EN ECOSISTEMAS AGRICOLAS.....	18
M. EFECTO DE LA FERTILIZACION N EN LA CALIDAD.....	21
1. <u>Efectos del N sobre la proteína del grano</u>	24
2. <u>Efectos de los cultivos precedentes</u>	26
3. <u>Localización del fertilizante</u>	27
 III. <u>MATERIALES Y METODOS</u>	 28
IV. <u>RESULTADOS Y DISCUSION</u>	32
V. <u>CONCLUSIONES</u>	62
VI. <u>RESUMEN</u>	63
VII. <u>SUMMARY</u>	64
VIII. <u>BIBLIOGRAFIA</u>	65
IX. <u>ANEXO</u>	68

LISTA DE CUADROS Y FIGURAS

<u>Cuadros</u>	<u>Pág.</u>
Cuadro N°1. Grados que se reconocen para determinar la calidad de una muestra.	6
Cuadro N°2. Parámetros de calidad establecidos en Uruguay y Argentina.	7
Cuadro N°3. Recuperación de N en el grano. Contraste entre lo que sucede en nuestras condiciones y en una zona de alta producción.	22
Cuadro N°4. Detalle del manejo de cada sitio (A).	28
Cuadro N°5. Detalle del manejo de cada sitio (B).	29
Cuadro N°6. Contrastes utilizados para separar las medias de aquellos tratamientos correspondientes a dosis totales que difieren estadísticamente; resultados de rendimiento, porcentaje de proteína y peso específico para dichas dosis.	32
Cuadro N°7. Contrastes utilizados para separar las medias de aquellos tratamientos correspondientes a fuentes y formas de aplicación que difieren estadísticamente; resultados de rendimiento, porcentaje de proteína y peso específico promedio para dichas fuentes y formas.	35
Cuadro N°8. Contrastes utilizados para separar las medias de aquellos tratamientos correspondientes a dosis totales que difieren estadísticamente y rendimiento en grano promedio para dichas dosis.	40
Cuadro N°9. Contrastes utilizados para separar medias de aquellos tratamientos que difieren estadísticamente en las dosis aplicadas a la Siembra y los rendimientos obtenidos en las diferentes dosis.	42
Cuadro N°10. Contrastes utilizados para separar las medias de aquellos tratamientos que difieren estadísticamente en las dosis aplicadas al Macollaje y los rendimientos obtenidos a las diferentes dosis e interacción entre dosis a la siembra y dosis al macollaje (Z2.2).	46
Cuadro N°11. Contrastes utilizados para separar las medias de aquellos tratamientos correspondientes a dosis totales que difieren estadísticamente y porcentaje de proteína en grano promedio para dichas dosis.	48

Cuadro N°12. Contrastes utilizados para separar las medias de aquellos tratamientos que difieren estadísticamente en las dosis aplicadas a la Siembra y porcentaje de proteína obtenidos a las diferentes dosis.	50
Cuadro N°13. Contrastes utilizados para separar las medias de aquellos tratamientos que difieren estadísticamente en las dosis aplicadas al Macollaje y los porcentajes de proteína obtenidos a las diferentes dosis.	53
Cuadro N°14. Promedio de rendimiento y Eficiencia aparente de uso del N para los tratamientos: 30-0; 0-30; 60-0 y 0-60.	54
Cuadro N°15. Promedio de Kg. de N absorbido en grano y Eficiencia aparente de uso del N para los tratamientos: 30-0; 0-30; 60-0 y 0-60.	55

<u>Figuras</u>	<u>Pág.</u>
Figura N°1. Rendimiento en grano según dosis aplicadas a la Siembra (Promedio de todas las dosis a macollaje, Z2.2).	41
Figura N°2. Rendimiento en grano según dosis aplicadas al Macollaje, Z2.2 (Promedio de todas las dosis a la siembra).	44
Figura N°3. Porcentaje de proteína en grano según dosis aplicadas a la Siembra (Promedio de todas las dosis al macollaje).	49
Figura N°4. Porcentaje de proteína en grano según dosis aplicadas al Macollaje Z2.2 (Promedio de todas las dosis a la siembra).	51
Figura N°5. Relación entre rendimiento y porcentaje de proteína de los diferentes sitios.	57
Figura N°6. Relación entre Incremento de rendimiento debido a la fertilización nitrogenada e Ingreso Neto del productor debido a la fertilización.	59
Figura N°7. Relación entre Incremento de porcentaje de proteína debido a la fertilización nitrogenada e Ingreso Neto del productor debido a la fertilización. .	60
Figura N°8. Relación entre Ingreso Neto del productor debido a la fertilización nitrogenada respecto al Porcentaje de proteína.	61

I. INTRODUCCION

La calidad de cualquier tipo en productos agrícolas destinados a ser integrados en procesos agroindustriales no puede expresarse en términos de una propiedad simple sino que depende de diferentes características físicas, químicas y de procesamiento cuya importancia varía en función de los diferentes productos a obtener.

En general se puede considerar que la existencia de diferentes criterios de valoración del producto obtenido en la fase agrícola o industrial de un complejo productivo como el del trigo ha sido uno de los principales problemas para alcanzar un sistema armónico de comercialización que refleje la calidad del producto en los precios obtenidos por los productores. Desde este punto de vista, una de las principales preocupaciones que existen acerca de los posibles aumentos en el potencial de producción del trigo se vinculan con la relación entre rendimiento y contenido de proteína en el grano.

Esto puede ocurrir cuando las prácticas culturales de diferente tipo (fecha de siembra, densidad, rotaciones de cultivos, etc.) y los manejos de la fertilidad (corrección de deficiencias de macro y micro nutrientes, dosis y forma de aplicación de N, fuente de fertilización nitrogenada, etc.) están orientadas solamente al incremento de rendimiento en grano.

Dentro de los componentes de origen ambiental que intervienen en la interacción entre una variedad y las condiciones específicas donde es cultivada, existen algunos que no pueden ser controlados directamente como el clima, y otros que pueden ser modificados a través de manejo del cultivo.

Dentro de los factores vinculados al manejo del cultivo se destacan, por su importancia en la definición de las prácticas agronómicas más adaptadas, el manejo de la fertilización y el sistema de laboreo.

Desde un punto de vista ambiental, la reducción o eliminación del laboreo de suelos es considerada como una de las formas de mejorar la sostenibilidad de la producción agrícola, principalmente a través de la preservación del recurso suelo.

El efecto principal de la fertilización nitrogenada con respecto a la calidad se relaciona con un aumento del contenido proteico del grano. De acuerdo a diferentes antecedentes revisados en la literatura sobre el tema, podrían establecerse determinados valores umbrales en cuanto a la aplicación de N a partir de los cuales se puede esperar un incremento en el contenido proteico en forma aproximadamente directa, si bien estos valores umbrales han sido difíciles de establecer y pueden variar ampliamente entre cultivares.

De acuerdo a diferentes autores revisados, la Siembra Directa produce cambios en las condiciones de los cultivos, por lo que interesa evaluar las consecuencias sobre la disponibilidad de nutrientes a diferentes profundidades del suelo, el crecimiento y distribución de los sistemas radicales, la absorción de nutrientes por parte de los cultivos y la eficiencia de uso de los fertilizantes aplicados.

Como forma de contribuir a resolver este problema se ha considerado especialmente relevante el aumento en la eficiencia de uso de fertilizantes nitrogenados a través de varias aplicaciones en un cultivo, el uso de fertilizantes de liberación lenta, y la localización del fertilizante.

Una de las principales limitantes en la interpretación de los resultados existentes en la literatura ha sido la casi exclusiva consideración de los efectos de la fertilización sobre el rendimiento de grano, por lo que los efectos de diferentes prácticas de manejo han sido generalmente estudiados desde el punto de vista de su asociación con las etapas fisiológicas del cultivo que condicionan la productividad del cultivo.

Por este motivo, las recomendaciones de fertilización tradicionales basadas en la información experimental a nivel nacional, han procurado optimizar el rendimiento en grano sin considerar los efectos sobre la calidad. Las demandas del sector industrial sobre la necesidad de contar con una materia prima que cumpla las exigencias de calidad para diferentes procesos industriales, está llevando a que se considere cada vez más la composición del grano en el momento de definir su valor.

Como aporte a la investigación sobre fertilización nitrogenada orientada a analizar los efectos del N no solamente sobre los niveles de productividad del cultivo de trigo sino también como forma de incrementar el % de proteína del grano bajo condiciones de Siembra Directa (SD), se realizaron diferentes ensayos a efectos de comparar dosis, formas y fuentes de aplicación del N en relación con diferentes cultivos previos.

II. REVISION BIBLIOGRAFICA

A. CONCEPTO DE CALIDAD.

En una revisión realizada por el Centro Internacional de Mejoramiento de maíz y trigo (CIMMYT), Peña (1996) expresó que “la mayoría de la producción de trigo a nivel mundial está orientada hacia la agroindustria alimenticia, por lo cual el desarrollo de variedades de trigo con cualidades de procesamiento adecuadas es altamente deseable y en muchos casos indispensable”.

Por esto se debe mejorar la “calidad” del trigo, la cual va a depender de muchos factores, ya que desde que se cultiva hasta que se cosecha, y desde que se cosecha hasta que es procesado en harina, el trigo pasa por una serie de etapas en las cuales mejorar la calidad es el punto número uno.

El término CALIDAD, va a estar caracterizado por los atributos que determinen la aptitud del trigo para un uso dado, y por esto analizaremos en particular el uso del trigo en panificación.

A lo que se desea llegar es a producir panes aceptables (de gran volumen, miga esponjosa, y corteza de buen color). Para ello se exige al molinero harinas que luego de mezcladas y amasadas produzcan panes con estas características. Pero el molinero poco puede hacer para mejorar la calidad panadera, más allá de limpiar y mezclar los trigos de diferente calidad. Esto es lo que se denomina Calidad Industrial, (Mockel et al, 1996).

Debido a que estos requerimientos de calidad tienen una base en las características del grano que es producido en la etapa agrícola de la agroindustria, existe una tendencia a trasladar esos requerimientos como una obligación que el agricultor debe cumplir.

Para lograr esa finalidad se establecen en general pautas y normas sobre aspectos de la calidad del grano que se aplican a la comercialización del trigo y que influyen en la determinación del precio.

Estas normas están siendo discutidas a nivel nacional en base a resultados experimentales y a la experiencia de diferentes instituciones y empresas que se reúnen en la denominada Mesa de Trigo.

B. DETERMINANTES DE LA CALIDAD COMERCIAL A NIVEL REGIONAL

En Uruguay, a partir del 1/11/98 comenzó a estar en vigencia un decreto debido a que los productores e industriales del sector han manifestado su interés en que la regulación normativa hasta ese momento vigente, se adapte a las actuales condiciones del mercado incluyendo nuevos parámetros de calidad para el trigo pan o trigo para panificación, como forma de obtener una mejora del producto final (Dirección General de Servicios Agrícolas del MGAP).

De acuerdo al Decreto 25/998 del MGAP se utilizan las siguientes definiciones para referirse a parámetros y condiciones que afectan la calidad del trigo para panificación:

1. Trigo pan o para panificación

A los granos de *Triticum aestivum* podrá denominarse indistintamente trigo pan o trigo para panificación.

2. Peso hectolítrico

Es la relación entre la masa de una muestra de trigo y el volumen de un hectolitro. Se expresa en kg/hl.

3. Materias extrañas e impurezas

Materiales orgánicos o inorgánicos, que no son granos o fragmentos de granos de trigo, ni esclerotos del hongo *Claviceps purpurea*, ni semillas de trébol de olor y que acompañan la muestra.

a. Materias extrañas: Todo material que no pertenezca a la planta de trigo pan, como fragmentos vegetales, semillas de otras especies, insectos y ácaros muertos, materiales inorgánicos, etc.

b. Impurezas: Cualquier parte de la planta de trigo pan, que no sean granos o fragmentos de granos.

4. Granos dañados por manipulación

Aquellos granos o fragmentos de granos que han sido total o parcialmente quemados, tostados o cambiados de color, como consecuencia de una aplicación excesiva de temperatura durante el proceso de secado artificial, o por calentamiento de la masa de grano por almacenamiento incorrecto.

5. Otros granos dañados

Son aquellos granos o fragmentos de granos que presentan una alteración visible y sustancial en su constitución. Se consideran como tales, los verdes, los helados, los brotados, los calcinados y los roídos.

a. Granos verdes: Son los que presentan una manifiesta coloración verdosa debido a la inmadurez fisiológica.

b. Granos helados: Son los que presentan concavidades pronunciadas en sus caras laterales por haberse interrumpido el proceso de llenado en la planta por razones de bajas temperaturas.

c. Granos brotados: Son aquellos en los que se ha iniciado el proceso de germinación, manifestándose por la ruptura de la cubierta del germen, a través de la cual se asoma el brote

d. Granos calcinados: Son los que presentan una coloración blanquecina y aspecto yesoso, y que se desmenuzan cuando se hace una leve presión sobre los mismos. En este tipo de daño se incluyen en los granos con Fusarium sp.

e. Granos roídos: Son aquellos que están carcomidos por larvas de insectos y cuya parte afectada se presenta negruzca o sucia.

f. Granos roídos en su germen: Son aquellos cuyos germen ha sido destruido o roído por acción de larvas de insectos.

6. Granos con carbón

Son aquéllos transformados en una masa pulverulenta de color negro a causa del ataque del hongo Tilletia sp. Su aspecto exterior es redondeado y de color grisáceo.

7. Granos quebrados y/o chuzos

Son los granos o fragmentos de granos (no dañados) de trigo pan que pasan por la zaranda.

8. Granos picados

Son los que presentan perforaciones visibles causadas por el ataque de insectos.

9. Insectos y/o ácaros vivos

Son exclusivamente aquéllos que atacan a los granos almacenados.

10. Olores comercialmente objetables

Aquéllos que por su intensidad y persistencia afectan la normal utilización del grano.

11. Productos que alteran la condición natural del grano

Aquéllos que resultan tóxicos o que dificultan la normal utilización del grano.

12. Trébol de olor

Las semillas de Melilotus indicus.

13. Cornezuelo

Escleroto del hongo Claviceps purpurea.

14. Humedad

Es el contenido de agua expresado en porcentaje al décimo.

15. Proteína

Es el valor de nitrógeno, expresado en porcentaje al décimo sobre base trece con cinco por ciento (13,5%) de humedad utilizándose como factor de corrección cinco con siete (5,7).

16. Gluten Húmedo

Es la proteína insoluble que es separada del almidón mediante un proceso de lavado con una solución alcalina.

El siguiente cuadro indica los grados que se reconocen para determinar la calidad de una muestra:

Cuadro N°1. Grados que se reconocen para determinar la calidad de una muestra.

	1	2	3
Peso hectolítrico (Kg/hl) mín.	79	76	73
Materias extrañas (%) máx.	0,75	1,5	3,0
Daños por manipulación (%) máx.	0,5	1,0	1,5
Otros dañados (%) máx.	1,0	2,0	3,0
Granos con carbón (%) máx.	0,1	0,2	0,3
Granos quebrados y/o chuzos (%) máx.	1,5	3,0	5,0
Humedad (%) máx.	13,5	13,5	13,5
Picado (%) máx.	1,0	1,0	1,0
Insectos y/o ácaros vivos	exento	exento	exento
Sem.de trébol de olor (N° sem/100g)máx.	8/100	8/100	8/100
Cornezuelo (%)	0,1	0,1	0,1
Proteína (%)	-----11,5-----		

A efectos de comparar los parámetros de calidad para diferentes categorías establecidas en Uruguay respecto a los utilizados en Argentina, se preparó el siguiente cuadro:

Cuadro N°2. Parámetros de calidad establecidos en Uruguay y Argentina.

	Uruguay			Argentina		
	1	2	3	Muy Buena	Buena	Regular
Peso hectolitrico (kg/hl)	79	76	73	> 79	77 - 79	76 - 77
Proteína (%)	11,5	11,5	11,5	> 12,5	11,0 - 12,5	< 11,0

La principal diferencia entre ambos sistemas de clasificación estaría dada por la mayor exigencia en cuanto a parámetros relacionados directamente con la calidad de panificación, debido a que en Argentina existen niveles mínimos requeridos para gluten húmedo, fuerza del gluten y volumen de pan producido.

C. DETERMINANTES DE LA CALIDAD COMERCIAL ANTES DE LA COSECHA

De acuerdo con Môckel et al, (1996), los siguientes parámetros a nivel regional están siendo considerados:

1. Tipo

Hay diferentes tipos de trigo pan (duro, semiduro), éste se determina en el momento de elegir la variedad.

2. Impurezas

Son materiales que debido a su difícil eliminación por ventilación o mezclas, no se admiten ya que transmiten olor al trigo y a sus productos (ej: semillas de Melilotus sp.).

3. Chuzos

Son granos que se forman con restricciones de disponibilidad de agua y por lo tanto reducen el rendimiento del cultivo, el peso hectolitrico y el % de extracción de harina.

4. Hongos

Algunos debido a la masa negra de esporos, oscurecen los productos de molienda y transmiten olores indeseables al producto final; otros producen incorporación de micotoxinas que resultan difíciles de eliminar en los productos y causan problemas fisiológicos en los consumidores.

5. Granos verdes

Son indeseables ya que la proteína que contienen no forma gluten.

6. Panza blanca

Son aquellos granos en los cuales el endosperma se presenta harinoso, blanquecino debido a la falta de cohesión de los gránulos de almidón. Estos granos son un índice indirecto del tenor proteico.

7. Proteína

Debido al sistema de bonificación y castigo (en los precios que un productor puede obtener) por el contenido proteico, se debe analizar la mejor forma del uso de los fertilizantes nitrogenados con el fin de lograr los valores requeridos (> % de proteína) de la forma más económica.

8. Lavado

Si bien no afecta el contenido de proteína, el peso ni otros parámetros de calidad industrial o panadera, este proceso origina una merma en el peso hectolítrico de hasta 5kg/hl.

9. Brotado

Si la alta humedad se mantiene por períodos prolongados, comienza a haber un incremento en los niveles de la enzima alfa amilasa y termina con la brotación en la espiga.

D. DETERMINANTES DE LA CALIDAD COMERCIAL EN EL PROCESO DE COSECHA

1. Humedad

La hidratación máxima admisible: 13,5%.

2. Peso hectolítrico

Determina la capacidad de almacenaje de los silos ya que se refiere a la relación peso/volumen aparente (incluyendo los espacios porosos).

E. DETERMINANTES DE LA CALIDAD DE MOLIENDA

1. Humedad

Se deshidrata una porción de muestra de trigo a temperatura y tiempo establecidos. El contenido de humedad se calcula por diferencia entre el peso de la muestra al inicio del análisis y luego de deshidratado, y se expresa como porcentaje en masa del producto

2. Peso hectolítrico

Nos da una idea relativa del % de endosperma del grano de trigo.

3. Falling Number

Es una medida de la cantidad de la enzima alfa amilasa contenida en el trigo. La actividad de la enzima alfa amilasa está asociada al proceso de germinación. Se cuantifica la variación de la viscosidad de una suspensión de harina en agua cuando el almidón gelatiniza. La disponibilidad de N aumenta su actividad y la correspondiente caída en Falling Number.

4. Rendimiento de harina

Cantidad en kg. de harina blanca por 100 kg. de trigo expresado como porcentaje.

5. Cenizas

Se determina la cantidad de materias minerales presentes en la harina como un indicador de la pureza de la harina.

6. Dureza del grano

Se refiere a la consistencia del endosperma del grano y está determinado por la disposición de los gránulos de almidón y proteína.

F. DETERMINANTES DE LA CALIDAD PARA PANIFICACION

1. Gluten

Constituye la fracción no soluble de la materia nitrogenada presente en la harina. Transmite a los productos elaborados sus propiedades plásticas características. Las propiedades de elasticidad y extensibilidad que caracterizan al gluten, lo hacen el principal responsable de las características panaderas de la harina. Por ejemplo, según la industria molinera argentina (Nisi et al, 1996), el contenido de gluten es el aspecto que más influye sobre la CALIDAD del trigo y sería el parámetro ideal para una bonificación.

2. Absorción de agua

Es la aptitud de una harina de soportar adiciones más o menos fuertes de agua.

3. Valores alveográficos:

P: tenacidad - resistencia de la masa a ser estirada o deformada

L: extensibilidad - capacidad de una masa de permitir su estiramiento o deformación.

P/L: equilibrio - cociente entre resistencia y extensibilidad de una masa.

W: fuerza panadera - expresa el trabajo de deformación de la masa y da una idea de la cantidad y calidad del gluten.

Las siguientes características han sido consideradas en reuniones de la Mesa de Trigo de Uruguay (Grupo de Trabajo en Manejo y Mejoramiento, 1998) como factores a tener en cuenta en la definición del valor del trigo en relación a su calidad.

G. FUNDAMENTOS DE LA CALIDAD

Se emplea la harina de trigo para la producción del pan debido a que posee la capacidad de formar masas leudadas que retienen los gases durante la fermentación con levaduras.

Es sabido que las proteínas de trigo son los principales componentes químicos responsables de la calidad panadera de la harina; (Acciaresi et al, 1994).

Un pan de buena CALIDAD proviene de una masa fuerte la cual debe tener ciertas características:

- alta resistencia: relacionada a las gluteninas de alto PM.
- extensibilidad: relacionada al tipo y cantidad de gliadina presente.

Tanto gliadina como glutenina conforman la mayor parte de la proteína insoluble de la reserva del grano.

El primer paso en los estudios sobre composición proteica del grano de trigo se basa siempre en una extracción fraccionada que permite separar 5 clases de proteínas

- albúminas (solubles en agua)
- globulinas (solubles en soluciones salinas)
- gliadinas (solubles en etanol)
- gluteninas (solubles en ácidos o álcalis diluidos)
- residuo insoluble.

Las albúminas (PM de 17000-28000), son responsables parcialmente de las características de panificación de las harinas.

Las globulinas son esenciales para obtener una masa apropiada (Repo et al, 1998).

