

# USO EFICIENTE DE NUTRIENTES EN LA PRODUCCION DE TRIGO EN LA REGION CENTROSUR

Nicasio Rodríguez Sánchez  
Ingeniero Agrónomo  
Estación Experimental Quilamapu

## INTRODUCCION

Chile es por tradición un país productor de trigo, debido principalmente a que el pan es un alimento de alto consumo en su población, el cual alcanza un valor aproximado de 180 kg por habitante al año. La necesidad de grano de trigo alcanza a 1.750.000 toneladas, por lo cual siempre ha existido la necesidad de realizar importaciones, de acuerdo principalmente a la variación de la superficie sembrada, debido a que el rendimiento unitario se ha mantenido hasta el año 1982. Desde el año 1982 comenzó a incrementarse el rendimiento promedio nacional, debido fundamentalmente a la transferencia de tecnología de las principales prácticas de manejo del cultivo a los agricultores, los cuales la adaptaron rápidamente.

En la Figura 1, se visualiza las variaciones de superficie sembrada y de rendimiento promedio por hectárea entre 1973 y 1987. El rendimiento unitario prácticamente se mantiene hasta el año 1982, a partir del cual hay un rápido y sostenido aumento desde 17,5 a 30,2 qqm/ha. También la superficie de siembra aumentó hasta 634.000 ha, lo cual unido al mayor rendimiento por hectárea permite que el país se autoabastezca de este cereal.

Son muchos los factores que han influido en este cambio fundamental de tecnología y de perspectivas. Analizando los factores tecnológicos, se ha estimado que el mayor y más eficiente uso de los fertilizantes ha contribuido con más del 60% en el aumento del rendimiento unitario de trigo para pan.

En la Figura 2, se relaciona el consumo promedio por hectárea de nitrógeno y el aumento de rendimiento de trigo, entre los años 1980 y 1988. Este consumo varió entre 45 y 115 kg N/ha, encontrándose una relación directa entre el aumento de la dosis de nitrógeno y el rendimiento de grano de trigo de 17,5 a 30,2 qqm/ha.

En la Figura 3, se relaciona el cambio en la relación NP y el aumento de rendimiento entre 1980 y 1986. La variación indicada va desde 0,9 a 1,24, lo cual permitió una nutrición mejor balanceada de la planta en los suelos más deficientes.

La razón fundamental del cambio de dosis de fertilizantes nitrogenados y fosfatados y en buena relación, fue posible en base a resultados de investigación que demostraban el impacto de la buena nutrición del trigo sobre el rendimiento y calidad, en diferentes áreas agroecológicas.

La producción de trigo en Chile se realiza entre la III y X Regiones. Actualmente, debido a razones de uso del suelo, la mayor superficie se concentra en la VIII y IX Regiones, con un 53,94% de la superficie total, 345.620 ha.

La región centrosur comprende principalmente la VII y VIII Regiones, concentrándose en ella el 39,56% de la superficie nacional.

En esta región el trigo se cultiva en variadas condiciones agroclimáticas. En la Figura 4, se muestra un corte, de mar a cordillera de esta región, en el cual se muestran las principales zonas agroecológicas que la componen. En todas ellas es posible cultivar trigo en forma rentable, siempre que se utilicen las recomendaciones tecnológicas que existen para cada una de estas zonas.

En este seminario del "Impacto de los fertilizantes en la producción de cultivos" se entregarán los resultados principales de las investigaciones realizadas sobre el "Uso eficiente de nutrientes en la producción de trigo en la región centrosur" y de ellas en las áreas agroecológicas de la Precordillera Andina, los Suelos Rojos Arcillosos de Secano y los Suelos Arenales.

## ZONAS AGROCLIMATICAS

### PRECORDILLERA ANDINA

La precordillera Andina, de la región centrosur, está constituida por suelos de origen volcánico (Andisoles) comúnmente llamados "trumaos". La principal característica de estos suelos es poseer altos contenidos de materia orgánica y predominancia de arcillas del tipo alofán en la fase mineral, lo cual le confiere características de alta retención de fósforo y bajo contenido de fósforo disponible. Como consecuencia de estas propiedades es necesario realizar altas aplicaciones de fertilizantes fosfatados para poder obtener altos rendimientos de los cultivos. La mineralización de nitrógeno también es baja, por lo cual cuando se usan rotaciones intensivas de cultivos anuales, la disponibilidad de este elemento es baja.

El clima del área está clasificado como mediterráneo frío, con una precipitación anual promedio aproximado de 1.500 mm, la mayoría de la cual corresponde a los meses de invierno, desde abril hasta noviembre y el déficit hídrico se produce desde noviembre a abril.

La topografía predominante es ondulada, con pendientes variables que limitan la capacidad de intensidad de producción en algunos suelos. La erosión hídrica siempre se produce y es variable de acuerdo a la pendiente del suelo y a la intensidad de laboreo en años sucesivos.

