

# DETERMINACION DE LA EFICIENCIA DE USO DEL NITROGENO POR EL CULTIVO DE TRIGO EMPLEANDO LA TECNICA DE LOS FERTILIZANTES ISOTOPICAMENTE MARCADOS \*

Por: ING. JULIO LUGO C. \*\*

## COMPENDIO – ABSTRACT

Se estudió la eficiencia de uso del N empleado la técnica de los fertilizantes isotópicamente marcados con  $N^{15}$  y  $P^{32}$ ,

Los resultados encontrados indican que: Durante los primeros estados de crecimiento (0-30 días) la planta de trigo tienen una marcada preferencia por el  $N - NO_4$ . Entre los 30-70 días de edad, el cultivo prefiere el  $N-NO_3$ .

La eficiencia de uso del nitrógeno se encuentra directamente relacionado con la dosis y época de aplicación. A altas dosis de N aplicado corresponde altas cantidades de N absorbido y recuperado. Desde el punto de vista fisiológico, la eficiencia de uso se encuentra relacionado con el ritmo de crecimiento y el período vegetativo de la variedad.

The efficiency of use of N by wheat crop was studied using fertilizer labelled with  $N^{15}$  and  $P^{32}$ .

The results indicate that wheat plants during early stages of development (0-30 days) have marked preference for the  $NH_4 - N$ . Between 30-70 days of age the crop prefer  $NO_3 - N$ .

The efficiency of use of N utilization, is directly relates with the doses and time of application. From the physiological point of view, the efficiency of use is related to the growth rate and vegetative cycle of the wheat variety.

\* Trabajo realizado en la Estación Experimental Agrícola de La Molina.

\* Técnico en Radioisótopos aplicados a la Agricultura – Departamento de Suelos y Abonos – Estación Experimental Agrícola de La Molina.

\* Profesor Asociado. Escuela Agrícola Panamericana.

## INTRODUCCION

El uso eficiente de los fertilizantes es uno de los medios esenciales para obtener incremento en la producción agrícola.

En los países agrícolamente desarrollados aparte de la atención que se da a la eficiencia misma del fertilizante se incluyen consideraciones, de costos de labor y equipo, en cambio, los que se encuentran en proceso de desarrollo, el factor principal que determina el empleo y selección de los fertilizantes es su valor económico y disponibilidad en el mercado, por lo cual los estudios de "Eficiencia de uso de los fertilizantes" intrínsecamente es más importante para los que se encuentran dentro de este margen (9).

Considerando que la observación expuesta no sólo es un problema propio, sino también un fenómeno que sucede en otros lugares del mundo, el Departamento de Agricultura de la Agencia Internacional de Energía Atómica de Viena - FAO/IAEA en coordinación con los países de Italia, India, Pakistán, Grecia, Marruecos, Turquía, Hungría, Brasil, Argentina, México, República Árabe Unida, Rumania y Perú, proyectó estudios utilizando "Fertilizantes Isotópicamente Marcados" con el objeto de conocer la medida exacta y precisa de nitrógeno y fósforo que toma la planta de trigo del suelo o del fertilizante en sus diferentes etapas de crecimiento; para evaluar de esta manera la eficiencia de uso de los fertilizantes, en función de la dosis, épocas y fuentes de aplicación para este cultivo.

Para el caso específico del Perú, estos estudios se están llevando a cabo bajo contrato convenio entre la División Mixta FAO/IAEA de la Energía Atómica en Agricultura y la Estación Experimental Agrícola de la Molina, en estrecha colaboración con el Programa Nacional de Cereales dependientes del Ministerio de Agricultura.

## REVISION DE LITERATURA

El rápido incremento del uso de los "trazadores" (Isótopos Radioactivos - Isótopos Estables) Para estudiar el uso eficiente de los fertilizantes e investigaciones afines es solamente en efecto natural, ya que la absorción y la relativa disponibilidad del nutriente del suelo o del fertilizante aplicado puede ser sólo determinado a través de la

característica del isótopo, sea su radioactividad o su masa que permite su localización o destino. (4, 11, 17, 24, 25).

La técnica del empleo de los "fertilizantes Isotópicamente Marcados" ha determinado un significativo avance y valor práctico en las investigaciones realizadas sobre:

- Eficiencia de uso de los fertilizantes (7, 9, 10, 11, 12)
- Métodos y épocas de aplicación de los fertilizantes (1, 5, 13, 19, 23, 26, 31)
- Poder de absorción de los cultivos (7, 8, 14)
- Disponibilidad y fijación de nutrientes (10, 21, 22, 27, 28)
- Absorción de micronutrientes (6, 15, 29)

El isótopo estable  $N^{15}$  y el fósforo radioactivo  $P^{32}$  como "marcadores" o "trazadores" del nitrógeno y fósforo normal en los fertilizantes respectivos provee un método preciso y seguro mediante el cual los científicos pueden llegar a determinar el origen, procedencia y cantidades exactas de los nutrientes tomados por la planta.

Según Hera (16) las primeras referencias relativas al empleo del isótopo estable  $N^{15}$  en experimentos de campo, fueron hechos en los E.E.U.U. en 1940 por los investigadores W. Y. Bartholomew, C. H. Werkmen y L. B. Nelson, quienes aplicando la técnica de los fertilizantes isotópicamente marcados estudiaron la absorción de N por el cultivo de la avena.

En base a las publicaciones existentes (7, 12, 13, 25) sobre el empleo de la técnica de los fertilizantes isotópicamente marcados, se puede establecer que esta es específicamente utilizada en diseños y estudios sobre evaluación y eficiencia de uso de los fertilizantes por los cultivos.

Bartholomew y otros (3) mediante el empleo del sulfato de amonio marcado con el isótopo estable  $N^{15}$  realizó investigaciones sobre eficiencia de uso del nitrógeno por el cultivo de avena, encontraron que:

- Del 100o/o aplicado, la planta de avena sólo recuperó entre 11 y 29o/o.
- Hay una mayor absorción de nitrógeno derivado del fertilizante, en la dosis 45 Kg de N/Ha que cuando se aplicó 22.5 Kg N/Ha.
- El porcentaje de nitrógeno derivado del fertilizante varió de un 4.7 a 17o/o.
- Hay una mayor recuperación del nitrógeno cuando el sulfato de amonio fue aplicado en la época de siembra.
- Hay recuperación inmediata del nitrógeno cuando el fertilizante es aplicado en la época de formación de grano.
- Observaron un mejor aprovechamiento del nitrógeno cuando el  $SO_4(NH_4)_2$  fue aplicado en la época de siembra.

-En el análisis químico sobre muestreos de plantas maduras hay una mejor evaluación de absorción y recuperación del nitrógeno aplicado.

Bartholomew y Hilbold (1) continuando sus estudios sobre absorción del nitrógeno por el cultivo de avena mediante el empleo del isótopo estable  $N^{15}$  investigó el efecto residual del nitrógeno mineral en suelos cultivados, y en descanso y encontraron que:

El fertilizante nitrogenado tiende a desaparecer en los suelos cultivados.

-La absorción del nitrógeno derivado del fertilizante es mínima cuando la planta llega al estado de "panza" o "formación de grano".

-En condiciones de "barbecho" o de "descanso de suelo" el nitrógeno mineral aumentó desde el inicio hasta el final del experimento.

En los suelos cultivados el contenido de nitrógeno mineral disminuyó cuando la planta de avena se encontró en vigoroso estado de crecimiento.

La absorción de nitrógeno derivado del fertilizante estuvo directamente relacionado con la dosis, recobrándose del 27 a 54o/o del nitrógeno aplicado.

Estos experimentos realizados por Bartholomew y colaboradores, el primero en campo y el segundo en invernadero, demuestran una marcada diferencia de aprovechamiento del fertilizante nitrogenado aplicado en diferentes dosis y épocas.