Las gliadinas y gluteninas se describen como proteínas del gluten porque debido a su composición química se integran dentro de una compleja mezcla de proteínas cuyo PM puede variar desde 30.000 hasta varios millones. Dentro de éstas fracciones proteicas se establece separación adicional en categorías de alto PM (HMW) y categorías de bajo PM (LMW).

Dentro del residuo insoluble, se encuentran las prolaminas y glutelinas, las cuales son consideradas proteínas de reserva; (Repo, 1998).

Durante el amasado, se produce un cambio en las estructuras de las proteínas lo que constituye el Gluten; es por ello que el contenido de proteína y el de gluten están estrechamente relacionados, y como las proteínas contienen N existe una relación positiva entre el contenido de N y la CALIDAD del pan para una variedad dada.

Según Repo et al, (1998), las propiedades elásticas que se desarrollan durante el amasado tienen relación con la formación de grupos disulfuro a partir de los grupos sulfhídricos mediante oxidación.

El gluten puede ser aislado lavando la masa de harina bajo un chorro de agua o en una solución diluida de sal común; de esta forma se eliminan la mayor parte del almidón y los sólidos solubles en agua .

La composición del gluten en base seca (BS) según Vakar, (1961), es la siguiente: (Repo, 1998).

- gliadina 43%
- glutenina 39%
- otras proteínas 4,4%
- almidón 6,4%
- lípidos 2,8%
- azúcares 2,1%
- y % menores de celulosas y minerales.

La gliadina es pegajosa y da al gluten su calidad adhesiva, mientras que la glutenina le da tenacidad y fuerza (Repo, 1998).

Resultados experimentales sobre sustitución de diferentes fracciones dentro de harinas de diferente calidad panadera indican que los efectos de las gliadinas son menores en comparación con los atribuibles a las gluteninas. También se ha reconocido que las gluteninas afectan tanto los requerimientos para producir una mezcla adecuada en la panificación como los volúmenes de pan obtenidos.

Payne et al (1981,1987), establecieron el rol de las gluteninas de alto PM (GAPM) en la determinación de las características tecnológicas de las harinas y han demostrado la asociación de las mismas con la calidad panadera, determinada por el valor de sedimentación con SDS como así también con las propiedades reológicas de las masas, evaluadas por los valores W del alveógrafo de Chopin; (Acciaresi et al, 1994).

De acuerdo a Finney et al. (1987), la calidad de cualquier tipo no puede expresarse en términos de una propiedad simple sino que depende de diferentes características físicas, químicas y de procesamiento cuya importancia varía en función de los diferentes productos a obtener. Estos autores indican que es posible utilizar indicadores de la calidad a nivel de ensayos que utilizan volúmenes reducidos, como por ej: los ensayos de microsedimentación: determina la capacidad de hidratación y expansión de la proteína del gluten (utilizando sedimentación en SDS: siglas en inglés comúnmente usadas para referirse al dodecil sulfato de sodio) y mediante la utilización de aparatos que evalúan la fuerza del gluten (mixógrafo). Además es posible correlacionar la presencia de determinadas fracciones proteicas a nivel de gliadinas con la mayor o menor fuerza del gluten, teniendo aplicaciones en los métodos de selección para variedades que se utilizan en países como Canadá y EEUU.

De acuerdo con Maddonni et al, (1996), la concentración de proteína en el grano es una medida indirecta de la eficiencia de utilización del N absorbido para la producción de biomasa. Desde el punto de vista de la absorción post-antesis, mayores disponibilidades de N durante el llenado del grano determinan incrementos en el contenido de proteína, lo cual puede mejorar incluso las propiedades panaderas de las harinas.

1. Medición de la CALIDAD PANADERA (Mockel et al, 1996):

La prueba última y definitiva de calidad es la fabricación de panes experimentales en condiciones estrictamente uniformes de laboratorio.

Existen otros métodos que miden las propiedades de las masas sin llegar al pan en sí (Alveógrafo, farinógrafo, mixógrafo). Todos estos métodos requieren equipos específicos, que además de costosos son lentos y exigen la obtención de harinas en molinos de laboratorio. Por tal motivo su utilización queda reservada a la medición de la calidad en grandes molinos harineros o en la determinación de la aptitud panadera en el proceso de selección de nuevas variedades.

La forma de valoración más práctica, a nivel del productor o etapas primarias de la comercialización si se comparan trigos de calidad genética semejante, es la determinación del % de proteína.

Debido a que los contenidos de proteína y de gluten están estrechamente relacionados dentro de una misma variedad (si es que el grano no sufrió ningún deterioro poscosecha), la determinación del % de gluten (ya sea expresándolo como húmedo o como seco) da información complementaria sobre sus características al poder visualizar empíricamente su textura y elasticidad.

H. RELACION ENTRE RENDIMIENTO Y PROTEINA DEL GRANO

Normalmente se ha indicado (Deckard et al, 1984), que a medida que aumenta el rendimiento baja el porcentaje de proteína (si no se agrega más N vía fertilización) porque el N disponible se ha diluido en una mayor cantidad de granos. Esto ha sido comprobado experimentalmente por Môkel et al, (1996) utilizando datos de diferentes líneas desarrolladas en Argentina.

Una de las principales preocupaciones que existen acerca de los posibles aumentos en el potencial de producción del trigo se vinculan con la relación entre rendimiento y contenido de proteína en el grano.

De acuerdo con un análisis realizado por Peña (1996), el incremento del potencial de rendimiento de trigo no es fácil de obtener manteniendo una calidad industrial adecuada debido a que los incrementos en rendimiento de grano usualmente resultan en reducciones de la proteína del grano.

Según este estudio, la relación inversa entre rendimiento de grano y proteína en el grano representa un gran desafío para el mejoramiento del trigo, en particular cuando se utilizan variedades derivadas de germoplasma de alto potencial de producción (por ej: de origen CIMMYT) considerando que en casos extremos estas reducciones en el contenido proteico pueden llevar a las industrias a aplicar reducciones en los precios de determinadas categorías.

Dentro de las interpretaciones posibles sobre esta relación inversa, Deckard (1984) ha mencionado que la respuesta al suministro de N en rendimiento y contenido de proteína del grano está fuertemente influenciada por las condiciones ambientales, especialmente por la disponibilidad de agua para el cultivo, por lo que la relación entre rendimiento y porcentaje de proteína puede variar a través de suelos con diferentes niveles de N desde valores positivos a valores negativos según las condiciones ambientales. Para un ambiente determinado esta relación entre rendimiento de grano y porcentaje de proteína producida puede ser a menudo altamente positiva.

Debido a esto, la producción de proteína puede ser incrementada aumentando el rendimiento de grano pero el porcentaje de proteína continúa siendo el carácter principal que afecta desde la calidad nutricional hasta la calidad industrial, y dicho porcentaje de proteína depende de dos componentes: el peso de proteína y el peso restante del grano.

Los posibles efectos del tipo de variedad utilizado y de los procesos fisiológicos que pueden afectar la acumulación de proteína en el grano han sido considerados también por Deckard, (1984).

FACULTAD DE AGRONOMIA



DEPARTAMENTO DE
CIENCIAS AGRARIAS
Y AMBIENTALES

Dentro de las posibles explicaciones a esta relación negativa entre rendimiento de grano y proteína de grano se mencionan por un lado que podrían requerirse más fotosintatos para producir proteína que para producir carbohidratos, por lo cual el costo energético de acumular proteína en el grano sería mayor, mientras que por otra parte se mencionan como posible explicación las características de los propios programas de mejoramiento que están generando los cultivares, los cuales han tendido a incrementar el índice de cosecha sin un aumento proporcional en la capacidad productiva de la biomasa del cultivo.

Si bien la relación negativa entre rendimiento y proteína del grano ha sido comprobada en numerosas oportunidades, existen estudios tales como los de Middleton et al.(1954); Dubois et al, (1990); Noaman et al, (1990), en los cuales no encontraron asociación significativa entre rendimiento y contenido de proteína; (Dubois et al, 1994).

Existen datos bibliográficos que indican que en un programa de mejoramiento de trigo, es posible una selección simultánea para rendimiento y proteína del grano; (Dubois et al, 1994).

I. INFLUENCIA DE LA VARIEDAD EN LA CALIDAD

Las variedades determinan la morfología y fisiología de las plantas así como la constitución de sus proteínas y por lo tanto su aptitud panadera (Môckel et al, 1996)

Se pueden seleccionar variedades o cultivares superiores debido a que la constitución y secuencia de aminoácidos que constituyen las proteínas le dan una marcada especificidad y son altamente heredables, por lo tanto cuanto más proteína de buena calidad tenga, mejor calidad panadera tendrá el trigo.

El tipo de proteína es importante ya que variedades con baja relación gliadina/glutenina produce una masa elástica y firme apropiada para el pan, en un balance entre cantidad y calidad de proteína de acuerdo con Deckard, (1984).

Según algunos resultados presentados por Môckel et al, (1996), las diferencias en cantidad de proteína atribuibles al efecto de utilizar diferentes cultivares varían entre 0 y 1,5%, mientras que para una misma variedad se han observado diferencias de hasta un 5% para un mismo año en las condiciones de Argentina, indicando que una amplia parte del efecto es ambiental.

Debido a que en general es menor la influencia que tiene la variedad en la cantidad de proteína, lo mejor es elegir variedades que se adapten a la zona y a sus condiciones y a que tengan aceptación en el mercado.

De acuerdo a Nisi et al, (1996), “ la existencia de diferencias en el comportamiento relativo entre variedades según el ambiente del cultivo, se denomina “interacción entre la variedad y el ambiente”. Esta situación implica que la elección de una variedad no se fundamentaría solamente en el promedio de diferentes ensayos sino que también deberían evaluarse los efectos conjuntos de las variedades y los ambientes.

Según el mismo autor esto se debe a que dentro del ambiente participan además del año y la localidad, el manejo particular del cultivo que realizan los productores. Una misma variedad se va a comportar de manera diferente según el ambiente de cultivo que se trate; esto es causado por la existencia de interacción entre la variedad y el ambiente.

Dentro de las aproximaciones que intentan superar o por lo menos reducir el impacto de la relación negativa entre rendimiento y proteína del grano, algunos autores como Peña, (1996) han destacado las posibilidades que ofrece el mejoramiento genético en cuanto a la calidad de la proteína. Esto significa mejorar la calidad del gluten lo cual involucra diferentes combinaciones de proteínas (gluteninas y gliadinas) que contribuyen a la formación de mayores agregados proteicos y mejoran la calidad de panificación por unidad de proteína en el grano y esto permitiría disminuir los niveles de proteína en el grano considerados aceptables actualmente por la industria.

De todas formas Peña, (1996) señala que éstos procesos de mejoramiento genético requieren la utilización de genes existentes en diferentes trigos y otras especies relacionadas para ampliar la variabilidad genética de los cultivares actuales y esto requiere un proceso de mejoramiento a largo plazo.

J. EFECTOS DEL AMBIENTE SOBRE LA CALIDAD

Dentro de los componentes de origen ambiental que intervienen en la interacción entre una variedad y las condiciones específicas donde es cultivada, existen algunos que no pueden ser controlados directamente como el clima, y otros que pueden ser modificados a través de manejo del cultivo. Ambos tienen importancia en cuanto a la elección de variedades para su adecuación a diferentes sistemas de labranza.

En relación al contenido de proteína en el grano, Môckel et al, (1996) mencionan que las precipitaciones en el período inmediatamente anterior a la espigazón y las temperaturas durante el llenado del grano son los principales factores de origen climático. Según estos autores la ocurrencia de lluvias favorables en el período de máxima demanda aumentaría el rendimiento del grano pero al estar absorbida la mayor parte del N se producirá una dilución del contenido proteico.

Por otra parte, las altas temperaturas tienden a incrementar el porcentaje de proteína. Esto es explicado debido a que el desarrollo del grano se interrumpe antes de que llegue a su máximo peso seco debido a las altas temperaturas y por lo tanto se obtiene un grano más pequeño pero de mayor porcentaje y no como ocurre en zonas de mayor pluviometría y temperaturas moderadas donde se obtienen mayores rendimientos basados en una mayor acumulación de almidón.

En relación a los posibles efectos de algunas variables ambientales relacionadas con el suelo, existen evidencias de que la textura y posiblemente la estructura del mismo tengan alguna influencia sobre la calidad del cultivo a través de su efecto sobre el suministro de agua, según García (1994). Si el suelo se mantiene con suministro adecuado de N hacia el final del período de crecimiento y si el cultivo puede utilizar dicho N en base al funcionamiento adecuado de sus raíces y a la disponibilidad de agua, se podrían obtener altos rendimientos en grano con una alta concentración de N en el grano.

De acuerdo a Peña (1996), las diferencias en calidad del gluten existentes entre las variedades actuales tienden a desaparecer cuando la proteína del grano se reduce por debajo de 9-10%. Esto puede ocurrir cuando las prácticas culturales de diferente tipo (fecha de siembra, densidad, rotaciones de cultivos, etc.) y los manejos de la fertilidad (corrección de deficiencias de macro y micro nutrientes, dosis y forma de aplicación de N, fuente de fertilización nitrogenada, etc.) están orientadas solamente al incremento de rendimiento en grano.

Dentro de los factores vinculados al manejo del cultivo se destacan por su importancia en la definición de las prácticas agronómicas más adaptadas: el manejo de la fertilización y el sistema de laboreo.

En el caso particular del N, cuando se desea hacer un uso racional y eficiente del mismo, no sólo debería conocerse el efecto del N sobre los componentes del rendimiento y sobre los parámetros de calidad del grano sino que además se debería conocer la cantidad de N que las diferentes etapas de desarrollo del cultivo requieren a lo largo del ciclo de crecimiento.

Según Carpenter et al, (1952) la absorción de N es lenta en las etapas iniciales, pero entra en una fase exponencial en el encañado para luego declinar durante la fase reproductiva. Durante el encañado la tasa de absorción de N es máxima y en el período comprendido entre fin de macollaje y los primeros nudos visibles es poco probable que el suelo pueda satisfacer esta demanda de N.

K. RELEVANCIA DE LA SIEMBRA DIRECTA EN TRIGO

La reducción o eliminación del laboreo de suelos es considerada como una de las formas de mejorar la sostenibilidad de la producción agrícola, principalmente a través de la preservación del recurso suelo. Entre las razones para este fenómeno de creciente adopción del cero laboreo a nivel mundial, cabe mencionar:

- la preocupación por la conservación del suelo
- el desarrollo de legislación que promueve o impone el uso de estos sistemas
- la disminución del precio de glifosato luego de la expiración de la patente que beneficiaba a la empresa que desarrolló este herbicida.
- una mejor eficiencia del uso de agua del suelo
- mejor economía del sistema

De acuerdo con Martino (1994), existen también factores que tienden a impedir o enlentecer la adopción de esta técnica:

- la complejidad del sistema que requiere alto grado de conocimiento y precisión en las operaciones.
- la presión de ecologistas que sostienen que, debido al elevado uso de agroquímicos, el cero laboreo es perjudicial para el ambiente.
- la necesidad de invertir en equipos de siembra especializados y deshacerse de herramientas de laboreo.

La ubicación de las prácticas de SD en un contexto de búsqueda de alternativas para aumentar la sostenibilidad de los sistemas agrícolas requiere una cierta profundización en el concepto de Agricultura Sostenible.

Según el Agricultural Institute of Canadá (1991), sistemas de agricultura sostenible son aquéllos que son económicamente viables y satisfacen la necesidad de alimentos sanos y nutritivos, al mismo tiempo que conservan y mejoran los recursos naturales y la calidad del ambiente para las futuras generaciones.

Por otra parte Lal (1989), desde un punto de vista económico definió la agricultura sostenible como una estrategia de manejo de recursos que apunta a reducir la dependencia de insumos basados en la energía, y que implica el uso de técnicas innovadoras de manejo de suelos y de cultivos.

Por lo tanto el concepto de Agricultura Sostenible incluye 3 elementos básicos:

- la preservación de los recursos naturales
- mantenimiento o mejora de la calidad del ambiente
- mantenimiento o mejora de la productividad de los factores de producción y de la calidad de los productos.

En este contexto la eliminación o reducción del laboreo de suelos conduciría a una mejora global de la sostenibilidad en la agricultura. En relación a la conservación de los recursos naturales existen importantes beneficios en la utilización de SD, especialmente considerando los recursos suelo y agua.

Martino (1994), presentó una revisión de los diferentes componentes de la sostenibilidad agrícola en Uruguay en relación a los impactos favorables de la SD. En particular se indican aportes de la SD en cuanto a aumentar la eficiencia de uso del agua por los cultivos, mejorar la oportunidad de instalar los cultivos y de utilizar suelos marginales. Por otro lado el mismo autor indica que deberían ajustarse las condiciones de uso de esta técnica para superar las posibles limitaciones físicas de los suelos, las limitaciones potenciales en cuanto a control de malezas y enfermedades, y especialmente buscar mejorar la eficiencia de uso de los fertilizantes nitrogenados.

L. EL N EN ECOSISTEMAS AGRICOLAS

En los sistemas naturales las principales entradas de N consisten en la fijación biológica y la incorporación de compuestos nitrogenados de la atmósfera por deposición, mientras que las pérdidas más importantes se producen a través del escurrimiento, la erosión y las pérdidas gaseosas; pero las entradas y salidas de N se balancean y generalmente son pequeñas en relación al N involucrado en estas transformaciones.

De acuerdo con una revisión realizada por García (1994), cuando estos ecosistemas naturales se incorporan a la agricultura las condiciones responsables de la acumulación de N se ven drásticamente modificadas, principalmente porque el laboreo aumenta la mineralización de la materia orgánica (M.O), se produce la nitrificación del amonio existente y la erosión se acentúa. En estos ecosistemas agrícolas la fertilización nitrogenada es una de las principales fuentes de N y por lo tanto, a diferencia de lo que ocurre en ecosistemas naturales, tanto las entradas como las salidas de N pueden ser muy importantes.

De acuerdo a Rabuffetti, (1987); existen diferentes formas del N en el suelo ya sea como N₂ (en forma gaseosa, disuelto en agua, o adsorbido a las superficies sólidas), bajo formas inorgánicas (amonio, nitrito, nitrato) y principalmente bajo forma orgánica. Este N orgánico que se incorpora originalmente a los suelos como restos de vegetales y animales es proteínico. Al ser adicionado al suelo es atacado por los microorganismos y como consecuencia de ello, la proteína original desaparece casi completamente pasando en parte a formar protoplasma bacteriano (proteína) y estando en parte sujeta al proceso de mineralización.

Como resultante del balance de diferentes fuentes de N y de diferentes pérdidas de N en el sistema suelo-planta se llega a una situación donde generalmente una muy pequeña proporción del N total del suelo está bajo forma mineral, y a diferencia de lo que ocurre con otros nutrientes el suelo no tiene capacidad de almacenarlo. Por este motivo y a pesar de su abundancia en la naturaleza el N es limitante en la mayoría de las situaciones agrícolas.

Tomando en cuenta las fuentes y las pérdidas de N en el sistema suelo-planta se puede realizar una partición de los orígenes del N absorbido por el cultivo (García, 1994):

$$N_c = N_{in} \times e_{in} + N_m \times e_m + N_f \times e_f$$

N_c: totalidad del N absorbido por cultivos

N_{in}: N mineral presente inicialmente en el suelo originado de fertilizaciones previas o mineralización

N_m: N suministrado por el suelo como resultado neto del balance entre la mineralización y la inmovilización.

N_f: N del fertilizante.

E: las eficiencias respectivas; término que debería contemplar las pérdidas ya discutidas y las diferencias en la absorción entre especies o incluso entre cultivares.

La ecuación anterior puede integrarse en el tiempo cuando el N se va a aplicar fraccionado, y en este caso, según García (1994) se puede contar con otra herramienta para definir el N aplicar: el status nutricional de la planta basado en la asociación que existe entre el nivel de N en la planta y el crecimiento. De acuerdo con dicha autora, entre un 30 y un 70% del N agregado es recuperado por el cultivo lo que evidencia la importancia de utilizar prácticas que incrementen la eficiencia del fertilizante nitrogenado, no sólo desde el punto de vista agronómico sino también ecológico.

Una práctica conveniente es el fraccionamiento de la fertilización nitrogenada, el cual ha sido revisado para nuestras condiciones por García et al, (1986). En general, para definir cuál es el mejor momento para aplicar N se toma en cuenta el patrón de absorción por el cultivo, existiendo un período más efectivo en cuanto a la recuperación del N agregado al inicio del encañado.

A su vez, el modo de aplicación puede modificar la eficiencia de los fertilizantes nitrogenados. En trigo, la urea disuelta y aplicada sobre el follaje a dosis bajas, antes de la aparición de la espiga, ha mostrado ser efectiva para la producción de grano, y tendió a ser más eficiente que la aplicación al suelo.

Por otra parte las diferentes fuentes de N utilizadas como fertilizantes tienen diferentes eficiencias en relación con las condiciones de suelo donde son aplicadas. Según Rabuffetti, (1987), algunas de las situaciones más frecuentes tendrían las siguientes consecuencias:

- La nitrificación que experimentan los fertilizantes nitrogenados amoniacales y la urea, en condiciones de suelos bien aireados, húmedos y a temperaturas medias (5 - 25 °C), es normalmente rápida, por lo que el comportamiento de los mismos, una vez aplicados al suelo, difiere muy poco de los fertilizantes nítricos, en términos de respuesta de los cultivos o pasturas al agregado de N.
- Cuando las condiciones de nitrificación son adecuadas, la posible superioridad de una fuente u otra de fertilizantes nitrogenados amoniacales pueden estar, por lo menos en parte, asociada al anión acompañante (NH_4Cl versus $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$). Este ejemplo puede también aplicarse a los fertilizantes nítricos (NaNO_3 versus KNO_3).
- Cuando las condiciones ambientales o del manejo del suelo no favorecen la nitrificación (temperaturas bajas, poca luminosidad, o agregado de fumigantes al suelo) el uso de fertilizantes nítricos puede ser más adecuado que el fertilizantes amoniacales, debido a que la acumulación de NH_4 por las plantas hará divergir una cantidad significativa de los escasos hidratos de carbono fotosintetizados hacia la transformación del NH_4 en sustancias orgánicas.
- Cuando se hacen aplicaciones en cobertura, las fuentes nítricas no están expuestas a posibles pérdidas por volatilización, que ocurren especialmente en suelos arenosos, bajo condiciones de alta evaporación ambiental.