#### Respuesta a aplicaciones de nitrógeno y fósforo

La respuesta en rendimiento del trigo a aplicaciones de nitrógeno y fósforo fertilizantes está básicamente relacionado con sus concentraciones en el suelo, lo cual puede ser medido en una muestra de suelo representativa del sitio en el cual se va a realizar la siembra. En nitrógeno se puede encontrar altas a bajas respuestas fundamentalmente relacionado con el manejo del suelo, en cuanto a fósforo depende de la historia de la fertilización fosfatada y de la intensidad de uso del suelo.

En la Figura 5, se muestra la incidencia de la fertilización NP en un suelo bajo en fósforo y medio en nitrógeno. Las principales conclusiones, que se puede deducir de estas curvas, son que la respuesta máxima de rendimiento se produce cuando se aplica nitrógeno y fósforo, si uno de ellos no se aplica hay una disminución importante del rendimiento. La respuesta a fósforo varió entre 25, 38 y 48 qqm/ha para N0, N75 y N150. La eficiencia de producción de grano fue de 12,5; 9,5 y 12,0 kg de grano/ha de fósforo aplicado; estas eficiencias no son las mayores sino es la que se obtiene para producción máxima en diferentes dosis de nitrógeno.

La mayor eficiencia de fósforo en la producción de grano, se obtiene con una dosis de 200 kg  $P_2O_5$  y es de 18,5 kg de grano por kg de nitrógeno.

Como se puede apreciar la fertilización balanceada de NP es fundamental para la obtención de altos rendimientos de trigo en esta importante área de producción de trigo.

#### Rotación de cultivos

Desde 1977 a la fecha (12 años), se tienen resultados de un ensayo de rotación de cultivos, que está ubicado en un lugar representativo del área productor de trigo, en la precordillera Andina.

Las rotaciones comparadas son: monocultivo de trigo, avena trigo, pradera natural tres años trigo, pradera de trébol subterráneo tres años trigo, raps-avena-lentejas-trigo, pradera natural dos años avena-trigo.

El rendimiento trigo inicial fue de 30 qqm/ha, observándose un aumento de rendimiento hasta los 58 qqm/ha, con las características variaciones entre años, Figura 6. Entre los factores de producción que influyeron en este aumento sostenido de rendimiento, podemos señalar la disminución de enfermedades radiculares y el aumento de la concentración de fósforo en el suelo, relacionado fundamentalmente con las aplicaciones anuales de fósforo en cada uno de los cultivos y praderas integrantes de la rotación.

## Acumulación de fósforo en el suelo

Los suelos de la precordillera Andina son de origen volcánico (Andisoles) lo cual corresponde a características de alta fijación o sorción de fósforo. El fósforo nativo y la eficiencia del aplicado como fertilizantes fosfatados solubles es baja, por lo cual permanentemente debe fertilizarse con fósforo, de acuerdo con el cultivo, que corresponde en la rotación.

En el Cuadro 1 aparecen los valores de fósforo del suelo al doceavo año de la rotación. En general, se observa que en todos los tratamientos de rotación, en los cuales se aplicó fósforo, hay un aumento importante en el fósforo disponible Olsen, el cual se relacionó con las aplicaciones de fertilizantes fosfatados realizadas en el período de desarrollo de esta investigación. Importante es recordar que las extracciones del fósforo aplicado han sido diferentes de acuerdo al cultivo o praderas y al rendimiento que se haya alcanzado.

En el Cuadro 2 se entregan los resultados de análisis de suelo para fósforo en el doceavo año del ensayo de rotaciones. El mayor valor corresponde a la rotación trigo-trigo que recibió la mayor cantidad de fósforo y en el cual hubo la menor extracción debido a los bajos rendimientos alcanzados por el trigo. El menor valor corresponde a pradera natural-trigo que recibió la menor fertilización fosfatada. El aumento de fósforo disponible varía entre 0,63 y 0,29 ppm por año. A excepción de la rotación trigo-trigo, se calculó en un valor de 100 kg P/ha aplicado al suelo por cada ppm de aumento del P-Olsen disponible, determinado mediante análisis de suelo.

En la Figura 7 se puede apreciar la relación directa que existe entre la cantidad de fósforo aplicado por hectárea y el fósforo disponible del suelo determinado al doceavo año del ensayo. Existe una relación directa entre la cantidad aplicada y el aumento de disponibilidad del suelo.

Usando esta relación es posible calcular el tiempo necesario para llegar a una concentración de fósforo del suelo, con una dosis determinada y también la cantidad de fósforo por hectárea, necesaria para alcanzar la concentración deseada en el suelo.

El único valor que no concuerda con la relación lineal corresponde al monocultivo de trigo, en cuyo tratamiento no existe absorción de fósforo. Es posible predecir que la cantidad utilizada por la planta corresponde al 13%, usando los valores de fósforo agregado.

## Factores que influyen sobre la eficiencia del nitrógeno fertilizante

### Epoca de siembra

La aplicación de nitrógeno es fundamental en la obtención de altos rendimientos, que a su vez sean económicos. Especialmente, cuando la rotación no incluye pradera, la capacidad del suelo en el aporte de nitrógeno a los altivos es baja. Uno de los factores importantes en obtener altas eficiencias del fertilizante nitrogenado es la época de siembra, en relación a la variedad de trigo que se va a usar.

