



FACULTAD DE
AGRONOMIA
UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA

**INDICADORES DE SUELO PARA DECIDIR
FERTILIZACION NITROGENADA
DE TRIGO EN SIEMBRA DIRECTA**

por

Jorge Guillermo GOÑI ANTONACCIO
Gustavo FARRO TAJAM

TESIS

2000

MONTEVIDEO

URUGUAY



**UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA
FACULTAD DE AGRONOMIA**

**INDICADORES DE SUELO PARA DECIDIR FERTILIZACION
NITROGENADA DE TRIGO EN SIEMBRA DIRECTA**

por

**Jorge Guillermo GOÑI ANTONACCIO
Gustavo FARRO TAJAM**

FACULTAD DE AGRONOMIA



DEPARTAMENTO DE
DOCUMENTACION Y
BIBLIOTECA

TESIS presentada como uno de
los requisitos para obtener el
título de Ingeniero Agrónomo
(Orientación Agrícola Ganadero)

MONTEVIDEO
URUGUAY
2000

Tesis aprobada por

Director: Ing. Agr. MARTIN BORDOLI
Nombre completo y firma

Ing. Agr. CARLOS PERDOMO
Nombre completo y firma

Ing. Agr. ENRIQUE MARCHESI
Nombre completo y firma

Fecha : _____

Autor: _____
Nombre completo y firma

Nombre completo y firma

AGRADECIMIENTOS

A AUSID, por habernos cedido gentilmente las chacras de sus productores, en las cuales se instalaron los ensayos que conforman esta tesis, especialmente a los Ing. Agr. Andrés Quincke y Andrés Marchesi por su invaluable colaboración en el trabajo de campo.

A los funcionarios y docentes de la cátedra de Fertilidad, por su valioso aporte en el trabajo de laboratorio.

Al Ing. Agr. Martín Bordoli por llevar a cabo la tarea de dirección de la presente tesis.

A la directora y a todo el personal del Departamento de Biblioteca.

TABLA DE CONTENIDOS

	Página
PAGINA DE APROBACION	II
AGRADECIMIENTOS	III
LISTA DE CUADROS Y FIGURAS	V
<u>I. INTRODUCCION</u>	1
<u>II. REVISION BIBLIOGRAFICA</u>	2
A. IMPORTANCIA DEL NITROGENO EN LAS PLANTAS	3
B. IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL NITROGENO EN EL SUELO	3
1. <u>Importancia de hacer un uso racional del fertilizante nitrogenado</u>	4
C. PRACTICAS PARA RACIONALIZAR EL USO DEL FERTILIZANTE NITROGENADO	5
D. MODIFICACIONES QUE INTRODUCE LA SIEMBRA DIRECTA	9
1. <u>Condición física del suelo</u>	9
2. <u>Propiedades químicas</u>	10
3. <u>Dinámica del nitrógeno</u>	10
a. Temperatura	11
b. Humedad	11
c. Residuos vegetales en superficie	12
E. MANEJO DE LA FERTILIZACION NITROGENADA EN BASE A INDICES DE DISPONIBILIDAD	13
<u>III. MATERIALES Y METODOS</u>	15
A. DETERMINACIONES	16
1. <u>En Suelo</u>	16
2. <u>En Cultivo</u>	16
<u>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	17
A. ANALISIS DE LA RESPUESTA AL NITROGENO AGREGADO EN DIFERENTES MOMENTOS	17
1. <u>Análisis de la respuesta a las dosis totales de N agregadas</u>	17
2. <u>Análisis de la respuesta al agregado de N a la siembra</u>	19
3. <u>Análisis de la respuesta al agregado de N a macollaje</u>	21
4. <u>Análisis de la interacción entre las dosis aplicadas a siembra y macollaje</u>	24
5. <u>Eficiencia aparente del uso del nitrógeno según el momento de aplicación</u>	24
B. EVOLUCION DEL NIVEL DE NITRATOS EN EL PERFIL	26

C. INDICES DE SUELO A SIEMBRA PARA DECIDIR FERTILIZACION NITROGENADA	29
D. INDICES DE SUELO A MACOLLAJE PARA DECIDIR FERTILIZACION NITROGENADA	34
E. RESPUESTA AL AGREGADO DE NITROGENO A Z 3.0	40
V. <u>CONCLUSIONES</u>	42
VI. <u>RESUMEN</u>	43
VII. <u>SUMMARY</u>	44
VIII. <u>BIBLIOGRAFIA</u>	45
IX. <u>ANEXO</u>	47

LISTA DE CUADROS Y FIGURAS

Cuadros

Cuadro N°1. Detalle del manejo de cada sitio.

Cuadro N°2. Contrastes utilizados para separar las medias de aquellos tratamientos correspondientes a dosis totales que difieren estadísticamente y rendimiento en grano promedio para dichas dosis.

Cuadro N°3. Contrastes utilizados para separar las medias de aquellos tratamientos que difieren estadísticamente en las dosis aplicadas a siembra y los rendimientos promedios obtenidos a las diferentes dosis. .

Cuadro N°4. Contrastes utilizados para separar las medias de aquellos tratamientos que difieren estadísticamente en las dosis a macollaje y rendimiento promedio correspondiente a cada dosis.

Cuadro N°5. Promedio de Rendimiento y Eficiencia aparente de uso del N para los tratamientos 30-0-0 y 0-30-0.

Cuadro N°6. Promedio de Rendimiento y Eficiencia aparente de uso del N para los tratamientos 60-0-0 y 0-60-0.

Cuadro N°7. Grupos de chacras establecidos según el nivel de $N-NH_3$ liberado por incubación anaeróbica.

Figuras

Figura N°1. Rendimiento en grano según dosis y momentos de fertilización.

Figura N°2. Rendimiento en grano según dosis aplicadas a siembra (Promedio de todas las dosis a macollaje).

Figura N°3. Rendimiento en grano según dosis agregadas a macollaje (promedio de todas las dosis a siembra).

Figura N°4. Interacción entre las dosis aplicadas a siembra y macollaje para el sitio N° 1 (Santa Rosario).

Figura N°5. Relación entre la concentración de $N-NO_3$ en suelo (0-20 cm) a siembra y la concentración de $N-NO_3$ en suelo (0-20 cm) a Z 2.2 (Promedio de los testigos por sitio).

Figura N°6. Relación entre la concentración de $N-NO_3$ en suelo (0-20 cm) a siembra y la concentración de $N-NO_3$ en suelo (0-20 cm) a Z 3.0.

Figura N°7. Relación entre la concentración de $N-NO_3$ en suelo (0-20 cm) a Z 2.2 y la concentración de $N-NO_3$ en suelo (0-20 cm) a Z 3.0.

Figura N°8. Relación entre la concentración de $N-NO_3$ en suelo (0-20 cm) a Z 2.2 y Z 3.0 y la concentración de $N-NH_4$ liberado por Incubación Anaerobia a siembra.

Figura N°9. Relación entre Rendimiento en grano y la concentración de NO_3 en suelo (0-20 cm) a siembra (Promedio de los testigos por sitio), asumiendo que no se corrige a macollaje.

Figura N°10. Relación entre el Rendimiento en grano de los testigos y la concentración de $N-NO_3 + N-NH_4$ en suelo (0-20 cm) a siembra (Asumiendo que no se corrige a macollaje).

Figura N°11. Relación entre Rendimiento relativo y la concentración de $N-NO_3$ en suelo a siembra (0-20 cm), asumiendo que no se corrige a macollaje.

Figura N°12. Relación entre el rendimiento relativo y la concentración de $N-NO_3$ en suelo (0-20 cm) a siembra (Asumiendo que se corrige el nivel de $N-NO_3$ a macollaje).

Figura N°13. Relación entre Rendimiento Relativo y concentración de $N-NO_3 + N-NH_4$ en suelo (0-20 cm) a siembra.

Figura N°14. Relación entre el Rendimiento Relativo y la concentración de $N-NO_3$ en suelo (0-20 cm) a siembra, según los grupos de respuesta definidos por los valores de Incubación Anaerobia. (Asumiendo que no se corrige a macollaje).

Figura N°15. Relación entre el Rendimiento Relativo y la concentración de $N-NH_4$ liberado por Incubación Anaerobia en suelo (0-20 cm) a siembra.

Figura N°16. Relación entre Rendimiento en grano y la concentración de $N-NO_3$ en suelo (0-20 cm) a Z 2.2.

Figura N°17. Relación entre el Rendimiento en grano y la concentración de $N-NO_3 + N-NH_4$ en suelo (0-20 cm) a Z 2.2.

Figura N°18. Relación entre el Rendimiento Relativo (Promedio de los testigos sin fertilizar/Rendimiento máximo) y la concentración de NO_3 en suelo (0-20 cm) a Z 2.2.

Figura N°19. Relación entre el rendimiento relativo y la concentración de $N-NO_3$ a Z 2.2 (Asumiendo que se corrige el nivel $N-NO_3$ de a siembra).

Figura N°20. Relación entre el Rendimiento Relativo y la concentración de $N-NO_3 + N-NH_4$ en suelo (0-20 cm) a Z 2.2.

Figura N°21. Relación entre Rendimiento Relativo y concentración de $N-NO_3$ en suelo (0-20 cm) a Z 2.2 según los grupos de respuesta definidos por los valores de Incubación Anaerobia.

Figura N° 22. Relación entre rendimiento relativo y rendimiento del testigo.

Figura N°23. Relación entre el Incremento de Rendimiento logrado por agregar 30UN y 60 UN a Z 2.2 y la concentración de NO_3 en suelo (0-20 cm) a Z 2.2.

Figura N°24. Ingreso Neto acumulado obtenido por aplicar 30 UN y 60 UN a Z 2.2 en función de la concentración de NO_3 en suelo (0-20 cm) a Z 2.2.

Figura N°25. Relación entre Rendimiento en grano y concentración de NO_3 en suelo (0-20cm) a Z 2.2 cuando se aplican 60 UN a Z 2.2 o 30 UN a Z 2.2 y 30 UN a Z 3.0.

Figura N°26. Incremento de Rendimiento que se obtiene por agregar 30 UN a Z 2.2 + 30 UN a Z 3.0 y 60 UN a Z 2.2 en función de la concentración de NO_3 en suelo (0-20 cm) a Z 2.2.

Por todo esto es que surge la interrogante de si los niveles críticos establecidos para situaciones de laboreo se mantienen en situaciones de siembra directa o cambian de alguna forma.

El objetivo de éste trabajo es estimar niveles críticos de respuesta al nitrógeno en situaciones sin laboreo, para lo cual se escogieron chacras con mas de tres años de historia en siembra directa y se trabajó con tres índices de suelo que tratan de medir la disponibilidad de nitrógeno para el cultivo en diferentes etapas de su desarrollo.

II. REVISION BIBLIOGRAFICA

A. IMPORTANCIA DEL NITROGENO EN LAS PLANTAS

El nitrógeno es sin duda el más espectacular de los nutrientes esenciales en su efecto en el crecimiento de las plantas.

Los principales roles esenciales del nitrógeno en las plantas se pueden resumir en: a) Componente de la molécula de clorofila, b) componente de los aminoácidos, unidad estructural de las proteínas, c) esencial para la utilización de los carbohidratos, d) componente de enzimas, e) estimulante para el desarrollo y la actividad radicular y f) colabora en la absorción de otros nutrientes. (Stevenson, F. J., 1982).

A pesar de ser unos de los nutrientes esenciales para las plantas, el N es el elemento que más limita los rendimientos de los cultivos, cumple roles fundamentales en el desarrollo fisiológico de las plantas y por ello es probable que no exista otro nutriente del cual se puedan derivar más beneficios económicos al ser manejado eficientemente. No obstante esto, lo esencial de sus requerimientos y la gran cantidad de procesos de pérdida a los que está sujeto el nitrógeno, hacen que la definición de su manejo eficiente, constituya en muchas regiones del mundo un problema todavía no completamente resuelto. (Baethgen, 1992 citado por Castro, A. 1997).

B. IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL NITROGENO EN EL SUELO

El manejo eficiente del nitrógeno presenta un gran desafío para los agricultores, que no presenta ningún otro nutriente. Este elemento puede entrar o abandonar el sistema suelo-planta por más rutas que cualquier otro. Debido a su naturaleza transitoria en el suelo y proclividad a pérdidas desde éste, con el riesgo asociado de que se vuelva potencialmente contaminante del ambiente, es que el manejo del fertilizante nitrogenado debe recibir mas atención que el manejo de cualquier otro mineral primario o secundario.

Está sujeto a pérdidas vía volatilización de NH_3 , desnitrificación y lavado en profundidad; y puede ser aumentado por la lluvia, fijación biológica y fertilización.

En contraste con la mayoría de los nutrientes de las plantas, para el N no existen mecanismos de largo plazo que lo almacenen en el suelo en forma disponible para las plantas.

Otros nutrientes tales como P, K, Ca, Mg son a menudos aplicados al suelo en montos mayores a los que serán utilizados por el cultivo en dicha estación de crecimiento.

Estos nutrientes aplicados en estas condiciones generan altos valores residuales en el suelo y sus niveles pueden ser incrementados por fertilizaciones sucesivas. Por el contrario, el fertilizante nitrogenado tiene relativamente pequeñas residualidades por lo tanto, la capacidad de aporte de N por el suelo no puede ser permanentemente incrementada por aplicaciones masivas del mismo. Consecuentemente el N se aplica para cada cultivo y no para una rotación o secuencia de cultivos.

Para la mayoría de los cultivos comerciales, una deficiencia de nitrógeno se traduce generalmente en resultados económicos subóptimos. Por otro lado, en algunos cultivos el uso de cantidades de fertilizantes nitrogenados por encima de aquellas requeridas por las plantas, significa solamente una reducción en la eficiencia de uso de este insumo y un aumento del potencial de contaminación ambiental. (Baethgen, 1992 citado por Castro, A. 1997).

Además de ser importante el manejo del nitrógeno en el suelo tendiente a evitar deficiencias de este nutriente y asegurar un adecuado suministro para los cultivos, es importante hacer un uso racional de éste elemento.

1. Importancia de hacer un uso racional del fertilizante nitrogenado

El hecho de hacer un uso racional de este tipo de fertilizantes puede justificarse desde tres puntos de vista: económico, ambiental, y agronómico

Desde el punto de vista económico es lógico pensar que cualquier insumo que se incorpore a la producción de cualquier cultivo en cantidades superiores a las requeridas, o peor aún, cuando no son necesarios, actúa incrementando los costos de producción de dicho cultivo, disminuyendo por ende el retorno económico para el productor.

Respecto al impacto ambiental que tiene el manejo de éste nutriente, el tema apunta a la contaminación de cursos de agua superficiales y profundas que pueden ocasionar aplicaciones excesivas de éstos fertilizantes cultivo tras cultivo.

En general impactos ambientales adversos ocurren cuando las cantidades agregadas de nitrógeno exceden las cantidades que pueden ser eficientemente utilizadas por el cultivo (Stevenson, F.J 1982.)

Este problema podría agravarse al utilizar fuentes nítricas, ya que ésta forma del nitrógeno no es retenida por las partículas coloidales del suelo y está más susceptibles de ser lixiviada en profundidad y llegar hasta las aguas subsuperficiales.

De todos modos, las fuentes amoniacales se nitrifican en forma relativamente rápida, determinando la acumulación de nitratos a los pocos días de haber sido aplicado el fertilizante.

A través de esta vía, los NO_3 pueden llegar también hasta cursos de aguas superficiales. No obstante esto, la contaminación de este último tipo de aguas puede ser ocasionada por el escurrimiento superficial hacia ellas. Muchas prácticas conservacionistas, terraceo, curvas de nivel y coberturas vegetales, protegen al suelo de la erosión del viento y el agua y así limitan el movimiento de, principalmente, la fracción orgánica a los cursos de agua superficiales pero no necesariamente sirven para controlar problemas de desnitrificación y lavado de NO_3 , que en realidad pueden verse incrementados (Standford, 1973. citado por Stevenson, F.J., 1982.).

Agronómicamente la necesidad de racionalizar el uso del fertilizante nitrogenado está de algún modo ligada al aspecto económico y el punto fundamental de esta cuestión estaría en el hecho de sincronizar el momento de mayor absorción de éste nutriente por parte del cultivo con una adecuada disponibilidad del elemento en el suelo, con el objetivo de disminuir las pérdidas de nitrógeno, lo cual estaría haciendo que los costos de producción aumentarían para el agricultor ya que tendría que estar aplicando cantidades superiores a las que realmente necesita el cultivo para contemplar las pérdidas a las que está sujeto el nutriente en momentos en que el cultivo no lo absorbe (crecimiento inicial lento). Por el contrario, si no se contemplasen las pérdidas, el agricultor estará incurriendo en costos por concepto de fertilizante, del cual una cantidad variable desaparecerá del suelo sin ser utilizado por el cultivo y por lo tanto impidiendo que ese gasto en fertilizante se vea reflejado en incrementos de rendimiento.

Teóricamente, esto podría ser solucionado utilizando fertilizantes de lenta liberación, pero éstos requieren de más desarrollo e investigación antes de que su uso sea práctico. Alternativamente el nitrógeno puede ser suplementado a través de varias aplicaciones acompañando las necesidades del cultivo. Sin embargo, cabe destacar que cada aplicación incrementa los costos operativos del cultivo (Mulliner et al, 1975; Smika et al, 1978; citado por Stevenson, F.J 1982)

C. PRACTICAS PARA RACIONALIZAR EL USO DEL FERTILIZANTE NITROGENADO

Atendiendo los problemas que se derivan de un inadecuado uso de éste tipo de fertilizantes (Ver B.1) y en un esfuerzo por tratar de solucionarlos, muchos trabajos han sido llevados a cabo. La mayoría de éstos buscan identificar la dosis óptima de N y los momentos óptimos para su aplicación.

El primer punto constituye el mayor problema no resuelto en la mayor parte de las regiones trigueras del mundo (Stanford, 1982 citado por Baethgen et al, 1989) y es muy importante para evitar aplicaciones excesivas de éste nutriente y por consiguiente hacer un desperdicio del mismo, disminuyendo las ganancias y aumentando el riesgo de polución ambiental. Así mismo es importante evitar aplicaciones escasas del nutriente

que determinen una pobre nutrición del cultivo, con consecuencias directas sobre el rendimiento en grano.

En síntesis, severas consecuencias agronómicas y ambientales se desprenden de hacer aplicaciones escasas o excesivas, es por esto, que cada vez con más ímpetu se renueva el interés por saber en forma lo más exacta posible que cantidad de N se debe aplicar.

En éste sentido se han realizado algunos trabajos tendientes a solucionar éste problema, los cuales se pueden clasificar en dos clases:

i-Trabajos que tratan de identificar la dosis óptima a aplicar a través de modelos matemáticos que incluyen en su interior mas de una variable que explica el rendimiento de los cultivos, tales como variables del suelo y del clima que pueden ser usadas para plantear modelos mas generalizados con variables que consideren factores de crecimiento y su interacción con el resto de las mismas.

Mediante el uso de éstas ecuaciones se puede conocer tanto las respuestas esperadas a diferentes niveles de nitrógeno en el suelo, como las dosis necesarias de fertilizante a agregar para obtener determinado rendimiento.

No obstante la descripción matemática de la respuesta del trigo al agregado de nitrógeno permanece presentando controversias metodológicas. Parte de la dificultad radica en que el nitrógeno del fertilizante no es el único recurso disponible para la planta, hay nitrógeno residual que varía en diferentes situaciones; aquí la única manera de comparar curvas de respuesta es tomar en cuenta ese nitrógeno.

El nitrógeno existente en el suelo está contenido en diferentes pools de interacciones, los cuales están afectados por muchas variables climáticas y de manejo, resultando esto en diferentes disponibilidades de nitrógeno para la planta a través de la estación de crecimiento. El nitrógeno del fertilizante a su vez también entra en el complejo de interacciones (Fowler, D.B. et al 1989).

ii-Trabajos que tratan de identificar niveles criticos de N en función de curvas de respuesta.

Barberis, L.A. et al.(1983) lograron elaborar modelos predictivos de respuesta a la fertilización nitrogenada de aceptable comportamiento para suelos de la Pampa arenosa (Pvcia. de Bs.As., Argentina), utilizando el dato de contenido de NO_3 a profundidades de 0 a 60 cm y de 0 a 40 cm.

Con éstos modelos lograron explicar en un 61% y 59% respectivamente la variación de la respuesta en rendimiento a la fertilización nitrogenada.