Janson (18) mediante el empleo del  $N^{15}$  en el cultivo de avena, realizó experimentos durante seis años, tendientes a lograr en balance, y medida del efecto residual del fertilizante nitrogenado, llegando a las siguientes conclusiones:

- El balance del nitrógeno mostró un pequeño déficit, que varió entre 8 y 14o/o del nitrógeno marcado, atribuyéndose a la desnitrificación como la principal causa de la pérdida de nitrógeno.

-La pérdida de nitrógeno aplicado se limitó al año de cultivo cuando la avena fue cosechada a la maduración.

No hubieron pérdidas una vez que el nitrógeno residual pasó a la forma orgánica.

El nitrógeno bajo la forma de nitrato experimentó una gran pérdida debido a que se transformó en nitrógeno amoniacal.

-Durante el primer año el recobro del nitrógeno marcado  $N^{15}$  bajo la forma de nitrato fue significativamente mayor que cuando se aplicó bajo la forma amoniacal debiéndose a la fijación del amonio y a la inclusión del nitrógeno amoniacal en la mineralización e inmovilización biológica del nitrógeno del suelo.

El aprovechamiento del verdadero nitrógeno residual (orgánicamente unido y químicamente fijado) fue pequeño, aproximadamente 1o/o de la aplicación anual original.

- La cantidad de nitrógeno tomado en las plantas estuvo comprendido entre 2.6 a 4.0% bajo la forma nítrica - y 1.4 a 3.7% bajo la forma amoniacal.

Ozaki (24) aplicó sulfato de amonio marcado con  $N^{15}$  en un riego cultural a plantas de arroz de seis semanas de edad, y tomando muestras de plantas a intervalos de una y seis horas después de aplicado el fertilizante, encontró que:

- La mayor parte del nitrógeno absorbido estuvo en la fracción no proteica de las raíces y hojas.
- El contenido de  $N^{15}$  fue más alto en la proteína hidrolizada que en el resto de la proteína, deduciendo que hay una entrada directa de amina en la proteína.

La magnitud de aplicación de los fertilizantes isotópicamente marcados iniciado, organizado y desarrollado por la Agencia Internacional de Energía Atómica de Viena, mediante programas internacionales coordinados de experimentos de campo, se están realizando sobre estudios de eficiencia de uso de fertilizantes, con especial atención a los elementos N y P en los cultivos de maíz, arroz, trigo y árboles frutales, debido a ello, la literatura concerniente a esta materia está casi limitada a las publicaciones de este Organismo (13, 15, 17).

De acuerdo a Hanway (13), los resultados y conclusiones de uno de los programas internacionales anteriormente mencionados sobre eficiencia de uso de N y P en el cultivo de maíz, realizado por siete países (Argentina, Brasil, Colombia, Perú, México, Rumania, República Árabe Unida), por un período de 4 años (1964-1968) mediante la técnica de los "fertilizantes isotópicamente marcados con  $N^{15}$  y  $P^{32}$  fueron:

- Las aplicaciones parciales de fertilizante nitrogenado colocado junto con el fósforo en bandas adyacentes al surco y en el momento de la siembra marcó una acelerada absorción del fósforo que no afectó la eficiencia de absorción del fertilizante nitrogenado.
- En cuanto a absorción de N y P, las aplicaciones parciales del fertilizante nitrogenado al voltear el terreno antes de la siembra con el total del fertilizante fosforado demostró ser menos efectivo que las aplicaciones en banda.
- Las aplicaciones divididas del fertilizante nitrogenado son los más convenientes en bandas en el momento de la siembra hasta la época de la floración, pero no incrementan la absorción de N derivado del fertilizante.
- Las fuentes probadas  $SO_4$   $(NH_4)_2$ ,  $NO_3$   $NH_4$  y  $CO(NH_2)_2$  demostraron ser todas efectivas para suplir el nitrógeno necesario para el crecimiento de las plantas.
- Los rendimientos de grano fue incrementado substancialmente por

- efecto de método y época de aplicación óptimas del fertilizante N y P.
- Con las aplicaciones del fertilizante nitrogenado, la absorción de nitrógeno del suelo fue incrementado en algunos casos, decreciendo en otros en forma constante.

En el Perú la técnica de los "fertilizantes Isotópicamente Marcados" fue empleado por primera vez por Lugo (20) quien realizó estudios sobre eficiencia de uso del nitrógeno y fósforo mediante los isótopos  $N^{15}$  y  $P^{32}$ . En el cultivo del maíz y encontró que:

- Hay una mayor eficiencia de absorción del nitrógeno derivado del fertilizante cuando se aplica en bandas.
- Mayor importancia y efecto sobre los rendimientos tiene la época de aplicación del fertilizante que el método mismo.
- De 100 kg. de N/Ha aplicado en forma de sulfato de amonio en bandas a la siembra y al aporque (30 días) la planta recupera entre 35 y 30 Kg. N/Ha.
- Un promedio de 61o/o de N derivado del fertilizante la planta lo recupera en los granos de maíz.
- Un promedio de consumo total de nitrógeno comprendido desde la siembra hasta la cosecha fue del orden de 105 Kg. N/Ha.

Según Rennie (2) uno de los primeros experimentos internacionales preliminares realizados por la División de Agricultura de la Junta FAO/IAEA sobre eficiencia de uso del fertilizante nitrogenado en el cultivo de arroz fue llevado a cabo en Hungría en 1964, mediante el empleo del  $N^{15}$  cuyos resultados experimentales de campo, complementados con experimentos de invernaderos se encontró:

- Una mayor de N derivado del fertilizante de la fuente de sulfa de amonio y de nitrato.
- La forma de aplicar el fertilizante a una profundidad de 5 cm. reduce las condiciones de oxidación de amonio a nitrato.

De acuerdo a Rennie (26) los primeros experimentos internacionales preliminares llevados a cabo por el Organismo anteriormente mencionado, sobre efecto de la época de aplicación del fertilizante nitrogenado (marcado con  $N^{15}$ ), sobre la absorción de nitrógeno por el cultivo de trigo se realizó en los países de Austria y Perú en el año 1968. Los resultados encontrados fueron completamente contradictorios, mientras que en Austria la absorción de N derivado del fertilizante fue mayor cuando se aplicó el fertilizante nitrogenado dividido en tres épocas; en el Perú, la mayor absorción de N fue cuando se aplicó 100o/o en la siembra, atribuyéndose estos resultados a las diferentes condiciones climáticas y variedad de trigo utilizado para estos estudios.

De acuerdo a Villanueva (32) las conclusiones hasta el presente sobre los ensayos de fertilización de NPK en el cultivo de trigo realizados en el Perú, son los siguientes:

- Los resultados experimentales, obtenidos de los ensayos de fertilización con variedades antiguas no mejoradas son contradictorias y difíciles de interpretar, con situaciones en las cuales los tratamientos sin abonamiento rinden mucho más que las dosis altas de N y P.
- Los resultados experimentales obtenidos y los ensayos de fertilización con variedades modernas y mejoradas abre una nueva posibilidad para aumentar los rendimientos con el conveniente uso eficiente de los fertilizantes, especialmente nitrógeno y fósforo.
- Se ha determinado que las variedades modernas y mejoradas de trigo pueden duplicar su rendimiento con aplicaciones fuertes de N y P.
- El trigo híbrido peruano Helvia Fron comparado y evaluado con dos trigos enanos mexicanos bajo tres niveles de N y P (0 - 80 - 160 Kg/Ha) a dosis altas rinden 5,000 Kg/Ha de grano o más.
- El incremento de rendimiento de grano de trigo se debe al aumento de sus principales componentes que son: Macollaje, número de granos por espiga y peso de grano por espiga, estos factores completado con aplicaciones fuertes de abonamiento trae consigo el aumento del porcentaje de proteínas, peso hectolítrico y calidad panadera.

## MATERIALES Y METODOS

En la Estación Experimental Agrícola de La Molina, durante las campañas trigueras de los años 1967-1968 y 1968-1969, se sembraron dos experimentos con el objetivo principal de estudiar la eficiencia de uso del nitrógeno por el cultivo del trigo empleando la técnica de los "fertilizantes isotópicamente marcados"

### EXPERIMENTO 1

"Eficiencia de uso del fertilizante nitrogenado  $\text{SO}_4(\text{NH}_4)_2$  en función de la dosis y época de aplicación en el cultivo del trigo".

