

**BOLETIN TECNICO No. 20**

**AGOSTO 1974**

**FERTILIZACION NITROGENADA DEL TRIGO**  
**II. INDICES DE LABORATORIO E INDICES DE CAMPO PARA**  
**ESTIMAR DISPONIBILIDAD DE NITROGENO**

**JOSE L. CASTRO**  
**ELSA M. DE ZAMUZ**  
**JORGE PEREZ SANABRIA**



**MINISTERIO DE GANADERIA Y AGRICULTURA**  
**CENTRO DE INVESTIGACIONES AGRICOLAS "ALBERTO BOERGER"**  
**LA ESTANZUELA - COLONIA - URUGUAY**

**BOLETIN TECNICO No. 20**

**AGOSTO 1974**

**FERTILIZACION NITROGENADA DEL TRIGO  
II. INDICES DE LABORATORIO E INDICES DE CAMPO PARA  
ESTIMAR DISPONIBILIDAD DE NITROGENO**

**JOSE L. CASTRO  
ELSA M. DE ZAMUZ  
JORGE PEREZ SANABRIA**



**MINISTERIO DE GANADERIA Y AGRICULTURA  
CENTRO DE INVESTIGACIONES AGRICOLAS "ALBERTO BOERGER"  
LA ESTANZUELA - COLONIA - URUGUAY**

*Impreso en el Ministerio de Ganadería y Agricultura  
Dirección de Suelos y Fertilizantes  
Garzón 456  
Montevideo, República Oriental del Uruguay*

Depósito Legal No. 66.596

# FERTILIZACION NITROGENADA DEL TRIGO

## II. INDICES DE LABORATORIO E INDICES DE CAMPO PARA ESTIMAR DISPONIBILIDAD DE NITROGENO\*

José L. Castro  
Elsa M. de Zamuz  
Jorge Pérez Sanabria\*\*

### RESUMEN ANALITICO

Con los resultados de 99 experimentos realizados en 4 años de ensayo se calcularon los siguientes índices de campo:  $yp$  = rendimiento promedio por bloque;  $Nm$  = unidades de N a agregar para obtener el rendimiento máximo;  $Ne$  = N del suelo expresado en unidades de fertilizante;  $yo/ym$  = rendimiento del tratamiento sin N como porcentaje del rendimiento máximo.

La disponibilidad de N en el suelo puede evaluarse mediante índices de laboratorio basados en análisis de suelo. Se estudiaron aquí: materia orgánica (MO), nitrógeno total (NT), nitratos, nitratos + amonio, amonificación, nitrificación, N mineral + amonificación y N mineral + nitrificación. El NT dio consistentemente buena correlación con los índices de campo en distintos años y suelos. Seleccionado como mejor índice de laboratorio se mostró que el  $yo/ym$  fue el mejor índice de campo.

Mediante el procedimiento de "step wise" se ajustó una función de regresión de rendimiento sobre N aplicado y N del suelo. Los coeficientes de determinación variaron entre 0,388 y 0,673 agrupando los ensayos por año y entre 0,370 y 0,826, agrupándolos por tipo de suelo.

La introducción del dato de análisis de suelo en la función, agrega entre un 4,2 y un 24,4 0/o al coeficiente de determinación.

### SYNOPSIS

For estimating soil nitrogen availability it is possible to use yields or yield responses to applied nitrogen. Four field indexes calculated with the results of 99

\* Recibido para su publicación en junio de 1971.

\*\* Técnicos del Programa de Suelos del Centro de Investigaciones Agrícolas "Alberto Boerger"

field experiments in four years are proposed here. They were:  $y_p$  = average yield per block;  $N_m$  = units of fertilizer N to be added to obtain maximum yield;  $N_e$  = soil N expressed in fertilizer units;  $y_o/y_m$  yield of the no N treatment as percentage of the maximum yield.

The soil nitrogen availability can be evaluated by means of indexes based on soil analysis: organic matter (MO) total nitrogen (NT) original nitrates, original nitrates + original ammonium, ammonification, nitrification, mineral nitrogen + ammonification and mineral nitrogen + nitrification. The NT gave consistently good correlations with the field indexes. When the correlations of NT with the field indexes were done,  $y_o/y_m$  was shown to be the best.

Using an step wise procedure, regression functions of yields on applied and soil nitrogen were adjusted. Their determination coefficients varied between 0,388 and 0,673 when the experiments were grouped by year, and between 0,370 and 0,826 when grouped by soil type.

The soil analysis data in the function added between 4,2 and 24,4 % to the determination coefficient. The possibilities of using these functions in a fertilizer advisory service were discussed.