En la Figura 8, se muestra la relación entre respuesta a nitrógeno de la variedad de trigo Andifén y diferentes épocas de siembra. Esta situación corresponde a un año en que existió déficit hídrico en el período primaveral. El rendimiento es mayor en la primera época de siembra (5 de mayo), en la siguientes que fueron realizadas cada 30 días el rendimiento disminuyó en todos los tratamientos de aplicación de nitrógeno. En épocas de siembras tempranas las plantas de trigo tienen un déficit hídrico menor, por lo cual hay un mejor aprovechamiento del nitrógeno del suelo y del aplicado como fertilizante. Es así, como la diferencia entre los testigos de la primera y última época de siembra es de 23 qqm/ha, o sea, tenemos un aumento de rendimiento del 150%, solamente cambiando la época de siembra. También la respuesta a la aplicación de nitrógeno fertilizante disminuyó con la época de siembra, siendo nulo el efecto en última época de siembra, lo cual va asociado con la eficiencia del nitrógeno en la producción de grano.

Cuando el régimen hídrico es diferente, es decir, sin períodos con restricción de humedad del suelo en primavera, el comportamiento de las variedades alternativas, tienden a una estabilización del rendimiento en las tres primeras fechas de siembra.

En conclusión, podríamos indicar que para poder asegurar un buen rendimiento, en el área de la precordillera Andina, las siembras tempranas (abril-mayo), con variedades alternativas, aseguran un rendimiento mayor, cuando no hay suficientes lluvias en primavera y se produce un stress hídrico en las plantas de trigo. También, épocas tempranas de siembra aseguran un mayor desarrollo radicular en profundidad, que permite efectuar un mayor aprovechamiento del agua de las estratas inferiores del suelo.

#### Diferencias varietales

Se efectuó una investigación para conocer la capacidad de las variedades de trigo, adaptadas a las condiciones de la precordillera, de utilizar el nitrógeno nativo del suelo y la respuesta máxima a fertilización nitrogenada.

En el Cuadro 2 se entrega el rendimiento obtenido por las diferentes variedades de trigo. El promedio fue de 29,3 qqm/ha y diez variedades tuvieron un rendimiento superior a este valor, llegándose a un valor máximo de 40,9 qqm/ha con la variedad Capelle Desprez. El aumento de rendimiento fue de 25 qqm/ha en promedio y siete variedades aumentaron el rendimiento en un valor superior. Dos variedades Astro y Rancofén obtuvieron un rendimiento superior al promedio en el tratamiento sin nitrógeno y además el aumento de rendimiento fue superior al promedio de las variedades. El rendimiento máximo promedio tuvo un valor de 54,3 qqm/ha. Ocho variedades obtuvieron valores superiores al promedio en el tratamiento sin nitrógeno y máximo, lo cual indica que son variedades que tienen alta capacidad de aprovechar el nitrógeno del suelo y que además tienen alta capacidad de aumentar el rendimiento con altas aplicaciones de nitrógeno.

#### Comparación entre fuentes nitrogenadas y épocas de aplicación

Los fertilizantes nitrogenados usados en mayor cantidad son el Salitre sódico y la Urea, también se aplica nitrógeno con el fósforo diamónico. Las comparaciones se han realizado en igualdad de unidades de nitrógeno y en dosis de 120 kg/ha.

Los valores del Cuadro 3 en siembras de invierno, indican que no hay diferencia entre salitre sódico y úrea en la eficiencia de producción de grano de trigo, en diferentes épocas y formas de aplicación. Tanto las aplicaciones de Salitre sódico como de Urea, en las dosis totales al momento de la siembra, tienen un rendimiento inferior de 8,0 qqm ha<sup>-1</sup> comparado con las aplicaciones primaverales o fraccionadas cuando se aplica al voleo. No hay diferencias estadísticas entre los demás tratamientos de épocas de aplicación utilizados.

#### Acumulación de nitrógeno en diferentes fechas de barbecho

En el área de la precordillera, los agricultores que usan una rotación de cultivo de pradera natural durante tres años para posteriormente sembrar trigo, tradicionalmente usan la práctica de roturar el suelo con anticipación a la siembra, este período es variable entre agricultores.

Durante tres temporadas se realizó un ensayo con el objeto de cuantificar, entre otros aspectos, la diferencia en mineralización de nitrógeno en diferentes fechas de roturación del suelo (barbecho).

Los resultados obtenidos, Figura 9, indican un incremento en el nitrógeno inicial disponible, el cual se relaciona con el número de días antes de la siembra en que se rotura el suelo. En los primeros 20 cm de suelo este incremento alcanza a 52 ppm en un período de 190 días. Entre 20 y 40 cm aumenta pero en menor cantidad. Cuando el suelo se rotura en un período menor de 115 días antes de la siembra el aumento del nitrógeno disponible es bajo, 7 ppm. La cantidad de nitrógeno disponible en el suelo entre los 120 y 190 días antes de la siembra permite predecir que la respuesta a nitrógeno, en estas condiciones, va a ser media (40 ppm) a baja (más de 40 ppm). Estos antecedentes permiten al agricultor tomar importantes decisiones, que le permiten efectuar una importante economía en el fertilizante nitrogenado necesario para altas producciones.