Young, R.A. et al 1967, estudiando la influencia de varios factores de suelo y clima sobre la respuesta de los cultivos a la fertilización nitrogenada, encontraron que solo cuatro variables mostraban una relación significativa con la respuesta en rendimiento ante el agregado de fertilizante, con las cuales construyeron la siguiente ecuación:

$Y_n = 386,2 + 2,7SM + 1,91Pr - 0,943T - 2,22I$ donde Y_n es la máxima respuesta en rendimiento en grano esperada (Kg/ha), SM son los mm de humedad disponible a siembra en el suelo a 22 cm de profundidad, Pr son los mm de precipitación desde la siembra hasta cinco días antes de la cosecha, T es la temperatura máxima diaria en grados días sobre la base de 21 °C desde 5 hasta 60 días antes de la cosecha e I, NO₃ en el suelo a siembra en Kg/ha a 60 cm de profundidad.

Las restantes variables estudiadas (contenido de nitrógeno total, materia orgánica, amonio, capacidad del suelo para liberar nitrógeno disponible y tipo y cantidad de residuos) no aumentaron el poder explicativo para la variación de rendimiento en grano ante el agregado de nitrógeno.

Frecuentemente la magnitud del incremento de rendimiento desde el último incremento de fertilizante con el cual se obtuvo respuesta no fue rentable, razón por la cual los autores reformularon la ecuación anterior obteniendo la siguiente:

$$Y_{pn} = 314,4 + 3,01SM + 1,78Pr - 0,968T - 1,74I$$

Esta nueva ecuación arrojó una respuesta promedio de 8,4 Kg de N/qq.

Soper, R.J. et al (1971), combinando los coeficientes de determinación entre el nitrógeno absorbido por la cebada, el nitrato en el suelo a 61 cm de profundidad de muestreo y un factor de eficiencia de uso de fertilizante (NH₄NO₃), obtuvieron una ecuación que predice el monto de fertilizante nitrogenado para lograr un rendimiento potencial de cebada.

$$N = [e^{\text{Exp}(2,96 + 0,00047y)} - (2,3 + 2,57x - 0,16x^2)] 100/52$$

donde y es el rendimiento deseado de cebada (Kg/ha), x es nitrato en el suelo a 61 cm de profundidad (kg/ha) y N es fertilizante nitrogenado a agregar como NH₄NO₃ (Kg/ha).

Invirtiendo las variables dependientes e independientes en la función exponencial y calculando una nueva ecuación de regresión se logra predecir el rendimiento de cebada con y sin fertilizante nitrogenado cuando el nivel de nitrato en el suelo es conocido, a través de la siguiente ecuación.

$$Y = 1814 \log e [(2,03 + 2,57x - 0,016x^2) + (0,52N)] - 4973$$

Cerrato, M.A. et al (1992), estudiaron 5 modelos de respuesta, encontrando que el modelo cuadrático mas plateau fue el que mejor describió las respuestas observadas en rendimiento, determinando una dosis económicamente óptima promedio para los seis sitios de cada año estudiado de 184 kg/ha de N para maíz.

El segundo tipo de trabajos, generalmente utiliza el procedimiento desarrollado por Cate y Nelson (1965) para determinar en función de una nube de puntos graficados (en ordenadas %Y y abcisas datos de análisis de suelo) un nivel crítico por encima del cual es poco probable encontrar respuesta al agregado de fertilizante.

Los modelos anteriores permiten determinar directamente las dosis a agregar en cada caso, mientras que éste procedimiento define un nivel crítico en base al cual se puede obtener una zona de respuesta al fertilizante agregado y una zona de no respuesta.

F.R. Magdoff et al (1984) determinaron utilizando este método un nivel crítico de 36 kg/ha de N-NO₃ para maíz, cuando éste tenía entre 15 y 30 cm.

A pesar de haber determinado una dosis de aplicación óptima, la cual contempla los requerimientos del cultivo, el problema no está totalmente resuelto. Si bien con esto se evita hacer aplicaciones excesivas o escasas, queda por solucionar el tema de las posibles pérdidas de nitrógeno que puedan ocurrir, dependiendo de las condiciones climáticas, en los estadios iniciales del desarrollo del cultivo, momento en el cual el crecimiento es lento y por lo tanto la absorción de nitrógeno es baja.

Este hecho determina que el nitrógeno esté presente en el suelo sin ser utilizado por el cultivo y sujeto a pérdidas. De esta manera a pesar de haber aplicado el fertilizante en forma criteriosa atendiendo las necesidades del cultivo, se generan condiciones de insuficiencia del nutriente en grado variable dependiendo de la magnitud de las pérdidas.

Esto, sumado al hecho de la aparición de variedades de mayor potencial y menores problemas de vuelco y al aumento del potencial de producción de las chacras insertas en sistemas de rotación con pasturas, han generado situaciones de respuestas al nitrógeno posteriores a la siembra (Baethgen, 1992; Hoffman et al, 1994 s/p), que han motivado los estudios sobre la respuesta del cultivo al fraccionamiento del nitrógeno.

El hecho de realizar aplicaciones fraccionadas de nitrógeno en varios momentos del desarrollo fenológico en vez de hacer una sola aplicación a la siembra, con el objetivo de minimizar las pérdidas desde el suelo y lograr que el cultivo haga un mejor aprovechamiento del nutriente, esta basado en el patrón de absorción de nitrógeno por parte del cultivo de trigo.

En este sistema de fertilización, las aplicaciones de fertilizante se hacen tratando de sincronizarlas con los momentos de mayor absorción del cultivo, es por esto que es muy importante conocer dicho patrón para posibilitar un mejor manejo del fertilizante.

W.E. Baethgen et al (1989) estudiaron los patrones de absorción de nitrógeno del trigo durante dos estaciones de crecimiento (1983-1984 y 1984-1985), determinando que inicialmente la absorción de este nutriente por parte del cultivo es lenta hasta Z 3.0.

Inmediatamente después de este estado comienza una fase de rápida absorción de nitrógeno durante la cual se alcanzan las tasas diarias máximas y que se extiende hasta los 185 a 210 (Zaddoks 4.5) días después de la siembra. En este momento la absorción de nitrógeno adquiere un ritmo constante.

Basados en estos resultados, la eficiencia de uso del fertilizante debería ser mayor en Z 3.0 que en cualquier otro estado, ya que el mismo precede a un período de rápida absorción de nitrógeno. Los altos rendimientos obtenidos por estos autores en los tratamientos que solo fueron fertilizados a Z 3.0 confirman esta afirmación.

Además destacan la importancia de la traslocación del nitrógeno desde las fracciones vegetativa hacia la espiga y sugieren que este evento debería ser considerado en las decisiones de manejo del fertilizante, es por esto que la disponibilidad de nitrógeno en la primavera tardía debería ser suficiente para asegurar un adecuado crecimiento de hojas y tallos y consecuentemente una adecuada removilización del nitrógeno hacia la espiga al final de la estación de crecimiento.

La significancia de la removilización de nitrógeno desde las hojas y tallos al grano de trigo ha sido demostrada por Harper et al. 1987 (citado por Baethgen et al 1989), quien encontró que cerca del 50% del nitrógeno del grano provenía de la redistribución de la planta.

La práctica de fraccionar el nitrógeno en diferentes momentos del desarrollo del cultivo tiene como ventaja además de evitar las pérdidas del elemento desde el suelo y asegurarse que el cultivo va a tener el nutriente disponible en las etapas de mayores requerimientos, lograr que el cultivo haga un uso más eficiente del mismo.

La aplicación fraccionada de este nutriente es una práctica recomendable cuando se superan 30 a 40 unidades de nitrógeno por hectáreas, además de que, de ser lluvioso el período postsiembra las pérdidas pueden ser importantes (E. Hoffman et al 1997)

Ensayos de campos en condiciones de riego y secano en Nebraska (Olson et al, 1964; Rehn et al, 1983), Illinois (Welch et al 1971), Wisconsin (Bundy et al 1983), Minnesota (Melzer et al 1983) y Nueva York (Lathwell et al 1970) cit. por Doran, J.W (1980), han mostrado aumentos en rendimiento y uso más eficiente del fertilizante nitrogenado por el maíz cuando la aplicación del nitrógeno fue demorada hasta varias semanas después de la emergencia en comparación con aplicaciones antes de la siembra. Esto es especialmente cierto a dosis bajas de nitrógeno.

El aplicar el nitrógeno de esta forma también puede evitar posibles problemas de calidad del grano por el contenido de proteína en el mismo. Este aspecto es particularmente importante en cebada cervecera.

D. MODIFICACIONES QUE INTRODUCE LA SIEMBRA DIRECTA

1. Condición física del suelo

Varios trabajos demuestran que al inicio de la etapa agrícola de la rotación existen valores de resistencia a la penetración del suelo por encima de los valores considerados crítico para el crecimiento vegetal.

La continuidad de manejos de cultivos en siembra directa permitirá superar esa limitante. El incremento de la actividad biológica en el suelo, sumado a la descompactación producida por el crecimiento radicular permiten disminuir las diferencias en resistencia a la penetración que existen entre suelos laboreados convencionalmente y suelos bajo siembra directa (Ernst, O. et al 1996).

En general es el laboreo el que incrementa las poblaciones microbianas, éste efecto sin embargo depende de la proximidad a la fecha de siembra y de la profundidad del mismo (Sommers et al 1973, citado por Doran, J.W., 1980).

Estudios más recientes sobre rastrojo de trigo indicaron que las poblaciones de actinomicetes, fungi y bacterias en la superficie (5 cm.) de suelos con laboreos reducidos fueron significativamente mayores que en aquellos suelos donde el rastrojo fue incorporado por el laboreo (Dawson et al, 1948 y Nordstadt et al 1969, citado por Doran, J.W., 1980).

Además de una mayor compactación, los suelos en sistemas de siembra directa se presentan más fríos y húmedos a causa de la presencia de rastrojo en superficie, lo que trae aparejado también una menor difusión de oxígeno.

El efecto de la cobertura que ejerce el rastrojo es mucho menor si éste se mantiene en pie que si está volteado sobre el suelo, en esta posición el rastrojo refleja una mayor proporción de la radiación solar incidente determinando menor calor disponible para la evaporación de agua y calentamiento del suelo (García, F 1997).

2. Propiedades químicas

La siembra directa modifica la distribución del fósforo y la materia orgánica en el perfil del suelo. Ambos nutrientes presentan mayor concentración en superficie al eliminar el laboreo, en el caso de la materia orgánica es por acumulación de restos vegetales y en el caso del fósforo ésta distribución obedece a la fertilización localizada.

Además de la distribución también se modifica la cantidad de materia orgánica presente en los suelos no laboreados (26% más en relación al laboreo continuo, (Ernst, O. et al 1996), este aumento sumado a la no remoción del suelo permite mantener o mejorar el nivel de fertilidad del mismo.

3. Dinámica del nitrógeno

Todas estas modificaciones que introducen la siembra directa en las propiedades físicas y químicas del suelo afectan directamente la dinámica del nitrógeno provocando generalmente menores disponibilidades de éste nutriente para los cultivos.

Ernst, O. et al (1996) determinaron que el aporte de nitrógeno del suelo ha resultado una limitante importante en siembra directa de cultivo de invierno, comparando tres sistemas de laboreo contrastantes sobre una pradera engramillada de siete años (laboreo convencional continuo, laboreo solo en el cultivo cabeza de rotación y siembra directa continua). La disponibilidad del nutriente a la siembra fue menor en siembra directa en los dos primeros cultivos y varió dentro del rango de máxima respuesta.

Por otro lado el aporte desde emergencia a fin de macollaje determinó la necesidad de corregir en forma diferencial. Este hecho manifiesta la importancia de la fertilización nitrogenada en el sistema de siembra directa, donde las menores temperaturas del suelo retrasan la germinación, emergencia y crecimiento inicial de los cultivos de forma que el nitrógeno aplicado a la siembra está durante más tiempo sujeto a pérdidas.

La amplitud térmica se reduce, afectando fundamentalmente la máxima diaria y determinando una temperatura media inferior. En verano se han registrado hasta 8 °C menos y en invierno entre 2 y 4 °C menos, en ambos casos la variación depende de la cantidad de rastrojo que queda sobre el suelo y su geometría (Ernst, O. y Siri, G. ; 1994).

Estos autores encontraron que a medida que disminuía la temperatura del suelo aumentaban los días necesarios para obtener el 70 % de emergencia tanto en trigo como en cebada. Además observaron un retraso en el desarrollo del tallo principal y los tres primeros macollos de plantas de cebada nacidas el mismo día.

a. Temperatura

Además del efecto que tiene la temperatura sobre el crecimiento vegetal, éste factor afecta fundamentalmente la disponibilidad del nitrógeno para el cultivo.

En este sentido el proceso más afectado es la mineralización de la materia orgánica como una consecuencia directa de la más baja actividad de la flora microbiana y el menor contacto de los restos vegetales con la misma al quedar en superficie sin ser incorporados.

Esto determina que menos nitrógeno mineral esté presente en el suelo al momento de la siembra y menor cantidad del mismo sea liberado desde la materia orgánica durante el ciclo del cultivo.

b. Humedad

Condiciones de excesiva humedad en el suelo dificultan la circulación del aire por el espacio poroso, lo cual crea situaciones de deficiencia de oxígeno tanto para el crecimiento radicular como para la respiración microbiana.

Este ambiente anaeróbico se genera frecuentemente en situaciones de siembra directa de cultivos de invierno, donde es común encontrar excesos de agua en el suelo.

Esta falta de oxígeno, además de afectar la absorción de nutrientes por parte de las raíces, desde el punto de vista de la dinámica del nitrógeno, contribuye con el proceso de desnitrificación. Este proceso constituye unas de las pérdidas de nitrógeno predominantes en estas condiciones; en las cuales los microorganismos utilizan como aceptor final de electrones al NO_3 , debido a que no tienen oxígeno disponible para tal fin.

La consecuencia de este proceso es la reducción del NO_3 , el cual se pierde en forma de óxidos de nitrógeno (NO_2) y/o nitrógeno molecular (N_2). Inversamente en condiciones normales de aireación el NH_4 es transformado en NO_3 por procesos microbiológicos, a diferencia del NH_4 , el NO_3 es soluble en agua y por lo tanto tiene una relativamente alta movilidad en el suelo.

El régimen hídrico a que está expuesto el suelo en siembra directa y sobre todo durante el invierno donde los ingresos de agua al suelo frecuentemente exceden a las salidas, provoca también otro tipo de pérdidas de nitrógeno conocida como lixiviación de NO_3 .

Este proceso constituye un lavado en profundidad de los NO_3 que existen en la solución del suelo, ubicándolos lejos de la zona de crecimiento y desarrollo radicular, razón por la cual quedan indisponibles para los cultivos.

c. Residuos vegetales en superficie

Además del efecto que ejercen los restos vegetales sobre la temperatura y humedad del suelo a través del control de la evaporación e infiltración de agua, su presencia afecta la distribución de la población microbiana en el perfil, determinando una mayor concentración de microorganismos en los primeros cinco cm. de suelo (ver D.1). Este hecho favorece, dependiendo de la cantidad y calidad del rastrojo que se produzca una mayor inmovilización de nitrógeno en superficie.

Doran, J.W.;1980 (cit. por Doran, J.W. et al 1984) determinó que microorganismos anaerobios facultativos y bacterias denitrificantes se presentaban en mayor proporción en estas condiciones con respecto al laboreo convencional en los primeros 15 cm del

suelo, corroborando esto la menor disponibilidad de oxígeno que existen en los suelos no labreados.

Otra consecuencia importante de la cobertura de restos secos, es que los fertilizantes aplicados al voleo, quedan atrapados en ella, requiriendo lluvias para su incorporación. En estas condiciones es probable que se registren pérdidas de nitrógeno por volatilización de la urea (Baumer, C. et al 1997).

Todos éstos cambios que ocurren en el suelo por el hecho de eliminar el laboreo, frecuentemente muestran indicios de deficiencia de nitrógeno y/o limitaciones en el rendimiento de los cultivos que han conducido muchos investigadores a concluir que mayores niveles de nitrógeno son a menudo necesarios para suelos no labreados que para aquellos bajo laboreo convencional (Bekermans et al 1970; Bandel, 1979; Bandel et al, 1975; cit. por Doran, J.W, 1980.).

Coincidiendo con estos autores, Dowdel et al 1975; Moody et al, 1952 y Thomas et al, 1973 ; cit. por Doran, J.W, 1980, afirman que frecuentemente el laboreo reducido de suelos, resulta en un contenido más bajo de $N-NO_3$ en la zona de raíces comparado con un suelo labreado convencionalmente.

E. MANEJO DE LA FERTILIZACION NITROGENADA EN BASE A INDICES DE DISPONIBILIDAD

Todo lo expuesto anteriormente se puede sintetizar en que el rendimiento de los cereales esta a menudo seriamente limitado por la falta de nitrógeno disponible.

Grandes cantidades de fertilizante nitrogenado son necesarias para cubrir esas deficiencias. Para una mayor comprensión de las condiciones que conducen a esa respuesta al nitrógeno y por lo tanto poder predecir su ocurrencia sería deseable saber la cantidad de nitrógeno que un cultivo necesita para crecer, así como también la cantidad de nitrógeno que existe en el suelo en determinado momento y la cantidad que ese suelo es capaz de aportar al cultivo durante la estación de crecimiento.

Si estos factores y la eficiencia de uso del fertilizante se conociesen bien, la tarea de realizar recomendaciones de fertilización se simplificaría en gran forma.

La búsqueda de un análisis práctico de nitrógeno en el suelo ha sido larga y en muchos casos poco fructífera. La necesidad de desarrollar un mejor método para estimar las tasas de aplicaciones de fertilizante nitrogenado han tomado una nueva urgencia en la última década (Magdoff, F.R. et al 1984).



En este sentido, los esfuerzos realizados en determinar los niveles de las diferentes fracciones de nitrógeno en el suelo en diferentes momentos del desarrollo del cultivo, constituyen un aporte importante para tratar de solucionar este problema.

Muchos autores han encontrado que el nitrógeno mineral correlaciona bien con el rendimiento y la absorción de nitrógeno del cultivo.

Soper, R.J et al (1971), encontraron que en 22 experimentos de campo en siete años, la correlación entre el nitrato a varias profundidades a la siembra y la absorción de nitrógeno por la planta fue alta. A su vez la correlación entre el rendimiento de cebada de éstos y la absorción de nitrógeno fue alta. Combinando esto con un factor de eficiencia de uso del fertilizante, llegaron a calcular la cantidad de fertilizante requerido para obtener un rendimiento en particular.

Estudios recientes (Magdoff, et al, 1984; Blackmer, et al, 1989 y Fox, et al, 1989) han encontrado buenas correlaciones entre rendimiento de maíz y las concentraciones de nitrato en la superficie del suelo (30 cm) cuando las plantas tienen de 15 a 30 cm de altura.

O'Neill, E.J. et al (1982) encontraron que el nitrógeno mineral del suelo correlaciona significativamente con rendimiento y absorción de nitrógeno. Dentro de las fracciones del nitrógeno mineral, el NO_3 correlaciona mejor con parámetros de rendimiento de lo que lo hace el NH_4 . Este hecho fue confirmado por Binford, G.D. et al (1992), quienes sugieren al comparar las correlaciones entre rendimiento en grano de maíz y concentración de NO_3 de 0 a 30 y de 30 a 60 centímetros de profundidad, que no había bases sólidas para recomendar la inclusión de amonio intercambiable en los test de suelo utilizados para realizar recomendaciones de fertilización nitrogenada. No obstante, estos investigadores incluyeron datos concernientes al NH_4 debido a que bajo algunas condiciones muy particulares esta forma de nitrógeno mineral puede ser importante en el suelo (suelos tratados con amonio anhidro o con inhibidores de la nitrificación).

Además experimentos de campo realizados en Alberta y Saskatchewan (Malhi, et al, 1985; Nuttall, et al 1971; cit. por Fowler, et al, 1989) han demostrado que la relación entre rendimiento en grano y nitrógeno mineral total(nitrato mas amonio), no es mejor que nitrato solo.

III. MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo está constituido por 13 ensayos instalados entre el 10 de junio y el 18 de julio de 1998, dentro de cultivos comerciales de trigo. Los sitios se distribuyeron de la siguiente manera : diez ensayos fueron localizados en la zona de los alrededores de Mercedes, en el Dpto. de Soriano, otros dos se ubicaron en la zona de Carmelo, en el Dpto. de Colonia y el restante se instaló en la zona de Colonia Miguelete, También en el Dpto, de Colonia.

Los suelos correspondieron a Brunosoles éutricos Háplicos/típicos de la unidad Bequeló, exopto en los sitios 1 y 12, donde se encuentran Vertisoles rúpticos típicos/lúvicos de la unidad Risso, los sitios 5 y 13 que corresponden a Brunosoles éutricos típicos de la unidad Libertad y el sitio 11 localizado sobre la unidad La Carolina en donde también aparecen Brunosoles éutricos típicos.

El siguiente cuadro muestra en detalle el manejo de cada sitio del experimento.