Este experimento sembrado en la campaña 1967-1968 tuvo carácter preliminar para el planeamiento de los proyectos internacionales y sus objetivos principales fueron:

- a.- Ganar experiencia e información concerniente al empleo de técnicas experimentales sobre el uso de fertilizantes marcados en la experimentación del trigo.
- b.- Evaluar la eficiencia de uso de N del fertilizante sulfato de amonio.

Fue sembrado en el campo experimental denominado lote anexo No. 40 cuyas características y resultados del análisis químico y físico se muestra en la Tabla 1:

T A B L A 1

RESULTADOS DE ANALISIS QUIMICO DEL LOTE ANEXO N° 40

PROFUNDIDAD 0 - 20 cm.

ph	Materia Orgánica o/o	N Total o/o	P ppm	K ppm	C. E. mmhos 25° C	Textura
8.0	1.12	0.056	40.1	308	5.51	Franco

Los métodos químicos seguidos para el análisis del suelo fueron los siguientes:

Materia Orgánica : Método de Walkley y Black (30)  
 Fósforo disponible : " " Olsen (30)  
 Potasio : " " Morgan (30)

El diseño adoptado fue bloques randomizados con cuatro repeticiones y seis tratamientos básicos, de los cuales en cuatro de ellas se empleó el isótopo estable N<sup>15</sup>. Ver tabla 2.

Como fuente de nitrógeno se usó el sulfato de amonio marcado con 0.9o/o de N<sup>15</sup> (excess) proporcionado por la Agencia Internacional de Energía Atómica de Viena.

T A B L A 2

TRATAMIENTOS, DOSIS Y EPOCAS DE APLICACION  
DEL  $\text{SO}_4 (\text{NH}_4)_2$   
EN EL CULTIVO DE TRIGO - VAR. MEXICANA ENANO 3

Tratamientos Básicos	CLAVE	EPOCA DE APLICACION Kg. N/Ha		
		Siembra	Macollaje	Estado 4 Estado de Panza
	A	30	30	30
1.- A-B-C	B	30	30*	30
	C	30	30	30*
2.- D-F	D	30*	60	0
	E	30	60*	0
3.- F-G	F	30*	0	60
	E	30	60*	0
4.- H	H	90*	0	60*
5.- I	I	)	0	0
6.- J	J	15	30	0

\* Sulfato de amonio marcado con N<sup>15</sup>

El tamaño de la parcela experimental fue de 5.5 m de largo por 1.25 de ancho, que comprendió, cinco surcos distanciados a 0.25 cm. Dentro de la longitud de parcela se dispuso una pequeña parcela de 1.25 m de largo para el estudio de absorción de nitrógeno mediante la aplicación del sulfato de

amonio marcado con  $N^{15}$  y otras dos parcelas más grandes de 1.75 m y 2.75 m. que recibieron idénticos tratamientos con fertilizantes sin marcar que, sirvieron para la determinación de rendimiento de materia seca y de grano respectivamente. La semilla de Trigo empleada fue el trigo Mexicano No. 2, período vegetativo: 120 días, proporcionado por el "Programa Nacional de Cereales del Perú" (32). En este experimento se tomó un solo muestreo de plantas, cuando se encontraban en el estado de "panza" (ó estado 4) que comenzó a los 70 días después de la siembra. Ver Figura 1.

## EXPERIMENTO 2

"Eficiencia de uso de dos diferentes fuentes de nitrógeno  $NO_3Na$  y  $SO_4(NH_4)_2$  en presencia de fósforo en el cultivo del trigo".

Este experimento sembrado en la campaña triguera 1968-1969 tuvo como objetivo principal:

- a.—Comparar la eficiencia de uso de N de dos diferentes fuentes nitrogenadas  $NO_3Na$  y  $SO_4(NH_4)_2$  en función de la dosis y época de aplicación.

Fue sembrado en el lote experimental denominado "Anexo Invernadero" cuyas características y resultados del análisis químico y físico se muestran en la Tabla No. 3.

T A B L A 3

### RESULTADOS DEL ANALISIS DEL LOTE "ANEXO INVERNADERO" PROFUNDIDAD 0 - 20 cm.

ph	Materia Orgánica	N Total	P ppm	K ppm	C. E. mmhos 25°C	Textura
8,3	1.90	0.106	7.5	135	1.0	Franco-Arcillo-Arenoso

Los métodos químicos seguidos para los análisis de la muestra de suelo se realizó de acuerdo a la referencia (30) mencionada en el Experimento 1.

El diseño adoptado fue el de bloques randomizados con seis repeticiones para evaluar 9 tratamientos básicos empleándose en seis de ellos el isótopo estable  $N^{15}$  (Excess). Como fuente de fósforo se utilizó el superfosfato de calcio marcado con  $P^{32}$ , con una actividad específica de 0.4 milicuries por gramo de  $P_2 O_5$ .

T A B L A 4

TRATAMIENTOS, FUENTES, DOSIS Y EPOCAS DE APLICACION DE LOS FERTILIZANTES NITROGENADOS Y FOSFORADO EN EL CULTIVO DE TRIGO. VAR. HELVIA FRON

TRATAMIENTOS BASICOS	CLAVE	EPOCA DE APLICACION DE:				FOSFORO Kg. $P_2O_5$ /Ha Siembra
		NITROGENO Kg/Ha			Estado 4 Estado "Panza"	
		Fuente	siembra	macollaje		
1.- A-B-C	A	$NO_3Na$	40*	40	40	80
	B	$NO_3Na$	40	40*	40	80
	C	$NO_3Na$	40	40	40*	80
2.- D-E-F	D	$SO_4(NH_4)_2$	40*	40	40	80
	E	$SO_4(NH_4)_2$	40	40*	40*	80
	F	$SO_4(NH_4)_2$	40	40	40	80
3.- G	G	$NO_3Na$	60*	60	0	80**
4.- H	H	$SO_4(NH_4)_2$	60*	60	0	80**
5.- I	I	$NO_3Na$	120*	0	0	80
6.- J	J	$SO_4(NH_4)_2$	120*	0	0	80
7.- K	K	$SO_4(NH_4)_2$	60	0	0	80
8.- L	L		0	0	0	80
9.- M	M		0	0	0	0

\* Fertilizante nitrogenado marcado con  $N^{15}$

\*\* Fertilizante fosforado marcado con  $P^{32}$

El tamaño de la parcela experimental fue de 9.0 m de largo por 1.50 m de ancho, que comprendió seis surquitos distanciados a 0.25 m. Dentro de esta parcela se dispuso una pequeña parcela de 2.0 m. de largo para el estudio de absorción del nitrógeno y fósforo mediante la aplicación de los fertilizantes marcados con  $N^{15}$  y  $P^{32}$ , el resto de la parcela recibió idénticos tratamientos con fertilizante sin marcar y sirvió para las determinaciones de rendimiento de materia seca y grano.

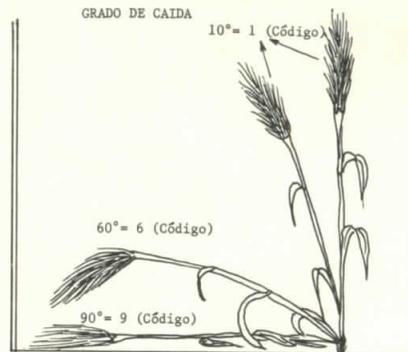
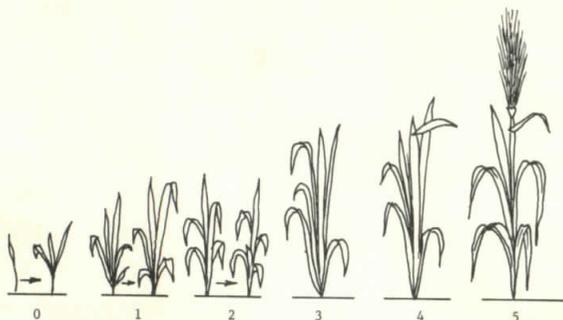
La semilla de trigo empleada, fue el híbrido peruano Helvia Fron, de período vegetativo: 150 días proporcionado por el "Programa Nacional de Cereales del Perú" (33).