## Modelo de simulación de Sistemas Ganado-Cultivo para la precordillera Andina de la zona Centrosur

También se han desarrollado investigaciones que relacionan los dos principales rubros de la precordillera Andina que son: el trigo y la ganadería (vacunos y ovejería), los cuales tienen un buen comportamiento en estas condiciones. Con los antecedentes disponibles, se intentó desarrollar un modelo general que considera la producción integrada de trigo y la ganadería.

El objetivo fundamental consiste en simular el efecto de producción de carne bovina y trigo al cambiar los niveles de nutrientes del suelo, debido a aplicación y acumulación de fósforo y a producción de nitrógeno, desde la pradera de trébol subterráneo, que posteriormente es utilizado en la producción de trigo.

Este primer modelo de simulación de ganado-trigo debe ser mejorado cada vez que se tenga mayor información sobre los efectos de los factores incluidos.

### Comparación de fertilizantes fosfatados

En general, los fertilizantes fosfatados más usados son el Superfosfato triple, Fosfato diamónico y Fosfato normal, en menos escala Fosfato monoamónico y Roca fosfórica de Bahía Inglesa.

Las comparaciones se realizaron en dosis de 0, 50, 100 y 150 kg  $P_2O_5$ /ha. En el Cuadro 4 aparecen los resultados de rendimiento de grano con Fosfato diamónico, Superfosfato triple y Fosfato normal. No existió diferencias entre rendimiento de grano entre fertilizantes, lo cual indica que existe similar eficiencia del fosfato aportado por las tres fuentes utilizadas, lo cual se debe fundamentalmente a que la forma del fosfato es igual, o sea, la mayoría es soluble al agua.

Estos resultados indican similares eficiencias de fósforo en la producción de grano entre las fuentes utilizadas.

## Selección de variedades de trigo basada en su capacidad de absorción de fósforo nativo y aplicado

En el secano de la precordillera andina se establecieron quince ensayos de campo, durante el período desde 1981 a 1985, para seleccionar genotipos de trigo que tuvieron un comportamiento de rusticidad y eficiencia en el uso del fósforo disponible del suelo y del aplicado como fertilizante comercial. Los genotipos usados fueron de hábito de crecimiento invernal, alternativo y primavera.

La explicación del diferente comportamiento varietal podría estar dado por diferencias en el crecimiento radicular, exudación de las raíces, influencia del hongo micorrhiza y diferencias en las tasas de absorción y traslocación de fósforo.

Los suelos usados en los ensayos correspondían a Andisoles con una baja concentración de fósforo disponible del suelo, inferior a 8,0 ppm Olsen.

Durante el período del estudio fue posible seleccionar 58 variedades de trigo con las características de rusticidad y eficiencia en alguno de los años de estudio. De ellas, 23 fueron catalogadas como buenas, en 4 o más años de los cinco en los cuales se seleccionaron.

## SUELOS ARENOSOS DE LA PROVINCIA DE BIO-BIO

La superficie de suelos arenosos es de 289.000 ha, en la cual hay gran concentración de población rural, de las cuales sólo el 10% se dedican a cultivos. Los suelos desarrollados sobre materiales arenosos son muy recientes y de gran permeabilidad, lo que ha impedido un rápido desarrollo del perfil. En general, son suelos de textura liviana, variando de arena muy fina hasta arena gruesa, de bajo contenido de materia orgánica, baja disponibilidad de nitrógeno y fósforo, además de baja capacidad de intercambio catiónico.

El clima puede ser clasificado como templado cálido de veranos secos. La pluviometría anual es de 1.129 mm, concentrándose un 76% en los meses de otoño e invierno, con una disminución importante en los meses de primavera-verano. El cultivo del trigo tiene una baja superficie de siembra, alcanzando bajos rendimientos, los cuales generalmente fluctúan entre 7 y 12 qqm/ha.

#### Respuesta a la aplicación de nitrógeno y fósforo

Durante tres temporadas se han efectuado ensayos de respuestas NP en trigo de primavera. Los rendimientos alcanzados han sido diferentes en estos tres años. En el primer año de ensayos se manifestó una fuerte deficiencia de azufre, en el segundo las lluvias tardías impidieron una fecha de siembra oportuna y en el tercero no existieron factores limitantes que impidieron la expresión del rendimiento de acuerdo a la potencialidad que se espera del área. Los resultados que se analizaron, Figura 10, corresponden a esta última temporada de ensayo. Las dosis de nitrógeno (N) y fósforo ( $P_2O_5$ ) variaron entre 0 y 200 kg/ha, se usó fosfato normal, aplicándose además azufre para completar la cantidad aplicada con la mayor dosis de fósforo.

Los resultados obtenidos indican alta interacción NP. El rendimiento obtenido sin la aplicación de estos nutrientes es bajo y también el rendimiento potencial es alto. La respuesta a nitrógeno es mayor que aquella obtenida para fósforo. El máximo aumento para N es de 60,3 qqm/ha (30,1 kg grano  $kg N^{-1}$ ) y de 50,6 para P (25,3 kg grano  $kg P_2O_5^{-1}$ ).

Se puede concluir que la respuesta a N y a P es alta y que el rendimiento de grano depende en alto porcentaje de las dosis de aplicación de ambos nutrientes.