SITIOS	SIEMBRA	CULTIVAR	REFERTILIZACIONES		COSECHIA	ANTECESOR
			Z 2.2	Z 3.0		
11 M girasol	9/6	Pronta Superior	31/7	19/8 Z 3.1	19/11	Girasol de 2 ^{da}
2 S ^{ta} Rosario	10/6	Cardenal	1/8 Z 2.1-2.2	20/8 Z 3.1	19/11	Girasol
3 1a Invernada	11/6	Cardenal	31/7	19/8 Z 3.0-3.1	21/11	Girasol de 1 ^{ra}
4 I S 12	11/6	Mirlo	1/8	19/8	28/11	Campo natural
5 Carmelo Narvais	15/6	Mirlo	8/8	21/8 Z 3.0-3.1	26/11	Trigo (Inv '97)
6 Los Ceibos casas	19/6	Cardenal	6/8	20/8	1/12	Barbecho (trigo '97)
7 S ^{ta} P ^{ta} 10	20/6	Cardenal	7/8 Z 2.1-2.2	20/8 Z 3.0-3.1	27/11	Maíz de 1 ^{ra}
8 S ^{ta} P ^{ta} 9	20/6	Cardenal	7/8	20/8 Z 3.0-3.1	27/11	Pradera vieja
9 Mangrullo 7+8	20/6	Cardenal	6/8	20/8 Z 3.0-3.1	24/11	Soja de 1 ^{ra}
10 La Loma	25/6	Pronta Superior	8/8	20/8	30/11	Girasol de 2 ^{da}
11 Miguelete Talmón	27/6	Mirlo	18/8	31/8	26/11	Trigo (Inv '97)
12 1M Maíz	10/7	Cardenal	19/8	1/9	19/11	Maíz
13 Carmelo Magrini	18/7	Baqueano/Candil	31/8 Z 2.0-2.1	18/9	11/12	Sorgo Forrajero

Cuadro N°1. Detalle del manejo de cada sitio

El diseño experimental correspondió a un factorial de 3 dosis a siembra por cuatro dosis a macollaje, arreglado en tres bloques. Las parcelas midieron 9 metros de largo y 4 metros de ancho.

Los tratamientos consistieron en tres dosis de nitrógeno agregadas a la siembra, 0, 30 y 60 unidades, cada una de las cuales fue combinada con cuatro dosis a macollaje. Los cuatro tratamientos aplicados a macollaje consistieron en tres dosis a Z 2.2 (tres tallos), a saber 0, 30 y 60 UN y una dosis combinada en la cual fueron aplicadas 30 UN a Z 2.2 mas 30 UN a Z 3.0.

A. DETERMINACIONES

1. En suelo

Se determinó el nivel de nitratos en el suelo a la siembra, Z 2.2 y Z 3.0 en una muestra compuesta constituida por 10 submuestras extraídas al azar de cada parcela. El contenido de N-NO₃ fue determinado en 20 g. de suelo siguiendo la técnica recomendada por Goldeman y Fixer (1988). Las lecturas de NO₃ en la solución extractiva se realizaron utilizando un buffer y por medio de un electrodo de actividad específica ORION 9707.

Las medidas de N-NH₄ fueron realizadas en un fotolorímetro LAMBDA, luego de haber preparado el extracto de suelo por el método de Indophenol Azul descrito por Keeney y Nelson (1982).

Además se realizó la incubación anaerobia de las muestras de suelo obtenidas a siembra y la determinación de los niveles de amonio de las mismas, utilizando el método descrito Keeney (1982).

2. En Cultivo

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

Los resultados fueron analizados como factorial con tres repeticiones, utilizando la metodología de contrastes ortogonales para separar las medias de cada tratamiento y el programa estadístico SAS para procesar los datos.

El nivel de significancia establecido para determinar si los tratamientos fueron diferentes, fue fijado en un 10 %

La razón por la cual no se utilizaron los DMS para establecer diferencias significativas entre medias, es debido a la inconveniencia que presentan a los efectos prácticos. En este trabajo en particular los valores de DMS que arrojó el programa SAS, estuvieron entre 520 y 980 Kg./ha de trigo.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

A. ANALISIS DE LA RESPUESTA AL NITROGENO AGREGADO EN DIFERENTES MOMENTOS

La siguiente figura muestra el rendimiento obtenido con las diferentes estrategias de fertilización, expresado en Kg. de grano por hectárea, promedio de las tres repeticiones de cada tratamiento en los doce sitios.

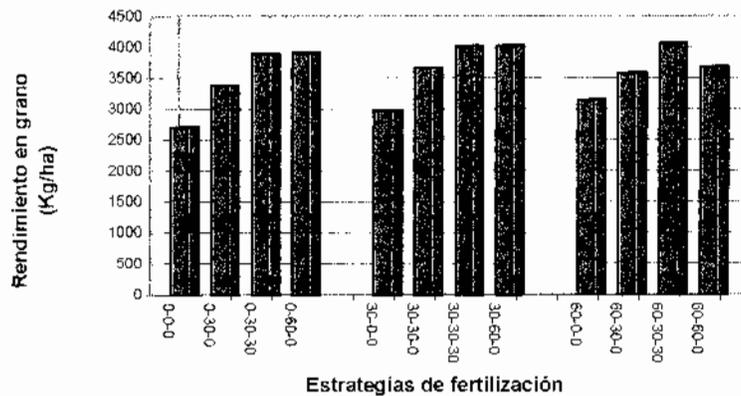


Figura N°1. Rendimiento en grano según dosis y momentos de fertilización

I. Análisis de la respuesta a las dosis totales de N agregadas

El análisis de varianza realizado para cada sitio (Ver Anova I, Anexo N°1) demostró que las diferencias observadas en rendimiento entre las distintas parcelas, se debió efectivamente a los diferentes tratamientos, es decir que hubo una respuesta significativa al agregado de nitrógeno como era de esperar.

En todos los sitios, la comparación entre las parcelas testigo (0 absoluto) y el resto de los tratamientos, arrojó diferencias significativas al 10% (Ver cuadro N°2), hecho que corrobora la existencia de la respuesta al nitrógeno agregado.

Cuando se analizó el comportamiento de las diferentes dosis aplicadas en total durante todo el cultivo, se observó que hubo respuesta hasta 30 UN totales en tres sitios (Mangrullo 7+8 Pr = 0.59, La Loma Pr = 0.16 y La Manera Maíz Pr = 0.14).

Por otra parte, se observó respuesta hasta 60 UN totales en los siguientes sitios, Sta. Rosario Pr=0.41, La Invernada Pr =0.66, Los Ceibos Pr =0.25, Sta. Francisca 9 Pr =0.27.

CONTRASTES	PR > F	RENDIMIENTO EN GRANO	
		DOSIS TOTAL (QIN/HA)	KG DE GRANO/HA
SANTA ROSARIO			
0 vs Resto	0,0001	0	1349
dt 30 vs Resto	0,0015	30	2156
dt 60 vs Resto	0,1083	60	2774
dt 90 vs 120	0,77	90	2039
		120	2873
LA INVERNADA			
0 vs Resto	0,0007	0	3028
dt 30 vs Resto	0,0026	30	3521
dt 60 vs Resto	0,6594	60	4148
dt 90 vs 120	0,7456	90	4193
		120	4269
LA SORPRESA 12			
0 vs Resto	0,0004	0	2553
dt 30 vs Resto	0,0001	30	3117
dt 60 vs Resto	0,0041	60	3315
dt 90 vs 120	0,5379	90	4088
		120	5188
NARVAIS			
0 vs Resto	0,0001	0	2853
dt 30 vs Resto	0,0001	30	3091
dt 60 vs Resto	0,0449	60	3730
dt 90 vs 120	0,9984	90	3984
		120	3984
LOS CEIBOS			
0 vs Resto	0,0057	0	3695
dt 30 vs Resto	0,0006	30	3812
dt 60 vs Resto	0,2493	60	4133
dt 90 vs 120	0,7835	90	4632
		120	4575
SANTA FRANCISCA 10			
0 vs Resto	0,0001	0	1700
dt 30 vs Resto	0,0001	30	2544
dt 60 vs Resto	0,0078	60	3476
dt 90 vs 120	0,0369	90	3820
		120	4426
SANTA FRANCISCA 9			
0 vs Resto	0,1031	0	3397
dt 30 vs Resto	0,0074	30	3373
dt 60 vs Resto	0,2657	60	3290
dt 90 vs 120	0,3592	90	4036
		120	3847
MANGRULLO 7 + 8			
0 vs Resto	0,0881	0	3890
dt 30 vs Resto	0,5925	30	4264
dt 60 vs Resto	0,8249	60	4389
dt 90 vs 120	0,7617	90	4324
		120	4393
LA LOMA			
0 vs Resto	0,0012	0	2395
dt 30 vs Resto	0,1570	30	3157
dt 60 vs Resto	0,1762	60	3317
dt 90 vs 120	0,0854	90	3300
		120	3813
TALMON			
0 vs Resto	0,0001	0	3488
dt 30 vs Resto	0,0001	30	4061
dt 60 vs Resto	0,0001	60	4702
dt 90 vs 120	0,3192	90	5595
		120	5383
MAGRINI			
0 vs Resto	0,0005	0	282
dt 30 vs Resto	0,0298	30	837
dt 60 vs Resto	0,0032	60	956
dt 90 vs 120	0,0888	90	1274
		120	1604

LA MANERA MAIZ			
0 vs Resto	0,0376	0	3182
dr 30 vs Resto	0,1409	30	3802
dr 60 vs Resto	0,5373	60	4032
dr 90 vs 120	0,2340	90	4249
		120	3969

Cuadro N°2. Contrastes utilizados para separar las medias de aquellos tratamientos correspondientes a dosis totales que difieren estadísticamente y rendimiento en grano promedio para dichas dosis.

Solo en tres sitios (La Sorpresa 12 Pr= 0.54, Narvais Pr= 0.99, Talmón Pr= 0.32) existió respuesta hasta 90 UN (Ver cuadro N° 2).

No obstante esto, aparecen 2 sitios (Sta. Francisca 10 Pr =0.0369 y Magrini Pr= 0.09) en los cuales existió respuesta hasta 120 UN totales.

La explicación a este hecho podría encontrarse por el lado de que estos sitios presentan situaciones de suelo particulares. En Sta. Francisca 10 el ensayo fue ubicado en una zona baja en donde se podía observar una acumulación de agua importante en las primeras etapas del cultivo y en Magrini existió un alto nivel de enmalezamiento por gramilla durante todo el cultivo.

2. Análisis de la respuesta al agregado de N a la siembra.

La siguiente figura muestra los tipos de respuesta al N encontrados a la siembra. Estos básicamente se pueden agrupar en tres clases: -Sitios en donde no hubo respuesta (Mangrullo 7+8, La Loma, Sta. Francisca 10), sitios en donde hubo respuesta hasta 30 UN (La Manera Maíz, Narvais, Los Ceibos, Talmón, Sta. Rosario) y sitios en donde hubo respuesta hasta 60 UN (La Invernada, La Sorpresa 12)

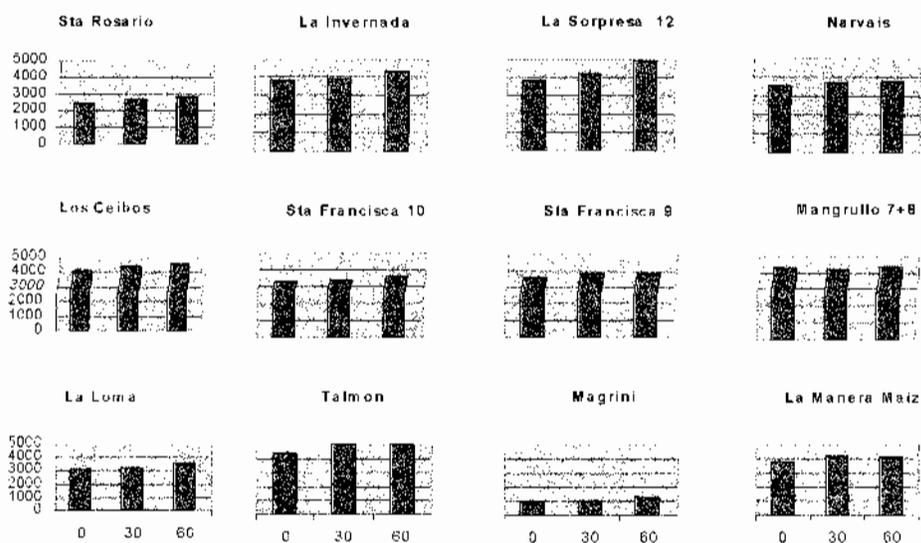


Figura N°2. Rendimiento en grano según dosis aplicadas a siembra (Promedio de todas las dosis a macollaje)

El Anova II (Ver Anexo N°2) muestra el análisis estadístico de los diferentes tipos de respuesta al N agregado a siembra y macollaje.

Como se puede ver en el cuadro N°3, no se observan diferencias significativas al analizar dosis a siembra (DS) en cinco de los doce sitios (Narvais $Pr = 0.18$, Sta. Francisca 9 $Pr = 0.27$, Mangrullo 7+8 $Pr = 0.64$, La Loma $Pr = 0.24$ y Sta. Francisca 10 $Pr = 0.13$), sin embargo en dos de ellos (Narvais y Sta. Francisca 9) existió respuesta al agregado de N, hecho que se puede apreciar observando el contraste ds 0 vs resto.

Esta situación que parece contradictoria, obedece a la forma de cálculo de cada uno de los indicadores utilizados para analizar la respuesta al N agregado a la siembra. Mientras DS incluye el promedio de todos los tratamientos a siembra, ds 0 vs resto, compara los tratamientos que no fueron fertilizados a siembra contra el promedio de 30 y 60 UN agregadas en ese momento.

Además de los dos sitios antes mencionados, existió respuesta al N agregado a la siembra en todos los demás, salvo en tres (Sta. Francisca 10 $Pr = 0.20$, Mangrullo 7+8 $Pr = 0.87$ y La Loma $Pr = 0.19$).

Cuando se comparó el agregado de 30 UN contra 60 UN, solo se encontraron diferencias significativas en dos sitios (La Invernada $Pr = 0.04$ y La Sorpresa 12 $Pr = 0.006$).

En síntesis, se puede decir que en promedio, efectivamente se encontró respuesta al nitrógeno aplicado a la siembra y que la misma, en general, no se extendió más allá de las 30 UN en dicho momento.

CONTRASTES	RENDIMIENTO EN GRANO		
	PR > F	DOSIS A SIEMBRA (UN / HA)	Kg DE GRANO /HA
SANTA ROSARIO			
DS	0,0976	0	2396
ds 0 vs Resto	0,0425	30	2654
ds 30 vs 60	0,1687	60	2782
LA INVERNADA			
DS	0,0268	0	3785
ds 0 vs Resto	0,0691	30	3882
ds 30 vs 60	0,0371	60	4278
LA SORPRESA 12			
DS	0,0004	0	3785
ds 0 vs Resto	0,0012	30	4183
ds 30 vs 60	0,0059	60	4905
NARVAIS			
DS	0,1824	0	3518
ds 0 vs Resto	0,0707	30	3708
ds 30 vs 60	0,7886	60	3743
LOS CEIBOS			
DS	0,0597	0	4147
ds 0 vs Resto	0,0388	30	4347
ds 30 vs 60	0,2263	60	4545
SANTA FRANCISCA 10			
DS	0,1285	0	3255
ds 0 vs Resto	0,1974	30	3324
ds 30 vs 60	0,1118	60	3673
SANTA FRANCISCA 9			
DS	0,2665	0	3607
ds 0 vs Resto	0,1078	30	3836
ds 30 vs 60	0,9891	60	3834
MANGRUILLO 7+8			
DS	0,6376	0	4295
ds 0 vs Resto	0,8709	30	4237
ds 30 vs 60	0,3552	60	4402
LA LOMA			
DS	0,2364	0	3173
ds 0 vs Resto	0,1935	30	3282
ds 30 vs 60	0,2696	60	3488
TALMON			
DS	0,0011	0	4472
ds 0 vs Resto	0,0003	30	5024
ds 30 vs 60	0,8683	60	5067
MAGRINI			
DS	0,0506	0	887
ds 0 vs Resto	0,0412	30	1052
ds 30 vs 60	0,1568	60	1263
LA MANERA MAIZ			
DS	0,0980	0	3762
ds 0 vs Resto	0,0304	30	4134
ds 30 vs 60	0,5792	60	4056

Cuadro N°3. Contrastes utilizados para separar las medias de aquellos tratamientos que difieren estadísticamente en las dosis aplicadas a siembra y los rendimientos promedio obtenidos a las diferentes dosis .

3. Análisis de la respuesta al agregado de N a macollaje

De la misma forma que se hizo para la siembra, en esta sección se presentan los resultados obtenidos para la respuesta al nitrógeno agregado a macollaje.

En la siguiente figura se observa que las respuestas obtenidas en este estado del cultivo, fueron similares a las obtenidas a siembra (Ver figura N°2) para las mismas dosis analizadas (0, 30 y 60), en el sentido de que no se encontraron respuestas negativas al aumentar las dosis de N aplicadas.

Al estado de macollaje, existe además un tratamiento diferente, consistente en 30 UN aplicadas a Z 2.2 (macollaje temprano o tres tallos del trigo) mas 30 UN aplicadas a Z 3.0 (fin de macollaje)

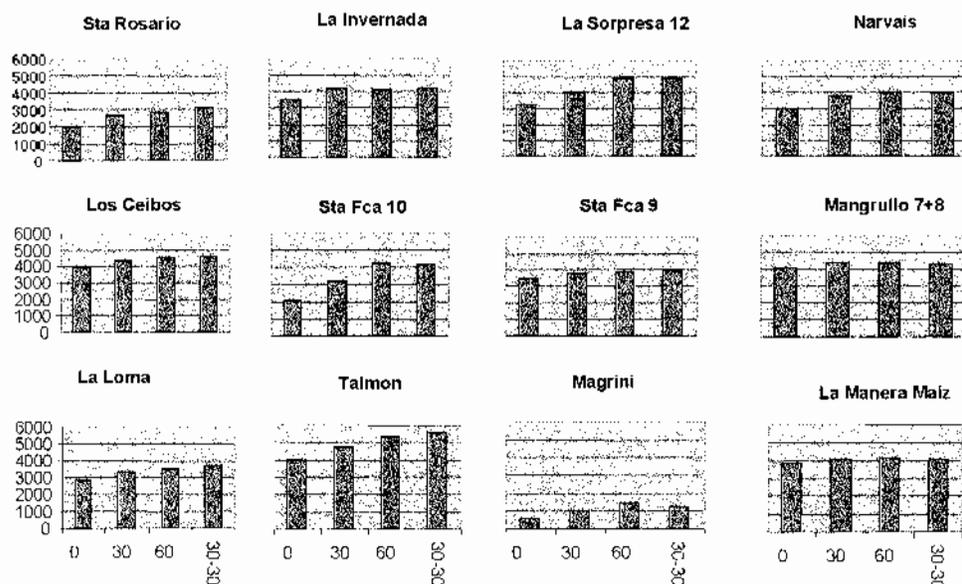


Figura N°3. Rendimiento en grano según dosis agregadas a macollaje (promedio de todas las dosis a siembra)

El cuadro N°4 presenta el análisis estadístico de los tratamientos realizados a macollaje y la interacción entre las dosis aplicadas a la siembra y las dosis aplicadas a macollaje.

El primero de los contrastes presentados, muestra que en la mayoría de los sitios hubo respuesta al agregado de nitrógeno en este estado. La excepción fueron dos sitios (Mangrullo 7+8 Pr =0.44 y La Manera Maíz Pr =0.60).

La respuesta hasta 30 UN, se evidenció en tres sitios, La Invernada (Pr= 0.003), Los Ceibos (Pr= 0.001) y Sta. Francisca 9 (Pr= 0.009); mientras que la respuesta hasta 60 UN aplicadas a macollaje se observó en siete sitios. Estos sitios en los que se encontró respuesta significativa al contrastar 30 UN vs 60 UN en este estado del cultivo fueron Sta. Rosario (Pr= 0.05), La Sorpresa 12 (Pr= 0.001), Narvais (Pr= 0.08), Sta. Francisca 10 (Pr= 0.0001), Talmón (Pr= 0.0005), Magrini (Pr= 0.02) y La Loma (Pr= 0.102).

A pesar de haber existido una respuesta significativa para la aplicación de 60 UN al macollaje, no se observaron diferencias en relación a la forma en que se aplicó dicha dosis (60 UN a Z 2.2 o 30UN a Z 2.2 mas 30UN a Z 3.0). Como se observa en el cuadro N°4 estas diferencias no fueron significativas en ninguno de los sitios.

Tampoco fue significativa la interacción entre las dosis aplicadas a siembra y las dosis aplicadas a macollaje en ninguno de los sitios, excepto en Sta. Rosario (Pr= 0.07) (Ver cuadro N°4).