En este experimento se realizaron dos muestreos de plantas, al macollaje y al estado 4 o "panza", que correspondieron a los 30 y 70 días después de la siembra. Estas muestras fueron tomadas antes de aplicar el fertilizante nitrogenado en las épocas mencionadas. Al final del experimento se realizó un tercer muestreo de los granos, cosechados de cada tratamiento.

Las determinaciones del nitrógeno y fósforo total, así como el análisis radiométrico del  $P^{32}$  fueron hechos en los laboratorios del Departamento de Suelos y Abonos de la Estación Experimental Agrícola de La Molina. El Organismo de Energía Atómica, por intermedio de su Laboratorio en Seibersdorf, Vienna, realizó las determinaciones del isótopo estable  $N^{15}$  en el espectrómetro de masa.

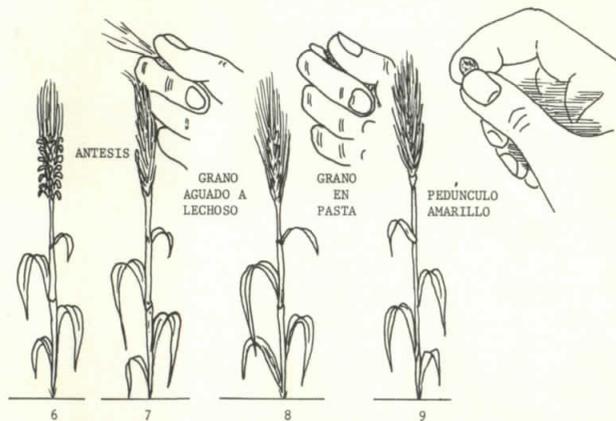
Para uniformizar el criterio de la toma de muestras de las plantas se estableció una descripción completa de los diferentes estados de crecimiento del trigo, que se encuentran diferenciados numéricamente, en la Figura 1.

FIGURA 1 ESTADOS DE CRECIMIENTO EN CEREALES



DESCRIPCION DE LOS ESTADOS DE CRECIMIENTO

CODIGO



Sin datos	
Plantitas - 1-3 Hojas	0
Macollaje - 3 Hojas junto al primer nudo	1
Estado del crecimiento del tallo hasta el tercer nudo	2
Hoja de la bandera visible y encerrado por la hoja superior	3
Hoja de la bandera afuera	4
50% de espigas visibles	5
50% de floración inflorescencia en antesis	6
Granos aguados a lechosos	7
Granos lechosos a duros	8
Granos y plantas maduras	9

La preparación del campo experimental se hizo de acuerdo a los procedimientos normales de la Zona de la Costa; machaco, volteo y una cruzada. Para el caso específico del experimento, y con el objeto de uniformizar la forma y profundidad de los surcos, la preparación de esta se realizó utilizando una herramienta de jardinería.

La aplicación de los fertilizantes al momento de la siembra se realizó en bandas distanciadas 5 cm. de la hilera de la semilla, y 5 cm. de profundidad de la superficie del suelo.

La aplicación de los fertilizantes en la época del macollaje se realizó con el objeto de incrementar el número de tallos por macollo y como consecuencia el número de espigas y granos; y se aplicó antes que las plantas llegaran al estado 2. Ver Figura 1.

La aplicación de los fertilizantes al "estado 4" o "panza" se realizó con el objeto de incrementar el peso y tamaño de los granos en formación. Las dos últimas aplicaciones mencionadas se realizaron distribuyendo uniformemente el fertilizante a toda el área de la parcela.

Para evitar influencia desfavorable de humedad, el cultivo fue conducido bajo riego controlado empleándose aproximadamente 3.000 m.<sup>3</sup> por Ha.

## RESULTADOS Y DISCUSION

La obtención de los porcentajes de "Eficiencia de Uso" de los fertilizantes nitrogenados, se realizó considerando como 100% la cantidad total de N aplicando antes de tomar las muestras de plantas y los cálculos se efectuaron en base al conocimiento de la cantidad total de N<sup>15</sup> en Kg/Ha derivado del fertilizante dividido por la cantidad parcial o total de N aplicado según la fórmula siguiente:

$$\text{o/o Eficiencia de Uso de N} = \frac{\text{Total de N Kg/Ha derivado fertilizante}}{\text{Cantidad parcial o total de la dosis de N aplicado}} \times 100$$

### EXPERIMENTO 1

"Eficiencia de Uso del fertilizante nitrogenado  $\text{SO}_4(\text{NH}_4)_2$  en función de la dosis y época de aplicación en el cultivo del trigo"

Los resultados obtenidos sobre la eficiencia de uso del fertilizante nitrogenado  $\text{SO}_4(\text{NH}_4)_2$  determinados en el primer muestreo (70 días

después de la siembra) y a la cosecha de los granos se encuentran sumariados en los Cuadros 1 y 2.

De acuerdo al estudio del ritmo de crecimiento de la variedad de trigo empleada (Mexicano Enano No. 3) se observa que a los 70 días después de la siembra se encontró éste en su máximo desarrollo. Ver Gráfico No. 1

El primer muestreo realizado, se encontró que los tratamientos con altos rendimientos de materia seca fueron aquellos en los cuales fue aplicado 100o/o de N en la época de siembra, o en los que se aplicó la más alta dosis de N en la época del macollaje. A estos mismos tratamientos les correspondió los más altos valores de porcentajes N y N<sup>15</sup> derivado del fertilizante.

El nitrógeno derivado del fertilizante en el primer muestreo varió de 8.1o/o para 30 Kg de N/Ha a 32.4o/o para 90 Kg N/Ha, ambos aplicados en la época de la siembra.

A los 70 días después de la siembra se observó una relación directa entre la dosis de N aplicado y el o/o de N derivado del fertilizante.

La eficiencia de uso del fertilizante nitrogenado aplicado fue mayor (22.8o/o) cuando todo el N (90 Kg/Ha) fue aplicado en la siembra (Cuadro 1). El Nitrógeno recobrado fue rápido e inmediato para el tratamiento D-E (30 en la siembra y 60 Kg N/Ha Macollaje), pero la eficiencia de uso no fue superior a la aplicación de 90 Kg N/Ha en la siembra. Esta observación nos permite concluir que la mejor forma de recuperación y utilización de N es cuando todo es aplicado a la siembra.

Desde que los granos de trigo son uno de los principales almacenes del nitrógeno absorbido, la eficiencia de uso del nitrógeno aplicado debe ser relacionado con los rendimientos.

Los más altos rendimientos de grano de trigo fueron obtenidos en los tratamientos H y F-G, en los cuales se aplicó la más alta dosis de N al momento de la siembra y al "estado 4" (cuando se inicia la formación de grano). Estos rendimientos fueron estadísticamente superiores a los demás tratamientos, y variaron de 5,163 a 4,591 Kg/Ha respectivamente (Ver Cuadro 2). En estos dos tratamientos, también se encontró la mayor cantidad de N derivado del fertilizante (40.0 y 35.7 Kg/Ha) de N.

El porcentaje de N en los granos derivado del fertilizante fue más grande para el tratamiento F-G (30 siembra - 0 al macollaje - 60 Kg N/Ha Estado 4"). Esta observación apoya la conclusión de que el N recobrado es rápido cuando se inicia la formación de grano, y da la idea de que el N puede ser aplicado tardíamente. Aunque la más grande demanda de N ocurre antes de la iniciación de formación de grano, la utilización del nitrógeno (almacenado en el grano) es máxima durante la formación de grano.

La cantidad total de N derivado del fertilizante varió de 40 Kg/Ha para 90 Kg N/Ha aplicado en la siembra, a 29.4 Kg para el tratamiento 30 - 30 - 30.