#### Deficiencia de azufre

La deficiencia de azufre en el cultivo del trigo, en los suelos chilenos, es poco común y generalmente no existe respuesta a los fertilizantes que aportan azufre. Son múltiples los factores de suelo y clima que influyen en la disponibilidad de azufre, por lo

cual es difícil predecir la necesidad de realizar una fertilización con este elemento.

El análisis de suelo del sitio del ensayo indicó deficiencia de nitrógeno, 7,0 ppm y de fósforo 7,0 ppm. El contenido de azufre extractable fue de 0,7 ppm de S, valor que nos indica un alto grado de deficiencia de este elemento.

Las cantidades de azufre aplicado al suelo fueron de 0; 10,2; 20,4 y 30,6 kg S/ha.

La comparación se realizó en tres dosis de aplicación de fósforo 0, 40, 80 y 120 kg de  $P_2O_5$ /ha, y las fuentes fueron Superfosfato triple y Fosfato normal.

El rendimiento sin aplicación de azufre alcanzó un máximo de 33,0 qqm/ha (14,2 qqm/ha de aumento de rendimiento) y de 55,0 qqm/ha, cuando se aplicaron 30,6 kg S/ha, lo cual corresponde a 22,5 qqm/ha por efecto de la aplicación de 30,6 kg S/ha, Figura 11.

En la temporada 1988/89 se probaron diferentes fuentes y dosis de azufre, las que se compararon a igual dosis de nitrógeno y de fósforo. Los resultados se muestran en la Figura. El análisis estadístico indica diferencias significativas entre tratamiento de productos. El máximo rendimiento se obtuvo con la aplicación de 80 kg S elemental/ha, con un aumento de 14,0 qqm/ha, Figura 12.

Los resultados obtenidos hasta el momento indican la necesidad de continuar con esta investigación con el objeto de obtener índices químicos de disponibilidad de azufre que permitan poder predecir la deficiencia de este elemento.

#### Comparación de fertilizantes nitrogenados

En los suelos de textura arenosa de alta permeabilidad, es importante la forma en la cual se aplica el nitrógeno en siembras de primavera, especialmente cuando en el período de primavera la cantidad de agua de lluvia es alta.

Los resultados de ensayos se muestran en la Figura 13. Se puede apreciar que existe gran deficiencia en el rendimiento obtenido entre Salitre sódico y Urea. Con Salitre sódico hay marcada influencia de la fecha en la cual se aplica el fertilizante nitrogenado, es así, como entre la aplicación de la dosis total a la siembra y a la macolla hay una diferencia de rendimiento de 19,0 qqm/ha. También se puede apreciar la tendencia a la variación del rendimiento en relación a la cantidad de nitrógeno que se aplica a la siembra, siendo mayor cuando esta cantidad es menor. Cuando la fuente de fertilizante nitrogenada es Urea, no hay diferencias entre los tratamientos de épocas de aplicación. En promedio las diferencias entre Salitre sódico y Urea es de 23,1 qqm/ha.

### SUELOS ROJOS ARCILLOSOS DE SECANO

El área ocupada por suelos arcillosos de secano posee gran superficie dedicado a agricultura. Los principales cultivos son trigo, lentejas y avena. La topografía es de lomajes suaves, con zonas bajas en las cuales durante el período invernal hay acumulación de agua, que afectan en medida variable el crecimiento de las plantas de trigo y a la eficiencia del nitrógeno en la producción de grano. Los suelos son de origen volcánico antiguo (Ultisoles). La textura es arcillosa con baja permeabilidad, lo cual incide en una alta saturación del suelo durante los meses de invierno. Las deficiencias nutritivas que se presentan son de nitrógeno y fósforo.

El clima de esta área está clasificada como mediterráneo frío, con una precipitación anual promedio de 1.300 mm, la mayoría de la cual es durante los meses de invierno y en menor cantidad en primavera. La cantidad y disminución de la lluvia de primavera determina, en la mayoría de los casos, la magnitud del stress hídrico de primavera.

#### Respuesta a la aplicación de nitrógeno y fósforo

En los suelos rojos de secano la eficiencia del fósforo aplicado es mayor que en Andisoles, debido fundamentalmente al tipo de arcillas, componen-

tes minerales y al menor contenido de materia orgánica, que integra la fase sólida del suelo. La deficiencia de nitrógeno es similar a otros tipos de suelos.

Los resultados de los ensayos realizados que se muestran en la Figura 14 permiten conocer el comportamiento de la respuesta a ambos nutrientes. El máximo de aumento que se produce con la aplicación de nitrógeno es de 28,9 qqm/ha (55,9% de aumento de rendimiento) y de 14,0 qqm/ha para fósforo (27,5% de aumento de rendimiento). En general, para nitrógeno la máxima respuesta se produce con 150 kg N/ha para fósforo. El rendimiento máximo alcanzado fue de 52,9 qqm/ha.