Sin embargo, según estos mismos autores, no debemos olvidarnos que en la mayoría de los casos y particularmente en términos de la agricultura el factor determinante de la elección de una fuente u otra será el precio del nutriente en cada fuente.

M. EFECTO DE LA FERTILIZACION NITROGENADA EN LA CALIDAD

El efecto principal de la fertilización nitrogenada con respecto a la calidad se relaciona con un aumento del contenido proteico del grano. Existen determinados valores umbrales en cuanto a la aplicación de N a partir de los cuales se puede esperar un incremento en el contenido proteico en forma aproximadamente directa, si bien estos valores umbrales han sido difíciles de establecer y pueden variar ampliamente entre cultivares.

Según Deckard et al (1984), la disponibilidad de N aportada por diferentes fuentes no es suficiente para explicar toda la variabilidad en el contenido de proteína cuando se comparan diferentes cultivos de trigo, si bien la inclusión de otros factores (disponibilidad hídrica, temperatura del aire, precipitaciones) pueden contribuir a explicar un mayor porcentaje de la variabilidad en las concentraciones de proteína en el grano. Según estos autores, la cantidad de N residual que existe en la zona radicular al momento de las aplicaciones del fertilizante puede afectar la respuesta del cultivo a la fertilización. Esto determinaría las diferencias en los porcentajes de proteína relacionados con diferentes aplicaciones de N en función de las condiciones previas en la historia de la chacra.

La concentración de proteína total y de algunas fracciones específicas en el grano no sólo afecta la calidad nutricional del mismo sino que además tiene efectos muy significativos en la calidad industrial del trigo.

Los aumentos en la proteína del grano provenientes de aplicaciones de N post-floración frecuentemente no están asociados con una mejor calidad industrial. Esta reducción en la calidad estaría asociada con un incremento en la proporción de algunas fracciones proteicas (proteínas solubles: albúmina y globulinas).

Según Deckard et al (1984), no existen evidencias concluyentes de que la fertilización nitrogenada pueda cambiar las proporciones entre las fracciones proteicas de forma que perjudique la calidad industrial. Esto sería atribuido a que aún cuando las aplicaciones de N puedan aumentar alguna de las fracciones proteicas, se mantiene un balance adecuado entre los contenidos de gliadina y glutenina.

Según estos mismos autores podrían existir efectos adversos sobre la calidad del cultivo como consecuencia de aplicaciones excesivas de N, especialmente cuando se produce algún grado de vuelco o cuando los excesos de N determinan condiciones predisponentes para enfermedades que afectan la calidad industrial.

Utilizando datos obtenidos en experimentos realizados a nivel nacional, la Cátedra de Cereales y Cultivos Industriales de la Facultad de Agronomía (Luizzi et al, 1982), ha realizado un análisis sobre los requerimientos de N para un cultivo de trigo, orientado a optimizar la nutrición nitrogenada del cultivo.

De acuerdo a este trabajo los requerimientos de N del cultivo se podrían estimar de la siguiente forma:

$$\text{Req. N} = \text{Prod. MS} \times \text{IC (MS)} \times \% \text{ N grano} / \text{IC(N)}$$

Prod.MS es producción de MS del cultivo a la cosecha

IC(MS) es MS en grano / MS total (grano + paja)

%N grano es porcentaje de N en el grano

IC(N) es índice de cosecha en N: N en grano / N total (grano + paja)

De acuerdo a los resultados obtenidos en Uruguay (Luizzi et al, 1982) en comparación con regiones de alta producción, se detectaron deficiencias en nuestras condiciones en cuanto a la recuperación de N en el grano, observando que la absorción total de N si bien fue importante no se concretó en grano, mostrando que la cantidad del nutriente no fue limitante pero que no se alcanzó el alto rendimiento potencial esperable.

Cuadro N°3. Recuperación de N en el grano. Contraste entre lo que sucede en nuestras condiciones y en una zona de alta producción. (En ambas situaciones con 120kg de fertilizante y sin protección sanitaria)

	MS flor. kg/ha	MS cos. kg/ha	Rend gr. kg/ha	IC MS	N tot. kg/ha	N gr. kg/ha	IC N
Spiertz 1983	8050	14300	6250	0,44	160	115	0,72
Pay. 1987	9000	13500	4500	0,33	180	93	0,52

El % rec. N del fertilizante ha sido evaluado en nuestro país por Perdomo quien encontró valores que oscilan entre 35 y 53% con niveles de rendimiento de 4000 kg de grano/há y dependiendo del momento de aplicación; (Luizzi, 1993).

Por otro lado, como la fuente mayor de N son las partes vegetativas, pues hasta 80 o 90% del N del grano puede estar presente en el cultivo a la antesis, si se puede incrementar la biomasa a través del agregado de N, ésta también es una vía para aumentar el N translocable al grano; (García,1994). Además, las aplicaciones de N cercanas a la antesis pueden ser más eficientes que las más tempranas porque es menor el efecto que éstas puedan tener sobre la cantidad de granos formados.

Los granos de alta concentración proteica tienen mayores requerimientos de N que los de baja proteína. Para incrementar un 1% la proteína del grano en cereales, se requiere de 6 a 11% más de N, dependiendo del cultivar y su concentración inicial. (García, 1994).

De acuerdo a Bordoli et al, (1997), la SD produce cambios en las condiciones de los cultivos, por lo que interesa evaluar las consecuencias sobre la disponibilidad de nutrientes a diferentes profundidades del suelo, el crecimiento y distribución de los sistemas radiculares, la absorción de nutrientes por parte de los cultivos y la eficiencia de uso de los fertilizantes aplicados.

Estos autores indican que “actualmente en Uruguay no existen indicadores objetivos de suelo o planta para estimar dosis de fertilizante N a usar en trigo en SD”, debido a que “los indicadores usados con poco éxito en siembras convencionales como % MO, cultivo anterior y contenido de N-NO₃ a la siembra aparecen como ayudas aún menos confiables en sistemas de SD por los cambios que en este sistema se producen.

Entre las diferencias principales en cuanto a la fertilidad del suelo como consecuencia del cambio en el sistema de laboreo, Martino (1997) menciona la reducción en la tasa de mineralización de la MO del suelo en condiciones de SD. Por esa causa dicho autor indica que “el aporte de N y P a los cultivos sería menor que bajo condiciones de laboreo del suelo, especialmente en los primeros años en que se establece el sistema”.

Como forma de resolver este problema, menciona el aumento en la eficiencia de uso de fertilizantes nitrogenados a través de varias aplicaciones en un cultivo, uso de fertilizantes de liberación lenta, localización del fertilizante.

En estos trabajos se ha considerado principalmente el rendimiento de grano, por lo que los efectos de diferentes prácticas de manejo están asociados con las etapas fisiológicas del cultivo que condicionan la productividad del cultivo

Los efectos de diferentes dosis de fertilizante nitrogenado, formas de aplicación y fuentes de N, han sido estudiados recientemente sobre una amplia gama de rastrojos en condiciones de SD (Bordoli, 1998). De acuerdo a estos ensayos la mejor respuesta económica, en cuanto a producción de grano, se obtuvo con dosis de 30 kg N/há aplicados en chacras cuyos niveles de N-NO₃ fuesen menores o iguales a un rango de 14-16 ppm. en el estado de macollaje temprano (Z2.2).

En cuanto a las posibles diferencias en eficiencias entre las fuentes urea y nitrato de amonio, los resultados experimentales obtenidos en diferentes condiciones a nivel regional difieren en cuanto a las conclusiones sobre la ventaja de utilizar una u otra fuente aplicada al voleo y en cuanto a las ventajas de incorporar al suelo la urea aplicada. Estas diferencias podrían atribuirse a los importantes efectos que tienen las condiciones climáticas (lluvia y temperatura) sobre las pérdidas por volatilización o sobre las pérdidas por inmovilización en los rastrojos superficiales.

La investigación realizada a nivel nacional sobre fertilización nitrogenada de trigo en SD ha estado generalmente enfocada en la determinación de dosis, momento y forma de aplicación, y fuentes del fertilizante en el contexto de sistemas de producción agrícola cuyo producto se expresa como rendimiento de grano, mientras que otros aspectos relacionados con la calidad del grano producido se comienzan a considerar muy recientemente.

El N es uno de los componentes principales de las proteínas y por lo tanto su efecto más marcado en la calidad del grano es sobre la concentración proteica. De acuerdo con García (1994), un incremento en el N del grano causaría un incremento en diferentes parámetros de calidad, tales como la proporción de granos vítreos, el volumen de sedimentación y la concentración de gluten.

No obstante esto, las recomendaciones de fertilización tradicionales basadas en la información experimental a nivel nacional, han procurado optimizar el rendimiento en grano sin considerar los efectos sobre la calidad. Las demandas del sector industrial sobre la necesidad de contar con una materia prima que cumpla las exigencias de calidad para diferentes procesos industriales, está llevando a que se considere cada vez más la composición del grano en el momento de definir su valor.

Es necesario considerar la dinámica del proceso de acumulación de N en la proteínas del grano para tener una idea aproximada de cuáles serían las condiciones limitantes que deberían resolverse para optimizar el manejo de la fertilización nitrogenada cuando el objetivo es mejorar la calidad del grano.

1. Efectos del N sobre la proteína del grano

Los trabajos realizados por Fowler et al, (1990) intentaron diferenciar entre los efectos ambientales (contenido hídrico del suelo, período de disponibilidad del N) y los efectos genéticos que podrían modificar el potencial de rendimiento de los cultivos y por lo tanto modificar las cantidades de N requeridas para incrementar la concentración de proteína en el grano.

Dichos autores determinaron los niveles máximos para la concentración de proteína que podrían obtenerse bajo diferentes condiciones. Dichos valores varían entre 130 y 231g de proteína/kg de grano seco y corresponden a la fase asintótica de la curva de respuesta de la proteína del grano respecto al N.

Por otra parte se obtuvieron valores mínimos de 95g de proteína/kg de grano seco bajo condiciones de alta productividad y bajo N total disponible en la planta, si bien en este caso la eficiencia del uso del N para producción de grano se acercó al 80%. Al incrementar la fertilización nitrogenada dicha eficiencia disminuye rápidamente al acercarse el rendimiento de grano a sus valores máximos. Esto indicaría que los sistemas de manejo orientados a obtener alta concentración de proteína en el grano tendrían que tomar en cuenta como característica de los mismos una baja eficiencia del uso del N.

Desde el punto de vista de la selección de variedades que combinen altos niveles de producción de grano con una alta concentración de proteína en el grano, Mc.Kendry et al, (1995) estudiaron diferentes correlaciones entre características relacionadas con la acumulación de N y con la acumulación de MS en el grano. La concentración de proteína en el grano tiene correlaciones positivas tanto con la absorción de N post-antesis como con el índice de recuperación de N, mientras que se correlaciona inversamente con el N acumulado en el período vegetativo.

Según estos autores, la mejor combinación correspondería a variedades que presenten alta absorción de N post-antesis y alta eficiencia de removilización del N, combinados con un índice de cosecha adecuado.

Los efectos de la fertilización nitrogenada sobre la removilización del N hacia el grano fueron estudiados por Palta et al, (1995) utilizando isótopos. Cuando se compararon aplicaciones de 15, 30 y 60 kgN/há., aplicados mitad en la siembra y mitad a los 35 días de la siembra, el tratamiento con mayor cantidad de N aumentó la absorción de N en el período comprendido entre la elongación de los tallos y la antesis.

En este experimento el contenido de proteína en el grano aumentó 2,9% al pasar del tratamiento con menor cantidad de N al de mayor cantidad de N. La cantidad de N total en el grano alcanzado con la dosis de 60 kgN/há. fue 54% superior en relación al N total en el grano correspondiente a la dosis de 15 kgN/há. ; esto se atribuyó a un aumento de 2,3 veces en la removilización del N acumulado en pre-antesis.

Estos autores determinaron, (utilizando el isótopo N15) que la contribución del N absorbido tempranamente por el cultivo (antes del estado de 2 nudos) varía entre 0,9 g/m² y 3,2 g/m² aplicados de 15 kgN/há. y 60 kgN/há. respectivamente.

Por otra parte la contribución del N absorbido tardíamente (pre-antesis) por el cultivo varió entre 2,2 g/m² para la aplicación de 15 kgN/há. y 5,1 g/m² para la aplicación de 60 kgN/há.

La respuesta del trigo a las aplicaciones de fertilizantes nitrogenados fue estudiada por Mc.Donald (1992), en Australia bajo condiciones de SD. Este autor encontró que las aplicaciones de N en un manejo entre 0 y 50 kgN/há siempre incrementaron el crecimiento en las etapas vegetativas iniciales del cultivo, pero sus efectos sobre el rendimiento no fueron similares en diferentes condiciones del manejo previo al cultivo.

La cantidad total de N en grano fue relativamente constante a través de las aplicaciones de N en cada sitio. Entre diferentes sitios existieron diferencias en la cantidad total de N en grano con variaciones menores que las observadas para el contenido de almidón. Estos autores sugirieron que la mayor concentración de proteína en el grano para altos niveles de N no fue una consecuencia directa del incremento en la MS en el cultivo, debido a que no existieron ventajas atribuibles al mayor crecimiento inicial del cultivo.

En experimentos de fertilización dirigidos a determinar el efecto del N aplicado tardiamente en relación con el incremento en la proteína del grano, Loewy (1990), determinó que 33kgN/há. aplicados en la siembra incrementaron en 0,2% la proteína del grano mientras que la misma cantidad de N aplicado en el macollaje incrementó en 0,6% la proteína en el grano. En estos ensayos con alta respuesta al N, se obtuvo una recuperación del 35% en el grano para el N aplicado.

En relación a los efectos de la fertilización sobre fracciones proteicas en el grano, los experimentos realizados por Pechanek et al, (1997), indicaron que si bien la aplicación de N aumentó generalmente el contenido proteico total, éste efecto estuvo limitado a la fracción proteica de gluteninas. A medida que aumentó el contenido proteico total se redujo el cociente entre gluteninas de bajo PM (LMW) y gluteninas de alto PM (HMW). Esto sugiere que el contenido total de proteína debería ser complementado con otros parámetros (por ej: subunidades de HMW) para analizar el efecto de la fertilización sobre la calidad del cultivo.

2. Efectos de los cultivos precedentes

En condiciones de SD, Kelley (1995), realizó experimentos comparando épocas de aplicación del N en relación con diferentes cultivos previos, determinando que las respuestas a la fertilización nitrogenada estuvieron asociadas con una mayor mineralización neta para algunos cultivos precedentes, o un aumento en la inmovilización del N aplicado en otros casos. Para las condiciones de clima y suelo de ese ensayo, la aplicación del fertilizante nitrogenado en una dosis adecuada fue más importante que el momento de aplicación, observándose además que la influencia del cultivo precedente sobre el rendimiento y cantidad de proteína en el grano fue aumentando con el tiempo en la secuencia de rotación.

Las aplicaciones de N realizadas en sistemas de SD o de laboreo convencional en Australia fueron realizadas durante varios años por Strong et al, (1996). Estos autores encontraron que las respuestas en rendimiento del grano no fueron consistentes en relación con el cultivo precedente, mientras que las aplicaciones mayores de N en la siembra en condiciones del suelo que no limitaron el desarrollo de raíces permitieron obtener mayores niveles de proteína en el grano.

Por otra parte algunos trabajos realizados por Rasmussen et al, (1997) acerca del efecto de diferentes cultivos previos y sus residuos, permitieron observar reducciones en el rendimiento del grano y de materia vegetal total en cultivos de trigo realizados utilizando cero laboreo sobre residuos intactos del cultivo previo. Dichas reducciones fueron entre 13 y 15% en comparación con los casos donde se realizó el picado de los residuos. No obstante esto, los efectos del tipo de residuo del cultivo precedente sobre el contenido de proteína en el grano de trigo no fueron significativos.

3. Localización del fertilizante

Los resultados de Fowler et al, (1989), indican que la pérdidas de N posteriores a una aplicación de urea al voleo pueden ser mayores al 50% respecto a las aplicaciones en banda incorporada, como consecuencia de un período seco posterior a la aplicación. Estos resultados fueron observados tanto en el rendimiento del grano como en la cantidad de proteína en el grano.

En estudios realizados por Johnston et al, (1991) se concluyó que las aplicaciones tempranas de N proveniente de urea permitieron obtener mayor eficiencia en comparación con el nitrato de amonio. Estos estudios fueron realizados para evaluar efectos de aplicaciones al voleo y localizadas de urea, nitrato de amonio, y una mezcla de urea-nitrato de amonio. La existencia de lluvias en un período avanzado del cultivo y la acumulación de residuo en la superficie fueron mencionados como posibles factores que redujeron a la efectividad de la aplicación combinada de urea y nitrato de amonio.

Tomando en cuenta algunos aspectos bioquímicos que pueden afectar la eficiencia de diferentes localizaciones del fertilizante, Rao et al, (1992) reportaron que la actividad enzimática de la enzima nitrato reductasa fue ligeramente superior en etapas tempranas del cultivo bajo condiciones de siembra directa (SD) en comparación siembra convencional. Esto determinó un aumento en la cantidad de proteína total acumulada durante el período vegetativo, y en éste experimento no se observaron efectos sobre el rendimiento de grano atribuibles a la ubicación del N en forma localizada o al voleo.

Los efectos de diferentes momentos de aplicación del nitrato de amonio sobre el rendimiento de grano y la concentración de proteína en el grano fueron estudiados por Fowler et al, (1991), quienes determinaron que la respuesta a la fertilización localizada en la siembra sobre la concentración de proteína en el grano no presentó diferencias significativas respecto a la aplicaciones al voleo realizadas en macollaje.

III. MATERIALES Y METODOS

Los ensayos fueron realizados en la zona de Cololó (Dpto. de Soriano) en el año 1997. De un relevamiento de 24 chacras con más de 3 años de SD; se seleccionaron 14 chacras con diferentes características y cultivos anteriores.

Los suelos comprendidos fueron Brunosoles Eútricos y Vertisoles Háplicos de la unidad Bequeló.

Los experimentos fueron instalados entre los meses de mayo y julio de 1997, y comprende los siguientes ensayos:

- A) 3 ensayos de fuentes de N (urea y NO_3NH_4) y forma de aplicación de la urea (Urea al voleo a la siembra y al macollaje: Uvv; Urea incorporada a la siembra y al voleo al macollaje: Uiv y Urea incorporada a la siembra y al macollaje: Uii). Estas fuentes y formas de aplicación de urea se combinaron con 5 dosis de N: 0-30-60-90 y 120uN (cada dosis fue fraccionada 1/3 a la siembra y 2/3 al macollaje-Z2.2) tratando de acompasar la disponibilidad del fertilizante a los requerimientos del cultivo.

El nitrato de amonio (NA) fue aplicado al voleo a la siembra y al macollaje.

El siguiente cuadro presenta las características de las chacras utilizadas para instalar los ensayos:

Cuadro N°4. Detalle del manejo de cada sitio (A).

Sitio	Variedad	Cult. Ant.	Ult. lab.	Fecha S	Fecha M
La Loma	Cardenal	Cebada	1994	23-Jul	30-Ago
LS21	Cardenal	Gir.2-Trigo	1993	01-Jul	14-Ago
La Inv.	Cardenal	Soja	1993	01-Jul	14-Ago

El tamaño de las parcelas fue de 4,5 x 10m. La aplicación de los fertilizantes al voleo fue realizada a mano, mientras que la urea incorporada fue aplicada con la sembradora (Semeato SH13) tanto a la siembra como al macollaje.

Para evaluar los posibles efectos físicos negativos del pasaje de la sembradora al macollaje sobre el cultivo y su rendimiento, se agregó una parcela testigo con pasaje de la sembradora (Tratamiento:0i).

Cada ensayo consistió de 18 tratamientos: el testigo 0, el testigo con pasaje de la sembradora al macollaje (0i), y 16 tratamientos resultantes de la combinación de 4 FA (Urea al voleo a la siembra y al macollaje: Uvv; Urea incorporada a la siembra y al voleo al macollaje: Uiv; Urea incorporada a la siembra y al macollaje: Uii, y Nitrato de amonio:NA) y 4 dosis (30; 60; 90 y 120uN).

Todos los sitios recibieron una dosis no limitante de P.
El diseño fue en bloques al azar con 3 repeticiones.

- B) 11 ensayos de respuesta a dosis y fraccionamiento de N. Cada ensayo fue un factorial de 4 dosis a la siembra (de 0; 30; 60 y 90uN) y 3 dosis de N al macollaje 22.2 (de 0; 30 y 60uN) en tres bloques al azar.

El siguiente cuadro presenta las características de las chacras utilizadas para instalar los ensayos:

Cuadro N°5. Detalle del manejo de cada sitio (B).

Sitio	Variedad	Cult.Ant.	Ult.Lab.	Fecha S	Fecha M
LC soja	Cardenal	Soja-Trigo	1994	25-Jul	29-Ago
La Coqueta	Cardenal	Sorgo1-CN	CN	02-Jul	29-Ago
Mangrullo	Cardenal	Soja2-Trigo	1995	16-Jul	06-Ago
LC sorgo	P. Queguay	Sorgo-Aven.P	1993	30-May	23-Jul
Caranday	Cardenal	Cebad.-Trigo	1994	23-Jul	30-Ago
La Sorpresa 3	Cardenal	Moha	1994	08-Jul	29-Ago
La Manera s.	Cardenal	Sorg.F.-CN	CN	30-May	22-Jul
La Manera g.	Cardenal	Gir.2-Trigo	May-95	29-Jun	28-Ago
SF	Candil	Pradera	1989	12-Jun	28-Ago
SF9B	Cardenal	Pradera	1988	03-Jul	28-Ago
Tierra Negra	Cardenal	Gir.-Trigo	Nov-94	28-Jun	29-Ago

El tamaño de las parcelas fue de 4m x 9m.