CONTRASTES	Pr > F	RENDIMIENTO EN GRANO	
		DOSIS A MACOLLAJE (LN/HA)	Kg DE GRANO / HA
SANTA ROSARIO			
DM	0.0001	0	1969
dm 0 vs Resto	0.0001	30	2385
dm 30 vs 60	0.0503	60	2825
dm 60 vs 30+30	0.2502	30+30	3061
DS x DM	0.0740		
LA INVERNADA			
DM	0.0032	0	3440
dm 0 vs Resto	0.0003	30	4185
dm 30 vs 60	0.8488	60	4145
dm 60 vs 30+30	0.66	30+30	4107
DS x DM	0.375		
LA SORPRESA 12			
DM	0.0001	0	3243
dm 0 vs Resto	0.0001	30	4059
dm 30 vs 60	0.0013	60	4930
dm 60 vs 30+30	0.9660	30+30	4432
DS x DM	0.148		
NARVAIS			
DM	0.0001	0	2922
dm 0 vs Resto	0.0001	30	3746
dm 30 vs 60	0.0789	60	3994
dm 60 vs 30+30	0.8361	30+30	3963
DS x DM	0.4078		
LOS CEIBOS			
DM	0.0060	0	3926
dm 0 vs Resto	0.001	30	4355
dm 30 vs 60	0.2229	60	4492
dm 60 vs 30+30	0.5166	30+30	4612
DS x DM	0.1719		
SANTA FRANCISCA 10			
DM	0.0001	0	2086
dm 0 vs Resto	0.0001	30	3167
dm 30 vs 60	0.0001	60	4249
dm 60 vs 30+30	0.7375	30+30	4167
DS x DM	0.822		
SANTA FRANCISCA 9			
DM	0.0605	0	3441
dm 0 vs Resto	0.0090	30	3805
dm 30 vs 60	0.5703	60	3880
dm 60 vs 30+30	0.8649	30+30	3911
DS x DM	0.6865		
MANGRULLO 7+8			
DM	0.4371	0	4112
dm 0 vs Resto	0.4201	30	4417
dm 30 vs 60	0.7360	60	4389
dm 60 vs 30+30	0.7607	30+30	4327
DS x DM	0.9402		
LA LOMA			
DM	0.0032	0	2816
dm 0 vs Resto	0.0008	30	3273
dm 30 vs 60	0.1018	60	3490
dm 60 vs 30+30	0.3796	30+30	3679
DS x DM	0.7049		
TALMON			
DM	0.0001	0	3911
dm 0 vs Resto	0.0001	30	4748
dm 30 vs 60	0.0005	60	5308
dm 60 vs 30+30	0.2840	30+30	5513
DS x DM	0.1385		
MAGRINI			
DM	0.0001	0	549
dm 0 vs Resto	0.0001	30	1005
dm 30 vs 60	0.0223	60	1473
dm 60 vs 30+30	0.1788	30+30	1243
DS x DM	0.6461		

LA MANERA MAIZ			
DM	0.5947	0	3819
dm 0 vs Resto	0.1695	30	4036
dm 30 vs 60	0.9154	60	4046
dm 60 vs. 30/30	0.7803	30,30	4025
DS x DS1	0.7248		

Cuadro N°4. Contrastes utilizados para separar las medias de aquellos tratamientos que difieren estadísticamente en las dosis a macollaje y rendimiento promedio correspondiente a cada dosis.

4. Análisis de la interacción entre las dosis aplicadas a siembra y macollaje

Como fue mencionado anteriormente, la interacción entre las dosis aplicadas a siembra y las dosis aplicadas a macollaje, fue significativa solamente en el sitio Santa Rosario ($P=0.07$) (Ver cuadro N°4).

En este sentido se puede apreciar en la siguiente figura que cuando las dosis agregadas a macollaje fueron bajas (0UN o 30UN), las respuestas a las dosis a siembra fueron casi lineales hasta la máxima dosis utilizada en ese momento (60 UN), mientras que cuando las dosis aplicadas a macollaje fueron altas (60UN), independientemente de su forma de aplicación (60UN a Z2.2 o 30UN a Z2.2 + 30UN a Z3.0), no se observó respuesta a las dosis agregadas a siembra.

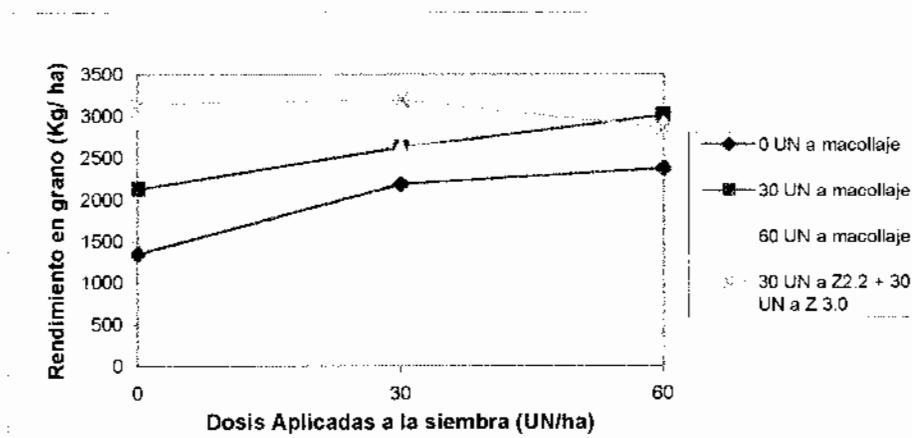


Figura N°4. Interacción entre las dosis aplicadas a siembra y macollaje para el sitio N°1 (Santa Rosario)

5. Eficiencia aparente de uso del nitrógeno según el momento de aplicación

Como era esperable, la repuesta al agregado de N fue mayor a macollaje que a siembra. Los cuadros N°5 y N°6 muestran que la eficiencia de uso del N aplicado, definida como

producción de grano por Kg de N adicional fue mayor a macollaje que a siembra, tanto para 30UN como para 60 UN aplicadas en ambos momentos.

Este hecho confirma la mayor eficiencia de absorción de N a macollaje que a siembra, debido a que en ese momento el cultivo esta absorbiendo dicho nutriente en forma más rápida, para utilizarlo en su crecimiento posterior.

Al hecho de que el cultivo presenta una mayor absorción de N en macollaje, se le suma que las posibilidades de pérdidas en éste momento son mucho menores que a siembra, lo que obedece justamente a esa rápida absorción mencionada.

Estos dos factores son básicamente los responsables de determinar esa mayor eficiencia de uso del N observada a macollaje (Ver cuadros N°5 y N°6).

SITIOS	TRATAMIENTOS	
	30-0-0	0-30-0
STA. ROSARIO	838	779
LA INVERNADA	141	845
LA SORPRESA 12	589	539
NARVAIS	-64	539
LOS CEIBOS	33	260
STA. FRANCISCA 10	256	1420
STA. FRANCISCA 9	-129	81
MANGRULLO 7+8	181	567
LA LOMA	588	936
TALMON	423	924
MAGRINI	385	725
LA MANERA MAIZ.	398	241
PROMEDIOS	303	655
EFICIENCIA PROMEDIO (Kg. Grano/Kg. N)	10.1	21.8

Cuadro N°5. Promedio de Rendimiento y Eficiencia aparente de uso del N para los tratamientos 30-0-0 y 0-30-0

SITIOS	TRATAMIENTOS	
	60-0-0	0-60-0
STA. ROSARIO	1023	1617
LA INVERNADA	1095	939
LA SORPRESA 12	1480	2099
NARVAIS	271	1033
LOS CEIBOS	661	996
STA. FRANCISCA 10	885	2597
STA. FRANCISCA 9	261	338
MANGRULLO 7+8	485	556
LA LOMA	675	1080

TALMON	936	1595
MAGRINI	417	896
LA MANERA MAIZ	613	323
PROMEDIOS	734	1172
EFICIENCIA PROMEDIO (Kg. Grano/Kg. N)	12.22	19.53

Cuadro N°6. Promedio de Rendimiento y Eficiencia aparente de uso del N para los tratamientos 60-0-0 y 0-60-0

B. EVOLUCION DEL NIVEL DE NITRATOS EN EL PERFIL (0-20 CM)

El contenido de N-NO₃ en el suelo tanto a siembra como a macollaje temprano (Z 2.2) es el mejor estimador de la respuesta al nitrógeno agregado en dichos momentos para trigo y cebada (Hoffman, E. et al 1999).

Bordoli, J.M. et al (1999) determinaron que el índice más útil para decidir dosis de fertilización de trigo en siembra directa fue el N-NO₃ en el suelo a macollaje temprano a una profundidad de 0-20 cm.

Dentro de las fracciones minerales de nitrógeno en el suelo, O'Neill et al (1982) encontraron que el N-NO₃ correlacionó mejor con rendimiento que el N-NH₄, hecho que fue confirmado por Binford, G.D. et al (1992), quienes no encontraron razones valederas para incluir el N-NH₄ en los test de suelo orientados a decidir la fertilización nitrogenada de los cultivos.

Es por esto que se considera importante conocer la evolución de la mencionada fracción del nitrógeno mineral en el suelo.

En el presente trabajo se encontró una relación directa entre la concentración de N-NO₃ a siembra (0-20 cm.) y el contenido de dicho ión a Z 2.2 (Ver figura N°5). Se puede observar que cuanto mayor es el nivel de N-NO₃ en suelo a siembra, mayor es el tenor de N-NO₃ a macollaje temprano ($R^2 = 0,46$).

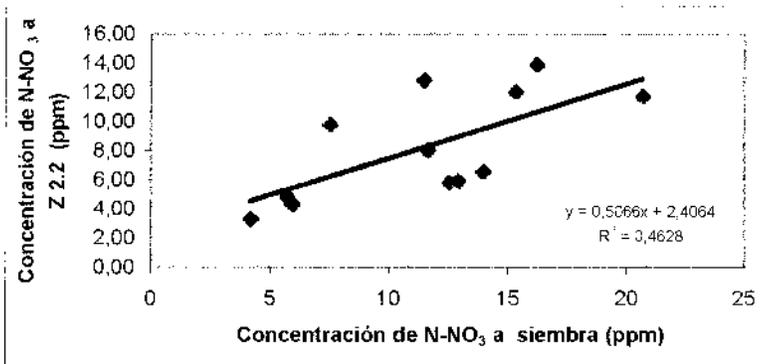


Figura N°5. Relación entre la concentración de N-NO₃ en suelo (0-20 cm) a siembra y la concentración de N-NO₃ en suelo (0-20 cm) a Z 2.2 (Promedio de los testigos por sitio).

La comprobación de este hecho es de suma importancia ya que de esta manera el contenido de N-NO₃ a siembra, no solo nos permitirá conocer la cantidad de nitrógeno presente en ese momento, sino que también nos permitirá tener una idea aproximada de cual será el nivel alrededor del cual fluctuará la concentración de N-NO₃ a Z 2.2.

Perdomo, C. et al (s/p), citado por Hoffman, E, et al (1999), determinaron que a pesar de las características climáticas contrastantes entre años (1995, 1996 y 1997) que determinaron cantidades absolutas diferentes de N-NO₃ a Z 2.2, es consistente el hecho que los sitios que presentaron niveles altos o bajos a siembra, mantendrán la misma tendencia a Z 2.2.

Cuando se trató de asociar el nivel de N-NO₃ a siembra con el nivel de N-NO₃ a macollaje tardío (Z 3.0) (Ver figura N°6), se encontró que si bien la tendencia era similar, se perdía relación entre la concentración de N-NO₃ en los dos momentos ($R^2 = 0,09$).

También se observó una disminución en la correlación entre el nivel de N-NO₃ a Z 2.2 y Z 3.0 ($R^2 = 0,35$), manteniendo la misma tendencia que en los casos anteriores (Ver figura N°7).

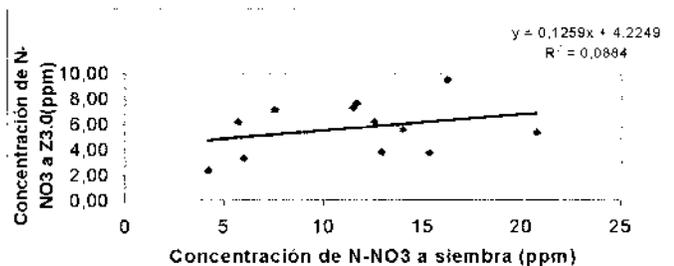


Figura N°6. Relación entre la concentración de N-NO₃ en suelo (0-20 cm) a siembra y la concentración de N-NO₃ en suelo (0-20 cm) a Z 3.0.

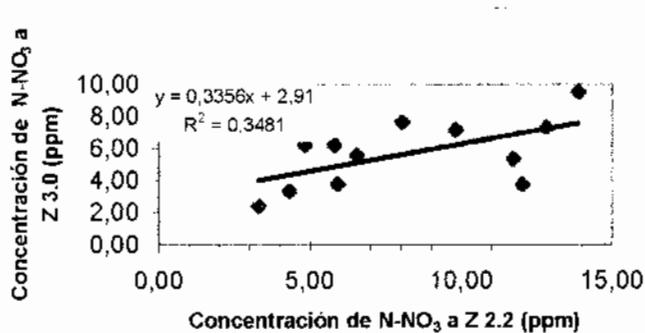


Figura N°7. Relación entre la concentración de N-NO₃ en suelo (0-20 cm) a Z. 2.2 y la concentración de N-NO₃ en suelo (0-20 cm) a Z. 3.0.

El hecho de que la relación existente entre las concentraciones de N-NO₃ a siembra y Z 2.2 se pierda casi totalmente al extender el período de comparación desde siembra hasta Z 3.0, obedece a las tasas de absorción de este nutriente por parte del cultivo, las cuales aumentan hacia fines de macollaje, haciéndose máximas después de Z 3.0, lo cual puede hacer que sitios en los que se encontraron altas concentraciones de N-NO₃ a Z 2.2, contengan niveles bajos a Z 3.0 debido a la alta absorción por parte del cultivo en dicho momento.

Otra forma posible de predecir la capacidad de suministrar N por parte del suelo es mediante la relación entre el N-NH₄ producido por incubación anaeróbica y la concentración de nitrato a Z 2.2 y Z 3.0. En la figura N°8 se observan tendencias similares a las establecidas en las figuras N°5 y N°6 pero con una correlación mucho menor ($R^2 = 0,38$ para N-NO₃ a Z 2.2 y $R^2 = 0,03$ para N-NO₃ a Z 3.0).

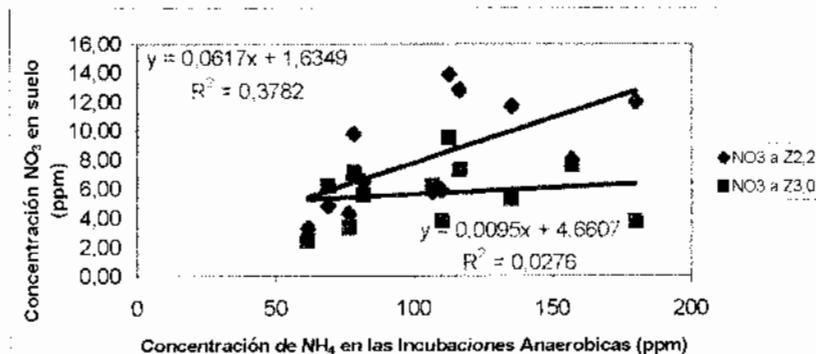


Figura N°8. Relación entre la concentración de N-NO₃ en suelo (0-20 cm) a Z. 2.2 y Z. 3.0 y la concentración de N-NH₄ liberado por Incubación Anaerobia a siembra.

C. INDICES DE SUELO A SIEMBRA PARA DECIDIR FERTILIZACIÓN NITROGENADA

Si bien existen trabajos nacionales (Hoffman, E. et al 1999) en los cuales se observa un cuarto tipo de respuesta, como lo es la respuesta negativa a dosis crecientes de nitrógeno, lo cual sería esperable en suelos con altos niveles de N-NO₃ a la siembra, éste no fue observado en el presente trabajo. Este hecho probablemente sea explicado por las características climáticas del año y las dosis utilizadas, las cuales a diferencia del mencionado trabajo que incluyó cuatro dosis a la siembra (0, 30, 60 y 90 UN), fueron tres (0, 30 y 60UN), hecho que además imposibilitó ajustar regresiones entre las dosis de N a la siembra y el rendimiento en grano.

Si se hubieran incluido en este trabajo dosis de 90 UN a la siembra o mayores posiblemente se hubieran encontrado descensos de rendimientos al pasar de 60 a 90 UN o más.

La relación encontrada entre el rendimiento en grano en kg./ha y la concentración de N-NO₃ en suelo (0-20 cm) a la siembra en ppm, sugirió para este experimento en particular que cuando se superan las 16 a 17 ppm de N-NO₃ en el suelo, se detiene la respuesta al N. (Ver figura N°9).

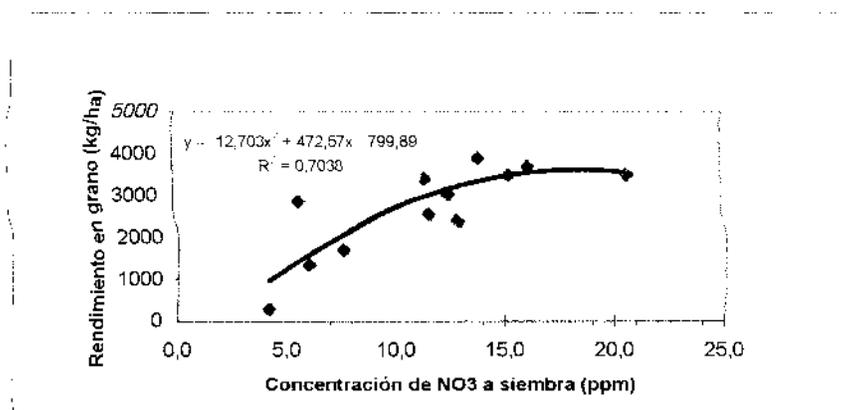


Figura N°9. Relación entre Rendimiento en grano y la concentración de NO₃ en suelo (0-20 cm) a siembra (Promedio de los testigos por sitio), asumiendo que no se corrige a macollaje.

Cuando esta relación se realizó teniendo en cuenta además de los niveles de N- NO₃ a la siembra, los de N-NH₄ en dicho momento (Ver Figura N°10), se observó que el grado de explicación del rendimiento en grano a través de la concentración de N-NO₃ + N-NH₄ a la siembra, no mejoró. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Malhi et al, 1985 y Nuttall et al 1971 citados por Fowler et al 1989, quienes demostraron que la

relación entre rendimiento en grano y nitrógeno mineral total ($\text{NO}_3 + \text{NH}_4$) no fue mejor que con N-NO_3 solo.

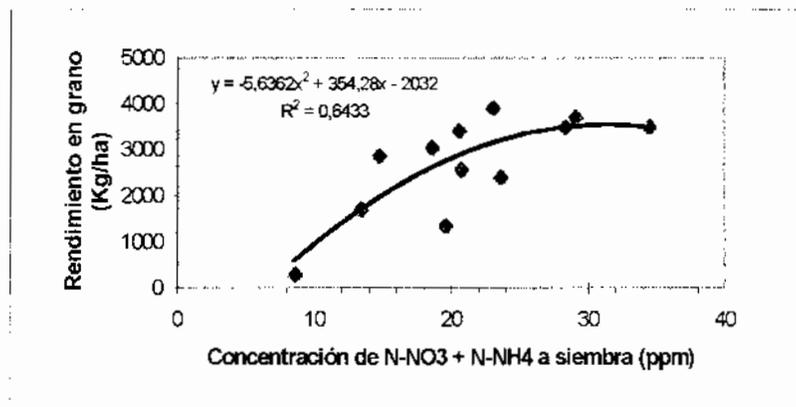


Figura N°10. Relación entre el Rendimiento en grano de los testigos y la concentración de $\text{N-NO}_3 + \text{N-NH}_4$ en suelo (0-20 cm) a siembra (Asumiendo que no se corrige a macollaje).

La figura N°10 muestra además que los niveles de $\text{N-NO}_3 + \text{N-NH}_4$ a partir de los cuales cesa la respuesta al N del suelo se ubican en el entorno de las 29 ppm.

Otra forma de analizar la respuesta al N es a través del rendimiento relativo (Rendimiento del testigo sin fertilizar/ promedio de los tres tratamientos que rindieron mas para cada sitio). Esto no es otra cosa que el porcentaje del rendimiento máximo que rindió el testigo (definido el rendimiento máximo, como el promedio de los tres tratamientos que rindieron mas).