La eficiencia de uso del nitrógeno fue afectado por el tiempo de aplicación, y el más grande o/o de eficiencia se encontró cuando todo el N fue aplicado en la siembra (44.4o/o) y también se obtuvo un buen o/o de eficiencia para el tratamiento 60 Kg. de N aplicado al "estado 4" (39.6o/o).

Comparando la cantidad total de N aplicado, 90 Kg N/Ha con la cantidad total de N extraído (N Suelo + N Fertilizante) observamos que la curva de acumulación todavía es positivo, permitiendo establecer la especulación de que 90 Kg N/Ha no es suficiente para esta variedad, bajo las condiciones áridas de la Costa Peruana.

De acuerdo a los resultados generales, las conclusiones encontradas en este experimento concuerdan con los encontrados por Bartholomew y otros (1-3), los cuales podemos sintetizar diciendo que:

- a.—La absorción del nitrógeno derivado del fertilizante se encuentra directamente relacionado con la dosis de N aplicado.
- b.—A dosis altas de N aplicados 100o/o a la siembra hay una mayor absorción, recuperación y aprovechamiento de nitrógeno.
- c.—Hay una rápida recuperación de N cuando se aplica en la época de formación de grano.
- d.—Plantas de trigo muestreadas en su máximo desarrollo vegetativo dan un buen índice para evaluar el nitrógeno absorbido en relación con el nitrógeno aplicado.

C U A D R O No. 1

EFICIENCIA DE USO DEL FERTILIZANTE NITROGENADO  $SO_4(NH_4)_2$  DETERMINADO EN FUNCION DE LA DOSIS Y  
EPOCA DE APLICACION. MUESTREO DE PLANTAS: 70 DIAS DESPUES DE LA SIEMBRA (ESTADO EN PANZA). VARIEDAD DE TRIGO :

MEXICANO ENANO 3

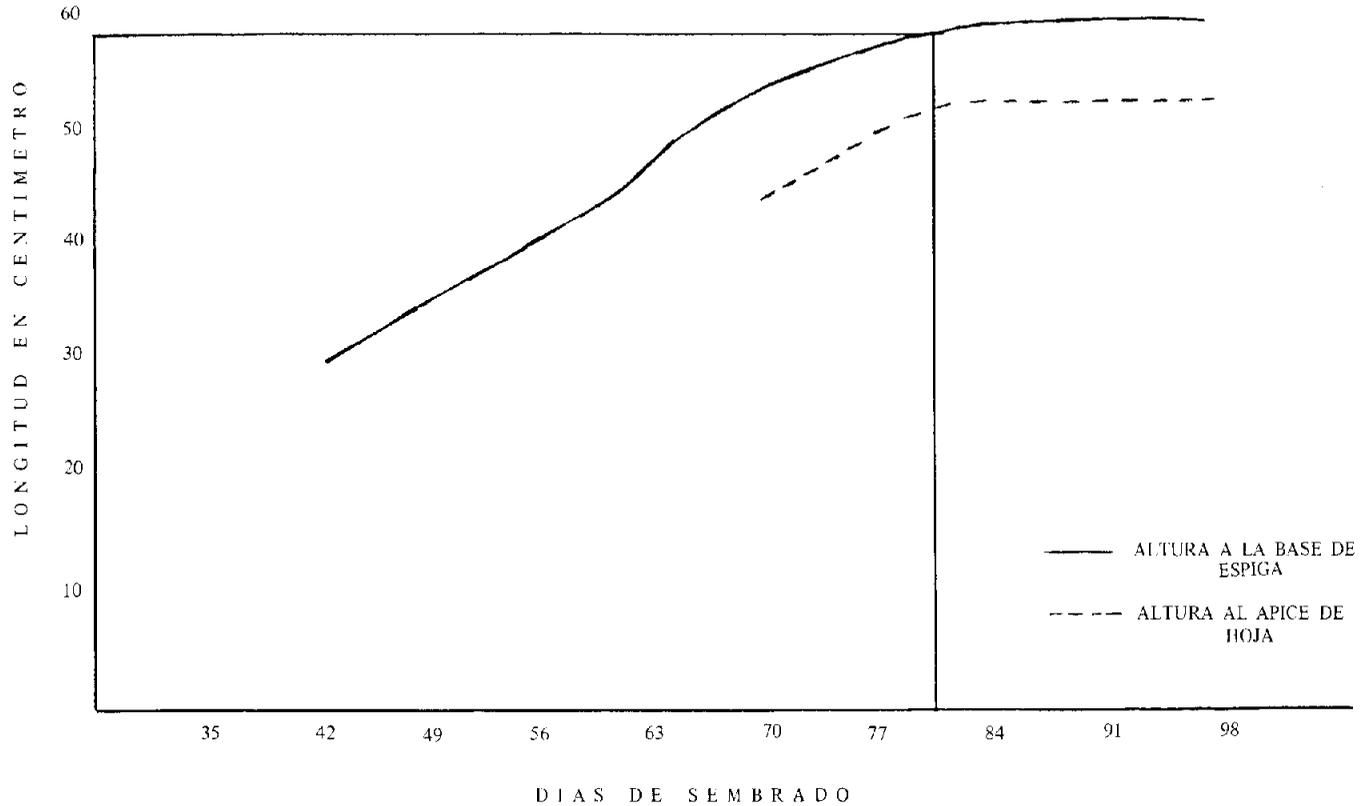
	CLAVE	TRATAMIENTOS BASICOS EPOCA DE APLICACION N Kg/Ha			Rendimiento de Mat. Seca. Kg./Ha.	N Total o/o	Porcentaje de N derivado del fer- tilizante		Kg./Ha. de N extraído por la planta			Eficiencia de Uso de N en Función de la dosis apli- cada
		Siembra	Macollaje	Estado 4 (panza)			Suelo	Fertiliz.	Suelo	Fertil.	Total	
1	A-B-C	30*	30*	30	4,406	1.12	81.6	18.4	40.27	9.07	49.34	15.1 o/o
2	D-E	30*	60*	0	4,600	1.17	77.7	22.3	41.82	12.00	53.82	10.8
3	F-G	30*	0	60	4,882	1.13	91.9	8.1	50.69	4.47	55.16	1.3
4	H	90*			6,366	1.23	67.6	32.4	52.93	25.37	78.30	22.8
5	J	—	—	—	3,499	1.20					41.98	
6.	J	15	30	0	3,649	1.12					40.86	
	Significación Estadística D.L.S. 0.05				784	—		8.13				
	Coeficiente variabilidad, o/o				8.6	9.2		16.4				

\* Fertilizantes marcados con N15 y

GRAFICO N° 1

RITMO DE CRECIMIENTO  
VARIEDAD DE TRIGO MEXICANO: ENANO N° 3

DOSIS: 90 Kg N/11a



## EXPERIMENTO 2:

“Eficiencia de Uso de dos diferentes fuentes de nitrógeno  $\text{NO}_3\text{Na}$  y  $\text{SO}_4(\text{NH}_4)_2$  en presencia de fósforo en el cultivo de trigo”.

En este estudio, el cultivo de trigo fue muestreado 3 veces: al macollaje, al “estado 4” y los granos al final de la cosecha. La variedad empleada fue el trigo peruano: híbrido Helvia Fron de período vegetativo: 150 días. Los resultados de los 3 muestreos se encuentran sumariados en los Cuadros 3, 4 y 5.