Todas las aplicaciones de N fueron hechas con urea al voleo (a mano).

A. MUESTREO Y DETERMINACIONES

1. NO₃ en el suelo:

Se determinó el nivel de nitratos en el suelo a la siembra en cada bloque y al macollaje (Z2.2) en cada parcela según dosis a la siembra en una muestra compuesta por 10 submuestras extraídas al azar de cada parcela.

El contenido de N-NO₃ fue determinado en 20g de suelo siguiendo la técnica recomendada por Goldeman y Fixer (1988). Las lecturas de NO₃ en la solución extractiva se realizaron utilizando solución buffer y por medio de un electrodo de actividad específica (ORION. 970701).

2. Rendimiento en grano:

Se determinó rendimiento en grano, utilizando para la cosecha una cortadora experimental AGRIA, con la cual se cortaron los 7m² centrales de cada parcela para evitar el efecto borde y se conformaron mazos de espigas, los cuales fueron trillados con una trilladora estática.

3. Contenido de nitrógeno en el grano:

Se tomaron muestras por cada sitio, las cuales se secaron en estufa a 60°C y fueron molidas. Se determinó el contenido de N total en porcentaje mediante el método de Kjeldalh.

Para el proceso de digestión se colocó en los tubos de digestión 0.5g de la muestra y se le agregó una pastilla Special Keltabs C 3.5 que contiene 3.5g de K₂SO₄ y 0.4g de CuSO₄, luego se adicionó 10ml de H₂SO₄ puro. La digestión se realizó a 350°C durante una hora utilizando un equipo Tecator Digestion System 20 1005 Heating Unit.

La destilación se realizó agregándole 250ml de agua deionizada y 50ml de soda. Se recogió la destilación en un matraz aforado al cual se le agregó 25ml de ácido bórico. Luego se midió el gasto de HCl 0.1N necesario para el viraje de color rosado.

4. Peso Hectolítrico:

Se toma una cierta cantidad de grano cuyo peso hectolítrico se quiere hallar y se llena un volumen determinado. Se pesa este volumen y por lectura de una tabla se tiene el peso del hectolitro.

B. ANALISIS ESTADISTICO

Los resultados fueron analizados como factorial con 3 repeticiones, utilizando la metodología de contrastes ortogonales para separar las medias de cada tratamiento.

El programa estadístico utilizado para procesar datos fue S.A.S.

La eficiencia de utilización del N aplicado fue determinada de la siguiente manera:

- Para rendimiento se calculó la diferencia entre los kg. de grano obtenido en las parcelas de cada tratamiento con N agregado (30 y 60uN) y las parcelas testigo (0uN). Esta diferencia promedio de todos los sitios se dividió luego entre los kg. de N aplicados en cada tratamiento.

- Para N absorbido en el grano, se calculó la diferencia entre los kg. de N absorbido en el grano obtenido en las parcelas de cada tratamiento con N agregado (30 y 60uN) y las parcelas testigo (0uN). Esta diferencia promedio de todos los sitios se dividió luego entre los kg. de N aplicados en cada tratamiento.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

1. ENSAYOS DE FUENTES DE N Y FORMA DE APLICACION DE UREA

A. ANALISIS DE LA RESPUESTA EN RENDIMIENTO, PORCENTAJE DE PROTEINA Y PESO ESPECIFICO SEGUN LAS DIFERENTES DOSIS DE N

El siguiente cuadro (N°6) muestra los resultados obtenidos de Rendimiento, Porcentaje de Proteína y Peso Específico correspondientes a las diferentes dosis de N aplicadas (0-30-60-90 y 120uN; cada dosis fraccionada 1/3 a la siembra y 2/3 al macollaje Z2.2), de los tres sitios (La Loma, La Sorpresa 21 y La Invernada) y el promedio de los mismos. (Esquema y resumen de ANOVA: Anexos N°1 y N°2 respectivamente).

Cuadro N° 6. Contrastes utilizados para separar las medias de aquellos tratamientos correspondientes a dosis totales que difieren estadísticamente. Resultados de rendimiento, % de proteína y peso específico promedio para dichas dosis.

CONTRASTES	dt.	Rendimiento		% Proteína		Peso Hectolitrico	
		PR>F	KG/HA	PR>F	%PROT	PR>F	PE
LA LOMA							
DOSIS		<0,01		0,01		0,19	
0 vs Fert.	0	<0,01	1255	0,15	8,7	0,11	77,5
dt 30 vs Resto	30	<0,01	1800	0,02	8,8	0,22	77,1
dt 60 vs Resto	60	0,02	2254	0,04	9,1	0,33	76,6
dt 90 vs 120	90	0,76	2612	0,81	9,5	0,22	76,5
	120		2708		9,6		76,0
LA SORPRESA							
DOSIS		0,69		<0,01		<0,01	
0 vs Fert.	0	<0,01	1689	<0,01	8,5	<0,01	76,7
dt 30 vs Resto	30	0,41	2369	<0,01	8,7	<0,01	75,9
dt 60 vs Resto	60	0,38	2575	<0,01	9,2	0,19	74,7
dt 90 vs 120	90	0,97	2439	<0,01	9,8	0,68	74,3
	120		2432	<0,01	10,4		74,1
LA INVERNADA							
DOSIS		0,59		<0,01		<0,01	
0 vs Fert.	0	<0,01	2727	<0,01	8,7	0,02	77,9
dt 30 vs Resto	30	0,60	3682	<0,01	8,9	<0,01	78,1
dt 60 vs Resto	60	0,38	3698	<0,01	9,6	<0,01	77,5
dt 90 vs 120	90	0,35	3644	<0,01	10,1	<0,01	77,2
	120		3481		10,6		76,2
PROMEDIO							
DOSIS		0,07		<0,01		<0,01	
0 vs Fert.	0	<0,01	1833	<0,01	8,6	<0,01	77,4
dt 30 vs Resto	30	0,01	2611	<0,01	8,8	<0,01	77,0
dt 60 vs Resto	60	0,72	2842	<0,01	9,3	0,04	76,3
dt 90 vs 120	90	0,70	2902	<0,01	9,8	0,05	76,0
	120		2857		10,2		75,4

SITIO 1 (La Loma):

Este ensayo presentó problemas de cosecha debido al ataque de pájaros que hicieron imposible cosechar 12 parcelas de las 54 parcelas totales (se cosecharon sólo 42 parcelas).

Como se observa en los datos existió una importante respuesta a la fertilización N ($P < 0.01$). Esta respuesta fue significativa hasta la dosis de 90uN de acuerdo a los análisis estadísticos realizados con contrastes ortogonales; (Bordoli, 1998).

También la respuesta en % de proteína fue significativa ($P < 0.05$) hasta la dosis de 90uN, mientras que el peso específico (PE) tiende a disminuir (aunque no de manera significativa: $P = 0.18$) a medida que aumentan las dosis de N.

SITIO 2 (La Sorpresa 21):

Cuando la respuesta a N en producción de grano deja de ser lineal, el efecto de dilución de la proteína tiende a revertirse, y con niveles crecientes de N comienza a concentrarse la proteína del grano.

La respuesta a N fue significativa ($P < 0.01$). Esta respuesta fue significativa hasta la dosis de 30uN de acuerdo a los contrastes ortogonales; (Bordoli, 1998).

El % de proteína aumenta significativamente ($P < 0.01$) hasta 120uN, y el peso específico (PE) disminuye significativamente ($P < 0.01$) hasta 60uN con el aumento de las dosis.

SITIO 3 (La Invernada):

En este sitio nos encontramos que ocurre lo mismo que en el sitio 2 ya que la respuesta a N fue significativa ($P < 0.01$), y de acuerdo a los contrastes ortogonales esta respuesta fue sólo hasta la dosis de 30uN; (Bordoli, 1998).

También el % de proteína aumenta significativamente ($P < 0.01$) hasta 120uN, y el peso específico (PE) disminuye significativamente ($P < 0.01$) hasta 120uN con el aumento de las dosis.

PROMEDIO DE LOS 3 ENSAYOS:

La respuesta a N fue significativa ($P < 0.01$), y de acuerdo con los contrastes ortogonales esta respuesta promedio fue significativa hasta la dosis de 30uN.

De acuerdo a los contrastes ortogonales, la respuesta significativa promedio ($P < 0.01$) aumenta hasta 120uN para la variable % de proteína, y disminuye hasta 60uN para la variable peso específico.

De acuerdo a los resultados obtenidos, podemos observar que existe una relación inversa entre el rendimiento (el cual aumenta significativamente hasta 30uN), y el PE (el cual disminuye significativamente hasta 60uN); sin embargo el % de proteína continúa aumentando significativamente ($P<0.01$) hasta 120uN.

Según Nisi et al. 1996, el peso hectolítrico es una relación peso/volumen de la mercadería, y está influido por ciertos factores: tamaño y aspecto externo; así como también que la apariencia física de la muestra, con granos bien llenos, oscuros y vítreos está siempre asociada a un alto contenido proteico y a un buen rendimiento de la harina.

Si bien en nuestro ensayo el % de proteína ha ido aumentando con las dosis de N, los valores obtenidos se encuentran alrededor del 10% y menores.

A pesar de lo dicho anteriormente respecto de los % de proteína obtenidos, los cuales no han sido de los mejores, hemos podido constatar que los PE correspondientes han estado dentro de los parámetros aceptados como buenos (grado 2). A su vez los mismos no acompañaron la tendencia creciente del % de proteína con el aumento de las dosis de N (tal vez debido a condiciones imperantes durante las últimas etapas de desarrollo del grano, afectando de esta manera el peso hectolítrico y no el contenido de proteína).

B. ANALISIS DE LA RESPUESTA EN RENDIMIENTO, PORCENTAJE DE PROTEINA Y PESO ESPECIFICO SEGUN LAS DIFERENTES FUENTES Y FORMAS DE APLICACION DE N

El siguiente cuadro (Nº7) muestra los resultados obtenidos de Rendimiento, Porcentaje de Proteína y Peso Específico correspondientes a las diferentes Fuentes (Urea y Nitrato de amonio) y Formas de Aplicación (Urea al voleo a la siembra y al macollaje Z2.2 (Uvv); Urea incorporada a la siembra y al voleo al macollaje Z2.2 (Uiv) y Urea incorporada a la siembra y al macollaje Z2.2 (Uii)), en los sitios: La Loma, La Sorpresa 21 y La Invernada y el promedio de los mismos. (Esquema y resumen de ANOVA: Anexos Nº1 y Nº2 respectivamente).

Cuadro Nº 7. Contrastes utilizados para separar las medias de aquellos tratamientos correspondientes a fuentes y formas de aplicación que difieren estadísticamente; resultados de rendimiento, % de proteína y peso específico promedio para dichas fuentes y formas.

CONTRASTES	dt.	Rendimiento		% Proteína		Peso Hectolitrico	
		PR>F	KG/HA	PR>F	%PROT	PR>F	PE
LA LOMA							
FA		0.02		0.34		<0.01	
0 vs Fert.	0	<0.01	1600	0.21	8.8	0.65	77.1
0 vs 0i	0i	0.09	564	0.97	8.6	0.23	78.2
NA vs UREA	NA	0.25	2489	0.45	9.2	0.01	75.7
Uvv-Uiv vs Uii	Uii	0.79	2251	0.73	9.4	0.14	76.8
Uvv vs Uiv	Uiv	0.02	2073	0.05	8.9	0.04	76.4
	Uvy		2730		9.5		77.1
Dosis x FA		0.34		0.77		0.06	
LA SORPRESA							
FA		0.14		0.33		0.37	
0 vs Fert.	0	<0.01	1708	<0.01	8.4	<0.01	77.0
0 vs 0i	0i	0.92	1671	0.45	8.6	0.50	76.3
NA vs UREA	NA	0.04	2686	0.95	9.5	0.07	75.3
Uvv-Uiv vs Uii	Uii	0.76	2341	0.17	9.7	0.60	74.4
Uvv vs Uiv	Uiv	0.25	2284	0.14	9.6	0.82	74.6
	Uvy		2495		9.4		74.7
Dosis x FA		0.87		0.01		0.43	
LA INVERNADA							
FA		0.27		0.03		<0.01	
0 vs Fert.	0	0.01	2959	<0.01	8.4	<0.01	78.4
0 vs 0i	0i	0.19	2494	0.06	9.1	0.08	77.5
NA vs UREA	NA	0.10	3805	0.39	9.7	<0.01	77.7
Uvv-Uiv vs Uii	Uii	0.25	3451	<0.01	10.1	<0.01	76.6
Uvv vs Uiv	Uiv	0.97	3628	0.71	9.7	0.93	77.3
	Uvy		3622		9.7		77.3
Dosis x FA		0.91		0.85		0.51	
PROMEDIO							
FA		0.02		0.26		0.58	
0 vs Fert.	0	<0.01	2089	<0.01	8.5	<0.01	77.5
0 vs 0i	0i	0.03	1576	0.40	8.7	0.72	77.3
NA vs UREA	NA	0.02	2975	0.45	9.5	0.62	76.3
Uvv-Uiv vs Uii	Uii	0.28	2673	0.07	9.7	0.27	75.9
Uvv vs Uiv	Uiv	0.04	2662	0.35	9.4	0.27	76.1
	Uvy		2903		9.6		76.4
Dosis x FA		0.32		0.79		0.14	

SITIO 1 (La Loma):

El efecto Forma de Aplicación (FA) fue significativo ($P=0.02$) para la variable rendimiento. Al analizar los contrastes ortogonales se observa que las diferencias entre Uvv, NA y Uii no fueron significativas al 5%, y sólo el tratamiento Uiv rindió significativamente menos ($P=0.05$) que los tratamientos Uvv y NA; (Bordoli, 1998).

No existieron diferencias significativas ($P=0.34$) para la variable % de proteína.

En cuanto al Peso específico, el tratamiento (NA) tuvo significativamente ($P<0.01$) menor PE que los tratamientos (Uvv) y (Uii).

El menor rendimiento obtenido en el tratamiento 0i con respecto al 0, si bien es muy importante en kg/ha no es muy confiable debido a que sólo una parcela 0i fue cosechada, por el problema de los pájaros mencionado (la diferencia 0 vs 0i) es significativa a una $P=0.09$).

Por otra parte, no existieron diferencias significativas entre los tratamientos (0) y (0i) para la variable % Proteína ($P=0.97$) y para la variable Peso específico ($P=0.23$).

No existió interacción significativa entre dosis y forma de aplicación para las variables Rendimiento ($P=0.33$) y % Proteína ($P=0.77$), pero sí para la variable Peso específico ($P=0.06$).

SITIO 2 (La Sorpresa 21):

El efecto FA no fue significativo para las diferentes variables: Rendimiento ($P=0.09$); % Proteína ($P=0.33$) y Peso específico ($P=0.37$).

Solamente el promedio de NA rindió significativamente más ($P=0.05$) que el promedio de Uiv; (Bordoli, 1998).

No existieron diferencias significativas entre los tratamientos (0) y (0i) para las diferentes variables: Rendimiento ($P=0.92$); %Proteína ($P=0.44$) y Peso específico($P=0.50$).

Existió interacción significativa entre dosis y forma de aplicación para la variable % Proteína ($P=0.01$); mientras que para las otras variables no: Rendimiento ($P=0.82$) y Peso específico ($P=0.43$).

SITIO 3 (La Invernada):

El efecto FA no fue significativo ($P=0.27$) para la variable rendimiento. Al analizar los contrastes ortogonales se observa que las fuentes y formas de aplicación no difirieron ($P=0.05$). Solamente el promedio de NA rindió significativamente más ($P=0.05$) que el promedio de Uii; (Bordoli, 1998).

Para la variable % de proteína, el efecto Forma de Aplicación fue significativo ($P=0.03$). Las diferencias son entre los tratamientos (Uvv), (Uiv), (NA) y (Uii), en favor de un mayor % de proteína para el tratamiento (Uii) con respecto a los otros tres tratamientos.

Al analizar la variable PE, observamos que el tratamiento (Uii) tuvo significativamente ($P<0.01$) menor PE con respecto a los tratamientos (Uvv), (Uiv) y (NA).

No existieron diferencias significativas entre los tratamientos (0) y (0i) para la variable Rendimiento ($P=0.19$). Sin embargo, existieron diferencias entre dichos tratamientos para las variables %Proteína ($P=0.06$) y Peso específico ($P=0.09$).

No existió interacción significativa para las variables Rendimiento ($P=0.91$); %Proteína ($P=0.85$) y Peso específico ($P=0.51$) para dicho sitio.

PROMEDIO DE LOS 3 ENSAYOS:

En el promedio de los tres sitios encontramos que el efecto FA fue significativo para la variable rendimiento con una probabilidad $P=0.02$. Al analizar los contrastes ortogonales se observa que las fuentes y formas de aplicación no fueron en general diferentes ($P=0.05$).

Sólo el promedio de NA rindió significativamente más ($P=0.05$) que el promedio de Uii y que el promedio de Uiv. La diferencia entre NA y Uvv no fue estadísticamente significativa ($P=0.54$); (Bordoli, 1998).

No existieron diferencias significativas para las variables %Proteína ($P=0.26$) y Peso específico ($P=0.58$).

El rendimiento obtenido en el tratamiento 0i respecto al 0 fue estadísticamente diferente ($P=0.03$), esto se debe fundamentalmente al poco confiable bajo rendimiento del tratamiento 0i en el sitio 1 como ya fue comentado. En las variables %Proteína ($P=0.40$) y Peso específico ($P=0.72$) no existieron diferencias significativas entre los tratamientos (0) y (0i).

En el promedio de los tres sitios no existió interacción significativa entre dosis de N y forma de aplicación para dichas variables: Rendimiento ($P=0.32$); %Proteína ($P=0.79$); y Peso específico ($P=0.14$).

Los resultados de estos tres ensayos respecto a las variables rendimiento, % de proteína y peso específico, sugieren que no habría ventajas en la incorporación de la urea con sembradora a la siembra, o a la siembra y al macollaje temprano ya que los valores obtenidos fueron iguales o inferiores que cuando se aplica al voleo sobre la superficie del suelo. Esto indicaría que, en estas condiciones, la incorporación de la urea no disminuyó las posibles pérdidas por volatilización, ni por inmovilización de N en los restos superficiales, y ni las posibles pérdidas por lixiviación por flujo preferencial.

Sin embargo estos resultados discrepan con algunas conclusiones reportadas últimamente en Brasil, Salet et al, (1997), luego de varios experimentos, concluyen que la importante inmovilización microbiana del fertilizante N aplicado en cobertura es la responsable de la menor disponibilidad de N observada en cultivos en siembra directa (SD), y que esto puede evitarse aplicando el fertilizante 3cm abajo de la superficie del suelo.

En el año 1997, luego de la aplicación de los tratamientos a la siembra y al macollaje, en todos los sitios ocurrieron lluvias importantes (más de 10mm en la mañana siguiente y hasta 70mm en los días sucesivos a la aplicación). Estas lluvias luego de la aplicación de los fertilizantes probablemente incorporó los mismos al suelo, por lo que era poco esperable hallar diferencias entre las formas de aplicación y fuentes usadas. Estas diferencias podrían manifestarse (si es que son importantes) en otras condiciones climáticas posteriores a la aplicación como no ocurrencia de lluvias y condiciones de alta evapo-transpiración; (Bordoli, 1998).

2. ENSAYOS DE DOSIS Y FRACCIONAMIENTO DE N

A. RENDIMIENTO EN GRANO. ANALISIS DE LA RESPUESTA A LAS DOSIS TOTALES DE N AGREGADAS

Como podemos observar (cuadro N°8), si comparamos las parcelas testigo y el resto de los tratamientos (0 vs Resto) encontramos que en dos de los once sitios (Los Ceibos soja y Mangrullo) no se observó respuesta a la fertilización N. En estos 2 sitios coincidentemente es trigo sembrado sobre rastrojo de soja.

En el sitio La Sorpresa 3F hay una pequeña respuesta a la fertilización N ($P=0.08$). La escasa respuesta de este sitio luego de moha puede deberse al poco potencial de rendimiento del mismo, y fecha de siembra relativamente tardía (8 de julio).

En los ocho sitios restantes (La Coqueta, Los Ceibos sorgo, Caranday, La Manera sorgo, La Manera girasol, Santa Francisca 3, Santa Francisca 9B y Tierra Negra) existió respuesta ($P<0.05$) a la fertilización N (0 vs Resto).

Cuando analizamos el comportamiento de las diferentes dosis aplicadas en total durante todo el cultivo, podemos ver que en los sitios que tuvieron como cultivo precedente rastrojo de sorgo de grano (La Coqueta y Los Ceibos sorgo) y sorgo forrajero (La Manera sorgo) hubo respuesta significativa hasta 90 y 120uN totales. En dos sitios (Santa F3 y Santa F9B) con pradera como cultivo precedente hubo respuesta importante ($P<0.01$) sólo hasta 30uN. Sobre rastrojo de girasol la respuesta fue variable con sitios con alta respuesta (hasta 120uN tot.) como el sitio La Manera girasol, y sitios de escasa respuesta (hasta 30uN tot.) como el sitio Tierra Negra.

La respuesta a la fertilización N tuvo una gran variabilidad (con sitios sin respuesta a sitios con respuesta de más de 30 kg de trigo por unidad de N), la cual se relaciona con cultivo anterior, años de instalado el sistema de siembra directa (SD), y con indicadores de suelo y planta. (Esquema del ANOVA: Anexo N° 4).

Cuadro N°8. Contrastes utilizados para separar las medias de aquellos tratamientos correspondientes a dosis totales que difieren estadísticamente y rendimiento en grano promedio para dichas dosis.