## INTRODUCCION

El empleo de métodos de laboratorio para determinar la capacidad de los suelos para suministrar nitrógeno a un cultivo presenta problemas especiales, y a pesar del gran número de investigaciones realizadas, en muy pocas zonas agrícolas del mundo se asesora a los productores en fertilización nitrogenada basándose en análisis de suelo.

Los métodos de análisis propuestos por diversos investigadores son básicamente de dos tipos: métodos biológicos donde se mide directa o indirectamente el nitrógeno mineralizable y métodos químicos que determinan el total de materia orgánica o el nitrógeno, o hacen un ataque parcial de la materia orgánica del suelo con distintos reactivos determinando el nitrógeno liberado (Bremner, 2).

Los métodos químicos, presentan la ventaja de ser menos dependientes de las condiciones de tiempo anteriores a la época de la toma de muestra y a su conservación posterior, siendo también más rápidos y de mayor repetibilidad. Los ataques parciales con distintos reactivos utilizados hasta el momento son empíricos y no extraen una parte definida del nitrógeno orgánico.

Han habido algunos intentos de relacionar fracciones definidas del nitrógeno del suelo con el suministro de nitrógeno a las plantas, (Saravia, 12); sin embargo, los resultados de Keeney y Bremner (8) muestran que la importancia de las distintas fracciones del nitrógeno orgánico, responsables del suministro de este nutriente a las plantas, puede variar en los distintos suelos. De acuerdo con Bremner (2) los valores de materia orgánica, nitrógeno total y nitrógeno inorgánico no pueden ser buenos índices de disponibilidad de nitrógeno, ya que las condiciones de mineralización pueden variar en distintos suelos.

Tanto los resultados de Keeney y Bremner (8) como las objeciones de Bremner (2) parecen aplicables a la generalización de un método a todos los suelos, pero no a la aplicación de cualquiera de estos métodos a un grupo de suelos de condiciones similares en cuanto a nitrificación o características de la materia orgánica. Estos métodos pueden resultar útiles para hacer recomendaciones usando un rango limitado de suelos. Así Valdes (16) pudo utilizar datos de análisis de nitratos para incluir el nivel de fertilidad de los suelos en la función de respuesta. Storrier, Hanly y Nicol (14) encontraron que los tests químicos resultaban superiores a los biológicos, cuando incluían nitrógeno inorgánico inicial y parte del nitrógeno orgánico, y últimamente Chalk y Waring (4) encontraron que la materia orgánica y el nitrógeno total eran tan buenos índices de disponibilidad como los métodos biológicos.

Se acepta en general que, para seleccionar métodos analíticos por medio de ensayos de invernáculo, el mejor índice de disponibilidad es la cantidad de nutriente absorbido por las plantas. En cambio cuando se utilizan ensayos de campo, los índices de disponibilidad deben basarse en rendimientos y no existe en este caso un

índice generalmente aceptado como el mejor. Frecuentemente se utiliza la respuesta del cultivo a una dosis determinada (Fitts, J.W., Bartholomew y Héidel. H., 6). Este índice parece sin embargo muy poco sensible, ya que mide la pendiente de la curva de respuesta, y la respuesta a nitrógeno puede ser lineal hasta niveles muy altos. En consecuencia suelos bastante diferentes en su capacidad de suministrar nitrógeno pueden dar la misma respuesta a una aplicación de este nutriente.

Por otra parte, la respuesta absoluta, lo mismo que el rendimiento del testigo que también se ha utilizado, son muy dependientes de las características climáticas del año, y cuando se utilizan series de ensayos en diferentes años, parece preferible utilizar un índice relativo, como el testigo expresado en porcentaje del máximo propuesto por Bray (1) para fósforo.

En los años 1964, 66, 68 y 69 se instalaron 99 ensayos de campo sobre suelos pardos y negros de pradera desarrollados en dos materiales madres: formación Fray Bentos y formación Libertad en chacras de productores trigueros de los departamentos de Río Negro, Soriano y Colonia, cuyos detalles figuran en una publicación anterior (Castro et al, 3). En el presente estudio se determinan distintos índices de campo para Nitrógeno a partir de la curva de regresión calculada por bloque en cada uno de los ensayos de campo y diversos índices de disponibilidad de N calculados a partir de los análisis de suelo en el laboratorio.

La inclusión de los datos de análisis en una curva general de rendimiento permitiría ajustar el cálculo del nivel óptimo de fertilización para cada chacra. Sin embargo, las dificultades de muestreo, la dependencia de la respuesta de múltiples factores de difícil expresión cuantitativa o no bien definidos, y lo aleatorio de los factores climáticos, hacen que sistemas basados en este método, no representen en general un adelanto importante en las recomendaciones de fertilización al productor. Los coeficientes de determinación obtenidos, raramente alcanzan un valor de 0.50, es decir, no explican en general, ni siquiera la mitad de la variación en las respuestas.