Al tiempo del primer muestreo, el promedio de altura fue de 30 cm. De los resultados en el Cuadro No. 3 se observa lo siguiente:

- a.--Comparando los porcentajes de N derivado del fertilizante a igual dosis de N para las dos fuentes, encontramos que la presencia de fósforo no causó ningún efecto importante sobre los rendimientos de materia seca.
- b. Todos los tratamientos con N fueron estadísticamente superior al testigo en rendimiento de materia seca.
- c.--Al igual que el anterior experimento, se encontró una mayor recuperación de nitrógeno cuando se aplicó dosis altas de N y esta absorción fue mayor cuando el N fue aplicado en forma de sulfato de amonio.
- d.-- La cantidad de N derivado del fertilizante varió de 12.30 Kg N/Ha para 120 Kg N/Ha a 3.99 Kg N/Ha para el tratamiento 40 Kg N/Ha, ambos aplicados en la época de la siembra.
- e.--Las plantas sin nitrógeno aplicado absorbieron más ó igual cantidad de nitrógeno derivado del suelo, que aquellas con dosis alta de N.
- f. La eficiencia de uso de N fue mayor para aquellos tratamientos en los cuales se aplicó pequeña dosis de N de sulfato de amonio 16.96o/o, a igual dosis de la fuente de nitrato: el o/o de eficiencia fue 9.96.
- g.--La absorción de P fue mínimo y negligible comparado al total de dosis aplicado 80 Kg  $\text{P}_2\text{O}_5$  Kg/Ha.

En el segundo muestreo de plantas, se encontró una relación directa entre la absorción total de nitrógeno con la cantidad de N aplicado. Por otro lado, la eficiencia de uso de N fue más grande para las pequeñas dosis aplicadas (40 a 60 Kg). Además se observó que:

- a.--En oposición a la variedad de período vegetativo corto empleada en el anterior experimento, la variedad peruana, a los 70 días después de la siembra, no había llegado a su máxima altura (Ver Gráfico 2), y la absorción total de esta variedad a los 70 días, fue aproximadamente el doble que para la variedad mexicana.
- b.-- A los 70 días, los síntomas de deficiencia de nitrógeno fueron más

- pronunciados para la variedad peruana. Estos resultados también apoyan la estimación de que la máxima dosis de N aplicado no fue suficiente para proveer el N total que demanda esta variedad.
- c.—El estimado de la eficiencia de uso del nitrógeno en el segundo muestreo indica que las plantas jóvenes de trigo tienen una especial afinidad por el nitrógeno del nitrato, debido a que la utilización del N fue mucho más grande para esta fuente (71.30/o eficiencia de uso). Ver Cuadro 4.

Los resultados e interpretación en la cosecha final de los granos son los siguientes:

- a.—El total de N absorbido por la planta y depositado a los granos varió de 87.2 a 126 Kg N/Ha.
- b.—Los porcentaje de N derivado del fertilizante fue alto cuando el N fue aplicado en tres fechas (40 siembra - 40 macollaje - 40 "Estado 4") y bajó cuando se aplicó 60Kg N/Ha a la siembra, más 60 Kg N/Ha al macollaje. Los altos rendimientos de grano se correlacionó también con los altos valores de o/o de eficiencia de uso.

De los resultados generales encontrados en este experimento, podemos concluir lo siguiente:

- a.—Durante los primeros estados de crecimiento de la planta de trigo muestran una marcada preferencia por el nitrógeno derivado del amonio (N -  $\text{NH}_4$ ).
- b.—Durante el período comprendido entre 30-70 días de edad, la planta de trigo tiene especial afinidad por el nitrógeno del nitrato (N -  $\text{NO}_3$ ).
- c. Para variedad de trigo de período vegetativo largo, aplicaciones divididas de nitrógeno son más deseables. Pudiendo considerarse que una de esta últimas aplicaciones debe ser efectuada cerca del período de iniciación de formación de grano.
- d.—La absorción de P derivado del fertilizante fue insignificante y no influyó sobre la absorción de N derivado del fertilizante.

C U A D R O No 2

EFICIENCIA DE USO DEL FERTILIZANTE NITROGENADO SO (NH ) DETERMINADO EN FUNCION DE LA DOSIS Y

EPOCA DE APLICACION EN LOS GRANOS DE TRIGO. VARIEDAD DE TRIGO : MEXICANO ENANO 3. SIEMBRA : 15

AGOSTO 1967 COSECHA : 15 DICIEMBRE 1968 - PERIODO VEGETATIVO: 120 DIAS

CLAVE	TRATAMIENTOS BASICOS			RENDIMIENTO GRANO Kg/Ha	N Total o/o	o/o. de N en el grano no derivado del:		Kg/Ha de N Extraídos en la Cosecha de Trigo			Eficiencia de uso del N aplicado	
	Epoca de Aplicación					Suelo	Fertiliz.	Total	Suelos	Fertiliz.		
	Siembra	Macollaje	Estado 4 o Panza									
1	A-B-C-	30 <sup>o</sup>	30 <sup>o</sup>	30 <sup>o</sup>	4,094	2.00	58.8	35.9	81.8	52.4	29.4	32.6 o/o
2	D-F	30 <sup>o</sup>	60 <sup>o</sup>	0	4,148	1.99	70.8	29.2	882.5	58.4	24.1	26.7 o/o
3	F-G	30 <sup>o</sup>	60 <sup>o</sup>	60 <sup>o</sup>	4,591	2.01	61.3	38.7	92.2	56.4	35.7	39.6 o/o
4	H	90 <sup>o</sup>			5,163	2.11	63.3	36.7	108.9	68.9	40.0	44.4 o/o
5	I	-	-	-	3,468	2.24			77.7	77.7	-	
6	J	15	30		4,225	2.04			86.2			
	D.L.S.	0.05			1,002	-	-	8.3		-	-	
	Coeficiente de Variabilidad				9.5	9.1		10.0		12.0	10.0	

° Fertilizante marcado con N<sup>15</sup>

CUADRO No. 4

EFICIENCIA DE USO DEL NITROGENO DETERMINADO EN PRESENCIA DE FOSFORO Y EN FUNCION DE FUENTES DE N, DOSIS Y EPOCA DE APLICACION DE N. MUESTREO PLANTAS: 70 DIAS DESPUES DE LA SIEMBRA. VARIEDAD TRIGO PERUANO: HIBRIDO HELVIA FRON

	Fuentes N	TRATAMIENTOS BASICOS N y P Epoca de Aplicación				Rendimiento Mat. Seca Kg/Ha.	N Total o/o	o/o de N en la Mat. Seca derivado de:		Kg/Ha de N extraído la Planta			Eficiencia de Uso de N o/o
		Siembra	Macollaje	Estado 4 Panza	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> Siembra			Suelo	Fertil.	Total	Suelo	Fertil	
1	NO <sub>3</sub> Na	40*	40*	40	80	4,820	2.89	59	41	139.3	82.2	57.1	71.3
2	SO <sub>4</sub> (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	40*	40*	40	80	4,472	2.64	64	36	119.1	75.6	42.5	53.1
3	NO <sub>3</sub> Na	60*	60	0	80*	5,650	3.09	69	31	174.6	120.5	54.1	90.2
4	SO <sub>4</sub> (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	60*	60	0	80*	5,276	3.02	86	14	159.3	137.0	22.3	37.2
5	NO <sub>3</sub> Na	120*	0	0	80	4,530	2.92	45	55	132.3	59.6	72.7	60.6
6	SO <sub>4</sub> (NH <sub>3</sub> )	120*	0	0	80	5,672	2.72	49	51	154.3	75.7	78.6	65.6
7	SO <sub>4</sub> (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	60	0	0	80	4,400	2.82			124.1 78.8	124.1	-	
8	-	0	0	0	80	3,716	2.12			78.8	78.8	-	
9		0	0	0	80	3,344	2.66			88.9	88.9		
	D.L.S. 0.05					1,020	0.21		8.13				
	Coefficiente Variabilidad o/o					11.4	6.77		16.4				

\* Fertilizantes marcados con N<sup>15</sup> y p<sup>32</sup>

C U A D R O No. 5

EFICIENCIA DE USO DEL NITROGENO DETERMINADO EN PRESENCIA DE FOSFORO Y EN FUNCION DE FUENTES DE N, DOSIS Y EPOCA  
DE APLICACION DE N. MUESTREO FINAL: GRANOS DE TRIGO. VARIEDAD DE TRIGO PERUANO: HIBRIDO HELVIA FRON.  
SIEMBRA: 19 JUNIO 1968 – COSECHA: 20 NOVIEMBRE 1969 – PERIODO VEGETATIVO: 150 DIAS