CONTRASTES	PR>F	RENDIMIENTO EN GRANO	
		DOSIS TOTAL (UN/HA)	KG DE GRANO/HA
LOS CEIBOS soja			
dt 0 vs Resto	0.49	0	2259
dt 30 vs Resto	0.18	30	2160
dt 60 vs Resto	0.84	60	2486
dt 90 vs Resto	0.64	90	2579
dt 120 vs 150	0.73	120	2443
		150	2393

LA COQUETA			
dt 0 vs Resto	<0.01	0	1322
dt 30 vs Resto	0.02	30	2571
dt 60 vs Resto	<0.01	60	2590
dt 90 vs Resto	0.02	90	3119
dt 120 vs 150	0.62	120	3613
		150	3785
MANORUILLO sala			
dt 0 vs Resto	0.16	0	2179
dt 30 vs Resto	0.09	30	2312
dt 60 vs Resto	0.72	60	2840
dt 90 vs Resto	0.83	90	2717
dt 120 vs 150	0.55	120	2703
		150	2958
LA TRCEIBOS surco			
dt 0 vs Resto	<0.01	0	1969
dt 30 vs Resto	<0.01	30	2489
dt 60 vs Resto	0.12	60	2787
dt 90 vs Resto	0.78	90	3004
dt 120 vs 150	0.79	120	2946
		150	3002
CARANDAY			
dt 0 vs Resto	<0.01	0	1397
dt 30 vs Resto	<0.01	30	2135
dt 60 vs Resto	0.59	60	2733
dt 90 vs Resto	0.03	90	2608
dt 120 vs 150	0.78	120	3077
		150	2995
LA SORPRESA 1			
dt 0 vs Resto	0.08	0	1279
dt 30 vs Resto	0.87	30	1560
dt 60 vs Resto	0.44	60	1565
dt 90 vs Resto	0.20	90	1589
dt 120 vs 150	0.03	120	1574
		150	1174
LA MANERA surco			
dt 0 vs Resto	<0.01	0	2396
dt 30 vs Resto	<0.01	30	3344
dt 60 vs Resto	<0.01	60	3726
dt 90 vs Resto	0.05	90	4170
dt 120 vs 150	0.97	120	4667
		150	4654
LA MANERA alcantil			
dt 0 vs Resto	<0.01	0	1818
dt 30 vs Resto	<0.01	30	2585
dt 60 vs Resto	<0.01	60	2549
dt 90 vs Resto	0.02	90	3302
dt 120 vs 150	0.72	120	3629
		150	3709
SANTA FRANCISCA 1			
dt 0 vs Resto	0.04	0	1469
dt 30 vs Resto	0.20	30	1887
dt 60 vs Resto	0.45	60	2314
dt 90 vs Resto	0.96	90	2245
dt 120 vs 150	0.22	120	2410
		150	1948
SANTA FRANCISCA 9B			
dt 0 vs Resto	<0.01	0	2501
dt 30 vs Resto	0.07	30	3250
dt 60 vs Resto	0.30	60	3565
dt 90 vs Resto	0.01	90	3672
dt 120 vs 150	0.81	120	3247
		150	3294
TIERRA NEGRA			
dt 0 vs Resto	0.02	0	2793
dt 30 vs Resto	0.98	30	3197
dt 60 vs Resto	0.01	60	3466
dt 90 vs Resto	0.21	90	3219
dt 120 vs 150	0.31	120	3107
		150	2884

1. Análisis de la respuesta al agregado de N a la Siembra (Promedio de todas las dosis a macollaje).

La siguiente figura muestra los tipos de respuesta al N encontrados a la siembra. Podemos observar:

- Cinco sitios en donde no hubo respuesta (Los Ceibos soja; Mangrullo soja; La Sorpresa 3F; Santa Francisca 3 y Tierra Negra).
- Tres sitios en donde hubo respuesta hasta 30uN (Los Ceibos sorgo; Caranday y Santa Francisca 9B).
- Dos sitios en donde hubo respuesta hasta 60uN (La Manera sorgo y La Manera girasol).
- Un sitio en donde hubo respuesta hasta 90uN (La Coqueta).

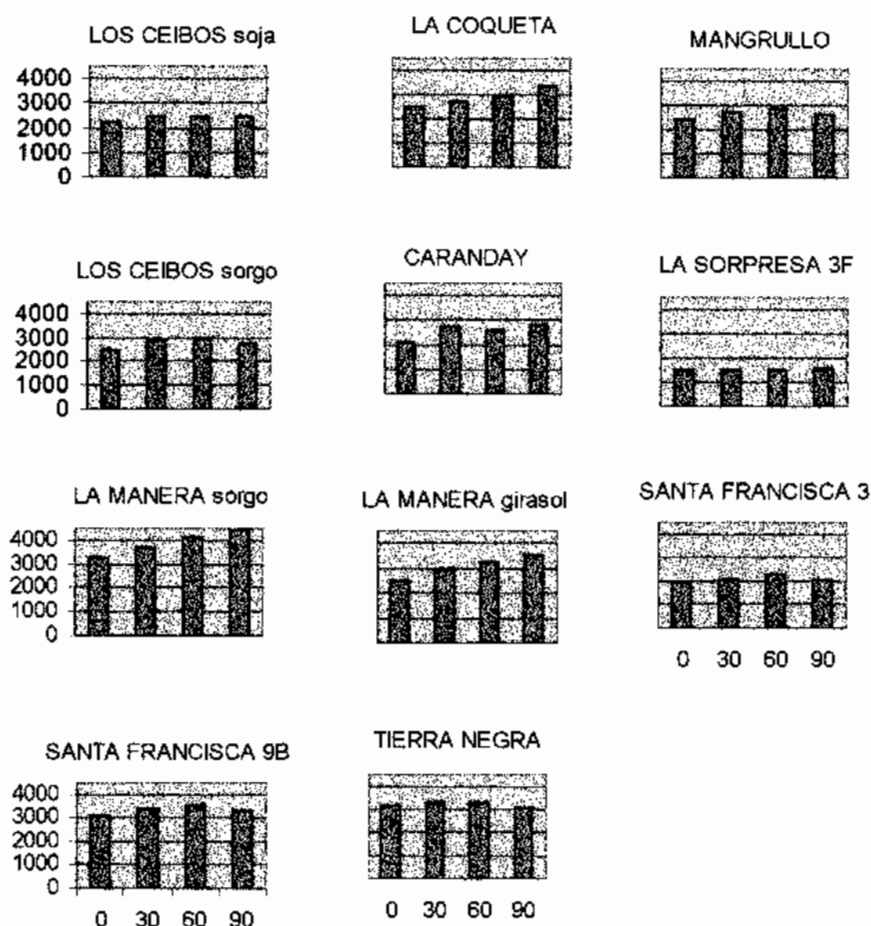


Figura -N°1. Rendimiento en grano según dosis aplicadas a Siembra

Cuadro N°9. Contrastes utilizados para separar las medias de aquellos tratamientos que difieren estadísticamente en las dosis aplicadas a la Siembra y los rendimientos obtenidos a las diferentes dosis.

CONTRASTES	RENDIMIENTO EN GRANO		
	PR>F	DOSIS TOTAL (UN/Ha)	KG DE GRANO/Ha
LOS CEIBOS soia			
DS	0.93	0	2317
ds 0 vs Resto	0.42	30	2492
ds 30 vs 60	0.90	60	2428
ds 60 vs 90	0.95	90	2461
LA COQUETA			
DS	<0.01	0	2533
ds 0 vs Resto	0.02	30	2681
ds 30 vs 60	0.02	60	2937
ds 60 vs 90	0.06	90	3383
MANGRULLO soia			
DS	0.49	0	2428
ds 0 vs Resto	0.20	30	2694
ds 30 vs 60	0.83	60	2864
ds 60 vs 90	0.40	90	2626
LOS CEIBOS sorgo			
DS	<0.01	0	2469
ds 0 vs Resto	<0.01	30	2886
ds 30 vs 60	0.81	60	2974
ds 60 vs 90	0.11	90	2742
CARANDAY			
DS	<0.01	0	2103
ds 0 vs Resto	<0.01	30	2727
ds 30 vs 60	0.98	60	2606
ds 60 vs 90	0.25	90	2842
LA SORPRESA 3F			
DS	0.90	0	1519
ds 0 vs Resto	0.65	30	1496
ds 30 vs 60	0.81	60	1483
ds 60 vs 90	0.52	90	1556
LA MANERA sorgo			
DS	<0.01	0	3289
ds 0 vs Resto	<0.01	30	3713
ds 30 vs 60	<0.01	60	4170
ds 60 vs 90	0.23	90	4445
LA MANERA girasol			
DS	<0.01	0	2504
ds 0 vs Resto	<0.01	30	2997
ds 30 vs 60	<0.01	60	3251
ds 60 vs 90	0.09	90	3517
SANTA FRANCISCA 3			
DS	0.42	0	1882
ds 0 vs Resto	0.19	30	2060
ds 30 vs 60	0.53	60	2302
ds 60 vs 90	0.40	90	2090
SANTA FRANCISCA 9R			
DS	0.01	0	3123
ds 0 vs Resto	<0.01	30	3412
ds 30 vs 60-90	0.67	60	3573
ds 60 vs 90	0.09	90	3345
TIERRA NEGRA			
DS	0.36	0	3149
ds 0 vs Resto	0.55	30	3288
ds 30 vs 60	0.33	60	3279
ds 60 vs 90	0.16	90	3073

Como podemos ver en el cuadro N°9, no se observaron diferencias significativas al analizar dosis a la siembra (DS) en cinco de los once sitios (Los Ceibos soja: $P=0.94$, Mangrullo soja: $P=0.49$, La Sorpresa 3F: $P=0.91$, Santa Francisca 3: $P=0.43$ y Tierra Negra: $P=0.37$).

Esta falta de respuesta a la fertilización podría deberse a diversas causas dadas las diferentes características de cada sitio. Una de las causas podría ser una alta disponibilidad de N en el suelo luego del cultivo de soja, así como también a cierto grado de enmalezamiento lo que determina un aumento en error experimental en forma muy marcada como en el sitio 3 (Mangrullo soja, CV: 22,3%) y en el sitio 9 (Santa Francisca 3, CV:25,2%).

En el resto de los sitios existió respuesta al N agregado a la Siembra hasta 30uN (Los Ceibos sorgo: $P<0.01$, Caranday: $P<0.01$, Santa Francisca 9B: $P<0.01$); hasta 60uN (La Manera sorgo: $P<0.01$ y La Manera girasol: $P<0.01$); y hasta 90uN (La Coqueta: $P=0.06$).

Las mayores respuestas obtenidas se relacionan con cultivo anterior (sorgo y girasol).

3. Análisis de la respuesta al agregado de N al macollaje (Promedio de todas las dosis a la siembra).

La siguiente figura muestra los tipos de respuesta al N encontrados al macollaje (Z 2.2). Las dosis utilizadas en este estado del cultivo fueron 3 (0-30 y 60 uN).

Podemos observar:

- Cuatro sitios en donde no hubo respuesta (Los Ceibos soja; Mangrullo soja; Santa Francisca 9B y Tierra Negra).
- Cuatro sitios en donde hubo respuesta hasta 30uN (La Coqueta; Caranday y Santa Francisca 3 y La Sorpresa 3F).
- Tres sitios en donde hubo respuesta hasta 60uN (Los Ceibos sorgo; La Manera sorgo y La Manera girasol).

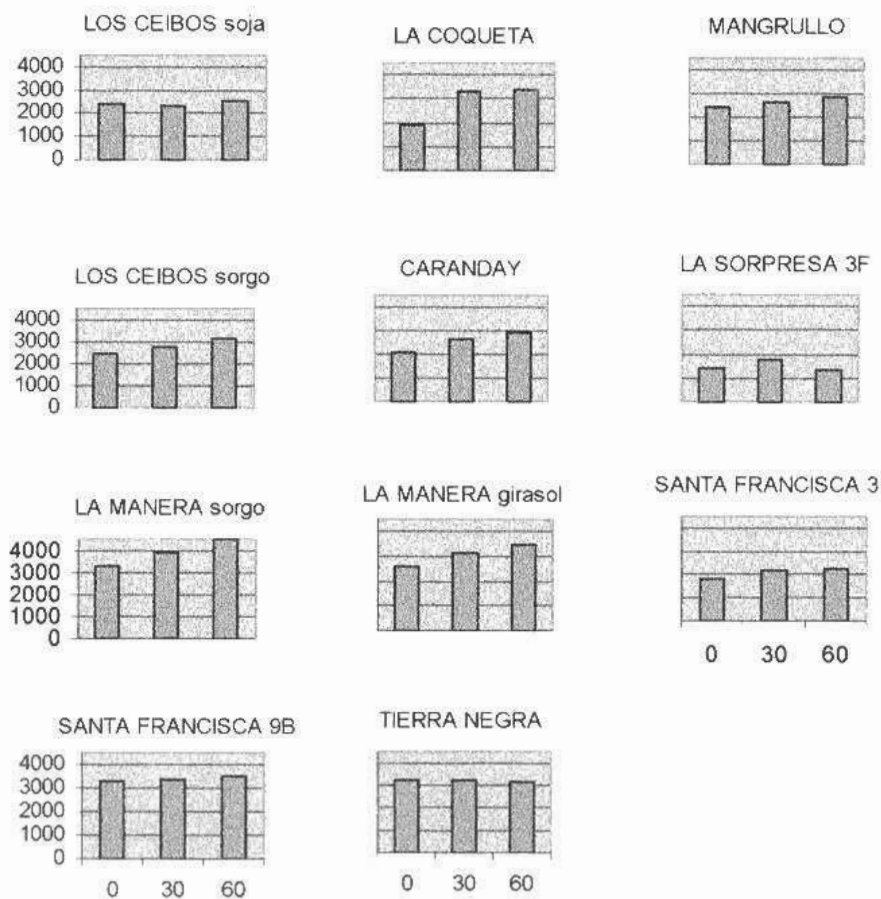


Figura N°2. Rendimiento en grano según dosis aplicadas al Macollaje Z2.2.

El cuadro N°10 presenta el análisis estadístico de los tratamientos realizados al macollaje Z2.2 y la interacción entre las dosis aplicadas a la siembra y las dosis aplicadas al macollaje.

Podemos observar que en cuatro de los once sitios (Los Ceibos soja; Mangrullo soja; Santa Francisca 9B y Tierra Negra), no hubo respuesta al agregado de N en este estado (Z2.2). A excepción del sitio Santa Francisca 9B, coincide que en los otros tres sitios tampoco hubo respuesta al agregado de N en la siembra.

En cuatro sitios (La Coqueta: $P<0.01$; Caranday: $P<0.01$ y Santa Francisca 3: $P=0.06$) existió respuesta hasta 30 uN y en tres sitios (Los Ceibos sorgo: $P<0.01$; La Manera sorgo $P<0.01$ y La Manera girasol $P<0.05$) existió respuesta hasta 60 uN.

En el sitio La Sorpresa 3F existe diferencias ($P<0.01$) entre las dosis 30 y 60 uN.

Respecto a la interacción entre las dosis aplicadas a la siembra y las dosis aplicadas a macollaje, la misma fue significativa sólo para dos sitios (Santa Francisca 9B: $P<0.01$; Tierra Negra: $P=0.08$).

Cuadro N°10. Contrastes utilizados para separar las medias de aquellos tratamientos que difieren estadísticamente en las dosis aplicadas al Macollaje (Z2.2) y los rendimientos obtenidos a las diferentes dosis e interacción entre dosis a la siembra y dosis al macollaje.

CONTRASTES	RENDIMIENTO EN GRANO		
	PR>F	DOSIS TOTAL (U/N/HA)	RENDIMIENTO (KG/HA)
LOS CEIBOS soja			
DM	0.45	0	2378
ds 0 vs Resto	0.59	30	2350
ds 30 vs 60	0.26	60	2559
DS x DM	0.91		
LA COQUETA			
DM	<0.01	0	1926
ds 0 vs Resto	<0.01	30	3331
ds 30 vs 60	0.76	60	3393
DS x DM	0.62		
MANGRULLO soja			
DM	0.20	0	2422
ds 0 vs Resto	0.11	30	2666
ds 30 vs 60	0.41	60	2870
DS x DM	0.84		
LOS CEIBOS soya			
DM	<0.01	0	2417
ds 0 vs Resto	<0.01	30	2739
ds 30 vs 60	<0.01	60	3147
DS x DM	0.46		
CARANDAY			
DM	<0.01	0	2084
ds 0 vs Resto	<0.01	30	2670
ds 30 vs 60	0.11	60	2955
DS x DM	0.21		
LA SORPRESA 3F			
DM	<0.01	0	1434
ds 0 vs Resto	0.13	30	1753
ds 30 vs 60	<0.01	60	1339
DS x DM	0.19		
LA MANERA soya			
DM	<0.01	0	3262
ds 0 vs Resto	<0.01	30	3880
ds 30 vs 60	<0.01	60	4472
DS x DM	0.33		
LA MANERA girasol			
DM	<0.01	0	2609
ds 0 vs Resto	<0.01	30	3136
ds 30 vs 60	0.02	60	3457
DS x DM	0.49		
SANTA FRANCISCA 3			
DM	0.14	0	1840
ds 0 vs Resto	0.06	30	2145
ds 30 vs 60	0.58	60	2266
DS x DM	0.83		
SANTA FRANCISCA 9B			
DM	0.17	0	3281
ds 0 vs Resto	0.21	30	3323
ds 30 vs 60	0.16	60	3486
DS x DM	<0.01		
TIERRA NEGRA			
DM	0.94	0	3205
ds 0 vs Resto	0.75	30	3194
ds 30 vs 60	0.95	60	3186
DS x DM	0.08		

B. PORCENTAJE DE PROTEÍNA EN GRANO. ANALISIS DE LA RESPUESTA A LAS DOSIS TOTALES DE N AGREGADAS

Comparando las parcelas testigo y el resto de los tratamientos (0 vs Resto) encontramos (cuadro N°11) que en cinco de los once sitios (Los Ceibos soja; Caranday; Santa Francisca 9B y Tierra Negra) no se observó respuesta a la fertilización N en % de proteína.

Podemos ver como en los sitios Los Ceibos sorgo y La Manera sorgo si bien no existe respuesta a la fertilización N en la variable % de proteína, en la variable rendimiento la respuesta es hasta altas dosis de N (90 y 120uN).

En los seis sitios restantes (La Coqueta; Mangrullo; La Sorpresa 3F; La Manera girasol y Santa Francisca 3) encontramos respuesta ($P<0.05$) a la fertilización N (0 vs resto). La Manera sorgo ($P=0.08$).

Cuando analizamos el comportamiento de las diferentes dosis aplicadas en total durante todo el cultivo, encontramos respuesta ($P<0.05$) en el % de proteína hasta dosis de 90 (Sta. Francisca3); de 120uN (Mangrullo y La Manera girasol) y hasta 150uN (La Sorpresa3F). En el sitio La Coqueta la respuesta ($P<0.05$) fue hasta 30uN.

Cuadro N°11. Contrastes utilizados para separar las medias de aquellos tratamientos correspondientes a dosis totales que difieren estadísticamente y % de proteína en grano promedio para dichas dosis.

CONTRASTES	PR>F	PROTEINA EN GRANO	
		DOSIS TOTAL (UN/HIA)	% PROTEINA
LOS CEIBOS soja			
dt 0 vs Resto	0.84	0	10.2
dt 30 vs Resto	0.02	30	9.9
dt 60 vs Resto	0.49	60	10.4
dt 90 vs Resto	0.14	90	10.2
dt 120 vs 150	0.98	120	10.4
		150	10.4
LA COQUETA			
dt 0 vs Resto	0.02	0	10.0
dt 30 vs Resto	0.78	30	9.6
dt 60 vs Resto	0.42	60	9.4
dt 90 vs Resto	0.22	90	9.4
dt 120 vs 150	0.94	120	9.7
		150	9.6
MANGRULLO			
dt 0 vs Resto	<0.01	0	9.2
dt 30 vs Resto	<0.01	30	9.5
dt 60 vs Resto	0.02	60	9.9
dt 90 vs Resto	0.01	90	9.9
dt 120 vs 150	0.35	120	10.4
		150	10.6
LOS CEIBOS sorgo			
dt 0 vs Resto	0.14	0	9.5
dt 30 vs Resto	0.01	30	9.5
dt 60 vs Resto	0.05	60	9.8
dt 90 vs Resto	0.01	90	9.9
dt 120 vs 150	0.24	120	10.5
		150	10.9

CARANDAY			
dt 0 vs Resto	0.27	0	9.5
dt 30 vs Resto	0.08	30	9.5
dt 60 vs Resto	0.98	60	9.9
dt 90 vs Resto	0.39	90	9.9
dt 120 vs 150	0.53	120	10.2
		150	9.9
LA SORPRESA 3F			
dt 0 vs Resto	0.03	0	9.1
dt 30 vs Resto	<0.01	30	8.9
dt 60 vs Resto	0.03	60	10.0
dt 90 vs Resto	0.03	90	10.5
dt 120 vs 150	0.02	120	11.0
		150	12.7
LA MANERA sorso			
dt 0 vs Resto	0.08	0	8.3
dt 30 vs Resto	0.58	30	8.7
dt 60 vs Resto	0.01	60	8.5
dt 90 vs Resto	1.00	90	8.9
dt 120 vs 150	0.91	120	8.9
		150	9.0
LA MANERA girasol			
dt 0 vs Resto	<0.01	0	8.6
dt 30 vs Resto	<0.01	30	8.9
dt 60 vs Resto	<0.01	60	8.9
dt 90 vs Resto	0.02	90	9.1
dt 120 vs 150	0.85	120	9.5
		150	9.5
SANTA FRANCISCA3			
dt 0 vs Resto	<0.01	0	9.2
dt 30 vs Resto	0.08	30	9.8
dt 60 vs Resto	0.03	60	10.2
dt 90 vs Resto	0.17	90	10.4
dt 120 vs 150	0.81	120	10.7
		150	10.8
SANTA FRANCISCA 9B			
dt 0 vs Resto	0.35	0	8.7
dt 30 vs Resto	0.15	30	8.8
dt 60 vs Resto	0.08	60	9.3
dt 90 vs Resto	0.08	90	9.7
dt 120 vs 150	0.58	120	9.9
		150	11.1
TIERRA NEGRA			
dt 0 vs Resto	0.74	0	10.2
dt 30 vs Resto	0.01	30	10.5
dt 60 vs Resto	0.67	60	10.8
dt 90 vs Resto	0.86	90	11.0
dt 120 vs 150	0.87	120	11.1
		150	11.3

1. Análisis de la respuesta al agregado de N a la Siembra (Promedio de todas las dosis al macollaje).

La siguiente figura muestra los tipos de respuesta al N encontrados a la siembra. Podemos observar:

- Cinco sitios en donde no hubo respuesta (Los Ceibos soja; La Coqueta; La Manera sorgo; Santa Francisca 9B y Tierra Negra).
- Cuatro sitios en donde hubo respuesta hasta 30uN (La Sorpresa 3F; La Manera girasol y Santa Francisca 3).
- Un sitio con respuesta hasta 60uN (Caranday).
- Y un sitio con respuesta hasta 90uN (Los Ceibos sorgo y Mangrullo soja).