## MATERIALES Y METODOS

En los sitios experimentales de los ensayos de campo descritos en (3) se extrajo en cada bloque una muestra compuesta de suelo integrada por 20 submuestras a la profundidad de la capa arable (aproximadamente 0 - 20 cm).

Las muestras obtenidas fueron secadas al aire, molidas, tamizadas, homogeneizadas y almacenadas a temperatura ambiente. Las muestras para los métodos biológicos se guardaron refrigeradas, en las mismas condiciones en que se extrajeron del campo.

Se realizaron diferentes análisis de laboratorio para calcular los índices de laboratorio a relacionar con los índices de campo.

## Indices de Laboratorio.

Materia orgánica (MO) según la técnica de Kurmies (10).

Nitrógeno total (NT) método macro Kjeldahl según la técnica de C.S. Piper (11) con la modificación propuesta por Winkler.

Nitratos ( $\text{NO}_3$ ) determinados en 1966 por la técnica colorimétrica del ácido fenoldisulfónico. (Jackson, 7) y calculados para los años 1968 y 1969 por diferencia entre nitrógeno inorgánico (Bremner, 2) y amonio original (Bremner, 2).

Amonificación siguiendo la técnica de Waring y Bremner (17).

Nitratos más amonio original calculados por suma de los valores obtenidos en ambos análisis en 1966 y determinado directamente en 1968 y 1969 según la técnica de Bremner (2).

Nitrificación realizada en 1966 con la técnica de Stanford y Hanway (13) modificada en Iowa, que elimina el pretratamiento o lavado de la muestra e incuba a  $28^\circ\text{C}$  con 80 o/o de humedad. A partir de 1968 se adoptó la técnica de Keeney y Bremner (9).

Los tipos de suelo en estudio fueron designados del siguiente modo: Suelo 1, Pradera Parda sobre Fray Bentos; Suelo 2, Pradera Negra sobre Fray Bentos; Suelo 3, Pradera Parda sobre Libertad; y Suelo 4, Pradera Negra sobre Libertad.

## Indices de Campo.

Se determinaron a partir de los resultados obtenidos en los ensayos de campo.

i) Indices basados en rendimientos.

Rendimiento promedio por ensayo ( $y_p$ ) determinado por el cociente entre la suma total de rendimientos y el número de observaciones.

ii) Indices basados en la curva de regresión de rendimientos sobre nitrógeno agregado, ajustada por cada bloque.

Nitrógeno máximo ( $N_m$ ) es la cantidad de N que sería necesario agregar para obtener el máximo rendimiento. Se calculó igualando a cero la primera derivada de la función y despejando N de la ecuación obtenida.

Nitrógeno extrapolado ( $N_e$ ) que representaría la cantidad de nitrógeno que aporta el suelo al cultivo. Se igualó a cero la función y despejando el valor de N, se calculó la raíz de signo negativo en la ecuación obtenida.

Testigo como porcentaje del máximo ( $y_0/y_m$ ) corresponde al intercepto de curva expresado como porcentaje del rendimiento máximo.

Los valores de rendimiento corresponden a los ensayos de campo descritos en una publicación anterior (Castro et al, 3) ajustándose ecuaciones cuadráticas de regresión sobre N aplicado para cada bloque. Se eliminaron los bloques cuya curva de regresión tenía coeficientes cuadráticos no significativos al 10 o/o.



En el caso de los índices de laboratorio también se eliminaron algunos bloques por pérdida de muestras de suelo o por valores anormales no repetibles por corresponder a métodos biológicos.

## RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados de los análisis de laboratorio y los índices de campo calculados figuran en el apéndice.

Se calculó el coeficiente de correlación entre NT y los cuatro índices de campo para el conjunto de suelos y años, correspondiendo el coeficiente más alto al testigo como porcentaje del máximo (Cuadro No. 1).

**Cuadro No. 1 -- Coeficientes de correlación entre NT y cuatro índices de respuesta a campo para todos los suelos y años.**

Indice de Campo	NT
Nm	- 0,241
yo / ym	0,546 **
Ne	0,342 **
yp	0,337 **
Pares de observaciones	203

\*\* Significativo ( $P \ll 0.01$ )

Se calcularon los coeficientes de correlación entre los 4 índices de campo y los 8 índices de laboratorio para todos los suelos en cada año (Cuadro No. 2).

Entre los índices de laboratorio, el NT da correlaciones relativamente altas con todos los índices de respuesta. Por eso y porque se utilizó todos los años, se eligió para evaluar los índices de campo.