De esta forma podemos reducir la variación entre sitios y relativizar el rendimiento obtenido en cada uno. Este enfoque de los resultados nos permite evitar caer en el error de pensar que cuando hay 15 ppm de N-NO_3 en el suelo, vamos a obtener un rendimiento de 3500 Kg/ha de trigo y cuando hay 6 ppm de N-NO_3 vamos a obtener 1500 Kg/ha de trigo, y en cambio nos permite observar la respuesta del cultivo en términos de porcentaje del rendimiento máximo como se observa en la figura N°11.

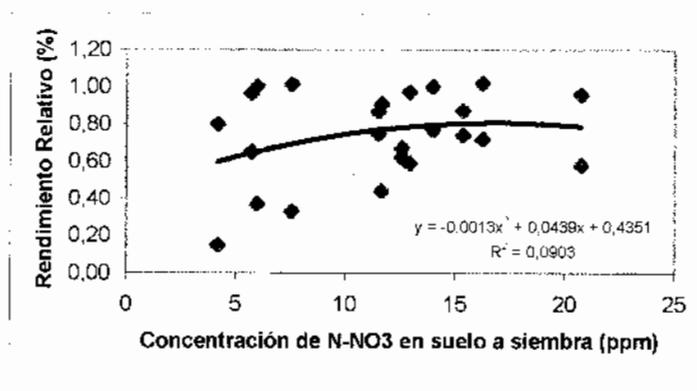


Figura N°12. Relación entre el rendimiento relativo y la concentración de N-NO₃ en suelo (0-20 cm) a siembra (Asumiendo que se corrige el nivel de N-NO₃ a macollaje).

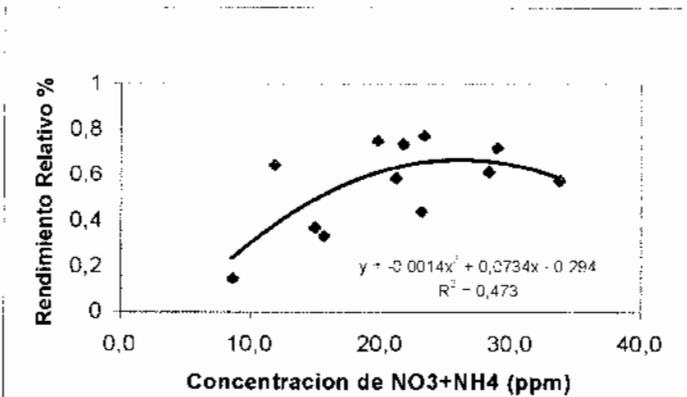


Figura N°13. Relación entre Rendimiento Relativo y concentración de N-NO₃ + N-NH₄ en suelo (0-20 cm) a siembra.

A nivel nacional existen trabajos en los cuales se trató de determinar a priori, la respuesta al agregado de N a la siembra que sería esperable en un suelo determinado, para lo cual se establecieron dos grupos de chacras en las cuales la respuesta esperada debería ser diferente; un grupo de alta respuesta esperada y un grupo de baja respuesta esperada (Perdomo, C. et al s/p, cit. por Hoffman, E. et al 1999).

Para la clasificación de las chacras en éstos dos grupos se utilizó como criterio el cultivo antecesor, la historia de chacra y el tipo de laboreo, quedando las chacras realizadas en siembra directa dentro del grupo de alta respuesta esperada al agregado de N (Perdomo, C. et al s/p, cit. por Hoffman, E. et al 1999). Cabe destacar que en éstas chacras no se había establecido un sistema de siembra directa continuo (como en las chacras del presente trabajo), sino que estaban en la etapa de transición o eran en siembra directa ocasional.

De acuerdo con esta categorización, las chacras que constituyen el presente experimento, entrarían en el grupo de alta respuesta esperada, por lo cual se utilizó otro criterio para tratar de explicar la respuesta observada al N en función del tipo de suelo.

Este criterio es el potencial de mineralización de la materia orgánica que tiene cada chacra y se mide a través del N-NH₄ liberado por incubación anaeróbica.

La clasificación según este criterio arrojó los siguientes grupos, luego de haber definido arbitrariamente un límite de 110 ppm de N-NH₄ para la separación de las chacras.

GRUPO DE ALTA INCUBACION ANAEROBICA		GRUPO DE BAJA INCUBACION ANAEROBICA	
SITIO	NH ₄ (ppm)	SITIO	NH ₄ (ppm)
3 La sorpresa 12	156,7	1 Santa Rosario	76,4
5 Los Ceibos	112,6	2 La Invernada	106,6
7 Santa Francisca 9	116,2	4 Narvais	69,1
10 Talmón	135,1	6 Santa Francisca 10	78,1
12 La Manera Maiz	179,7	8 Mangrullo 7+8	81,7
		9 La Loma	109,9
		11 Magrini	61,6

Cuadro N°7. Grupos de chacras establecidos según el nivel de N-NH₄ liberado por incubación anaeróbica

En la figura N°14 se observa la respuesta al agregado de N en función de la concentración de N-NO₃ a siembra para los dos grupos definidos según el criterio antes mencionado. Se observa que dicha respuesta está claramente condicionada por el manejo anterior y el tipo de suelo, estimado objetivamente por el potencial de mineralización o lo que es lo mismo, la capacidad de aportar N que tiene ese suelo.

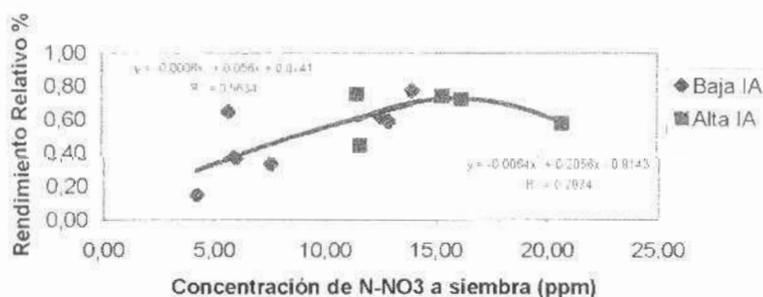


Figura N°14. Relación entre el Rendimiento Relativo y la concentración de N-NO₃ en suelo (0-20 cm) a siembra, según los grupos de respuesta definidos por los valores de Incubación Anaeróbica. (Asumiendo que no se corrige a macollaje).

En este trabajo, dentro del rango de Incubación Anaerobia en que se trabajó no se observó un nivel crítico para el grupo de alta respuesta (Baja IA), pero es previsible que éste sea mayor al observado para el grupo de baja respuesta (Alta IA) si observamos la tendencia de dicha curva (curva azul figura N°14).

Por el contrario, para el grupo de baja respuesta (Alta IA) se encontró un nivel crítico de 16 ppm de N-NO₃. Estos resultados, si bien no coinciden en los valores absolutos de los niveles de N-NO₃ a los cuales se detiene la respuesta al N, con los obtenidos por Perdomo, C. et al s/p, cit. por Hoffman, E et al 1999; concuerdan en el hecho de que el valor crítico es mayor para el grupo de alta respuesta (Baja IA).

La siguiente figura muestra que cuando la concentración de N-NH₄ liberado por Incubación Anaerobia en suelo a siembra supera las 144 ppm, es poco probable obtener respuesta en rendimiento. La tendencia general de la curva es similar a la obtenida con N-NO₃ a siembra y Rendimiento Relativo, pero el grado en que explica el Rendimiento Relativo es menor.

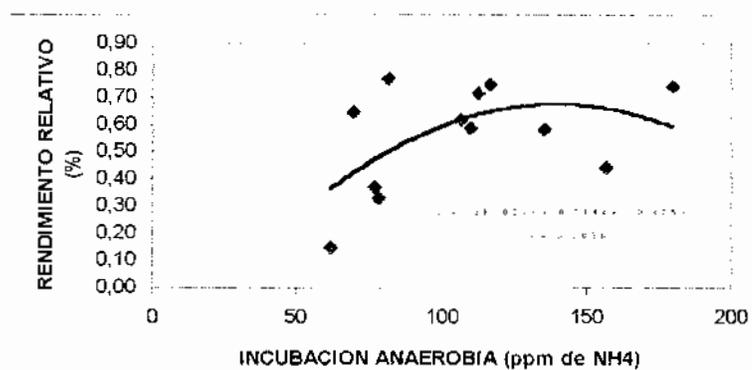


Figura N°15. Relación entre el Rendimiento Relativo y la concentración de N-NH₄ liberado por Incubación Anaerobia en suelo (0-20 cm) a siembra.

D. INDICES DE SUELO A MACOLLAJE PARA DECIDIR FERTILIZACION NITROGENADA

La siguiente figura muestra la respuesta en Kg. de trigo por ha. en función de la concentración de NO₃ en el suelo a Z 2.2. En ella se observa que cuando se tomaron en cuenta todas las dosis a la siembra (0,30 y 60 UN/ha), el nivel de N-NO₃ en el suelo por encima del cual no aumenta el rendimiento es de 14 ppm, sin embargo cuando se consideran dos dosis a la siembra (0 y 30 UN/ha), ese nivel crítico desciende para ubicarse en 12 ppm, notándose además un menor coeficiente de determinación en ésta

última curva ($R^2 = 0,37$ vs $R^2 = 0,47$), posiblemente debido al menor número de puntos considerados.

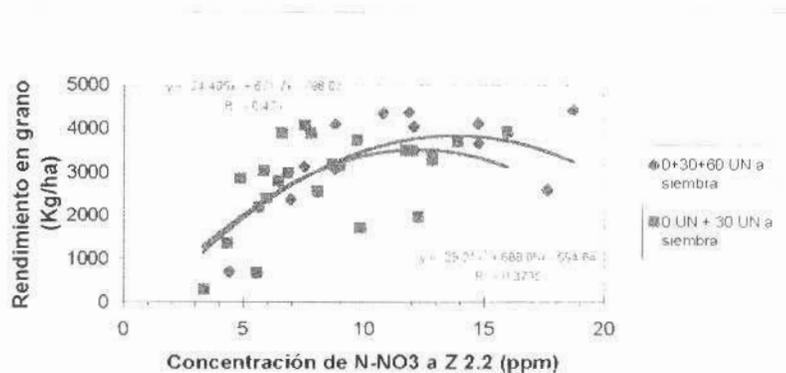


Figura N°16. Relación entre Rendimiento en grano y la concentración de N-NO₃ en suelo (0-20 cm) a Z 2.2.

Este hecho que no concuerda con los datos obtenidos por Perdomo, C. et al, quienes encontraron que incluyendo las dosis de 60 además de las de 0 y 30 a siembra, obtenían una menor relación entre la concentración de N-NO₃ a Z 2.2 y rendimiento, posiblemente podría explicarse, por el hecho de que se trata de cultivos realizados en siembra directa en un año de alta respuesta al N, lo cual hizo que al incluir datos de N-NO₃ de tratamientos con dosis mayores de N a la siembra (60 UN), no disminuyera esta relación entre rendimiento en grano y N- NO₃ a Z 2.2.

Contrariamente a lo que sucedió a la siembra y a lo que menciona la bibliografía, el hecho de considerar juntos los niveles de N-NO₃ y N-NH₄ en suelo a Z 2.2, determina una mayor relación con rendimiento en grano, aunque los coeficientes de determinación no aumentan considerablemente (Ver figura N°17).

Los niveles críticos encontrados para estas relaciones fueron similares, para la curva que considera 0, 30 y 60 UN a siembra 29 ppm y para la curva que considera 0 y 30 UN a la siembra, alrededor de 26,5 ppm; observándose al igual que para cuando se realizó la curva solo con N-NO₃ a Z 2.2, un mayor coeficiente de determinación entre las variables cuando se graficaron juntos los datos de las parcelas fertilizadas con 0, 30 y 60 UN a siembra.

Cuando el rendimiento relativo fue confrontado con el nivel de N-NO₃ a Z 2.2, considerando la variación en dicho nivel que imponen las diferentes fertilizaciones a siembra, se observó que el nivel de N-NO₃ por encima del cual deja de aumentar el rendimiento relativo, es de 12 ppm (Ver figura N°19).

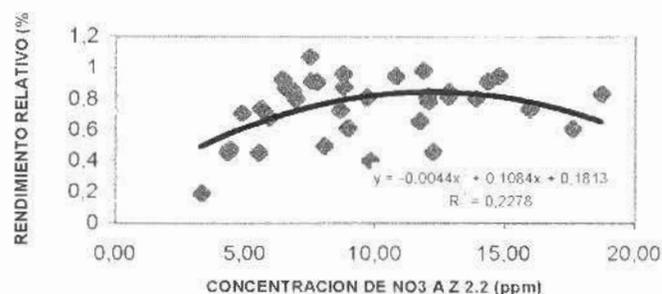


Figura N°19. Relación entre el rendimiento relativo y la concentración de N-NO₃ a Z 2.2 (0-20 cm) (Asumiendo que se corrige el nivel de N-NO₃ a siembra).

El hecho de sumarle el nivel de N-NH₄ a Z 2.2, al de N-NO₃ en ese estadio, no explicó mejor la variación de la respuesta al N de lo que lo hizo el N-NO₃ solo (Ver figura N°18 y 20).

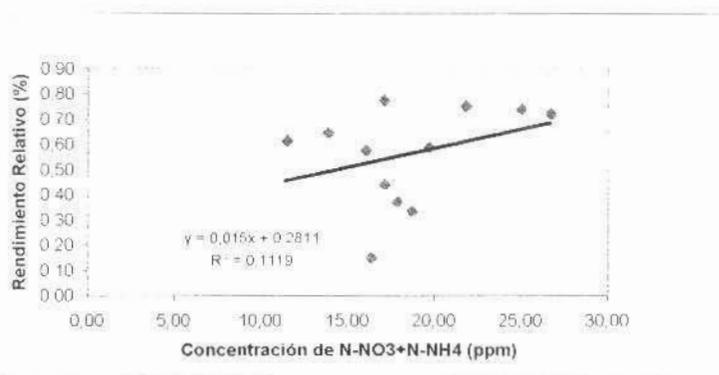


Figura N°20. Relación entre el Rendimiento Relativo y la concentración de N-NO₃ + N-NH₄ en suelo (0-20 cm) a Z 2.2

Cuando la respuesta en rendimiento en este estadio se trató de explicar a través de los grupos de respuesta previamente definidos en el cuadro N°7, se observó que en aquellos suelos con baja capacidad de aportar N, la respuesta fue mayor que en aquellos con alta capacidad de aporte, aunque el nivel crítico parece ser menor para los primeros, a pesar de los pocos puntos que se consideran (Ver figura N°21). Este hecho se podría explicar porque en los sitios de alta respuesta el potencial de rendimiento definido por el cultivo, es menor al potencial de rendimiento determinado por los cultivos en aquellos suelos de baja respuesta, ya que estos tienen una mayor capacidad de aporte de N. Estas parcelas,

al no haber recibido fertilización durante todo el ciclo del cultivo, dependen tanto para la definición del potencial de rendimiento como para su posterior concreción, del nitrógeno que le suministre el suelo.

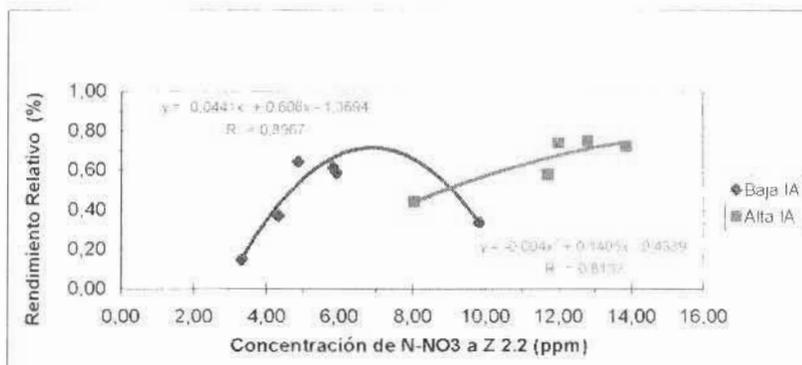


Figura N°21. Relación entre Rendimiento Relativo y concentración de N-NO₃ en suelo (0-20 cm) a Z 2.2 según los grupos de respuesta definidos por los valores de Incubación Anaerobia

En la siguiente figura se observa que la hipótesis precedente no se cumple, ya que para el grupo de baja respuesta, rendimientos relativos bajos, se corresponden con rendimientos del testigo bajo, lo cual descarta que sea un problema de bajo potencial productivo.

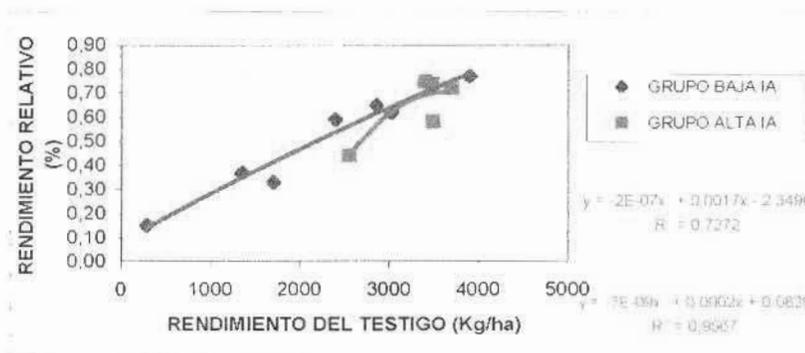


Figura N° 22. Relación entre rendimiento relativo y rendimiento del testigo

Una herramienta para medir la respuesta al N agregado a este estadio del cultivo que puede ser interesante a la hora de orientar decisiones de fertilización, es el incremento de rendimiento, medido como la diferencia entre las parcelas fertilizadas con 30 y 60 UN a Z 2.2 y las parcelas que no recibieron fertilización en este estadio.

Bordoli et al, 1999, concluyeron que sería poco probable encontrar aumentos de rendimiento por encima de las 16 a 18 ppm de NO₃ en el suelo, cuando se aplicaron 30

UN a Z 2.2. Por debajo de este rango crítico encontraron una dispersión importante, aunque la tendencia general mostró que los incrementos de rendimiento se redujeron al aumentar la concentración de NO_3 en el suelo. En el presente trabajo no fue posible determinar niveles críticos ya que no se encontró una buena relación entre concentración de N-NO_3 en el suelo y el incremento de rendimiento ($R^2 = 0,0012$ para el agregado de 60 UN y $R^2 = 0,0018$ para el agregado de 30 UN)(Ver figura N°23).

Esta escasa relación entre la concentración de N-NO_3 en el suelo y el incremento de rendimiento puede ser debida a que estamos considerando datos de pocos sitio en solo un año, el cual además se caracterizó por la alta respuesta al fertilizante nitrogenado.

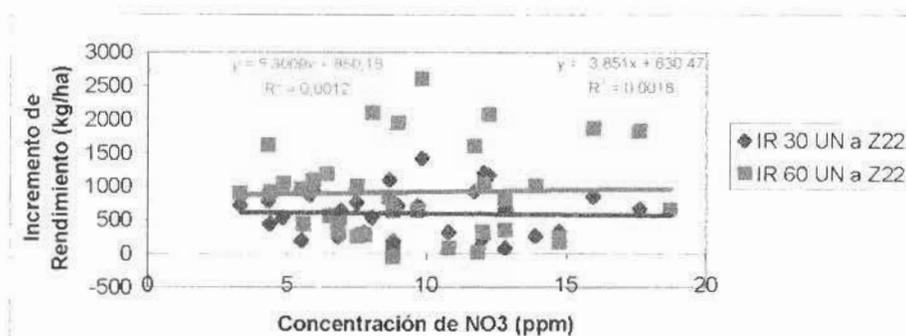


Figura N°23. Relación entre el Incremento de Rendimiento logrado por agregar 30UN y 60 UN a Z 2.2 y la concentración de NO_3 en suelo (0-20 cm) a Z 2.2

Otra herramienta que puede ser de mucha utilidad para ayudar a tomar decisiones de fertilización es el ingreso neto acumulado, relacionado al nivel de N-NO_3 en el suelo. El mismo fue calculado tomando como 101 US\$ por tonelada el precio del trigo y 153 US\$ por tonelada el de la urea. La figura N°24 muestra que existió una buena relación entre estas dos variables y cuando en nivel de N-NO_3 en el suelo a Z 2.2 supera las 12 a 13 ppm, se vuelve económicamente inconveniente fertilizar tanto con 30 UN como con 60 UN. A pesar de que el rango crítico fue igual para las dos dosis de N aplicadas en este estadio, los ingresos netos obtenidos cuando se aplican 60 UN, siempre estuvieron por encima de los obtenidos con 30 UN. Estos resultados corroboran una vez mas el año de alta respuesta al N en el cual se realizó el experimento.