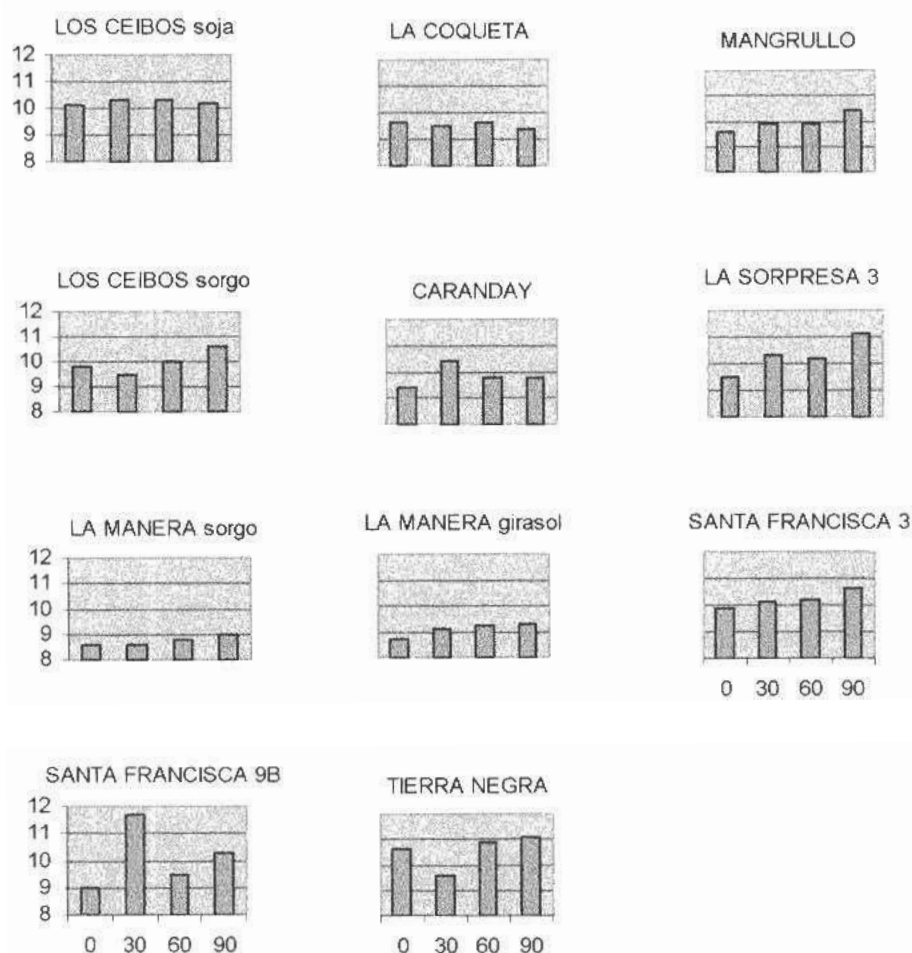


Figura -N°3. Porcentaje de proteína en grano según dosis aplicadas a Siembra.

2. Análisis de la respuesta al agregado de N al macollaje (Promedio de todas las dosis a la siembra).

La siguiente figura muestra los tipos de respuesta al N encontrados al macollaje (Z 2.2).

Podemos observar:

- Dos sitios en donde no hubo respuesta (Los Ceibos soja y La Manera sorgo).
- Tres sitios en donde hubo respuesta hasta 30uN (Caranday; Santa Francisca 3 y Tierra Negra).
- Seis sitios en donde hubo respuesta hasta 60uN (La Coqueta; Mangrullo soja; Los Ceibos sorgo; La Sorpresa 3F; La Manera girasol y Santa Francisca 9B).

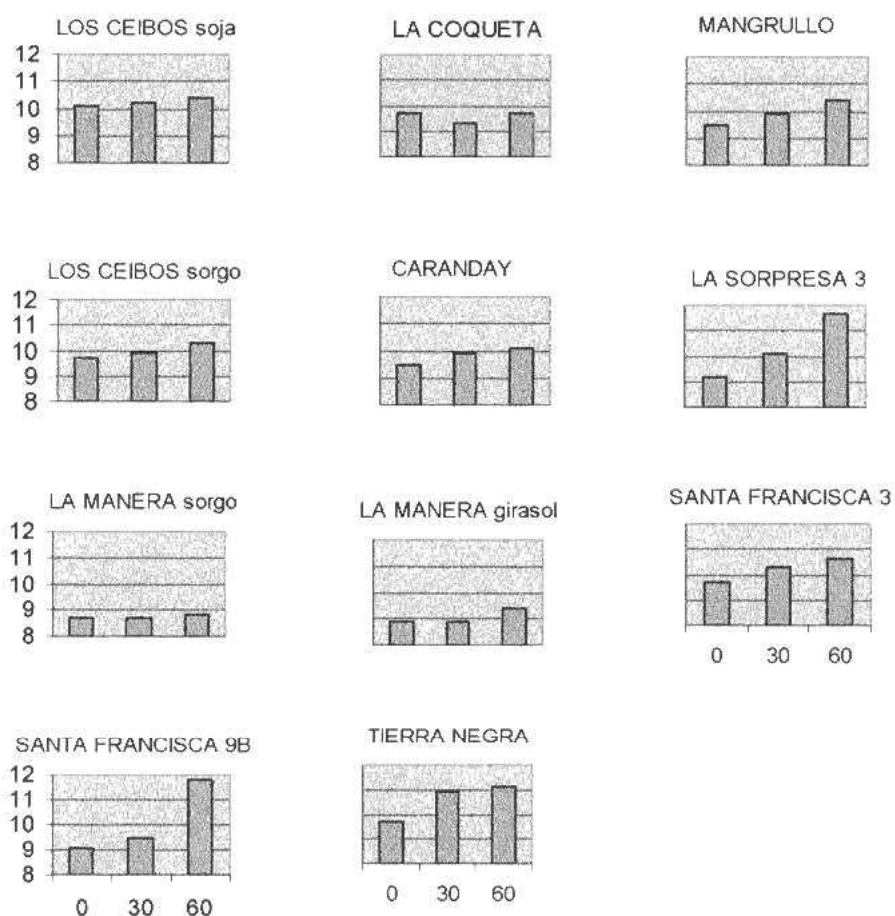


Figura -N°4. Porcentaje de proteína en grano según dosis aplicadas al Macollaje Z2.2

El cuadro N°13 presenta el análisis estadístico de los tratamientos realizados al macollaje Z2.2 y la interacción entre las dosis aplicadas a la siembra y las dosis aplicadas al macollaje.

Podemos observar que en dos de los once sitios (Los Ceibos soja y La Manera sorgo), no hubo respuesta al agregado de N en este estado (Z2.2).

En tres sitios (Caranday: $P < 0.05$; Santa Francisca 3: $P < 0.01$ y Tierra Negra: $P < 0.05$) existió respuesta hasta 30uN y en seis sitios (La Coqueta: $P < 0.05$; Mangrullo soja: $P < 0.01$; Los Ceibos sorgo: $P < 0.05$; La Sorpresa 3F: $P < 0.01$; La Manera girasol: $P < 0.01$ y Santa Francisca 9B: $P < 0.05$) existió respuesta hasta 60uN.

Si bien existe respuesta tanto en las dosis a la siembra como en las dosis al macollaje, podemos ver que en este último estado la respuesta es en más sitios y hasta dosis mayores.

La interacción entre las dosis aplicadas a la siembra y las dosis aplicadas al macollaje fue no significativa (NS) en todos los sitios para la variable % de proteína.

Cuadro N°13. Contrastes utilizados para separar las medias de aquellos tratamientos que difieren estadísticamente en las dosis aplicadas al Macollaje y los % de proteína obtenidos a las diferentes dosis.

CONTRASTES	PR>F	PROTEINA EN GRANO	
		DOSIS TOTAL (UN/HA)	% PROTEINA
LOS CEIBOS soja			
DM	0.28	0	10.1
ds 0 vs Resto	0.27	30	10.2
ds 30 vs 60	0.24	60	10.4
DS x DM	0.18		
LA COQUETA			
DM	<0.01	0	9.7
ds 0 vs Resto	0.04	30	9.3
ds 30 vs 60	<0.01	60	9.7
DS x DM	0.26		
MANGRULLO soja			
DM	<0.01	0	9.5
ds 0 vs Resto	<0.01	30	9.9
ds 30 vs 60	<0.01	60	10.4
DS x DM	0.52		
LOS CEIBOS sorgho			
DM	0.03	0	9.7
ds 0 vs Resto	0.07	30	9.8
ds 30 vs 60	0.05	60	10.3
DS x DM	0.93		
CARANDAY			
DM	0.07	0	9.5
ds 0 vs Resto	0.03	30	9.9
ds 30 vs 60	0.44	60	10.1
DS x DM	0.34		
LA SORPRESA 3F			
DM	<0.01	0	9.2
ds 0 vs Resto	<0.01	30	10.1
ds 30 vs 60	<0.01	60	11.7
DS x DM	0.76		
LA MANERA sorgho			
DM	0.52	0	8.7
ds 0 vs Resto	0.51	30	8.7
ds 30 vs 60	0.35	60	8.9
DS x DM	0.50		
LA MANERA girasol			
DM	<0.01	0	8.9
ds 0 vs Resto	0.12	30	8.9
ds 30 vs 60	<0.01	60	9.4
DS x DM	0.39		
SANTA FRANCISCA 3			
DM	<0.01	0	9.7
ds 0 vs Resto	<0.01	30	10.3
ds 30 vs 60	0.11	60	10.6
DS x DM	0.59		
SANTA FRANCISCA 9R			
DM	0.08	0	9.1
ds 0 vs Resto	0.09	30	9.5
ds 30 vs 60	0.03	60	11.8
DS x DM	0.10		
TIERRA NEGRA			
DM	0.13	0	9.7
ds 0 vs Resto	0.05	30	10.9
ds 30 vs 60	0.71	60	11.1
DS x DM	0.38		

C. EFICIENCIA APARENTE DE USO DE NITRÓGENO SEGÚN EL MOMENTO DE APLICACIÓN

El cuadro N°14 nos muestra que la eficiencia de uso del N aplicado, definida como producción de grano por Kg de N adicional fue mayor al macollaje que a la siembra, tanto para 30uN como para 60uN aplicadas en ambos momentos.

Cuadro N°14. Eficiencia aparente de uso del N para los tratamientos: 30-0; 0-30; 60-0 y 0-60 y en el promedio de los mismos.

SITIOS	TRATAMIENTOS		TRATAMIENTOS	
	30 - 0	0 - 30	60 - 0	0 - 60
Los Ceibos soja	1,6	-10,7	2,5	6,2
La Coqueta	18,3	64,9	-7,3	12,5
Mangrullo soja	8,8	0,1	9,4	12,4
Los Ceibos sorgo	14,8	19,9	11,2	15,1
Caranday	27,9	21,2	13,4	24,7
La Sorpresa 3F	4,4	14,4	1,8	5,3
La Manera sorgo	24,9	38,2	20,2	25,5
La Manera girasol	22,5	28,7	18,4	19,9
Santa Francisca 3	10,5	17,4	9,1	11,9
Santa Francisca 9B	24,9	25,0	20,7	18,6
Tierra Negra	15,3	12,2	12,1	11,7
EFICIENCIA PROMEDIO (Kg. Grano/Kg.N)	15,8	21,02	10,1	14,9

Estos resultados eran esperables ya que luego de la fertilización, la disponibilidad de N mineral es muy alta y como en las primeras etapas del cultivo el consumo de N es escaso, las pérdidas del mismo son mayores, resultando de esta forma una menor eficiencia de uso del N a la siembra.

Debido a que el N es uno de los componentes principales de las proteínas, la mayor eficiencia se va a dar en aplicaciones más tardías en el ciclo del cultivo. De esta manera no se produce la dilución del N disponible en una mayor cantidad de granos sino en un aumento de N en los granos como podemos ver en el Cuadro N°15.

El cuadro N°15 nos muestra que la eficiencia de uso del N aplicado, definida como Kg. de N absorbido en el grano por Kg de N adicional fue mayor al macollaje que a la siembra, tanto para 30uN como para 60uN aplicadas en ambos momentos.

Cuadro N°15. Eficiencia aparente de uso del N para los tratamientos: 30-0; 0-30; 60-0 y 0-60 y en el promedio de los mismos.

SITIOS	TRATAMIENTOS		TRATAMIENTOS	
	30 - 0	0 - 30	60 - 0	0 - 60
Los Ceibos soja	-0,01	-0,23	0,06	0,11
La Coqueta	0,30	0,93	0,13	0,44
Mangrullo soja	0,17	0,05	0,18	0,28
Los Ceibos sorgo	0,22	0,34	0,21	0,31
Caranday	0,48	0,33	0,22	0,42
La Sorpresa 3F	0,05	0,21	0,03	0,16
La Manera sorgo	0,42	0,66	0,34	0,40
La Manera girasol	0,39	0,43	0,32	0,33
Santa Francisca 3	0,19	0,38	0,17	0,26
Santa Francisca 9B	0,38	0,41	0,36	0,36
Tierra Negra	0,30	0,28	0,28	0,27
EF. PROMEDIO (Kg.N abs. en grano/Kg.N)	0,26	0,34	0,21	0,30

D. RELACION ENTRE RENDIMIENTO Y % PROTEINA

La relación existente entre rendimiento y % de proteína ha sido muy variada en los diferentes sitios. (Anexo N°6).

Podemos observar situaciones en las cuales no existe respuesta significativa ($P < 0.05$) en ninguna de las variables (como ocurre en el sitio Los Ceibos soja).

También podemos observar casos en los cuales la variable rendimiento se mantiene sin respuesta significativa ($P < 0.05$), mientras que la variable % de proteína aumenta significativamente ($P < 0.01$) con el aumento de las dosis (como ocurre en los sitios Mangrullo soja, Santa Francisca 3 y Tierra Negra). Sucede lo mismo en el sitio La Sorpresa 3 pero en la siembra, ya que al macollaje el rendimiento disminuye significativamente ($P < 0.01$), y el % de proteína aumenta significativamente ($P < 0.01$).

También puede ocurrir como sucede en el sitio Los Ceibos sorgo en el cual a bajas dosis a la siembra el % de proteína disminuye y aumenta el rendimiento, y al aumentar las dosis al macollaje aumentan ambas variables

En el resto de los sitios la relación es directa aumentando las dos variables aunque con muy diferentes niveles de significación (Caranday, La Manera sorgo, La Manera girasol y Santa Francisca 9B). En el sitio La Manera sorgo se dan los mayores rendimientos promedio y los menores % de proteína promedios en comparación con el resto de los sitios mostrando un claro efecto de dilución de la proteína.

Básicamente la fertilización N aumentó rendimiento y proteína en grano. El aumento en % de proteína ocurre en magnitud si el N absorbido por el cultivo no se diluye en mayor producción de grano. Una mayor disponibilidad de N y/o alguna otra limitante de crecimiento que limite el rendimiento en grano aumentan el % de N en grano.

Si bien las aplicaciones conjuntas a siembra y Z22 (hasta 150 kg/ha) logran aumentos de proteína de hasta 3-3,5% en algunos casos, en todos los sitios salvo uno el % de proteína en grano estuvo por debajo de la base de comercialización (11,5% de proteína a 13,5% de Hd.).

Sólo un sitio (La Sorpresa 3) de rendimientos muy bajos (2000 kg trigo/há.) logró niveles de proteína por encima de la base.

Si bien el coeficiente de determinación es bajo, la relación entre rendimiento y % de proteína determinado para los diferentes sitios utilizando información de todas las dosis de N en forma conjunta indica que no existe relación significativa entre ambas variables.

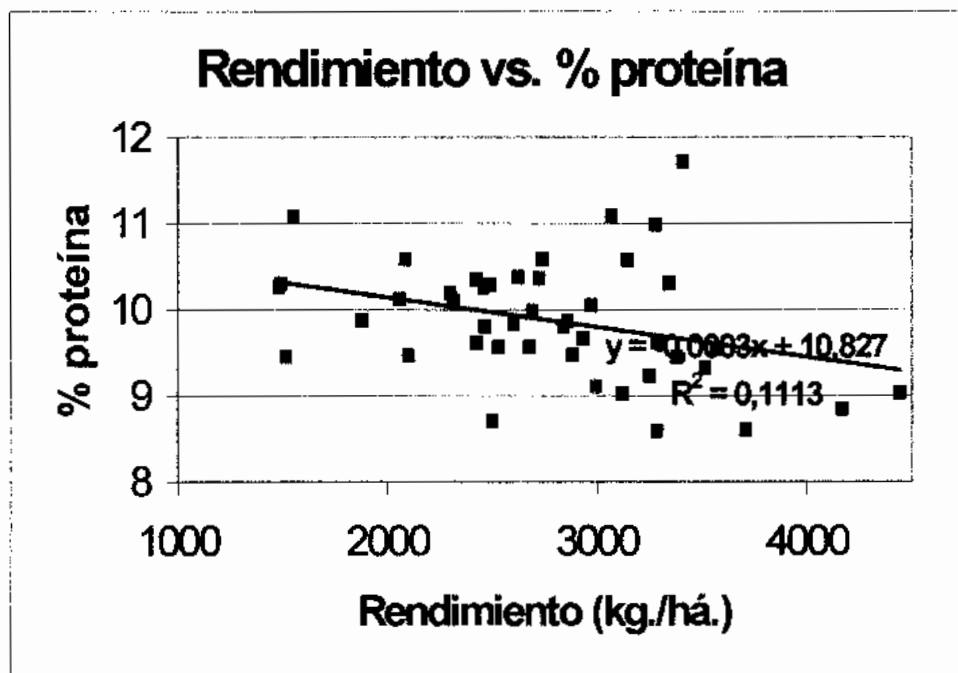


Figura N°5. Relación entre Rendimiento y Porcentaje de proteína.

De todas maneras, los niveles de rendimiento y % de proteína alcanzados en los distintos sitios, son sin duda afectados por muchos factores. Un factor de particular importancia en condiciones de campo es la disponibilidad de agua, la cual afecta la respuesta a N, afectando la eficiencia de uso del mismo.

Si bien en Uruguay, normalmente, no hay problemas de déficit hídrico para el cultivo de trigo, no es raro que ocurran períodos de escasa disponibilidad de agua en el suelo o que las características físicas del mismo impidan una adecuada exploración de las raíces, creando situaciones de stress, a pesar de que en profundidad haya agua disponible.

E. INDICADORES DE DISPONIBILIDAD DE N

Una forma de analizar la respuesta al N agregado es analizando la relación que existe entre Incremento en Rendimiento (kg de trigo por hectárea logrado por el agregado de determinada dosis de fertilizante nitrogenado: por ej 30uN) y la concentración de N-NO₃ en el suelo a Z2.2.

Este tipo de estudio nos permite hacer un estudio económico sencillo y es que para cada dosis de fertilizante aplicado se calcula el ingreso neto debido a la fertilización (calculando el ingreso bruto: incremento en kg de trigo por el precio del trigo) y restándole el costo de la fertilización (costo de la urea aplicada).

Estos ingresos netos pueden graficarse contra N-NO₃ a Z2.2 (0-20cm), en forma de ingreso netos acumulados; y así podemos determinar hasta qué contenido de N-NO₃ a Z2.2 conviene económicamente fertilizar con ciertas dosis de N, dadas ciertas relaciones de precios.

Los resultados primarios de este año indicarían que para relaciones de precios de 120 US\$ por tt de trigo y 200-250 US\$ por tt de urea, los ingresos netos se podrían maximizar fertilizando aquellas chacras cuyos niveles de NO₃ en el suelo (de 0-20cm.) fuesen menores o iguales a un rango de 14-16ppm., al estado de macollaje temprano (Z2.2).

Respecto a la dosis a este estado del cultivo (Z2.2), según los datos de este año se puede decir que la mejor respuesta económica se obtuvo con 30 kg de N/ha, ya que el agregado de una mayor dosis (60 kg de N/ha) no significó un mejor resultado económico (excepto quizás con niveles muy bajos de N-NO₃ en el suelo a Z2.2); (Bordoli, 1998).

Con los cálculos de IN podemos analizar si el IN aumenta porque el N agregado aumenta rendimiento o porque aumenta % de proteína.

La siguiente gráfica muestra la relación entre Incremento de Rendimiento debido a la fertilización nitrogenada e Ingreso Neto del productor debido a fertilización a precios de 120 U\$S la tt de trigo y 200 U\$S la tt de urea (correspondientes al año de dicho ensayo: 1997).