#### Comparación de fertilizantes nitrogenados

Cuando se realizan investigaciones con fertilizantes nitrogenados, generalmente éstas van dirigidas a obtener la mayor eficiencia que se pueda, de acuerdo con las condiciones limitantes. En los suelos rojos arcillosos es el exceso de humedad durante el período invierno en la capa arable del suelo, lo cual imposibilita labores culturales, o el paso de maquinarias. Generalmente el fertilizante nitrogenado se aplica en dos fechas, siembra y macolla, y en las condiciones de estos suelos, generalmente la segunda aplicación se realiza tardíamente debido al exceso de humedad.

En la Figura 15 aparece la comparación entre Salitre sódico y Urea en varias fechas de aplicación. En primer lugar, se comprueba que no hay diferencias entre Salitre sódico y Urea en ninguna de las fechas de aplicación. Las aplicaciones de la dosis total de nitrógeno a la siembra tiene igual rendimiento que las aplicaciones de siembra-macolla y la incorporación a la siembra. Con el atraso de la aplicación en la segunda dosis hasta el encañado, hay una disminución en rendimiento de 19,5 qqm/ha (37,9%) a las aplicaciones de las demás fechas probadas en este ensayo. La eficiencia de producción de grano varía entre 23,2 kg a 6,0 kg de grano por kg de nitrógeno aplicado.

Cuadro 1. Acumulación de Fósforo Olsen en el suelo en seis rotaciones de cultivos.

ROTACION DE CULTIVO	P-OLSEN 1988	AUMENTO P por año	P Agregado kg 12 años	Kg P para aumentar 1 ppm.P del suelo
T T	12,0	0,63	654	87,2
A T	11,0	0,54	654	100,6
P N 3 T	8,0	0,29	360	102,9
P A 3 T	9,0	0,38	459	102,0
R A L T	10,5	0,50	615	102,5
P N 2 A T	8,8	0,36	458	106,5

\* P-OLSEN INICIAL 4,5 ppm. (1977).

Cuadro 2. Capacidad de diecisiete variedades de trigo en la utilización del nitrógeno.

VARIETADES	DOSIS		NITROGENO	
	0	200	AR	
Andifen	19,8 B	46,1 B	26,3 A	
Lucero	14,9 B	37,9 B	23,0 B	
Lancero	36,6 A	58,9 A	22,3 B	
Manquefen	28,5 B	55,7 A	27,2 A	
Budifen	33,9 B	41,8 B	17,9 B	
Intermedio	29,6 A	47,3 B	17,7 B	
Inter 74	32,7 A	55,4 A	22,7 B	
As	26,1 B	57,6 A	31,5 A	
Astro	32,6 A	66,7 A	34,1 A	
Peneca	30,0 A	54,3 A	24,3 B	
Rancofen	33,2 A	62,9 A	29,7 A	
SNA 7	27,4 B	60,8 A	33,4 A	
SNA 8	30,9 A	55,3 A	24,4 B	
Lautaro	17,6 B	42,9 B	25,3 A	
Talafen	31,8 A	50,0 B	18,2 B	
Capelle Desprez	40,9 A	64,1 A	23,2 B	
Porcifen	41,3 A	65,4 A	24,1 B	

A = Sobre el promedio      B = Bajo el promedio  
AR = Aumento de Rendimiento



Cuadro 3. Rendimiento de trigo (qqm. ha<sup>-1</sup>) con Salitre Sódico y Urea, en cuatro épocas de aplicación.

	SS	UREA	PROMEDIO
SV	48,2	49,5	48,9
MV	57,3	56,4	56,9
S+M	58,0	60,1	59,1
1/3 SME	60,6	58,3	59,5
PROMEDIO	56,0	56,1	

S = siembra  
E = encañado

M = macolla

V = voléo

Cuadro 4. Comparación de la eficiencia de tres fertilizantes fosfatados en la producción de grano de trigo.

DOSIS DE FOSFORO KG P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ha <sup>-1</sup>	FOSFATO DIAMONICO	SUPERFOSFATO TRIPLE	FOSFATO NORMAL
0	39,2	38,3	36,7
50	61,7	62,3	60,0
100	65,0	63,9	65,0
150	68,7	70,7	68,3



Figura 1. Rendimiento de trigo promedio nacional y superficie de siembra entre 1973 y 1987.

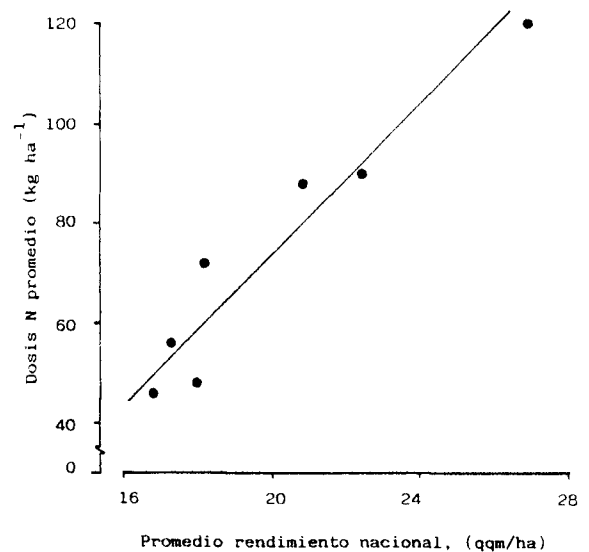


Figura 2. Relación entre el rendimiento promedio nacional y la dosis promedio de nitrógeno entre los años 1980 y 1986.