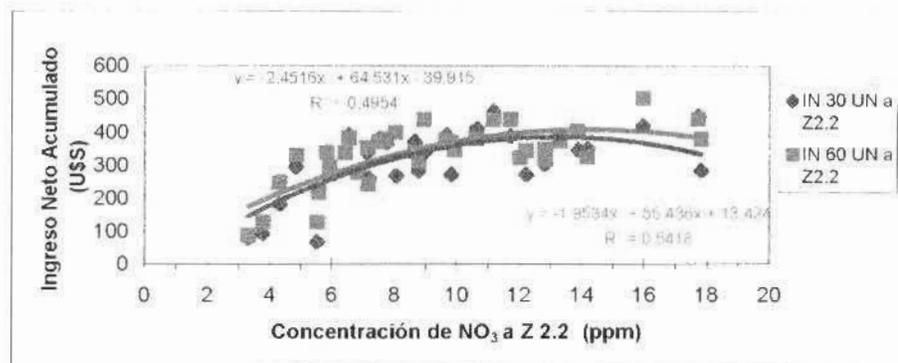


Figura N°24. Ingreso Neto acumulado obtenido por aplicar 30 UN y 60 UN a Z 2.2 en función de la concentración de NO₃ en suelo (0-20 cm) a Z 2.2

E. RESPUESTA AL AGREGADO DE NITROGENO A Z 3.0

Tal como ya se había mencionado, no se observaron diferencias significativas entre aplicar 60 UN a Z 2.2 o aplicarlas fraccionadas, 30 a Z 2.2 y 30 a Z 3.0 (Ver figura N°25).

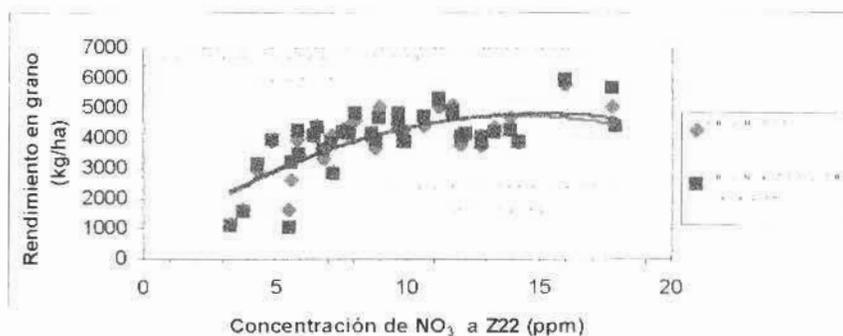


Figura N°25. Relación entre Rendimiento en grano y concentración de NO₃ en suelo (0-20cm) a Z 2.2 cuando se aplican 60 UN a Z 2.2 o 30 UN a Z 2.2 y 30 UN a Z 3.0.

Además como se ve en la figura, existió un nivel crítico de N-NO₃ a Z 2.2 por encima del cual se detiene la respuesta al N que fue igual para ambas curvas (entre 11 y 12 ppm).

Cuando se analizó el incremento de rendimiento logrado al aplicar 60 UN a Z 2.2 y el que se alcanzó por agregar la misma dosis fraccionada en los dos momentos antes mencionados, frente a no agregar N en Z 2.2 y Z 3.0, utilizando las parcelas fertilizadas

con las tres dosis a siembra, se observó que cuando no se fertilizó a siembra el incremento de rendimiento, en promedio estuvo entre 1000 y 1500 Kg/ha. Por otro lado cuando se agregaron 60 UN a siembra, los incrementos de rendimiento fueron en promedio de 500 Kg/ha. (Ver figura N°26).

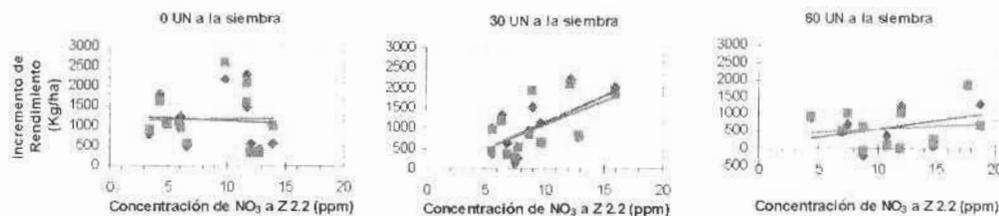


Figura N°26. Incremento de Rendimiento que se obtiene por agregar 30 UN a Z 2.2 + 30 UN a Z 3.0 y 60 UN a Z 2.2 en función de la concentración de NO_3 en suelo (0-20 cm) a Z 2.2 = 60 U■ aplicadas a Z 2.2 = 30 UN aplicadas a Z 2.2 + 30 UN aplicadas a Z 3.0

Tanto para cuando se fertilizó con 0 UN como con 60 UN a siembra, se observó que la respuesta en incremento de rendimiento fue independiente de la concentración de N-NO_3 en el suelo a Z 2.2, en cambio cuando se aplicaron 30 UN a la siembra, los incrementos de rendimiento, aumentan al aumentar la concentración de N-NO_3 en el suelo a Z 2.2.

V. CONCLUSIONES

- 1- En la respuesta a las dosis totales de N aplicadas, los sitios se distribuyeron en cuatro grupos de respuesta (3 sitios con respuesta hasta 30UN, 4 sitios hasta 60 UN, 3 sitios hasta 90 UN y 2 sitios hasta 120 UN). Dicha respuesta estuvo relacionada al manejo anterior del suelo y sobre todo al cultivo antecesor .
- 2- La respuesta al agregado de N a la siembra en general fue sólo hasta 30 UN.
- 3- A diferencia de lo ocurrido a la siembra, a macollaje existió respuesta en promedio hasta 60UN (dosis máxima usada), no observándose diferencias significativas al fraccionamiento de dicha dosis (50% Z 2.2 y 50% Z 3.0)
- 4- La respuesta al N agregado a macollaje es en general independiente de las dosis agregadas a siembra.
- 5- La eficiencia aparente de uso del N para producir grano, es mayor al aplicarlo a macollaje que a siembra.
- 6- El nivel crítico de N-NO₃ a siembra es de 16-17 ppm, según se corrija o no con fertilización al macollaje.
- 7- El índice de N mineral a la siembra (concentración de N-NO₃ más la concentración de N-NH₄ , a la siembra); no fue mejor que sólo N-NO₃ , ya que no mejoró la relación con rendimiento relativo.
- 8- La respuesta observada al N agregado a siembra esta claramente condicionada por el manejo anterior y el tipo de suelo. Este manejo se intentó definir objetivamente por los valores de incubación anaerobia. Así las chacras con valores mayores a 110 ppm de N-NH₄ tuvieron en general menor respuesta, que las chacras con valores inferiores.
- 9- A su vez conocer la concentración de N-NO₃ en suelo a siembra es de utilidad ya que nos permite estimar aproximadamente dicha concentración a Z 2.2. Esto no se cumple para Z 3.0.
- 10- El nivel crítico de N-NO₃ a Z 2.2 fue de 12 - 14 ppm, considerando las diferentes fertilizaciones a siembra.
- 11- Cuando la concentración de N-NO₃ en suelo a Z 2.2 supera las 12- 13 ppm se vuelve inconveniente fertilizar tanto con 30 como con 60 UN, para las relaciones actuales de precios.

VI. RESUMEN

Durante el invierno de 1998 se instalaron 13 ensayos en chacras comerciales de trigo en la zona de Mercedes, Dpto. de Soriano; Carmelo y Colonia Miguelete, Dpto. de Colonia, en los que se buscó calibrar indicadores de suelo ($N-NO_3$, $N-NH_4$ e Incubación Anaeróbica) para decidir fertilización nitrogenada en trigo sembrado en sistemas de siembra directa.

Estos ensayos se localizaron sobre Brunosoles de la Unidad Bequeló, Libertad y La Carolina y Vertisoles de la Unidad Risso.

El diseño experimental consistió en un factorial de 3 dosis a siembra (0, 30 y 60 UN) y cuatro dosis a macollaje (0, 30, 60 UN a Z 2.2 y otro tratamiento consistente en 60 UN fraccionadas 30 a Z 2.2 + 30 a Z 3.0), dispuesto en 3 bloques al azar.

Se encontró que en general hubo respuesta a fertilizar el cultivo a siembra hasta con 30 UN, aunque en algunos sitios, la respuesta fue hasta 60 UN y en otros no existió.

A macollaje, la respuesta en promedio ocurrió hasta las 60 UN. Cuando esta dosis se aplicó fraccionada entre Z 2.2 y Z 3.0 (50 % Z 2.2 + 50% a Z 3.0), no se encontraron diferencias significativas contra aplicar las 60 UN a Z 2.2.

En cuanto a los niveles críticos, se encontró que a la siembra, este se sitúa entre las 16-17 ppm de $N-NO_3$ en suelo (0-20 cm), mientras que al estado de Z 2.2, la respuesta al N es poco probable cuando el nivel de $N-NO_3$ en suelo (0-20 cm) superó las 12 -14 ppm.

La concentración de N mineral en el suelo (NO_3 mas NH_4) a la siembra y a macollaje temprano (Z 2.2) o la Incubación Anaeróbica a la siembra no explicaron mejor el rendimiento en grano, ni la respuesta observada a la fertilización nitrogenada, que sólo la concentración de $N-NO_3$ en el suelo.

VII. SUMMARY

During the winter of 1998 13 assays were installed inside commercial wheat crops, in three sites, Mercedes (Dept. Soriano), Carmelo (Dept. Colonia) and Colonia Miguelete (Dept. Colonia), where the objectives were to determine NO_3 levels, at which the wheat yield response to an external added nitrogen decrease.

These assays were located over Brunosoles of Bequeló, Libertad and La Carolina Map Unit and Vertisoles of Risso Map Unit.

The experimental design consist in a factorial of 3 dose at seeding (0, 30 y 60 UN) and 4 at macollaje (0, 30 y 60 UN at Z 2.2 and another treatment, consisting in 60 UN splitted between Z 2.2 and Z 3.0 (50% in each stadium), arranged in 3 random blocks

It was found on average a significant response to the N fertilizer until 30 NU, although, in some sites that response was until 60 NU and was inexistent in others.

At macollaje, the average response occurred until 60 NU, but there were no significant response to split that dose between Z 2.2 and Z 3.0.

The range of N- NO_3 concentration in the soil (0 - 20 cm) at seeding, at which the response to the N added has few probabilities of occurred was between 16 and 17 ppm.

On the other hand, at Z 2.2 that concentration was sited around 12 to 14.

Neither the mineral N concentration in soil ($\text{NO}_3 + \text{NH}_4$) at seeding and Z 2.2 nor the IA at seeding were better than N- NO_3 concentration in soil (0 - 20 cm) to explain the grain yield and the observed response to the nitrogen fertilization.

+VIII. BIBLIOGRAFÍA

1. Baethgen, W.E.; Alley, M.M. 1989. Optimizing soil in fertilizer nitrogen use by intensively managed winter wheat. I. Crop nitrogen uptake. *Agronomy Journal*. 81 (1): pp116-120.
2. Barberis, L.A. 1983. Análisis de la respuesta del trigo a la fertilización nitrogenada en la Pampa arenosa y su predicción. *Revista de la Facultad de Agronomía de Buenos Aires*: s. Buenos Aires, Argentina. 4 (3): pp 325-334.
3. Baumer, C.; Devito, C.; Gonzalez, N. 1997. Momentos de aplicación de nitrógeno en siembra directa de Trigo. *Revista de Tecnología Agropecuaria*. INTA Pergamino. *Divulgación técnica*. 2 (4): pp 5-7.
4. Binford, G.D.; Blackmer, A.M.; Cerrato, M.E. 1992. Relationship between corn yields and soil nitrate in late spring. *Agronomy Journal* 84 (1): 53-59.
5. Blackmer, A.M. ; Cerrato, M.E. 1990. Comparison of models for describing corn yields response to N fertilizer. *Agronomy Journal*. 82 (1): 138-143.
6. Bordoli, J.M.; Quincke, A.; Marchesi, A. 1999. Fertilización de trigo en Siembra Directa. In *Septima Jornada Nacional de Siembra Directa*. (1999, Mercedes, Uruguay,Mercedes.pp:38.
7. Castro, A. 1997. Epoca de siembra en cebada cervecera. *Cebada*. Montevideo, Facultad de Agronomía, pp 39-47.
8. Doran, J.W. 1980. Soil microbial and biochemical changes asociated with reduced tillaged. *Soil Science Society American Journal*. 44: 765-771.
9. Doran, J.W.; Linn, D.M.;1984. Effect of water field pore space on carbon dioxide and nitratus oxide production in till or no till soils. *Soil Science Society American Journal*. (4): 794-799.
10. Ernst, O.; Siri, G. 1996. Después de un ciclo de siembra directa. EEMAC. Facultad de Agronomía , *Revista Cangue* N°6. pp 7-11.
11. Fowler, D.B.; Brydon, J.; Baker R.J. 1989. Nitrogen fertilization of no-till winter wheat and rye. I. Yield and agronomic responses. *Agronomy Journal*. 81 (1): 66-72.
12. Garcia, F. 1997. Aspectos básicos del comportamiento de suelos en siembra directa. *Propiedades físicas*. In: *Curso de actualización sobre siembra directa y conservación*

- de suelos. (1997, Bañado de Medina , Cerro Largo, Uruguay).Montevideo, Facultad de Agronomía. pp: 11-23.
13. Hoffman, E.; Perdomo, C.; Ernst,O. 1997. Fertilización nitrogenada en cultivo de invierno. EEMAC. Facultad de Agronomía. Revista Cangue N°10. pp 33-36.
 14. Hoffman, E; Perdomo, C. 1999. Criterios para el manejo de la fertilización nitrogenada en cultivos extensivos bajo cero laboreo. In: Curso de actualización en siembras sin laboreo de cultivos y pasturas. (1999, Paysandu, Uruguay) Montevideo Facultad de Agronomía . pp: 27.
 15. Magdoff, F.R.; Ross, D.; Amadon, J. 1984. A soil test for nitrogen availability to corn. . Soil Science Society American Journal. 48 (6):1301-1304.
 16. O'neill, E.J.; Batey, T; Cresser, M.S.1983. Assesment of nitrogen status of soil for serial crop: use of plant and soil analysis to diagnose nitrogen status of spring barley. Journal Science Food Agriculture. 34 : 549-558.
 17. Soper, R.J. ; Racz, G.J.; Fehr, P.I. 1971. NO₃-N in the soil as means of predicting the fertilize nitrogen requirement. Canadian Journal of Soil Science. 51 (1): 45-49.
 18. Stevenson, F.J. 1982. Origin in distributionof nitrogen in soil. In: Nitrogen in Agriculture Soil. Madinson, Wisconsin. American Society of Agronomy. pp 1-42.
 19. Young, R.A.; Ozburn, J.N.; Bouer, A.; Bassey, E.H. 1967. Yield response of spring wheat and barley to nitrogen fertilize in relation to soil and climatic factor. Soil Science Society of American Proceeding. 31 (3): 407-410.

IX. ANEXOS

ANEXO N°1 - Estructura del análisis de varianza para dosis totales

ANOVA I

	Grados de libertad
Modelo	13
Bloque	2
Tratamientos	11
Error	22
Total	35

Contrastes

- 0 vs Resto	1		
- dt 30 vs Resto	1		
30 s # 30 m	1		
- dt 60 vs Resto	1		
60 s # 60 m	vs	0-30-30 # 30-30-0	1
- dt 90 vs 120	1		
30-30-30 vs 60-30-0 # 30-60-0	1		
60-30-0 vs 30-60-0	1		
60-30-30 vs 60-60-0	1		

ANEXO N°2 - Estructura del análisis de avrianza para dosis a siembra, dosis a macollaje e interacción

		ANOVA II	
		Grados de Libertad	
Bloque		2	
Tratamiento		11	
DS		2	
	0s vs 30s 60s		1
	30s vs 60s		1
DM		3	
	0m vs Resto		1
	30m vs 60m 30-30		1
	60m vs 30-30		1
DS x DM		6	
Error		22	
Total		35	

ANEXO N°2 - Estructura del análisis de avrianza para dosis a siembra, dosis a macollaje e interacción

		ANOVA II	
		Grados de Libertad	
Bloque		2	
Tratamiento		11	
DS		2	
	0s vs 30s 60s		1
	30s vs 60s		1
DM		3	
	0m vs Resto		1
	30m vs 60m 30-30		1
	60m vs 30-30		1
DS x DM		6	
Error		22	
Total		35	

ANEXO N°3. Registro de las precipitaciones ocurridas en el año 1998.

PRECIPITACIONES MENSUALES (mm)													
MESES													
LOCALIDAD	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PROMEDIOS MENSUALES
MERCEDES	134,50	101	86,5	131	0	26	121	10	35,5	50	130	170,5	83,00
EL TALA	40	86	0	14	0	0	0	0	0	42,5	132,5	208	43,58
VILLA DARWIN	204,5	70,5	95	141	0	50	88	27	76	62,5	153,8	175	95,28
CARMELO	98	42	198	64	30	35	17	12	81,6	15	20	0	51,05
MIGUELETE	138	105	124	96	95	28	54,5	15	59	50	124	138	85,38
PROMEDIO MENSUAL (REGION)	122,60	80,90	100,70	89,20	25,00	27,80	56,10	12,80	50,42	44,00	112,06	138,30	71,66

ANEXO N°4. Rendimiento en grano de cada parcela en cada sitio

Sitio 1: Santa Rosario

Número de parcela	Dosis de N (kg/ha)				Rendimiento en grano (kg/ha)
	Siembra	Z 2.2	Z 3.0	TOTAL	
9	0	0	0	0	1553
19	0	0	0	0	1410
29	0	0	0	0	1078
12	0	30	0	30	2607
13	0	30	0	30	2105
35	0	30	0	30	1668
3	0	30	30	60	2897
16	0	30	30	60	3350
32	0	30	30	60	3173
6	0	60	0	60	3169
22	0	60	0	60	2570
20	0	60	0	60	3148
5	30	0	0	30	2229
18	30	0	0	30	2398
31	30	0	0	30	1932
11	30	30	0	60	2620
24	30	30	0	60	3458
31	30	30	0	60	1800
8	30	30	30	90	3899
15	30	30	30	90	2997
28	30	30	30	90	2683
2	30	60	0	90	2900
21	30	60	0	90	2732
25	30	60	0	90	2210
4	60	0	0	60	2480
17	60	0	0	60	2345
27	60	0	0	60	2288
7	60	30	0	90	3073
14	60	30	0	90	2817
30	60	30	0	90	3137
10	60	30	30	120	2829
23	60	30	30	120	3083
30	60	30	30	120	2636
1	60	60	0	120	2004
20	60	60	0	120	2376
33	60	60	0	120	3051

Sitio 2: La Invernada

Número de parcela	Dosis de N (U/N/ha)				TOTAL	Rendimiento en gramos (kg/ha)
	Sierriba	Z 2.2	Z 3.0			
9	0	0	0	0	0	3301
19	0	0	0	0	0	3232
29	0	0	0	0	0	2552
12	0	30	0	30	0	1032
13	0	30	0	30	0	3561
35	0	30	0	30	0	1023
3	0	30	30	60	0	4511
10	0	30	30	60	0	4783
32	0	30	30	60	0	3517
6	0	60	0	60	0	1111
22	0	60	0	60	0	3004
20	0	60	0	60	0	3797
5	30	0	0	30	0	4141
18	30	0	0	30	0	2801
31	30	0	0	30	0	2566
11	30	30	0	60	0	4919
24	30	30	0	60	0	4105
34	30	30	0	60	0	3670
8	30	30	30	90	0	4411
15	30	30	30	90	0	4126
28	30	30	30	90	0	3866
2	30	60	0	90	0	4197
21	30	60	0	90	0	4030
25	30	60	0	90	0	3759
4	60	0	0	60	0	4896
17	60	0	0	60	0	3942
27	60	0	0	60	0	3530
7	60	30	0	90	0	4815
14	60	30	0	90	0	4526
30	60	30	0	90	0	4034
10	60	30	30	120	0	4214
23	60	30	30	120	0	3413
36	60	30	30	120	0	4934
1	60	60	0	120	0	4366
26	60	60	0	120	0	4124
33	60	60	0	120	0	4565

Sitio 3: La Sorpresa 12

Número de parcela	Dosis de N (U.N./ha)				Rendimiento en grano (kg/ha)
	Siembra	Z.2.2	Z.3.0	TOTAL	
9	0	0	0	0	2749
19	0	0	0	0	3007
29	0	0	0	0	1904
12	0	30	0	30	3560
13	0	30	0	30	3279
35	0	30	0	30	2439
3	0	30	30	60	4490
16	0	30	30	60	5709
32	0	30	30	60	4524
6	0	60	0	60	1760
22	0	60	0	60	4827
26	0	60	0	60	4367
5	30	0	0	30	3525
18	30	0	0	30	3361
31	30	0	0	30	2539
11	30	30	0	60	3886
24	30	30	0	60	4970
34	30	30	0	60	2708
8	30	30	30	90	5599
15	30	30	30	90	5368
28	30	30	30	90	3014
2	30	60	0	90	5521
21	30	60	0	90	5301
25	30	60	0	90	4401
4	60	0	0	60	4087
17	60	0	0	60	3839
27	60	0	0	60	4173
7	60	30	0	90	5547
14	60	30	0	90	6037
30	60	30	0	90	4101
10	60	30	30	120	5650
23	60	30	30	120	5358
36	60	30	30	120	4875
1	60	60	0	120	1149
20	60	60	0	120	5539
33	60	60	0	120	5502