CLAVE	Fuentes N	TRATAMIENTOS BASICOS Epoca de Aplicación				Rendim. Grano Kg/Ha	N Total o/o	o/o de N en el grano Derivado del:		Kg/Ha de N extraídos en el grano			Eficiencia de Uso de N o/o
		Siembra	Maco- llaje	Est. 4 Panza	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> Siem.			Suelo	Fertiliz.	Total	Suelo	Fertil.	
1	A)B)C NO <sub>3</sub> Na	40*	40*	40*	80	5,553	2.27	47	53	126.0	59.2	66.8	55.6
2	D-E-F SO <sub>4</sub> (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	40*	40*	40*	80	5.023	2.09	46	54	104.9	48.2	56.7	47.2
3	G NO <sub>3</sub> Na	60*	60	0	80*	4.663	2.08	81	19	97.0	78.6	18.4	30.6
4	H SO <sub>4</sub> (NA <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	60*	60	0	80*	4,623	2.00	85	15	92.4	78.5	13.9	23.2
5	I NO <sub>3</sub> Na	120*	0	0	80	5,099	2.15	55	45	109.6	60.3	49.3	41.1
6	J SO <sub>4</sub> (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	120*	0	0	80	4,920	2.09	57	43	102.8	58.6	44.2	36.8
7	K SO <sub>4</sub> (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	60	0	0	80	4,361	2.00	100	—	87.2	87.2	—	
8	L —	0	0	0	80	3,327	1.89	100	—	62.9	62.9	—	
9	M —	0	0	0	0	3,950	1.86	100	—	73.5	73.5	—	
	D.L.S. 0.05					1,337	0.05		7.04				
	Coficiente de Variabilidad o/o					16.1	1.38		13.8				

\* Fertilizantes marcados con N<sup>15</sup> y p<sup>32</sup>

## CONCLUSIONES GENERALES

De acuerdo a los resultados experimentales de campo obtenidos, y mediante el empleo de los isótopos  $N^{15}$  y  $P^{32}$  en los estudios sobre eficiencia de uso del nitrógeno por el cultivo de trigo podemos concluir lo siguiente:

- 1.—Las plantas de trigo durante sus primeros días de crecimiento tienen una marcada preferencia por el nitrógeno proveniente de  $N-(NH_4)$ , y entre 30-70 días de edad por el nitrógeno del nitrato  $N-NO_3$ .
- 2.—La absorción de nitrógeno derivado del fertilizante está directamente relacionado con la dosis de aplicación, a altas dosis, mayor absorción y recuperación de N.
- 3.—Hay una rápida recuperación del nitrógeno cuando es aplicado en la época del macollaje y formación de grano.
- 4.—La absorción de P derivado del fertilizante fue insignificante, y no influyó sobre la absorción de N derivado del fertilizante.
- 5.—La eficiencia de uso del N se encuentra relacionado con el ritmo de crecimiento y ciclo vegetativo de la variedad de trigo.

## RECOMENDACIONES

- 1.—Para una mejor evaluación del o/o de eficiencia de uso del N debe muestrearse plantas que hayan llegado a su máximo desarrollo vegetativo.
- 2.—Para establecer una buena fórmula de fertilización nitrogenada que considere una óptima eficiencia de uso del mismo, debe relacionarse su aplicación con el conocimiento básico del grado de fertilidad del suelo, ritmo de crecimiento y período vegetativo de la variedad de trigo empleada.
- 3.—Para variedad de trigo de período vegetativo largo, aplicaciones divididas de N parecen ser las más recomendables, y una de estas últimas aplicaciones debe ser efectuada en el período de formación de grano.

## RESUMEN

En la Planta Experimental Agrícola de la Molina, dos experimentos bajo riego controlado, sobre eficiencia de uso del N por el cultivo de trigo fueron llevados a cabo durante las campañas de 1967-1968 y 1968-1969. El diseño experimental adoptado fue el de bloques randomizados, con tratamientos en los cuales se emplearon fertilizantes  $\text{NaNO}_3$   $(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$  y superfosfato, isotópicamente marcados con los isótopos  $\text{N}^{15}$  estable, y el radioactivo  $\text{P}^{32}$ .

Los objetivos principales fueron:

- a. Obtener información y experiencia básica concerniente al empleo de la técnica del uso de los "Fertilizantes Isotópicamente Marcados" en el cultivo del Trigo.
- b. Estudiar la Eficiencia de Uso del N en función de dosis, fuentes, época de aplicación, y efecto de absorción en presencia de fósforo.

Las conclusiones generales fueron:

1. Las plantas de trigo durante sus primeros días de crecimiento tienen una marcada preferencia por el nitrógeno proveniente de N -  $(\text{NH}_4)$  y entre 30-70 días de edad por el nitrógeno del nitrato (N -  $\text{NO}_3$ ).
2. La absorción de nitrógeno derivado del fertilizante está directamente relacionado con la dosis de aplicación, a altas dosis, mayor absorción y recuperación de N.
3. Hay una rápida recuperación del nitrógeno cuando es aplicado en la época del macollaje y formación de grano.
4. La absorción de P derivado del fertilizante fue insignificante, y no influyó sobre la absorción de N derivado del fertilizante.
5. La eficiencia de uso del N se encuentra relacionado con el ritmo de crecimiento y ciclo vegetativo de la variedad de trigo.

Las recomendaciones fueron las siguientes:

1. Para una mejor evaluación del o/o de eficiencia de uso del N deben muestrearse plantas que hayan llegado a su máximo desarrollo vegetativo.
2. Para establecer una buena fórmula de fertilización nitrogenada que considere una óptima eficiencia de uso del mismo, debe relacionarse su aplicación con el conocimiento básico del grado de fertilidad del suelo, ritmo de crecimiento y período vegetativo de la variedad de trigo empleada.
3. Para variedades de trigo de período vegetativo largo, aplicaciones divididas de N parecen ser las más recomendables, y una de estas últimas aplicaciones debe ser efectuada en el período de formación de grano.

## SUMMARY

At the Agricultural Experiment Station at la Molina, two experiments on efficiency of use of N by wheat crop were carried out under irrigated controlled during 1967-68 and 1968-69 wheat season.

The experimental desing were laid out using randomized plots, with treatments in which was used labelled fertilizer ( $\text{NaNO}_3$ )( $\text{NH}_4$ )( $\text{SO}_4$ ) and superphosphate with the isotopes  $\text{N}^{15}$  stable and radioactive  $\text{P}^{32}$ .

The principle objetives were:

- 1.—To provide experience and information concerning experimental techniques in the use of labelled fertilizer on wheat experimentation
- 2.—To study the efficiency of nitrogen fertilizerutilization by wheat as a function of rate and tire and sources with laselled whos ours.

The general concluions were:

- 1.—During the first days of development, wheat plants show marked preference for nitrogen derived from  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ . Plants between 30-70 days of age prefer nitrogen supplied in form of nitrate.  $\text{N-NO}_3$
- 2.—Absorption of nitrogen derived from the fertilizer is directly related to dose of applications. Higher doses correspond to higher absorption and recovery of nitrogen.
- 3.—Nitrogen recovery is quickest during the tillering states and boot stage.
- 4.—The efficiency of N use is related to the growth rate and vegetative cycle of the wheat variety.

The recommendations were the following:

- 1.—To achieve better evaluation of  $\text{O}/\text{O}$  efficiency of nitrogen use, plants that have fully completed their vegetative growth should be used as samples.
- 2.—To achieve efficient use of nitrogen fertilizers on wheat crop, its application must be related to basic data on soil fertility level, growth rate and vegetative cycle.
- 3.—For the long-season variety of wheat, split, applications of nitrogen seem desirable. It also appears desirable that one of these applica-tions can be at or near the period grain formation.