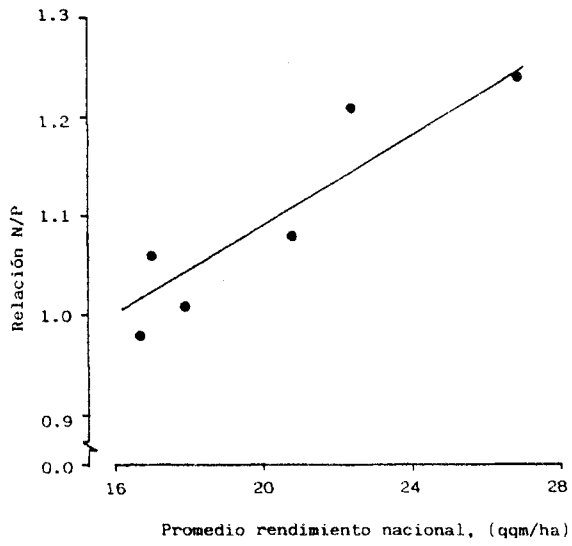


Figura 3. Relación entre el promedio de rendimiento nacional entre 1980 y 1986 y variación de la relación NP.

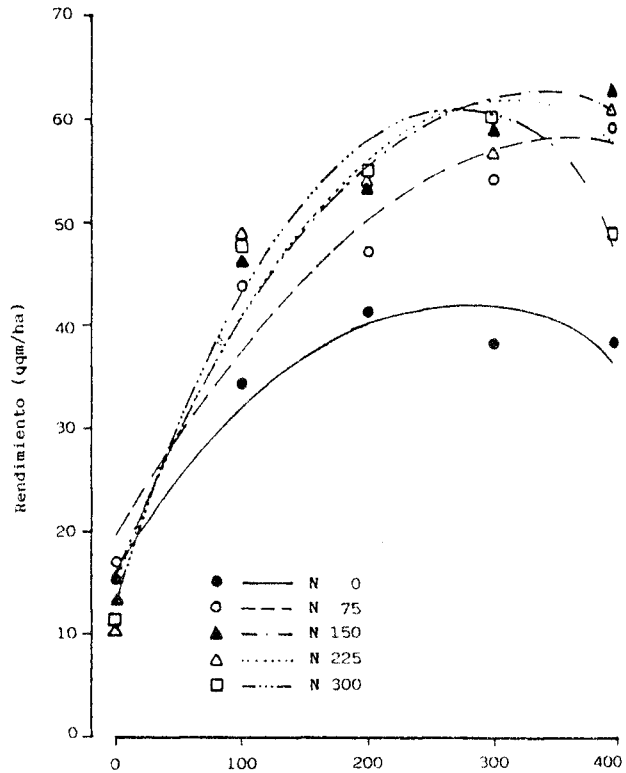


Figura 5. Respuesta de rendimientos de trigo (qqm/ha) a nitrógeno y fósforo. Ensayo Nº 95.

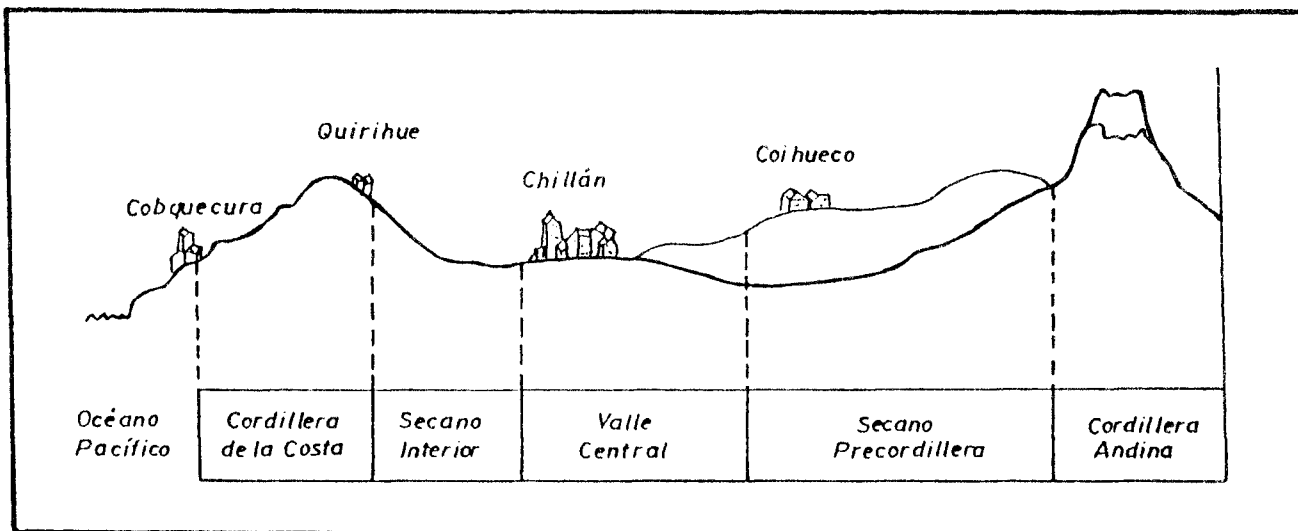


Figura 4. Corte transversal de la región centrosur que muestra las zonas agroecológicas en las cuales se cultiva el trigo.