Sitio 4: Narvais

Número de parcela	Dosis de N (UN/ha)				Rendimiento en grano (kg/ha)
	Siembr	Z 2.2	Z 3.0	TOTAL	
9	0	0	0	0	2796
19	0	0	0	0	3143
29	0	0	0	0	2621
12	0	30	0	30	3383
13	0	30	0	30	3486
35	0	30	0	30	3308
3	0	30	30	60	3091
16	0	30	30	60	1166
32	0	30	30	60	3687
6	0	60	0	60	4184
22	0	60	0	60	3506
26	0	60	0	60	3069
5	30	0	0	30	3179
18	30	0	0	30	2725
31	30	0	0	30	2504
11	30	30	0	60	1136
24	30	30	0	60	4166
34	30	30	0	60	3565
8	30	30	30	90	3003
15	30	30	30	90	4234
28	30	30	30	90	4163
2	30	60	0	90	4223
21	30	60	0	90	3738
25	30	60	0	90	3914
4	60	0	0	60	3493
17	60	0	0	60	3218
27	60	0	0	60	2661
7	60	30	0	90	3866
11	60	30	0	90	3618
30	60	30	0	90	4150
10	60	30	30	120	4940
23	60	30	30	120	3368
26	60	30	30	120	4217
1	60	60	0	120	4786
20	60	60	0	120	3666
33	60	60	0	120	3927

Sitio 5: Los Ceibos

Numero de parcela	Dosis de N (kg/ha)				TOTAL	Rendimiento en grano (kg/ha)
	Siembra	Z.2.2	Z.3.0			
9	0	0	0	0	0	3141
19	0	0	0	0	0	3432
29	0	0	0	0	0	3512
12	0	30	0	30	0	4638
13	0	30	0	30	0	3764
35	0	30	0	30	0	3461
3	0	30	30	60	0	4181
10	0	30	30	60	0	4157
32	0	30	30	60	0	3815
6	0	60	0	60	0	4048
22	0	60	0	60	0	5287
26	0	60	0	60	0	4138
5	30	0	0	30	0	3607
18	30	0	0	30	0	4102
31	30	0	0	30	0	3475
11	30	30	0	60	0	4518
29	30	30	0	60	0	4368
34	30	30	0	60	0	4426
8	30	30	30	90	0	4871
15	30	30	30	90	0	4970
28	30	30	30	90	0	4746
2	30	60	0	90	0	4381
21	30	60	0	90	0	4419
25	30	60	0	90	0	4280
4	60	0	0	60	0	4668
17	60	0	0	60	0	4510
27	60	0	0	60	0	3890
7	60	30	0	90	0	4757
14	60	30	0	90	0	4594
30	60	30	0	90	0	4869
10	60	30	30	120	0	4850
23	60	30	30	120	0	4938
36	60	30	30	120	0	4388
1	60	60	0	120	0	4906
20	60	60	0	120	0	5126
33	60	60	0	120	0	3245

Sitio 6: Santa Francisca 10

Número de parcela	Dosis de N (L/ha)				TOTAL	Rendimiento en grano (kg/ha)
	Siembr	Z 2.2	Z 3.0			
9	0	0	0	0	0	1471
19	0	0	0	0	0	1550
29	0	0	0	0	0	2098
12	0	30	0	30	30	3075
13	0	30	0	30	30	2883
35	0	30	0	30	30	3419
3	0	30	30	60	60	4216
16	0	30	30	60	60	3548
12	0	30	30	60	60	3895
6	0	60	0	60	60	4228
22	0	60	0	60	60	3986
26	0	60	0	60	60	4696
5	30	0	0	30	30	1690
18	30	0	0	30	30	2009
31	30	0	0	30	30	2188
11	30	30	0	60	60	3319
24	30	30	0	60	60	2837
34	30	30	0	60	60	3220
8	30	30	30	90	90	4048
15	30	30	30	90	90	3251
28	30	30	30	90	90	4332
2	30	60	0	90	90	3355
21	30	60	0	90	90	4568
25	30	60	0	90	90	4169
4	60	0	0	60	60	2448
17	60	0	0	60	60	3168
27	60	0	0	60	60	2486
7	60	30	0	90	90	2990
14	60	30	0	90	90	3630
30	60	30	0	90	90	3176
10	60	30	30	120	120	4000
23	60	30	30	120	120	5137
36	60	30	30	120	120	4173
1	60	60	0	120	120	3500
20	60	60	0	120	120	5255
33	60	60	0	120	120	4488

Sitio 7: Santa Francisca 9

Número de parcela	Dosis de N (UN/ha)				TOTAL	Rendimiento en grano (kg/ha)
	Sierubra	Z 2.2	Z 3.0	TOTAL		
9	0	0	0	0	0	3460
19	0	0	0	0	0	3214
20	0	0	0	0	0	3518
12	0	30	0	30	30	3825
13	0	30	0	30	30	2963
35	0	30	0	30	30	3647
3	0	30	30	60	60	4151
16	0	30	30	60	60	3715
32	0	30	30	60	60	3588
6	9	60	0	60	60	4371
22	0	60	0	60	60	3564
26	0	60	0	60	60	3268
5	30	0	0	30	30	4016
18	30	0	0	30	30	2411
31	30	0	0	30	30	3346
11	30	30	0	60	60	3373
24	30	30	0	60	60	4249
34	30	30	0	60	60	4232
8	30	30	30	90	90	4443
15	30	30	30	90	90	3577
28	30	30	30	90	90	4112
2	30	60	0	90	90	4540
21	30	60	0	90	90	4080
25	30	60	0	90	90	3624
4	60	0	0	60	60	4310
17	60	0	0	60	60	3039
27	60	0	0	60	60	3625
7	60	30	0	90	90	4578
14	60	30	0	90	90	3188
30	60	30	0	90	90	4187
10	60	30	30	120	120	4291
23	60	30	30	120	120	3420
36	60	30	30	120	120	3900
1	60	60	0	120	120	4172
20	60	60	0	120	120	3638
33	60	60	0	120	120	3659

Sitio 8: Mangrullo 7+8

Número de parcela	Dosis de N (UN/ha)				Rendimiento en grano (kg/ha)
	Siembra	Z 2.2	Z 3.0	TOTAL	
9	0	0	0	0	3402
19	0	0	0	0	4612
29	0	0	0	0	3557
12	0	30	0	30	3953
13	0	30	0	30	4728
35	0	30	0	30	4690
3	0	30	30	60	3692
10	0	30	30	60	4791
32	0	30	30	60	4669
6	0	60	0	60	3553
22	0	60	0	60	4923
26	0	60	0	60	4862
5	30	0	0	30	3586
18	30	0	0	30	4080
31	30	0	0	30	4546
11	30	30	0	60	4198
24	30	30	0	60	4171
34	30	30	0	60	4680
8	30	30	30	90	3614
15	30	30	30	90	4457
28	30	30	30	90	4533
2	30	60	0	90	3250
21	30	60	0	90	4593
25	30	60	0	90	5138
4	60	0	0	60	4237
17	60	0	0	60	4634
27	60	0	0	60	4254
7	60	30	0	90	4226
14	60	30	0	90	5017
30	60	30	0	90	4091
10	60	30	30	120	4475
23	60	30	30	120	4544
36	60	30	30	120	4162
1	60	60	0	120	4676
20	60	60	0	120	4359
33	60	60	0	120	4144

Sitio 9: La Loma

Número de parcelas	Dosis de N (kg/ha)			TOTAL	Rendimiento en grano (kg/ha)
	Siembra	Z 2.2	Z.3.0		
9	0	0	0	0	2098
19	0	0	0	0	2413
29	0	0	0	0	2595
12	0	30	0	30	2904
13	0	30	0	30	3007
35	0	30	0	30	3482
3	0	30	30	60	3177
16	0	30	30	60	3875
32	0	30	30	60	3124
9	0	60	0	60	3113
22	0	60	0	60	3635
26	0	60	0	60	3348
5	30	0	0	30	2538
18	30	0	0	30	3144
31	30	0	0	30	3715
11	30	30	0	60	3120
24	30	30	0	60	2682
34	30	30	0	60	3896
8	30	30	30	90	3491
15	30	30	30	90	3505
28	30	30	30	90	3826
2	30	60	0	90	3470
21	30	60	0	90	4068
25	30	60	0	90	2377
4	60	0	0	60	3571
17	60	0	0	60	3309
27	60	0	0	60	2330
7	60	30	0	90	3424
14	60	30	0	90	3055
30	60	30	0	90	3290
10	60	30	30	120	4108
23	60	30	30	120	3657
36	60	30	30	120	4044
1	60	60	0	120	3411
20	60	60	0	120	3641
33	60	60	0	120	4017

Sitio 10: Talmón

Número de parcela	Dosis de N (UN/ha)				TOTAL	Rendimiento en grano (kg/ha)
	Siembra	Z 2 2	Z 3 0	TOTAL		
9	0	0	0	0	0	3927
19	0	0	0	0	0	3179
29	0	0	0	0	0	3358
12	0	30	0	30	0	4537
13	0	30	0	30	0	4292
35	0	30	0	30	0	4107
3	0	30	30	60	0	4150
16	0	30	30	60	0	5262
42	0	30	30	60	0	5306
6	0	60	0	60	0	5548
22	0	60	0	60	0	5053
26	0	60	0	60	0	4649
5	30	0	0	30	0	4406
18	30	0	0	30	0	3212
31	30	0	0	30	0	4115
11	30	30	0	60	0	5052
24	30	30	0	60	0	4924
34	30	30	0	60	0	4288
8	30	30	30	90	0	5690
15	30	30	30	90	0	6181
28	30	30	30	90	0	5956
2	30	60	0	90	0	5872
21	30	60	0	90	0	5471
25	30	60	0	90	0	6008
4	60	0	0	60	0	4519
17	60	0	0	60	0	4102
27	60	0	0	60	0	4651
3	60	30	0	90	0	5165
11	60	30	0	90	0	4732
30	60	30	0	90	0	5003
10	60	30	30	120	0	6206
23	60	30	30	120	0	5620
36	60	30	30	120	0	5217
1	60	60	0	120	0	5443
20	60	60	0	120	0	4872
33	60	60	0	120	0	4910

Sitio 11: Magrini

Número de parcela	Dosis de N (kg/ha)			TOTAL	Rendimiento en grano (kg/ha)
	Sicimba	Z. 2.2	Z. 3.0		
0	0	0	0	0	507
19	0	0	0	0	244
29	0	0	0	0	94
12	0	30	0	30	1453
13	0	30	0	30	644
35	0	30	0	30	924
3	0	30	30	60	904
16	0	30	30	60	992
32	0	30	30	60	1353
6	0	60	0	60	1432
22	0	60	0	60	1310
26	0	60	0	60	780
5	30	0	0	30	747
18	30	0	0	30	922
31	30	0	0	30	320
11	30	30	0	60	975
24	30	30	0	60	360
34	30	30	0	60	1251
8	30	30	30	90	1103
15	30	30	30	90	1032
28	30	30	30	90	431
2	30	60	0	90	1585
21	30	60	0	90	1277
25	30	60	0	90	2005
4	60	0	0	60	1203
17	60	0	0	60	440
27	60	0	0	60	456
7	60	30	0	90	1063
11	60	30	0	90	1086
30	60	30	0	90	681
10	60	30	30	120	1753
23	60	30	30	120	1460
36	60	30	30	120	1555
1	60	60	0	120	1912
20	60	60	0	120	1681
33	60	60	0	120	1202

Sitio 12: La Manera Maíz

Número de parcela	Dosis de N (UN/ha)				Rendimiento en grano (kg/ha)
	Sierbro	Z 2.2	Z 3.0	TOTAL	
0	0	0	0	0	3301
19	0	0	0	0	3379
29	0	0	0	0	3707
12	0	30	0	30	3787
13	0	30	0	30	3116
35	0	30	0	30	4273
3	0	30	30	60	3785
16	0	30	30	60	3894
32	0	30	30	60	1132
0	0	60	0	60	3721
22	0	60	0	60	3840
26	0	60	0	60	3834
5	30	0	0	30	4040
18	30	0	0	30	4307
31	30	0	0	30	4185
11	30	30	0	60	4189
24	30	30	0	60	4012
34	30	30	0	60	4375
8	30	30	30	90	3811
15	30	30	30	90	4136
28	30	30	30	90	4499
2	30	60	0	90	1366
21	30	60	0	90	90
25	30	60	0	90	4505
4	60	0	0	60	4161
17	60	0	0	60	3984
27	60	0	0	60	4130
7	60	30	0	90	3913
14	60	30	0	90	4864
30	60	30	0	90	3779
10	60	30	30	120	4108
23	60	30	30	120	3908
36	60	30	30	120	3656
1	60	60	0	120	3113
20	60	60	0	120	4785
33	60	60	0	120	4246

ANEXO N°5. Amonio liberado por incubación anaerobia a siembra por bloque a dos profundidades de muestreo(0-7,5 y 7,5-20 cm) en cada sitio.

Sitio 1: Santa Rosario

	ppm NH4
B I 0-7.5	61,7
B I 7.5-20	93,1
B II 0-7.5	110,9
B II 7.5-20	52,7
B III 0-7.5	80,3
B III 7.5-20	50,5
Promedio del Sitio	76,4

Sitio 2: La Invernada

	ppm NH4
B I 0-7.5	137,8
B I 7.5-20	106,4
B II 0-7.5	104,2
B II 7.5-20	80,3
B III 0-7.5	133,3
B III 7.5-20	77,8
Promedio del Sitio	106,6

Sitio 3: La Sorpresa 12

	ppm NH4
B I 0-7.5	156,4
B I 7.5-20	153,4
B II 0-7.5	177,7
B II 7.5-20	163,7
B III 0-7.5	158,9
B III 7.5-20	130,3
Promedio del Sitio	156,7

Sitio 4: Narvais

	ppm NH4
B I 0-7.5	87,4
B I 7.5-20	55,0
B II 0-7.5	77,0
B II 7.5-20	56,6
B III 0-7.5	54,0
B III 7.5-20	84,6
Promedio del Sitio	69,1

Sitio 5: Los Ceibos

	ppm NH4
B I 0-7.5	136,8
B I 7.5-20	99,1
B II 0-7.5	142,1
B II 7.5-20	67,3
B III 0-7.5	159,6
B III 7.5-20	85,6
Promedio del Sitio	112,6

Sitio 6: Santa Francisca 10

	ppm NH ₄
B I 0-7.5	77.7
B I 7.5-20	53.9
B II 0-7.5	114.0
B II 7.5-20	77.3
B III 0-7.5	86.8
B III 7.5-20	64.0
Promedio del Sitio	78.1

Sitio 7: Santa Francisca 9

	ppm NH ₄
B I 0-7.5	144.6
B I 7.5-20	98.4
B II 0-7.5	136.3
B II 7.5-20	79.3
B III 0-7.5	161.6
B III 7.5-20	76.8
Promedio del Sitio	116.2

Sitio 8: Mangrullo 7+8

	ppm NH ₄
B I 0-7.5	89.4
B I 7.5-20	92.1
B II 0-7.5	99.1
B II 7.5-20	51.0
B III 0-7.5	99.9
B III 7.5-20	59.0
Promedio del Sitio	81.7

Sitio 9: La Loma

	ppm NH ₄
B I 0-7.5	127.0
B I 7.5-20	100.2
B II 0-7.5	103.2
B II 7.5-20	99.6
B III 0-7.5	117.2
B III 7.5-20	112.4
Promedio del Sitio	109.9

Sitio 10: Talmón

	ppm NH ₄
B I 0-7.5	161.1
B I 7.5-20	113.7
B II 0-7.5	163.7
B II 7.5-20	104.9
B III 0-7.5	152.4
B III 7.5-20	115.0
Promedio del Sitio	135.1

Sitio 11: Magrini

	ppm NH4
B I 0-7.5	61,0
B I 7.5-20	61,7
B II 0-7.5	71,8
B II 7.5-20	49,9
B III 0-7.5	77,8
B III 7.5-20	47,2
Promedio del Sitio	61,6

Sitio 12: La Manera Maíz

	ppm NH4
B I 0-7.5	172,2
B I 7.5-20	166,7
B II 0-7.5	160,1
B II 7.5-20	158,0
B III 0-7.5	233,9
B III 7.5-20	186,7
Promedio del Sitio	179,7

ANEXO N°6. Concentración de N-NO₃ y N-NH₄ por parcela en cada sitio en los diferentes estadios del cultivo.

Sitio I: Santa Rosario

Número de parcela	Dosis de N (UN/ha)			Nivel de NO ₃			Nivel de NH ₄	
	Siembra	Z 2.2	Z 3.0	Siembra	Z 2.2	Z 3.0	Siembra	Z 2.2
9	0	0	0	6,0	4,5	3,7	8,7	11,5
19	0	0	0	5,6	4,7	3,5	8,9	15,3
29	0	0	0	6,3	3,7	2,8	9,1	13,9
12	0	30	0	6,0	4,5	4,5	8,7	11,5
13	0	30	0	5,6	4,7	5,2	8,9	15,3
35	0	30	0	6,3	3,7	3,7	9,1	13,9
3	0	30	30	6,0	4,5		8,7	11,5
16	0	30	30	5,6	4,7		8,9	15,3
32	0	30	30	6,3	3,7		9,1	13,9
6	0	60	0	6,0	4,5		8,7	11,5
22	0	60	0	5,6	4,7		8,9	15,3
26	0	60	0	6,3	3,7		9,1	13,9
5	30	0	0	6,0	4,7		8,7	14,6
18	30	0	0	5,6	6,3		8,9	18,9
31	30	0	0	6,3	5,7		9,1	5,3
11	30	30	0	6,0	4,7	3,7	8,7	14,6
24	30	30	0	5,6	6,3	4,7	8,9	18,9
34	30	30	0	6,3	5,7	4,5	9,1	5,3
8	30	30	30	6,0	4,7		8,7	14,6
15	30	30	30	5,6	6,3		8,9	18,9
28	30	30	30	6,3	5,7		9,1	5,3
2	30	60	0	6,0	4,7	12,6	8,7	14,6
21	30	60	0	5,6	6,3	15,3	8,9	18,9
25	30	60	0	6,3	5,7	6,3	9,1	5,3
4	60	0	0	6,0	6,7		8,7	13,9
17	60	0	0	5,6	8,5		8,9	15,3
27	60	0	0	6,3	5,5		9,1	13,9
7	60	30	0	6,0	6,7		8,7	13,9
14	60	30	0	5,6	8,5		8,9	15,3
30	60	30	0	6,3	5,5		9,1	13,9
10	60	30	30	6,0	6,7		8,7	13,9
23	60	30	30	5,6	8,5		8,9	15,3
36	60	30	30	6,3	5,5		9,1	13,9
1	60	60	0	6,0	6,7		8,7	13,9
20	60	60	0	5,6	8,5		8,9	15,3
33	60	60	0	6,3	5,5		9,1	13,9

Sitio 2: La Invernada

Número de parcela	Dosis de N (UN/ha)			Nivel de NO3			Nivel de NH4	
	Siembra	Z.2.2	Z.3.0	Siembra	Z.2.2	Z.3.0	Siembra	Z.2.2
0	0	0	0	15,3	6,0	6,3	16,4	4,8
19	0	0	0	12,1	5,7	6,0	15,8	7,8
29	0	0	0	10,3	5,7	6,3	15,0	5,2
12	0	30	0	15,3	6,0	5,7	16,4	4,8
13	0	30	0	12,1	5,7	7,3	15,8	7,8
35	0	30	0	10,3	5,7	10,4	15,0	5,2
3	0	30	30	15,3	6,0		16,4	4,8
16	0	30	30	12,1	5,7		15,8	7,8
32	0	30	30	10,3	5,7		15,0	5,2
6	0	60	0	15,3	6,0		16,4	4,8
22	0	60	0	12,1	5,7		15,8	7,8
26	0	60	0	10,3	5,7		15,0	5,2
5	30	0	0	15,3	7,3		16,4	5,3
18	30	0	0	12,1	7,7		15,8	6,2
31	30	0	0	10,3	10,9		15,0	7,5
11	30	30	0	15,3	7,3	7,0	16,4	5,3
24	30	30	0	12,1	7,7	5,0	15,8	6,2
34	30	30	0	10,3	10,9	7,7	15,0	7,5
8	30	30	30	15,3	7,3		16,4	5,3
15	30	30	30	12,1	7,7		15,8	6,2
28	30	30	30	10,3	10,9		15,0	7,5
2	30	60	0	15,3	7,3	7,7	16,4	5,3
21	30	60	0	12,1	7,7	6,0	15,8	6,2
25	30	60	0	10,3	10,9	10,4	15,0	7,5
4	60	0	0	15,3	19,6		16,4	13,6
17	60	0	0	12,1	12,6		15,8	9,8
27	60	0	0	10,3	12,0		15,0	9,9
7	60	30	0	15,3	19,6		16,4	13,6
14	60	30	0	12,1	12,6		15,8	9,8
30	60	30	0	10,3	12,0		15,0	9,9
10	60	30	30	15,3	19,6		16,4	13,6
23	60	30	30	12,1	12,6		15,8	9,8
36	60	30	30	10,3	12,0		15,0	9,9
1	60	60	0	15,3	19,6		16,4	13,6
20	60	60	0	12,1	12,6		15,8	9,8
33	60	60	0	10,3	12,0		15,0	9,9