LITERATURA CITADA:

- 1.-BARTHOLOMEW, W. V.; HILBOLD, A. E.  
Recovery of Fertilizer Nitrogen by Oats in Greenhouse. Soil Sci. 73 p.  
193-201 1952
2. BARTHOLOMEW, W. V  
Use of Isotopes in following Nitrogen Transformations in Soil. In ; Confer-  
ence Radioactive Isotopes in Ag. A. E. C. Rep. No. T10 East Lansing 1950
- 3.-BARTHOLOMEW, W. V.; NELSON, L. B. AND WERKMAN, C. H.  
The use of Nitrogen isotope N<sup>15</sup> in field studies with Oats. Agr. Journal 42 p.  
100-102 1950
- 4.-BORNEMISZA, E.; KOZEN, I.  
Posibilidades y límites de uso de los trazadores en estudios de suelos. Asociación  
Latinoamericana de Fitotécnica ALAF Vol. 3 No. 1 y 2 Enero-Junio 1966
- 5.-BONNET, J. A.; RIERA, A. R. Y ROLDAN  
Radioactive studies with p<sup>32</sup> in Tropical soils and crops of Puerto Rico.  
Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 19 (3) p. 283-284 1955
- 6.-BROESHART, H.  
Cation Absorption and absorption by plants. In : Radioisotopes in Soil-Plant  
nutrition studies. Proc. Symposium on the use of radioisotopes in soil-plant  
nutrition studies, FAO/IAEA Bombay p. 303-313 1962
- 7.-Experimental Techniques for Coordinated Field Fertility Experiments Using  
Isotopically Labelled Fertilizer.  
Report of a Panel on the Use of Isotopes and Radiation in Plant Nutrient supply  
and movement in soil systems. Convened by the International Atomic Energy  
and the Food and Agriculture of Held in Vienna, Nov. 27-Dec. 1 1967 1969
- 8.-FRIED, M.  
The Feeding power of plants for Phospates. Soils Sci. Amer. Proc. 18: p.  
357-359 1955
- 9.-FRIED, M.; BROESHART, C. M. AND OTHERS  
Field Experiments with N<sup>15</sup> in Efficiency of fertilizer utilization for Maize.  
In : Annual Meeting of the American Society of Agronomy Stillwater, Okla-  
homa August 21-26 p. 16 1966
- 10.-FRIED, M.  
Fertilizer evaluation, Quantitative Evaluation of Processed and Natural Phos-  
phates.  
Agricultural and Food Chemistry Vol. 2 p. 241-244 2 (24-44): 1964  
1964
- 11.-FRIED, M.  
"E", "L" AND "A" Values.  
In : VIII International Congress of Soil Science. August 21-Sept. 9 Bucarest-  
Rumania 1964

- 12.—HANWAY, J.  
 he Joint FAO/IAEA Coordinate Programms in Isotope. Application in  
 Fertilizer Efficiency Studies. p. 3-5.  
 In : Panel Meeting Joint FAO/IAEA on the use of Isotopes and Radiation in  
 plant nutrient supply and movement in soll systems. Nov. 27-Dec. 1 Vienna 1969
- 13.—HANWAY, J.  
 Coordinated Research Program on Maize Fertility Using Fertilizer Containing  
 labelled Nutrient Elements.  
 Summary Report, Joint FAO/IAEA Division of Atomic Energy in Food and  
 Agriculture. Viena Janary 1969
- 14.—HARMSE, W. G.  
 Use of Isotopes to Obtain Data to Evaluate Phosphorus Effect.  
 In : Panel meeting Joint FAO/IAEA on the Use of isotopes and radiation in  
 plant Nutrient Supply and movement in soil systems. Agriculture. Vienna  
 No. 27-Dec. 1 1969
- 15.—HENDERSON, W. J.; JONES, U.S.  
 The use of radiactive elements for Soil and Fertilizer Studies. Soil Sci.  
 51 p.283-28 1941
- 16.—HERA, C. R.; SUTTEN, G. H.  
 Determinarea, Eficienti ingrasamintelar azot la cultura ponibuli prin folocioreau  
 lui N15.  
 Analele Vol XXXII Serie B Central de Documentare Agrícola Bucarest  
 p. 137-149 1964
- 17.—HERA CHRISTIAN  
 evelopment and standardization of experimental techniques involving isotopes for  
 conducting field experiments.  
 In ; Panel Meeting Joint FAO/IAEA Division of Atomic Energy in Agricul-  
 ture Nov 27-Dec. 1 Vienna-Austria 1969
- 18.—JANSSON, S. L.  
 Balance Sheet and residual effect of fertilizer Nitrogen in a Year Study with N.  
 Soil Sci. 95: 31-37 1963
- 19.—KILMER, J. Y.  
 Cooperative Research Programme on the Use of The Stable Isotope N15 in soil  
 Nitrogen Studies.  
 In : Soil and Fertilizer Nitrogen Research, a projection into the Future. Val-  
 ley Authority, Wilson Dam, Alabama 75-80 p. 1964
- 20.—LUGO, JULIO  
 Determinación de la Eficiencia de Utilización del nitrógeno mediante el Isótopo  
 estable N15 en el cultivo del maíz.  
 Asociación Latinoamericana de Fitotécnica ALAF Vol. 6 No. 1 Enero-Junio
- 21.—MOO CHO CHAI Y CALDWELL, A. C.  
 Forms of phosphorus and fixation in soils. Soil Sci. Soc. Am. Proc. Vol. 23 p.  
 458-460 1959
- 22.—MENARD, L. N. Y MALAVOLTA, E.  
 Estudios con adubos fasfatados "Marcados" con fósforo 32 4th Inter-Amr.  
 Symposium on the Peac. Application of Nuclear Energy Mexico Vol. 2, p.  
 291-231 1962

23.—NEPTUNE, ANDRE M.

A técnica do valor A na determinação do fósforo disponível do solo e do Fertilizante, utilizando o arroz.

Tesis para obtención título Docente de Química Agrícola de la "Escuela Superior de Luiz Queiroz" Universidad de Sao Paulo 75p. 1964

24.—OZAKI, K.; SASAKI

The assimilation of ammonium nitrogen in rice plant operating shortly after the application of N15 labelled  $SO_4(NH_4)_2$  Chemical Abstr. 51 : 4505 1957

25.—Proceedings of the Nitrogen Research — A Proyection into the Future Symposium January 21 - 23 Tennessee Valley Authority p. 110 Wilson Dam, Alabama 1964

26.—Rennie, D. A.

N15 as a tracer in crop nutrition studies under field conditions. Presented to the symposium on the Use of Isotopes in Fertilizer Water-Plant Relationships, Middle Eastern Regional Radioisotope Centre, Cairo, U. A. R. Nov. 12 - 14, 1968

Joint FAO/IAEA Division of Atomic Energy in Food and Agriculture, Vienna 1969

27.—RENNIE, D. A.

Use of Isotopes to Obtain Data to Evaluate Phosphorus Effects.

In : Panel meeting Joint FAO/IAEA on the Use of Isotopes and radiation in Plant nutrient supply and Movement in soil system.

Nov. 27 - Dec. 1 Vienna

1969

28.—SHELTON, J.E.,; COLEMAN, N. T.

Inorganic phosphorus fractions and their relationship to residual value of large applications of high phosphorus fixing soils.

Soil Sci. Am. Proc. Vol. 32 - 1 p. 91 - 94

1968

29.—THORNE, D. W.,; WIEBRE, H. H.

Solubility and plant utilization of micronutrients.

In : Atomic Energy and Agriculture C.L. Comar Ed. American Association Ad. Sci. Publication N° 49 Washington D.C. p. 49 - 69 1958

30.—SAIZ DEL RIO, J.F.; BORNEMIZA, E.

Análisis químico de suelos, Método de laboratorio para diagnosis de Fertilidad, Turrialba, Costa Rica

Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la O.E.A. p. 99

1962

31.—VEGA, V.,; SANIN, J.,; Y MCCLUNG

Influencia de la colocación de dos fertilizantes fosfatados en la absorción de Fósforo y en el desarrollo de la cebada, usando el radioisótopo P<sup>32</sup>.

Instituto de Asuntos Nucleares A-2 Julio p.15

1963