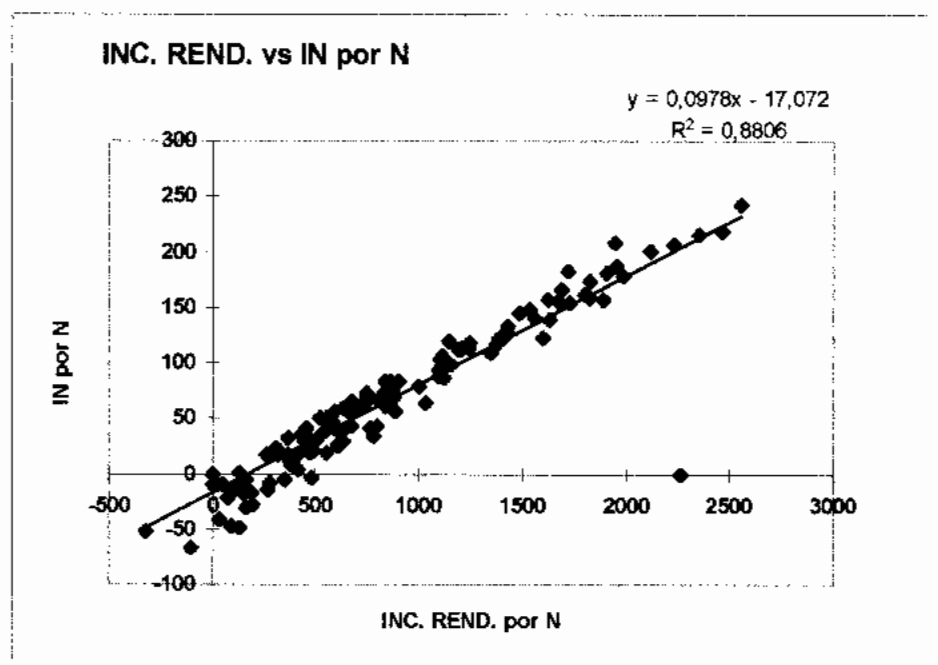


Figura N°6. Relación entre Incremento de Rendimiento debido a la fertilización N e Ingreso Neto del productor.

Como podemos observar de acuerdo a los resultados obtenidos con dichos precios, existe una relación directa entre el ingreso neto que obtiene el productor debido al hecho de fertilizar con N a la siembra y al macollaje en la medida que logre un aumento de rendimiento de forma significativa.

La gráfica siguiente muestra la relación entre incremento de % de proteína debido a fertilización nitrogenada e Ingreso Neto del productor debido a la fertilización a precios de 120 U\$S la tt de trigo y 200 U\$S la tt de urea.

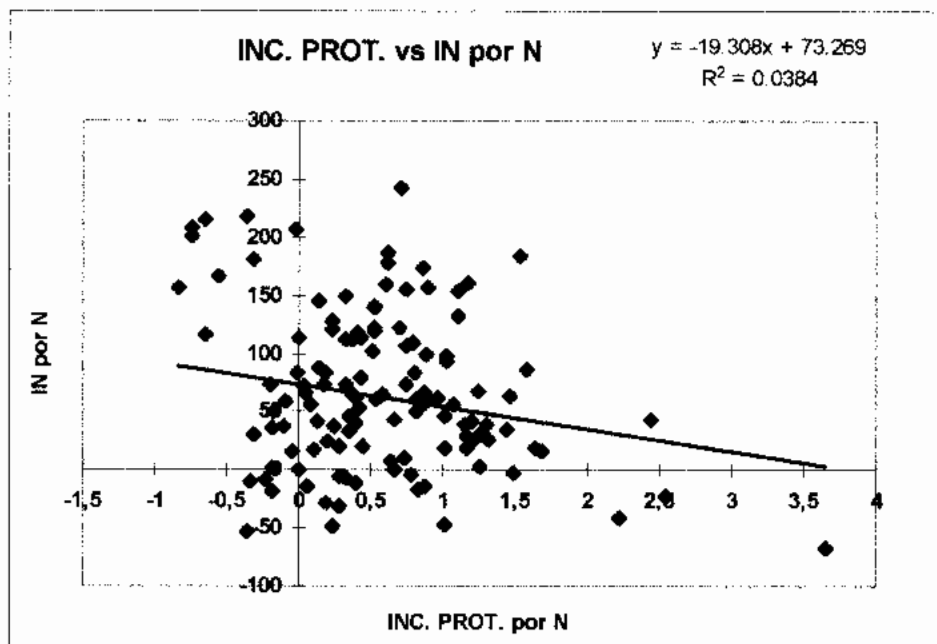


Figura N°7. Relación entre Incremento de porcentaje de proteína debido a fertilización N e Ingreso Neto del productor.

Considerando dicha relación de precios y las bonificaciones y/o castigo según el actual decreto de comercialización (2% de bonificación o castigo cada 1% por encima o debajo de la base de comercialización: 11,5% de proteína a 13,5% de humedad), vemos que al productor no le sería conveniente fertilizar con el objetivo de aumentar la proteína en grano.

En la siguiente gráfica podemos observar la relación entre Ingreso Neto del productor debido a la fertilización N respecto al % de proteína.

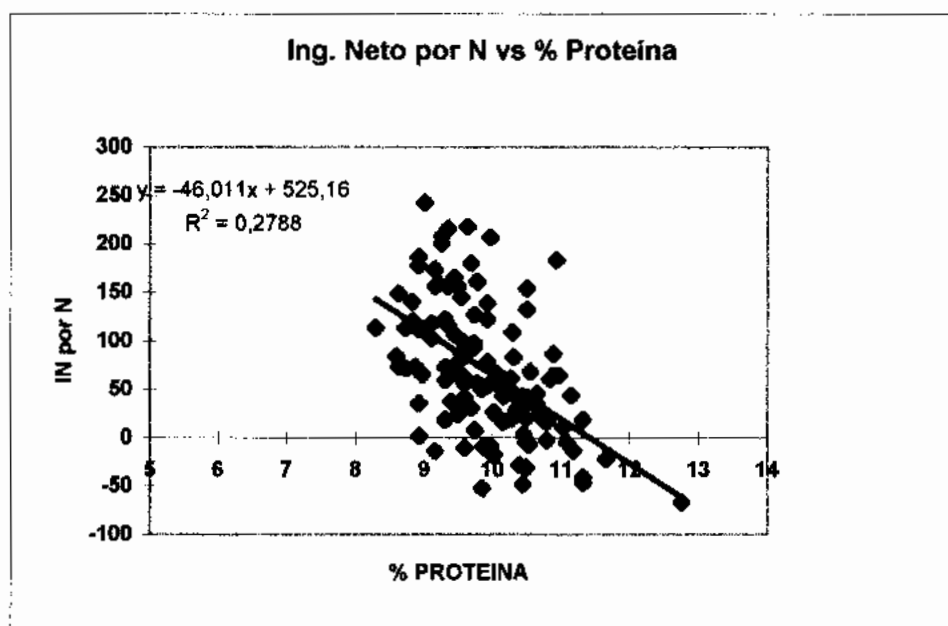


Figura N°8. Relación entre Ingreso Neto del productor debido a la fertilización N respecto al Porcentaje de proteína.

Esto implica el hecho de que el grano de trigo posea alta proteína no quiere decir que aumente el ingreso neto del insumo fertilizante, lo que demuestra un mal manejo de la chacra.

Aún con un ajuste poco claro, los datos sugieren una tendencia a que un alto % de proteína significaría un bajo y hasta negativo IN por fertilización.

Si analizamos los resultados de Ingresos Netos de este año, considerando para precios de 120 U\$S por tt de trigo y 200-250 U\$S por tt de urea, podemos observar que cuando el N es usado con fines de aumentar el rendimiento solamente, hay una relación directamente proporcional entre el IN por N y el incremento de rendimiento por N. (Figura N°6).

No ocurre lo mismo cuando nuestro fin es aumentar la proteína ya que como podemos observar en la figura N°7 hay una gran nube de puntos con cierta tendencia negativa, pero el Ingreso Neto por N tiende a ser más negativo aún cuando consideramos el % de proteína.(Figura N°8).

V. CONCLUSIONES

- 1 No se encontraron ventajas en la incorporación de la urea con sembradora a la siembra, o a la siembra y al macollaje temprano respecto a cuando se aplica al voleo sobre la superficie del suelo en la variables rendimiento, porcentaje de proteína y peso específico.
- 2 La respuesta a la fertilización N (11 sitios) tuvo gran variabilidad (con sitios sin respuesta a sitios con respuesta de más de 30kg de trigo por unidad de N), la cual se relaciona con cultivo anterior, años de instalado el sistema de siembra directa y con indicadores de suelo y planta.
- 3 La Eficiencia aparente de uso del N (para las variables rendimiento y porcentaje de proteína) fue mayor al macollaje (Z2.2) que a la siembra debido a las menores pérdidas y mayor aprovechamiento del N por parte del cultivo en dicho estado.
- 4 Básicamente la fertilización nitrogenada aumentó rendimiento y proteína en grano. El aumento en porcentaje de proteína ocurre en magnitud si el N absorbido por el cultivo no se diluye en mayor producción de grano.
- 5 La relación entre rendimiento y % de proteína determinado para los diferentes sitios utilizando información de todas las dosis de N en forma conjunta indica una correlación negativa entre los valores de ambas variables. De todas formas, el coeficiente de determinación es bajo indicando que pueden existir diferentes relaciones entre rendimiento y % de proteína.
- 6 Existe relación lineal entre IN por N e Incremento en rendimiento por N. El Ingreso Neto que obtiene el productor debido al hecho de fertilizar con N a la siembra y al macollaje Z2.2 aumenta en forma lineal en la medida que ese N logre un aumento de rendimiento.
- 7 Considerando los precios de dicho año (120U\$ la tt de trigo y 200 U\$ la tt de urea) y las bonificaciones y/o castigo según el decreto de comercialización, al productor no le sería conveniente fertilizar con el objetivo de aumentar la proteína en grano.

VI. RESUMEN

A nivel nacional, las recomendaciones de fertilización para el cultivo de trigo, tanto en sistemas con laboreo convencional como en sistemas de siembra directa, se han orientado en general a optimizar el rendimiento de grano sin considerar los efectos sobre la calidad industrial. Sin embargo, la creciente demanda del sector agroindustrial por materias primas que cumplan con exigencias de calidad para diferentes procesos tecnológicos, requiere mejorar la interpretación de la fertilización nitrogenada en trigo desde el punto de vista de la calidad del grano.

Este trabajo es un aporte a la investigación sobre fertilización nitrogenada en trigo bajo condiciones de siembra directa, y su objetivo central es analizar los efectos del Nitrógeno, aplicado en diferentes dosis y momentos y mediante diferentes fuentes, sobre algunos componentes de la calidad industrial del grano como porcentaje de proteína y peso específico.

El mismo fue realizado en invierno de 1997 en la zona de Cololó en 14 chacras con diferentes características y cultivos anteriores. Los suelos comprendidos fueron Brunosoles Eútricos y Vertisoles Háplicos de la unidad Bequeló. Los experimentos consistieron en: 1) 3 ensayos de Fuentes de N (urea y nitrato de amonio) y Forma de Aplicación de la urea (urea al voleo a la siembra y al macollaje Z2.2 (Uvv); urea incorporada a la siembra y al voleo al macollaje Z2.2 (Uiv); y por último urea incorporada a la siembra y al macollaje Z2.2 (Uii)) las cuales se combinaron con 5 dosis de N (0-30-60-90 y 120uN) cada una fraccionada 1/3 a la siembra y 2/3 al macollaje. 2) 11 ensayos de respuesta a Dosis y Fraccionamiento de N: 4 dosis a la siembra (0-30-60 y 90uN) y 3 dosis al macollaje Z2.2 (0-30 y 60uN). El diseño fue en bloques al azar con 3 repeticiones, y todos los sitios recibieron una dosis no limitante de P.

De acuerdo a los resultados obtenidos hemos podido observar que no se encontraron ventajas en la incorporación de la urea con sembradora a la siembra, o a la siembra y al macollaje temprano Z2.2 respecto a cuando se aplica al voleo sobre la superficie del suelo en las variables rendimiento, porcentaje de proteína y peso específico.

La respuesta a la fertilización tuvo gran variabilidad, la cual se relaciona con cultivo anterior, años de instalado el sistema de siembra directa y con indicadores de suelo y planta.

Si bien la relación entre rendimiento y % de proteína indicó una correlación negativa, el coeficiente de determinación es bajo; básicamente la fertilización nitrogenada aumentó rendimiento y proteína en grano.

Considerando los precios de dicho año (120U\$ la tt de trigo y 200U\$ la tt de urea, y las bonificaciones y/o castigo según el decreto de comercialización, el Ingreso Neto que obtiene el productor por fertilizar aumenta en forma lineal en la medida que ese N logre un aumento de rendimiento, por lo que no le sería conveniente fertilizar con el objetivo de aumentar proteína en grano.

VII. SUMMARY

At national level, recommendations for the fertilization of conventional and no-till wheat cultivars, have been directed to optimize the yield in grain without considering the effects on the industrial quality. Notwithstanding, the increasing demand of the agroindustry for grain complying with the quality demands of various technological processes, requires a revision of the interpretation of nitrogen fertilization of wheat with this provision regarding the quality of grain.

This work is a contribution to the study of no-till nitrogen fertilization of wheat and its main objective is to analyze the effect of various levels and timing and various sources on some of the components of industrial quality grain such as protein and specific weight.

Field work was done in Cololó, the winter of 1997 in 14 fields with different characteristics and previous cultivars. The soils comprise Eutric Brunosols and Haplic Vertisols of the Bequeló unit. The experiments were: 1) 3 tests on N source (urea and ammonium nitrate), means of urea application (hand application at sowing and at anthesis Z2.2 (Uvv); urea with sowing and hand applied at anthesis Z2.2 (Uiv); and finally urea with sowing and at anthesis Z2.2 (Uii); that were combined with 5 Doses of N (0-30-60-90 and 120uN) each divided 1/3 at sowing and 2/3 at anthesis. 2) 11 tests of response to Doses and Division of N: 4 doses at sowing (0-30-60 and 90 uN) and 3 doses at anthesis Z2.2 (0-30 and 60uN). The design was of random plots with 3 repetitions and all the placements received a non limiting dose of P.

According to the results obtained we may remark that we have not found advantage in the yield, protein percentage and specific weight, in the addition of the urea with the drill at sowing, or at sowing and early anthesis Z2.2 compared to hand application on the soil surface.

The results of fertilization showed great variability, which is associated with previous crops, year the no-till system was applied and with soil and plant indicators.

The relation between yield and % protein showed a negative correlation, but the determination coefficient is low, basically nitrogen fertilization improved yield and grain protein.

Considering the prices that year (120U\$\$/ton wheat and 200U\$\$/ton urea) and the improvements and penalties according to the trade law, the farmers net income improves by fertilization in linear proportion in as much as it increases the yield, therefore he would not find it convenient to fertilize with the intention of increasing the grain protein.

VIII. BIBLIOGRAFIA

1. ACCIARESI, H.A; ARANGO, M.C; CARRILLO, J.M; GIANIBELLI, M.C.
1994. Variación alélica de las gluteninas de alto peso molecular en variedades de *Triticum aestivum* L. In III Congreso Nacional de Trigo y Primer Simposio Nacional de Cereales de Siembra Otoño-Invernal, (3°, 1994, Argentina) Bahía Blanca. Argentina, Universidad Nacional del Sur. Departamento de Agronomía. pp.171.
2. BORDOLI, J.M.; MARCHESI, A.; MARCHESI, E.; QUINCKE, A.; 1997. Proyecto Ajuste de la fertilización NP en sistemas de siembra directa. In 5ta. Jornada Nacional de Siembra Directa. (5ta., 1997, Uruguay). Mercedes, Asociación Uruguay pro Siembra Directa (AUSID). pp13-16.
3. BORDOLI, J.M.; 1998. Fertilización NP de Trigo en Siembra Directa. In 6ta. Jornada Nacional de Siembra Directa. Resumen de Trabajos, (6ta., 1998, Uruguay). Mercedes, Asociación Uruguay pro Siembra Directa (AUSID). pp.19-22.
4. BORDOLI, J.M.; 1999. Fertilización de Trigo en Siembra Directa. In 7ª. Jornada Nacional de Siembra Directa, (7ª., 1999, Uruguay). Mercedes, Asociación Uruguay pro Siembra Directa (AUSID). pp.26-35.
5. CARPENTER, R.W.; HASS, H.J.; MILES, E.F. 1952. Nitrogen uptake by wheat in relation to nitrogen content of soil. *Agronomy Journal*, 44:420-423.
6. DUBOIS, M.E.; GAIDO, Z.A.; MANERA G.A.1994. Respuesta a la Selección por proteínas en generaciones tempranas sobre el rendimiento en trigo (*Triticum aestivum* L.) In III Congreso Nacional de Trigo y Primer Simposio Nacional de Cereales de Siembra Otoño-Invernal, (3°, 1994, Argentina) Bahía Blanca. Argentina, Universidad Nacional del Sur. pp. 175
7. DECKARD E.L.; TSAI, C.Y.; TUCKER, T.C. 1984. Effect of nitrogen nutrition on quality of agronomic crops. In Nitrogen in crop production. ASA-CSSA-SSSA. Madison, USA. pp 601- 623.
8. ENTZ, M.H.; FOWLER, D.B.1988. Critical stress periods affecting productivity of no till winter wheat in Western Canadá. *Agronomy journal* 80(6): 987-992.
9. FINNEY, K.F.; YAMAZAKI, W.T.; YOUNGS. V.L.; RUBENTHALER, G.L. 1987. Quality of hard, soft, and durum wheats. In Wheat and wheat improvement. ASA-CSSA-SSSA. Madison, USA. pp 667-741.

10. FOWLER, D.B.; BRYDON, J. 1989. No till winter wheat production on the canadian prairies: placement of urea and ammonium nitrate fertilizers. *Agronomy journal* (USA) 81(3):518-524.
11. FOWLER, D.B.; BRYDON, J.; DARROCH, B.A.; ENTZ, M.H.; JOHNSTON, A.M. 1990. Environment and genotype influence on grain protein concentration of wheat and rye. *Agronomy journal* 82(4):655-664.
12. FOWLER, D.B.; BRYDON, J. 1991. Response of no till winter wheat to seed-placed ammonium nitrate fertilizer. *Canadian journal of soil science* 71(1): 55-66.
13. GARCIA, A.; MARTINO, D. 1986. Fraccionamiento de la fertilización nitrogenada en trigos de siembra temprana para grano y doble propósito. *Investigaciones Agronómicas* 7:3-9.
14. GARCIA, A. 1994. Manejo del N para aumentar productividad en trigo. Montevideo, INIA. 27p. (Serie Técnica n°54).
15. JOHNSTON, A.M.; FOWLER, D.B. 1991. No till winter wheat production: response to spring applied nitrogen fertilizer form and placement. *Agronomy journal* 83(4): 722-728.
16. KELLY, K.W. 1995. Rate and time of nitrogen application for wheat following different crops. *Journal of production agriculture* 8(3): 339-345.
17. LAL, R. 1989. Conservation tillage for sustainable agriculture: tropic versus temperate environments. *Adv.Agron.* 42:85-197.
18. LOEWY, T. 1990. Fertilización nitrogenada del trigo en el sudoeste Bonaerense. II. Respuesta en la calidad del grano. *Ciencia del suelo* 8(1): 57-65.
19. LUIZZI, D. 1993. Fertilización In Cátedra de Cereales y Cultivos Industriales. 1993. Trigo. Montevideo, Facultad de Agronomía. pp175-208.
20. MADDONNI, G.A.; DI NAPOLI, M. 1996. Trigo. Los requerimientos de nutrientes y la fertilización del cultivo. Montevideo, INIA. 31p. (Serie Técnica n°56).
21. MARTINO, D.L. 1994. Agricultura sostenible y siembra directa. Montevideo, INIA. 31p. (Serie Técnica n°50).
22. MARTINO, D.L. 1997. Siembra directa en los sistemas agrícola ganaderos del litoral. Montevideo, INIA. 28p. (Serie Técnica n°82).

23. Mc DONALD, G.K. 1992. Effects of nitrogenous fertilizer on the growth, grain yield and grain protein Concentration of wheat. *Australian journal of agricultural research* 43(5): 949-967.
24. Mc KENDRY, A.L.; Mc VETTY, P.B.E.; EVANS, L.E. 1995. Selection criteria for combinig high grain Yield and high grain protein concentration in bread wheat. *Crop science* 35(6): 1597-1602.
25. MOCKEL, F.E.; CANTAMUTTO, M.A. 1996. Trigo; la calidad del grano de trigo a la cosecha. Factores que la afectan. Consorcio Regional de Experimentación Agrícola (CREA). Serie N°56. pp56.
26. NISI, J.; FRASCHINA, M.; TOMBETTA, E.; 1996. Trigo. Elecciones de variedad de trigo. Serie N°56. pp30.
27. PALTA, J.A.; FILLERY, I.R.P. 1995. N aplication enhances remobilization and reduces losses of Preanthesis N in wheat grown on a duplex soil. *Australian journal of agricultural research* 46(3):519-531.
28. PECHANЕК, U.; KARGER, A.; GROGER, S.; CHARVAT, B.; SCHOGGL, G.; LELLEY, T. 1997. Effect of nitrogen on quantity on flour protein components, dough properties, and breadmaking quality of wheat. *Cereal chemistry* 74(6): 800-805.
29. PEÑA, R.J. 1996. Combining high yield potential and grain quality in wheat. In *Increasing yield potential in wheat: breaking the barriers*. CIMMYT. México. pp215-217.
30. RAO, S.C.; DAO, T.H. 1992. Fertilicer placement and tillage effects of nitrogen assimilation by wheat. *Agronomy journal* 84(6):1028-1032.
31. RABUFFETTI, A. 1987. Nitrógeno. Montevideo, Facultad de Agronomía. pp101.
32. RASMUSSEN, P.E.; RICKMAN, R.W.; KLEPPER, B.L. 1997. Residue and fertility on yield of no till wheat. *Agronomy journal* 89(4): 563-567.
33. REPO, R; 1998. Introducción a la Ciencia y Tecnología de Cereales y de Granos Andinos. Composición Química y Valor Nutricional. Lima-Perú. pp24-58
34. STRONG, W.M.; DALAL, R.C.; WESTON, E.J.; COOPER, J.E.; LEHANE, K.J.; KING, A.J.; CHICKEN, C.J. 1996. Sustaining productivity of a Vertisol at Warra, Queensland, with fertilisers, no tillage or legumes. 2. Long term fertiliser nitrogen needs to enhance wheat yields and grain protein. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 36(6): 665-674.