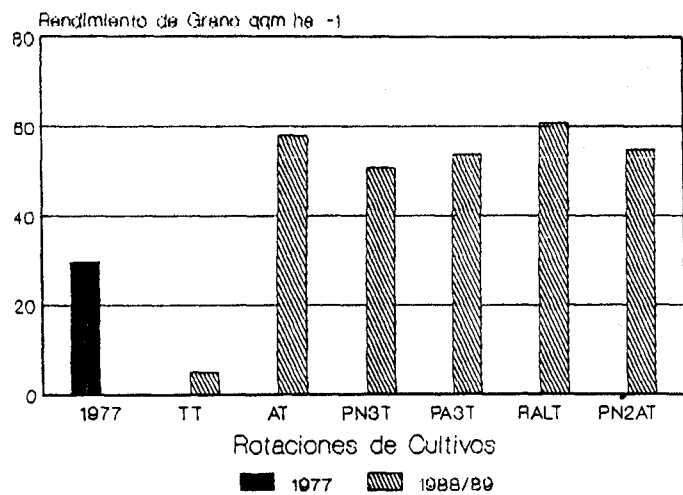


Figura 6. Rendimiento de grano de trigo en seis rotaciones de cultivos a los 12 años (1988/89) y el inicial (1977).

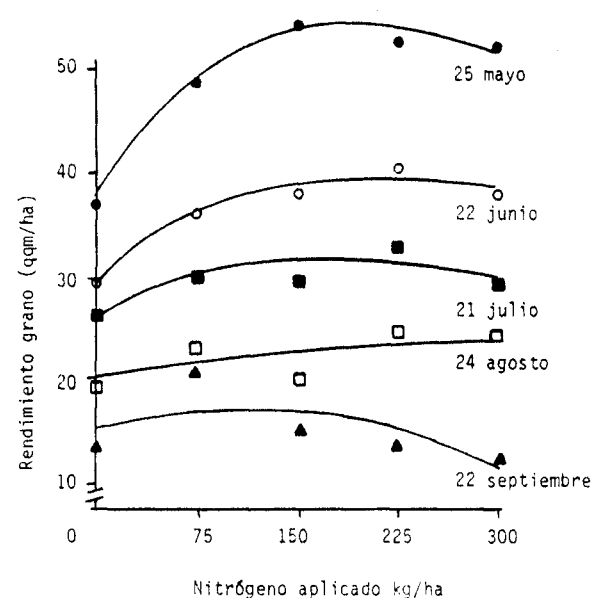


Figura 8. Respuesta a cinco dosis de nitrógeno en cinco épocas de siembra.

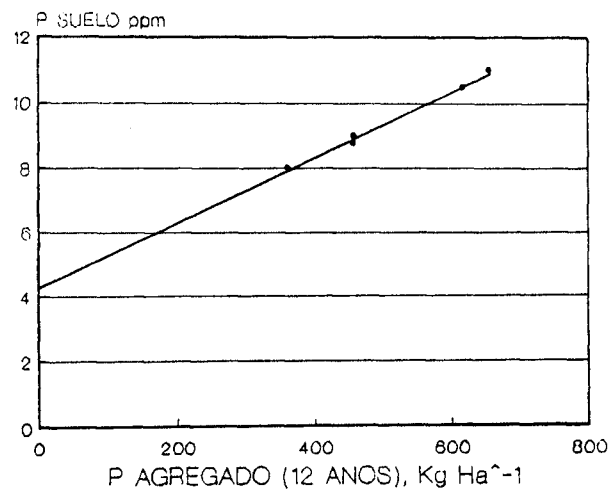


Figura 7. Relación lineal entre fósforo aplicado (kg ha<sup>-1</sup>) durante 12 años y el aumento de fósforo disponible Olsen (ppm).

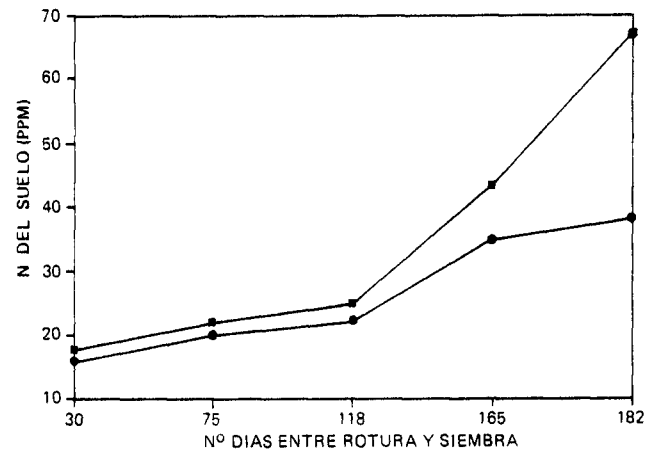


Figura 9. Variaciones del nitrógeno disponible del suelo en diferentes períodos de rotura-siembra.