Sitio 3: La Sorpresa 12

Número de parcela	Dosis de N (U/ha)			Nivel de NO3			Nivel de NH4	
	Siembra	Z.2.2	Z.3.0	Siembra	Z.2.2	Z.3.0	Siembra	Z.2.2
9	0	0	0	12,9	6,7	6,7	11,3	9,1
19	0	0	0	10,8	8,5	8,1	12,1	9,8
29	0	0	0	11,2	8,9	8,1	11,1	8,4
12	0	30	0	12,9	6,7	9,4	11,3	9,1
13	0	30	0	10,8	8,5	9,9	12,1	9,8
35	0	30	0	11,2	8,9	7,7	11,1	8,4
3	0	30	30	12,9	6,7		11,3	9,1
16	0	30	30	10,8	8,5		12,1	9,8
32	0	30	30	11,2	8,9		11,1	8,4
6	0	60	0	12,9	6,7		11,3	9,1
22	0	60	0	10,8	8,5		12,1	9,8
26	0	60	0	11,2	8,9		11,1	8,4
5	30	0	0	12,9	8,1		11,3	10,6
18	30	0	0	10,8	7,3		12,1	9,0
31	30	0	0	11,2	11,4		11,1	8,5
11	30	30	0	12,9	8,1	8,5	11,3	10,6
24	30	30	0	10,8	7,3	8,9	12,1	9,0
34	30	30	0	11,2	11,4	7,3	11,1	8,5
8	30	30	30	12,9	8,1		11,3	10,6
15	30	30	30	10,8	7,3		12,1	9,0
28	30	30	30	11,2	11,4		11,1	8,5
2	30	60	0	12,9	8,1	6,7	11,3	10,6
21	30	60	0	10,8	7,3	6,7	12,1	9,0
25	30	60	0	11,2	11,4	13,9	11,1	8,5
4	60	0	0	12,9	10,9		11,3	13,6
17	60	0	0	10,8	15,3		12,1	9,8
27	60	0	0	11,2	9,9		11,1	9,9
7	60	30	0	12,9	10,9		11,3	13,6
14	60	30	0	10,8	15,3		12,1	9,8
30	60	30	0	11,2	9,9		11,1	9,9
10	60	30	30	12,9	10,9		11,3	13,6
23	60	30	30	10,8	15,3		12,1	9,8
36	60	30	30	11,2	9,9		11,1	9,9
1	60	60	0	12,9	10,9		11,3	13,6
20	60	60	0	10,8	15,3		12,1	9,8
33	60	60	0	11,2	9,9		11,1	9,9

Sítio 4: Narvais

Número de parcela	Dosis de N (kg/ha)			Nivel de NO3			Nivel de NH4	
	Siembra	Z 2.2	Z 3.0	Siembra	Z 2.2	Z 3.0	Siembra	Z 2.2
9	0	0	0	5,8	5,2	3,5	6,2	6,8
19	0	0	0	5,6	5,0	10,4	8,4	9,5
29	0	0	0	5,8	4,3	4,7	3,7	10,7
12	0	30	0	5,8	5,2	4,3	6,2	6,8
13	0	30	0	5,6	5,0	4,7	8,4	9,5
35	0	30	0	5,8	4,3	12,0	3,7	10,7
3	0	30	30	5,8	5,2		6,2	6,8
10	0	30	30	5,6	5,0		8,4	9,5
32	0	30	30	5,8	4,3		3,7	10,7
0	0	60	0	5,8	5,2		6,2	6,8
22	0	60	0	5,6	5,0		8,4	9,5
26	0	60	0	5,8	4,3		3,7	10,7
5	30	0	0	5,8	8,5		6,2	7,2
18	30	0	0	5,6	5,2		8,4	6,6
31	30	0	0	5,8	5,5		3,7	8,4
11	30	30	0	5,8	8,5	5,5	6,2	7,2
24	30	30	0	5,6	5,2	7,0	8,4	6,6
34	30	30	0	5,8	5,5	10,9	3,7	8,4
8	30	30	30	5,8	8,5		6,2	7,2
15	30	30	30	5,6	5,2		8,4	6,6
28	30	30	30	5,8	5,5		3,7	8,4
2	30	60	0	5,8	8,5	4,7	6,2	7,2
21	30	60	0	5,6	5,2	10,4	8,4	6,6
25	30	60	0	5,8	5,5	12,0	3,7	8,4
4	60	0	0	5,8	9,4		6,2	7,8
17	60	0	0	5,6	6,7		8,4	8,8
27	60	0	0	5,8	6,3		3,7	4,8
7	60	30	0	5,8	9,4		6,2	7,8
14	60	30	0	5,6	6,7		8,4	8,8
30	60	30	0	5,8	6,3		3,7	4,8
10	60	30	30	5,8	9,4		6,2	7,8
23	60	30	30	5,6	6,7		8,4	8,8
36	60	30	30	5,8	6,3		3,7	4,8
1	60	60	0	5,8	9,4		6,2	7,8
20	60	60	0	5,6	6,7		8,4	8,8
33	60	60	0	5,8	6,3		3,7	4,8

Sitio 5: Los Ceibos

Número de parcela	Dosis de N (kg/ha)			Nivel de N03			Nivel de NH4	
	Siembra	Z 2.2	Z 3.0	Siembra	Z 2.2	Z 3.0	Siembra	Z 2.2
9	0	0	0	15,4	10,9	7,0	11,7	12,8
19	0	0	0	15,4	16,1	12,6	13,5	13,5
29	0	0	0	17,9	14,6	8,9	12,9	12,3
12	0	30	0	15,4	10,9	16,9	11,7	12,8
13	0	30	0	15,4	16,1	10,4	13,5	13,5
35	0	30	0	17,9	14,6	9,9	12,9	12,3
3	0	30	30	15,4	10,9		11,7	12,8
16	0	30	30	15,4	16,1		13,5	13,5
32	0	30	30	17,9	14,6		12,9	12,3
6	0	60	0	15,4	10,9		11,7	12,8
22	0	60	0	15,4	16,1		13,5	13,5
26	0	60	0	17,9	14,6		12,9	12,3
5	30	0	0	15,4	13,2		11,7	10,5
18	30	0	0	15,4	7,3		13,5	12,9
31	30	0	0	17,9	8,5		12,9	11,6
11	30	30	0	15,4	13,2	10,9	11,7	10,5
24	30	30	0	15,4	7,3	13,9	13,5	12,9
34	30	30	6	17,9	8,5	10,9	12,9	11,6
8	30	30	30	15,4	13,2		11,7	10,5
15	30	30	30	15,4	7,3		13,5	12,9
28	30	30	30	17,9	8,5		12,9	11,6
2	30	60	0	15,4	13,2	12,6	11,7	10,5
21	30	60	0	15,4	7,3	13,2	13,5	12,9
25	30	60	0	17,9	8,5	10,4	12,9	11,6
4	60	0	0	15,4	13,2		11,7	12,9
17	60	0	0	15,4	11,4		13,5	11,8
27	60	0	0	17,9	7,7		12,9	11,8
7	60	30	0	15,4	13,2		11,7	12,9
14	60	30	0	15,4	7,3		13,5	11,8
30	60	30	0	17,9	8,5		12,9	11,8
10	60	30	30	15,4	13,2		11,7	12,9
23	60	30	30	15,4	7,3		13,5	11,8
36	60	30	30	17,9	8,5		12,9	11,8
1	60	60	0	15,4	13,2		11,7	12,9
20	60	60	0	15,4	7,3		13,5	11,8
33	60	60	0	17,9	8,5		12,9	11,8

Sitio 6: Santa Francisca 10

Número de parcela	Dosis de N (UN/ha)			Nivel de NO3			Nivel de NH4	
	Siembra	Z.2.2	Z.3.0	Siembra	Z.2.2	Z.3.0	Siembra	Z.2.2
9	0	0	0	6,3	8,5	6,7	7,3	9,9
19	0	0	0	8,1	12,0	7,0	10,3	8,2
29	0	0	0	8,2	8,9	7,7	6,7	5,3
12	0	30	0	6,3	8,5	8,1	7,3	9,9
13	0	30	0	8,1	12,0	12,6	10,3	8,2
35	0	30	0	8,2	8,9	7,3	6,7	5,3
3	0	30	30	6,3	8,5		7,3	9,9
16	0	30	30	8,1	12,0		10,3	8,2
32	0	30	30	8,2	8,9		6,7	5,3
6	0	60	0	6,3	8,5		7,3	9,9
22	0	60	0	8,1	12,0		10,3	8,2
26	0	60	0	8,2	8,9		6,7	5,3
5	30	0	0	6,3	8,1		7,3	10,6
18	30	0	0	8,1	13,2		10,3	10,3
31	30	0	0	8,2	15,3		6,7	10,1
11	30	30	0	6,3	8,1	10,4	7,3	10,6
24	30	30	0	8,1	13,2	9,9	10,3	10,3
34	30	30	0	8,2	15,3	7,3	6,7	10,1
8	30	30	30	6,3	8,1		7,3	10,6
15	30	30	30	8,1	13,2		10,3	10,3
28	30	30	30	8,2	15,3		6,7	10,1
2	30	60	0	6,3	8,1	10,9	7,3	10,6
21	30	60	0	8,1	13,2	13,9	10,3	10,3
25	30	60	0	8,2	15,3	14,6	6,7	10,1
4	60	0	0	6,3	18,6		7,3	10,9
17	60	0	0	8,1	21,6		10,3	13,0
27	60	0	0	8,2	12,6		6,7	12,0
7	60	30	0	6,3	18,6		7,3	10,9
14	60	30	0	8,1	21,6		10,3	13,0
30	60	30	0	8,2	12,6		6,7	12,0
10	60	30	30	6,3	18,6		7,3	10,9
23	60	30	30	8,1	21,6		10,3	13,0
36	60	30	30	8,2	12,6		6,7	12,0
1	60	60	0	6,3	18,6		7,3	10,9
20	60	60	0	8,1	21,6		10,3	13,0
33	60	60	0	8,2	12,6		6,7	12,0

Sitio 8: Mangrullo 7+8

Número de parcela	Dosis de N (UN/ha)			Nivel de NO3			Nivel de NH4	
	Siembra	Z.2.2	Z.3.0	Siembra	Z.2.2	Z.3.0	Siembra	Z.2.2
9	0	0	0	16,8	8,9	6,7	10,1	10,3
19	0	0	0	12,4	5,2	5,7	9,4	9,1
29	0	0	0	12,8	5,5	4,3	8,5	7,6
12	0	30	0	16,8	8,9	7,7	10,1	10,3
13	0	30	0	12,4	5,2	5,2	9,4	9,1
35	0	30	0	12,8	5,5	8,1	8,5	7,6
3	0	30	30	16,8	8,9		10,1	10,3
16	0	30	30	12,4	5,2		9,4	9,1
32	0	30	30	12,8	5,5		8,5	7,6
6	0	60	0	16,8	8,9		10,1	10,3
22	0	60	0	12,4	5,2		9,4	9,1
26	0	60	0	12,8	5,5		8,5	7,6
5	30	0	0	16,8	8,9		10,1	8,6
18	30	0	0	12,4	5,5		9,4	9,1
31	30	0	0	12,8	8,1		8,5	8,1
11	30	30	0	16,8	8,9	5,5	10,1	8,6
24	30	30	0	12,4	5,5	5,5	9,4	9,1
34	30	30	0	12,8	8,1	12,6	8,5	8,1
8	30	30	30	16,8	8,9		10,1	8,6
15	30	30	30	12,4	5,5		9,4	9,1
28	30	30	30	12,8	8,1		8,5	8,1
23	30	60	0	16,8	8,9	8,5	10,1	10,3
21	30	60	0	12,4	5,5	6,7	9,4	
25	30	60	0	12,8	8,1	7,0	8,5	8,6
4	60	0	0	16,8	12,6		10,1	10,3
17	60	0	0	12,4	10,9		9,4	
27	60	0	0	12,8	12,0		8,5	8,6
7	60	30	0	16,8	12,6		10,1	10,3
14	60	30	0	12,4	10,9		9,4	
30	60	30	0	12,8	12,0		8,5	8,6
10	60	30	30	16,8	12,6		10,1	10,3
23	60	30	30	12,4	10,9		9,4	
36	60	30	30	12,8	12,0		8,5	8,6
1	60	60	0	16,8	12,6		10,1	10,3
20	60	60	0	12,4	10,9		9,4	
33	60	60	0	12,8	12,0		8,5	8,6

Sitio 9: La Loma

Número de parcela	Dosis de N (UN/ha)			Nivel de NO3			Nivel de NH4	
	Sombra	Z.2.2	Z.3.0	Sombra	Z.2.2	Z.3.0	Sombra	Z.2.2
9	0	0	0	13,1	5,7	3,5	9,3	11,1
19	0	0	0	13,4	6,0	3,7	7,5	9,0
29	0	0	0	12,3	6,0	4,1	7,9	11,9
12	0	30	0	13,1	5,7	5,0	9,3	11,1
15	0	30	0	13,4	6,0	5,2	7,5	9,0
35	0	30	0	12,3	6,0	5,2	7,9	11,9
3	0	30	30	13,1	5,7		9,3	11,1
16	0	30	30	13,4	6,0		7,5	9,0
32	0	30	30	12,3	6,0		7,9	11,9
6	0	60	0	13,1	5,7		9,3	11,1
22	0	60	0	13,4	6,0		7,5	9,0
26	0	60	0	12,3	6,0		7,9	11,9
5	30	0	0	13,1	7,7		9,3	9,6
18	30	0	0	13,4	6,0		7,5	9,0
31	30	0	0	12,3	6,7		7,9	11,0
11	30	30	0	13,1	7,7	6,0	9,3	9,6
24	30	30	0	13,4	6,0	5,0	7,5	9,9
34	30	30	0	12,3	6,7	5,5	7,9	11,0
8	30	30	30	13,1	7,7		9,3	9,6
15	30	30	30	13,4	6,0		7,5	9,9
28	30	30	30	12,3	6,7		7,9	11,0
2	30	60	0	13,1	7,7	6,7	9,3	9,6
21	30	60	0	13,4	6,0	5,5	7,5	9,9
25	30	60	0	12,3	6,7	11,4	7,9	11,0
4	60	0	0	13,1	10,4		9,3	11,8
17	60	0	0	13,4	9,9		7,5	9,5
27	60	0	0	12,3	6,0		7,9	12,2
7	60	30	0	13,1	10,4		9,3	11,8
14	60	30	0	13,4	9,9		7,5	9,5
30	60	30	0	12,3	6,0		7,9	12,2
10	60	30	30	13,1	10,4		9,3	11,8
23	60	30	30	13,4	9,9		7,5	9,5
36	60	30	30	12,3	6,0		7,9	12,2
1	60	60	0	13,1	10,4		9,3	11,8
20	60	60	0	13,4	9,9		7,5	9,5
33	60	60	0	12,3	6,0		7,9	12,2

Sitio 10: Talmón

Número de parcela	Dosis de N (UN/ha)			Nivel de N03			Nivel de NH4	
	Siembra	Z 2.2	Z 3.0	Siembra	Z 2.2	Z 3.0	Siembra	Z 2.2
9	0	0	0	21,1	13,2	6,0	13,5	12,5
19	0	0	0	21,0	12,0	5,5	12,7	
29	0	0	0	20,1	9,9	4,5	12,7	15,1
12	0	30	0	21,1	13,2	5,7	13,5	12,5
13	0	30	0	21,0	12,0	5,0	12,7	
35	0	30	0	20,1	9,9	13,9	12,7	15,1
3	0	30	30	21,1	13,2		13,5	12,5
16	0	30	30	21,0	12,0		12,7	
32	0	30	30	20,1	9,9		12,7	15,1
6	0	60	0	21,1	13,2		13,5	12,5
22	0	60	0	21,0	12,0		12,7	
26	0	60	0	20,1	9,9		12,7	15,1
5	30	0	0	21,1	13,2		13,5	11,3
18	30	0	0	21,0	17,7		12,7	11,1
31	30	0	0	20,1	16,9		12,7	9,8
11	30	30	0	21,1	13,2	50,5	13,5	11,3
24	30	30	0	21,0	17,7	8,9	12,7	11,1
34	30	30	0	20,1	16,9	12,6	12,7	9,8
8	30	30	30	21,1	13,2		13,5	11,3
15	30	30	30	21,0	17,7		12,7	11,1
28	30	30	30	20,1	16,9		12,7	9,8
2	30	60	0	21,1	13,2	8,5	13,5	11,3
21	30	60	0	21,0	17,7	14,6	12,7	11,1
25	30	60	0	20,1	16,9	12,6	12,7	9,8
4	60	0	0	21,1	13,9		13,5	13,3
17	60	0	0	21,0	21,6		12,7	10,4
27	60	0	0	20,1	20,6		12,7	10,3
7	60	30	0	21,1	13,9		13,5	13,3
14	60	30	0	21,0	21,6		12,7	10,4
30	60	30	0	20,1	20,6		12,7	10,3
10	60	30	30	21,1	13,9		13,5	13,3
23	60	30	30	21,0	21,6		12,7	10,4
36	60	30	30	20,1	20,6		12,7	10,3
1	60	60	0	21,1	13,9		13,5	13,3
20	60	60	0	21,0	21,6		12,7	10,4
33	60	60	0	20,1	20,6		12,7	10,3

Sitio 11: Magrini

Numero de parcela	Dosis de N (U/N/ha)			Nivel de NO3			Nivel de NH4	
	Siembra	Z. 2.2	Z. 3.0	Siembra	Z. 2.2	Z. 3.0	Siembra	Z. 2.2
9	0	0	0	5,9	4,1	2,2	4,8	4,8
19	0	0	0	2,6	2,6	2,4	4,1	3,8
29	0	0	0	4,1	3,2	2,6	1,5	4,5
12	0	30	0	5,9	4,1	3,4	4,8	1,8
13	0	30	0	2,6	2,6	2,9	4,1	3,8
35	0	30	0	4,1	3,2	2,4	4,5	4,5
3	0	30	30	5,9	4,1		4,8	4,8
16	0	30	30	2,6	2,6		4,1	3,8
32	0	30	30	4,1	3,2		4,5	4,5
6	0	60	0	5,9	4,1		1,8	1,8
22	0	60	0	2,6	2,6		4,1	3,8
26	0	60	0	4,1	3,2		4,5	4,5
5	30	0	0	5,9	4,7		4,8	4,0
18	30	0	0	2,6	2,9		4,1	4,5
34	30	0	0	4,1	8,9		4,5	4,0
11	30	30	0	5,9	4,7	2,6	4,8	4,0
24	30	30	0	2,6	2,9	2,6	4,1	4,5
31	30	30	0	4,1	8,9	2,8	4,5	4,6
8	30	30	30	5,9	4,7		4,8	4,0
15	30	30	30	2,6	2,9		4,1	4,5
28	30	30	30	4,1	8,9		4,5	4,6
2	30	60	0	5,9	4,7	7,3	1,8	4,0
21	30	60	0	2,6	2,9	3,0	4,1	4,5
25	30	60	0	4,1	8,9	3,2	4,5	4,6
4	60	0	0	5,9	4,7		4,8	6,5
17	60	0	0	2,6	3,7		4,1	5,4
27	60	0	0	4,1	4,7		4,5	5,0
7	60	30	0	5,9	4,7		4,8	6,5
14	60	30	0	2,6	3,7		4,1	5,4
30	60	30	0	4,1	4,7		4,5	5,0
10	60	39	30	5,9	4,7		4,8	6,5
23	60	30	30	2,6	3,7		4,1	5,4
36	60	30	30	4,1	4,7		4,5	5,0
1	60	60	0	5,9	4,7		4,8	6,5
20	60	60	0	2,6	3,7		4,1	5,4
33	60	60	0	4,1	4,7		4,5	5,0