IX. ANEXO

ANEXO N°1. Esquema del Análisis de Varianza y Contrastes Ortogonales realizado en cada sitio y sobre sitios (La Loma, La Sorpresa 21 y La Invernada):

FUENTE	GRADOS DE LIBERTAD		
BLOQUE (SITIO)	2		
TRATAMIENTOS	17		
0 vs FERTILIZADO	1		
0 vs 0i	1		
FACTORIAL	15		
DOSIS	3		
D1=30 vs 60-90-120		1	
D2=60 vs 90-120		1	
D3=90 vs 120		1	
FA	3		
F1= NA vs UREA (vv;iv;ii)		1	
F2=Uvv-Uiv vs Uii		1	
F3=Uvv vs Uiv		1	
DOSIS x FA	9		
D1 x F1		1	
D1 x F2		1	
D1 x F3		1	
D2 x F1		1	
D2 x F2		1	
D2 x F3		1	
D3 x F1		1	
D3 x F2		1	
D3 x F3		1	
ERROR	34		
TOTAL	53		

ANEXO N°2: Resumen de los ANOVAS por sitio y sobre sitios de Rendimiento, Porcentaje de Proteína y Peso Específico. (La Loma, LS21 y La Invernada).

RENDIMIENTO

Sitio	0vsFert	0 vs 0i	Dosis	FA	DxFA	C.V%
1	<0.01	0.09	<0.01	0.03	0.33	17.0
2	<0.01	0.92	0.69	0.14	0.87	18.2
3	<0.01	0.19	0.59	0.27	0.91	12.1
Prom.	<0.01	0.03	0.08	0.02	0.32	10.6

% PROTEINA

Sitio	0vsFert	0 vs 0i	Dosis	FA	DxFA	C.V%
1	0.21	0.97	0.01	0.34	0.77	5.38
2	<0.01	0.44	<0.01	0.33	0.01	4.00
3	<0.01	0.06	<0.01	0.02	0.85	4.15
Prom.	<0.01	0.40	<0.01	0.25	0.79	3.70

PESO ESPECIFICO

Sitio	0vsFert	0 vs 0i	Dosis	FA	DxFA	C.V%
1	0.65	0.23	0.18	<0.01	0.05	1.16
2	<0.01	0.50	<0.01	0.37	0.43	1.62
3	<0.01	0.08	<0.01	<0.01	0.51	0.89
Prom.	<0.01	0.72	<0.01	0.58	0.13	0.92

ANEXO N°4. Esquema del Análisis de Varianza y Contrastes Ortogonales realizado en cada sitio y sobre sitios (Ensayo de los 11 sitios):

FUENTE	GRADOS DE LIBERTAD		
BLOQUE (SITIO)	2		
TRATAMIENTOS	11		
FACTORIAL	11		
DOSIS A LA SIEMBRA	3		
DS1=0 vs 30-60-90		1	
DS2=30 vs 60-90		1	
DS3=60 vs 90		1	
DOSIS AL MACOLLAJE	2		
DM1=0 vs 30-60		1	
DM2=30 vs 60		1	
DS x DM	6		
DS1 x DM1		1	
DS1 x DM2		1	
DS2 x DM1		1	
DS2 x DM2		1	
DS3 x DM1		1	
DS3 x DM2		1	
ERROR	22		
TOTAL	35		

ANEXO N°5: Resumen de ANOVAS (Rendimiento y Porcentaje de Proteína) y contenido de NO₃ en el suelo en cada sitio (ensayo de los 11 sitios).

Resp.N (kg/ha)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0 vs Resto	0,49	<0,01	0,16	<0,01	<0,01	0,08	<0,01	<0,01	0,05	<0,01	0,02
DS	0,89	<0,01	0,49	<0,01	<0,01	0,9	<0,01	<0,01	0,43	0,02	0,36
DM	0,46	<0,01	0,2	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,15	0,18	0,94
DS x DM	0,91	0,62	0,84	0,46	0,21	0,19	0,33	0,49	0,83	<0,01	0,08
CV (%)	18,9	16,8	22,3	10,7	16,4	15,7	11,7	10,2	25,2	8,1	9,5

- Resumen de ANOVA respecto a la variable rendimiento en los distintos sitios.

Resp.N (%prot.)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0 vs Resto	0,84	0,02	<0,01	0,15	0,27	0,03	0,08	<0,01	<0,01	0,35	0,74
DS	0,66	0,62	<0,01	<0,01	0,04	0,02	0,11	<0,01	0,05	0,34	0,32
DM	0,28	<0,01	<0,01	0,03	0,07	<0,01	0,52	<0,01	<0,01	0,07	0,13
DS x DM	0,18	0,26	0,52	0,93	0,34	0,76	0,5	0,39	0,59	0,1	0,38
CV (%)	3,5	3,4	3,4	5,2	6,3	9,2	4,9	2,8	4,9	30,5	17,1

- Resumen de ANOVA respecto a la variable % de proteína en los distintos sitios.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
NO₃ S	25	5	10	10	12	12	15	10	7	10	15
NO₃ M											
0	16	5	6	10	9	5	14	8	15	8	8
30	20	6	9	11	13	7	19	9	13	10	11
60	25	7	12	15	11	8	22	12	10	13	13
90	28	10	23	20	15	13	29	15	15	18	11

- Contenido de N-NO₃ en el suelo a la siembra y al macollaje (Z2.2) en los diferentes sitios.

- | | |
|---------------------|-----------------------|
| 1- Los Ceibos soja | 7- La Manera sorgo |
| 2- La Coqueta | 8- La Manera girasol |
| 3- Mangrullo | 9- Santa Francisca 3 |
| 4- Los Ceibos sorgo | 10- Santa Francisca 9 |
| 5- Caranday | 11- Tierra Negra |
| 6- La Sorpresa 3 | |

ANEXO N°6. Rendimiento y % de Proteína en grano de cada parcela en cada sitio.

Sitio 1: LOS CEIBOS soja

Bloque	Siembra	Z 2.2	TOTAL	KG/HA	% PROT
1	0	0	0	2738	10,8
2	0	0	0	1713	9,5
3	0	0	0	2327	10,3
1	30	0	30	2284	10,2
2	30	0	30	2672	9,9
3	30	0	30	1966	9,5
1	60	0	60	2819	10,3
2	60	0	60	3231	10,5
3	60	0	60	1171	10,8
1	90	0	90	2812	9,8
2	90	0	90	2550	9,8
3	90	0	90	2255	10,3
1	0	30	30		
2	0	30	30	2578	9,6
3	0	30	30	1299	10,1
1	30	30	60	2791	10,5
2	30	30	60	2704	10,1
3	30	30	60	1773	10,9
1	60	30	90	2528	9,5
2	60	30	90	2272	10,5
3	60	30	90	2553	10,1
1	90	30	120	3013	10,6
2	90	30	120	2779	10,3
3	90	30	120	1570	10,2
1	0	60	60	2390	10,6
2	0	60	60	3136	10,1
3	0	60	60	2357	9,8
1	30	60	90	3286	10,5
2	30	60	90	2820	10,3
3	30	60	90	2138	10,6
1	60	60	120		
2	60	60	120	2440	10,3
3	60	60	120	2413	10,6
1	90	60	150	2814	10,5
2	90	60	150	2027	10,6
3	90	60	150	2337	10,2

Sitio 2: LA COQUETA

Bloque	Siembra	Z 2.2	TOTAL	KG/HA	% PROT
1	0	0	0	1206	10,6
2	0	0	0	1162	9,9
3	0	0	0	1598	9,5
1	30	0	30	1180	10,2
2	30	0	30	2495	9,5
3	30	0	30	1940	9,8
1	60	0	60	2148	9,8
2	60	0	60	1589	9,8
3	60	0	60	1734	9,5
1	90	0	90	2903	9,2
2	90	0	90	2614	9,4
3	90	0	90	2554	9,5
1	0	30	30	2950	9,5
2	0	30	30	3157	9,2
3	0	30	30	3705	9,1
1	30	30	60	3855	9,4
2	30	30	60	1788	9,6
3	30	30	60	3184	8,5
1	60	30	90	3411	9,1
2	60	30	90	3774	9,4
3	60	30	90	3129	9,4
1	90	30	120	3428	9,2
2	90	30	120	3583	9,2
3	90	30	120	4014	9,6
1	0	60	60	3143	9,6
2	0	60	60	2594	9,1
3	0	60	60	3283	9,6
1	30	60	90	3207	9,6
2	30	60	90	3371	9,6
3	30	60	90	3111	9,8
1	60	60	120	4180	9,8
2	60	60	120	3579	9,6
3	60	60	120	2896	10,5
1	90	60	150	4146	9,9
2	90	60	150	3493	9,5
3	90	60	150	3717	9,5

Sitio3: MANGRULLO

Bloque	Siembra	Z 2.2	TOTAL	KG/HA	% PROT
1	0	0	0	2688	9,2
2	0	0	0	2520	8,9
3	0	0	0	1329	9,4
1	30	0	30	2912	9,1
2	30	0	30	2505	9,4
3	30	0	30	1911	9,5
1	60	0	60	2908	9,4
2	60	0	60	2946	9,8
3	60	0	60	2367	9,6
1	90	0	90	3739	9,8
2	90	0	90	1731	10,4
3	90	0	90	1518	9,9
1	0	30	30	3072	8,9
2	0	30	30	2811	9,5
3	0	30	30	662	10,4
1	30	30	60	3619	10,1
2	30	30	60	3274	9,8
3	30	30	60	1675	10,4
1	60	30	90	3143	9,1
2	60	30	90	3089	10,1
3	60	30	90	2880	9,6
1	90	30	120	3138	9,9
2	90	30	120	3903	10,5
3	90	30	120	732	10,9
1	0	60	60	2939	9,9
2	0	60	60	2827	9,5
3	0	60	60	3008	10,8
1	30	60	90	2871	9,9
2	30	60	90	3350	10,4
3	30	60	90	2133	11,2
1	60	60	120	3203	9,9
2	60	60	120	3102	10,4
3	60	60	120	2138	10,8
1	90	60	150	2922	10,2
2	90	60	150	3359	10,5
3	90	60	150	2593	11,2

Sitio 4: LOS CEIBOS sorgo

Bloque	Siembra	Z 2.2	TOTAL	KG/HA	% PROT
1	0	0	0	1905	8,8
2	0	0	0	2025	9,9
3	0	0	0	1978	9,9
1	30	0	30	2450	9,5
2	30	0	30	2548	9,3
3	30	0	30	2242	9,3
1	60	0	60	2923	10,2
2	60	0	60	2746	9,9
3	60	0	60	2255	9,6
1	90	0	90	2364	10,6
2	90	0	90	2551	9,5
3	90	0	90	3023	10,3
1	0	30	30	2880	9,3
2	0	30	30	2531	9,9
3	0	30	30	2285	9,5
1	30	30	60	3305	9,3
2	30	30	60	2564	9,4
3	30	30	60	2674	9,2
1	60	30	90	2899	9,9
2	60	30	90	2962	10,1
3	60	30	90	3043	9,8
1	90	30	120	2129	11,5
2	90	30	120	2837	9,3
3	90	30	120	2768	11,2
1	0	60	60	3194	11,1
2	0	60	60	2854	9,6
3	0	60	60	2572	10,2
1	30	60	90	3753	10,1
2	30	60	90	3560	9,5
3	30	60	90	2885	9,6
1	60	60	120	3356	9,9
2	60	60	120	3100	10,5
3	60	60	120	3484	10,5
1	90	60	150	2873	10,6
2	90	60	150	3027	11,0
3	90	60	150	3106	11,2

Sitio 5: CARANDAY

Bloque	Siembra	Z 2.2	TOTAL	KG/HA	% PROT
1	0	0	0	1995	9,9
2	0	0	0	1118	9,4
3	0	0	0	1079	9,1
1	30	0	30	2450	9,9
2	30	0	30	2343	9,4
3	30	0	30	1914	9,5
1	60	0	60	2994	9,8
2	60	0	60	1982	9,4
3	60	0	60	1629	9,2
1	90	0	90	2668	9,6
2	90	0	90	3137	10,2
3	90	0	90	1700	8,8
1	0	30	30	2485	10,1
2	0	30	30	1505	8,8
3	0	30	30	2113	9,1
1	30	30	60	2954	10,6
2	30	30	60	2949	10,5
3	30	30	60	3457	11,7
1	60	30	90	3196	10,5
2	60	30	90	2145	8,3
3	60	30	90	2142	9,8
1	90	30	120	3213	10,1
2	90	30	120	3553	10,8
3	90	30	120	2329	8,9
1	0	60	60	3079	10,4
2	0	60	60	2840	9,2
3	0	60	60	2715	9,1
1	30	60	90	2782	11,4
2	30	60	90	3142	10,4
3	30	60	90	2556	9,8
1	60	60	120	2826	10,1
2	60	60	120	3350	10,6
3	60	60	120	3192	10,8
1	90	60	150	3327	9,9
2	90	60	150	2728	10,4
3	90	60	150	2929	9,5

Sitio 6: LA SORPRESA 3

Bloque	Siembra	Z 2.2	TOTAL	KG/HA	% PROT
1	0	0	0	1419	9,2
2	0	0	0	1303	9,1
3	0	0	0	1114	8,9
1	30	0	30	1264	8,9
2	30	0	30	1381	9,2
3	30	0	30	1587	8,6
1	60	0	60	979	9,6
2	60	0	60	1913	9,1
3	60	0	60	1264	8,8
1	90	0	90	1772	8,5
2	90	0	90	1811	8,9
3	90	0	90	1412	11,8
1	0	30	30	1402	9,5
2	0	30	30	1734	8,5
3	0	30	30	1993	8,8
1	30	30	60	1645	10,8
2	30	30	60	1794	10,2
3	30	30	60	1731	10,1
1	60	30	90	1687	11,1
2	60	30	90	2085	9,6
3	60	30	90	1474	10,1
1	90	30	120	1966	10,9
2	90	30	120	2034	10,4
3	90	30	120	1495	10,9
1	0	60	60	1278	11,5
2	0	60	60		
3	0	60	60	1914	10,1
1	30	60	90	1282	11,9
2	30	60	90	1643	11,2
3	30	60	90	1141	11,8
1	60	60	120	1079	12,4
2	60	60	120	1623	12,8
3	60	60	120	1248	8,8
1	90	60	150	1248	12,5
2	90	60	150	1210	12,8
3	90	60	150	1064	12,9

Sitio 7: LA MANERA sorgo

Bloque	Siembra	Z 2.2	TOTAL	KG/HA	% PROT
1	0	0	0	2527	8,3
2	0	0	0	2260	8,5
3	0	0	0	2402	8,2
1	30	0	30	3209	8,9
2	30	0	30	2918	8,6
3	30	0	30	3307	8,3
1	60	0	60	3087	8,9
2	60	0	60	4289	8,9
3	60	0	60	3449	8,3
1	90	0	90	3542	9,2
2	90	0	90	4894	9,2
3	90	0	90		9,1
1	0	30	30	3157	8,6
2	0	30	30	3534	8,8
3	0	30	30	3938	9,1
1	30	30	60	3320	8,2
2	30	30	60	3739	8,3
3	30	30	60	3865	8,3
1	60	30	90	3992	8,3
2	60	30	90	3997	9,1
3	60	30	90	3868	9,1
1	90	30	120	3829	9,4
2	90	30	120	4631	9,2
3	90	30	120	4696	8,2
1	0	60	60	4371	9,2
2	0	60	60	3683	8,3
3	0	60	60	3729	8,3
1	30	60	90	4350	8,2
2	30	60	90	4770	9,4
3	30	60	90	3944	9,2
1	60	60	120	4546	8,6
2	60	60	120	4951	9,5
3	60	60	120	5351	8,9
1	90	60	150	3836	8,2
2	90	60	150	4425	9,4
3	90	60	150	5711	9,4

Sitio 8: LA MANERA girasol

Bloque	Siembra	Z 2.2	TOTAL	KG/HA	% PROT
1	0	0	0	1797	8,4
2	0	0	0	1674	8,8
3	0	0	0	1983	8,6
1	30	0	30	2704	8,9
2	30	0	30	2162	9,2
3	30	0	30	2612	8,8
1	60	0	60	3037	9,1
2	60	0	60	2951	8,9
3	60	0	60	2784	9,3
1	90	0	90	3342	9,8
2	90	0	90	3317	8,9
3	90	0	90	2951	9,2
1	0	30	30	2364	8,8
2	0	30	30	2973	8,4
3	0	30	30	2696	8,6
1	30	30	60	3124	8,9
2	30	30	60	3241	9,1
3	30	30	60	2676	8,9
1	60	30	90	3336	8,8
2	60	30	90	3139	8,9
3	60	30	90	3169	8,8
1	90	30	120	4216	8,9
2	90	30	120	3654	9,3
3	90	30	120	3051	9,3
1	0	60	60	2843	8,9
2	0	60	60	3488	8,9
3	0	60	60	2721	8,9
1	30	60	90	3824	9,2
2	30	60	90	3393	9,1
3	30	60	90	3243	9,8
1	60	60	120	4161	9,8
2	60	60	120	3150	9,9
3	60	60	120	3539	9,6
1	90	60	150	4197	9,1
2	90	60	150	3343	9,6
3	90	60	150	3586	9,8
1	30	30	60	3177	9,6
2	30	30	60	3463	8,5
3	30	30	60	3108	8,6
1	30	30	60	3197	8,6
2	30	30	60	3197	8,9
3	30	30	60	2880	9,2
1	30	30	60	2769	9,5
2	30	30	60	3143	8,6
3	30	30	60	3132	8,6

Sitio 9: SANTA FRANCISCA 3

Bloque	Siembra	Z 2.2	TOTAL	KG/HA	% PROT
1	0	0	0	1829	9,9
2	0	0	0	1731	9,5
3	0	0	0	846	8,3
1	30	0	30	1646	9,5
2	30	0	30	1990	10,1
3	30	0	30	1713	8,9
1	60	0	60	1937	9,8
2	60	0	60	1404	8,8
3	60	0	60	2708	10,1
1	90	0	90	1371	10,5
2	90	0	90	2667	10,4
3	90	0	90	2242	10,5
1	0	30	30	2241	10,2
2	0	30	30	2594	9,9
3	0	30	30	1140	10,2
1	30	30	60	1999	10,2
2	30	30	60	1950	10,4
3	30	30	60	2220	10,4
1	60	30	90	1489	10,4
2	60	30	90	2869	9,8
3	60	30	90	2548	10,2
1	90	30	120	2280	10,9
2	90	30	120	2711	10,2
3	90	30	120	1700	10,4
1	0	60	60	2000	9,9
2	0	60	60	2528	10,4
3	0	60	60	2032	10,5
1	30	60	90	2920	11,5
2	30	60	90	1712	10,2
3	30	60	90	2395	9,9
1	60	60	120	2330	10,6
2	60	60	120	2381	10,6
3	60	60	120	3057	11,4
1	90	60	150	1844	11,5
2	90	60	150	2165	10,2
3	90	60	150	1834	10,6
1	30	30	60	2343	10,1
2	30	30	60	2079	9,8
3	30	30	60		
1	30	30	60	2286	10,9
2	30	30	60	2831	9,8
3	30	30	60	2417	10,8
1	30	30	60	2559	10,1
2	30	30	60	3067	10,6
3	30	30	60	2971	10,2

Sitio 10: SANTA FRANCISCA 9

Bloque	Siembra	Z 2.2	TOTAL	KG/HA	% PROT
1	0	0	0	2153	8,6
2	0	0	0	2467	8,8
3	0	0	0	2884	8,8
1	30	0	30	3295	8,5
2	30	0	30	2991	8,8
3	30	0	30	3458	8,9
1	60	0	60	3653	8,4
2	60	0	60	3743	10,1
3	60	0	60	3832	8,9
1	90	0	90	3412	9,5
2	90	0	90	3307	9,9
3	90	0	90	4181	9,8
1	0	30	30	2818	8,9
2	0	30	30	3084	8,6
3	0	30	30	3853	9,1
1	30	30	60	3196	9,6
2	30	30	60	3259	9,1
3	30	30	60	3553	9,6
1	60	30	90	3197	9,9
2	60	30	90	3640	10,5
3	60	30	90	3946	8,8
1	90	30	120	3184	9,8
2	90	30	120	3248	10,2
3	90	30	120	2898	10,1
1	0	60	60	3495	9,5
2	0	60	60	3277	9,8
3	0	60	60	4078	9,1
1	30	60	90		9,8
2	30	60	90	3626	9,8
3	30	60	90	4067	9,2
1	60	60	120	2680	10,8
2	60	60	120	3325	9,9
3	60	60	120	4149	8,6
1	90	60	150	3378	11,0
2	90	60	150	2920	11,6
3	90	60	150	3583	10,8

Sitio 11: TIERRA NEGRA

Bloque	Siembra	Z 2.2	TOTAL	KG/HA	% PROT
1	0	0	0	2779	9,6
2	0	0	0	3067	10,6
3	0	0	0	2533	10,5
1	30	0	30	2952	10,6
2	30	0	30		
3	30	0	30	3554	10,2
1	60	0	60	3607	10,8
2	60	0	60	3539	10,9
3	60	0	60	3418	10,9
1	90	0	90	2994	10,8
2	90	0	90	3650	10,4
3	90	0	90	3164	11,1
1	0	30	30	3072	10,9
2	0	30	30	2911	10,5
3	0	30	30	3496	10,5
1	30	30	60	2926	10,8
2	30	30	60	3564	10,4
3	30	30	60	3657	10,8
1	60	30	90	2677	11,2
2	60	30	90	3312	11,2
3	60	30	90	3521	10,6
1	90	30	120	2934	11,4
2	90	30	120	3198	10,9
3	90	30	120	3065	11,2
1	0	60	60	3386	10,8
2	0	60	60	3642	10,9
3	0	60	60	3457	10,8
1	30	60	90	3319	12,1
2	30	60	90	2780	11,1
3	30	60	90	3557	10,8
1	60	60	120	2724	10,6
2	60	60	120	3833	11,5
3	60	60	120	2885	11,1
1	90	60	150	2613	11,4
2	90	60	150	3174	11,2
3	90	60	150	2866	11,4