De acuerdo a los resultados, el testigo como porcentaje del máximo es el mejor índice de campo cuando se consideran todos los suelos y años. Aparentemente

Cuadro No. 2 – Correlación entre índices de campo y de laboratorio por año para todos los suelos

Año	Índice de Campo	Índices de Laboratorio							
		NT	MO	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> + NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Amonif.	Nitrif.	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> + NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> Amonif.	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> + NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> Nitrif.
1964	Nm	- 0,180	- 0,202						
	yo/ym	0,510*	0,476*						
	Ne	- 0,414*	- 0,372						
	yp	0,009	0,025						
Pares de observaciones		38	38						
1966	Nm	- 0,335*	- 0,311*	- 0,188	- 0,113	- 0,185	- 0,168	- 0,192	- 0,131
	yo/ym	0,624**	0,565**	0,509**	0,271*	0,492**	0,168	0,485**	0,218
	Ne	- 0,363**	- 0,258	- 0,363**	- 0,256	- 0,260*	- 0,023	- 0,312*	- 0,206
	yp	0,221	0,178	0,396**	0,482**	0,214	0,254	0,293	0,303*
Pares de observaciones		92	92	92	38	92	64	92	76
1968	Nm	- 0,073	- 0,082	- 0,116	- 0,105	- 0,439	- 0,433	- 0,420	- 0,385
	yo/ym	0,554*	0,302	0,334	0,335	0,499*	0,665**	0,563*	0,676**
	Ne	- 0,701**	- 0,345	- 0,326	- 0,377	- 0,428	- 0,578*	- 0,519*	- 0,629**
	yp	0,442	0,179	0,193	0,357	0,586*	0,095	0,647**	0,248
Pares de observaciones		24	24	22	24	24	24	24	24
1969	Nm	- 0,126	0,071	0,058	- 0,015	0,206	- 0,061	0,157	- 0,046
	yo/ym	0,477**	0,202	0,201	0,148	0,230	0,189	0,241	0,218
	Ne	- 0,294	- 0,273	- 0,212	- 0,027	- 0,221	- 0,069	- 0,190	- 0,079
	yp	0,535**	0,557**	0,333	0,360*	0,547**	0,369*	0,589**	0,472**
Pares de observaciones		49	49	44	48	49	49	49	49

\* Significativo ( $P \leq 0.05$ )

\*\* Significativo ( $P \leq 0.01$ )

este índice que fue sugerido en principio para elementos poco móviles en el suelo como el P y K, puede aplicarse también para el caso de N. Considerando los resultados de los distintos índices de laboratorio y la respuesta en el campo expresada como testigo en porcentaje del máximo (yo/ym) se estimaron los coeficientes de correlación que se presentan en el Cuadro No. 3.

Como no todos los métodos de análisis tenían el mismo número de observaciones, se utilizó la prueba del chi cuadrado para detectar diferencias significativas entre los coeficientes.

De acuerdo a los resultados de dicha prueba para el Suelo 1 no hubo diferencia significativa entre los coeficientes de correlación para NT, MO, Amonificación, Nitrificación y N mineral + Amonificación.

Tampoco se observaron diferencias significativas entre los coeficientes calculados para NT y MO en los Suelos 2 y 4.

En el Suelo 3 no se observó diferencia entre los coeficientes de correlación calculados para NT, MO, Amonificación y N mineral + Amonificación, pero sí la hubo con respecto a los otros índices estudiados.

Cuando se estudiaron todos los suelos para todos los años no hubo diferencias significativas entre los coeficientes de correlación calculados para NT, MO, Amonificación y N mineral + Amonificación.

### Selección de índices

Aunque en algún año otro índice: Ne en 1968 e yp en 1969, aparece como superior al yo/ym, éste es el que da resultados más consistentes y es el mejor cuando se considera el total de años y suelos. Los índices basados en valores absolutos, como yp, son necesariamente altamente dependientes de todos los demás factores de rendimiento y sólo podría utilizarse en condiciones muy controladas como por ejemplo, ensayos en invernáculo. El Nm y Ne presentan la ventaja de calcularse a partir de toda la curva de respuesta, y si pudieran relacionarse con un análisis de laboratorio, fácilmente podría incluirse éste en la función de respuesta. Sin embargo, como Ne necesariamente y Nm en muchos casos, representan valores extrapolados, los errores experimentales en los rendimientos se multiplican en su cálculo, resultando en consecuencia índices muy poco seguros.

Tomando como base el testigo como porcentaje del máximo en cada uno de los suelos para el conjunto de años, el NT fue igual o mejor que todos los demás índices de laboratorio. Esto concuerda con los resultados de Chalk y Waring (4).

Este índice, NT, y los valores de MO están altamente correlacionados ( $r = 0.795$  para 308 observaciones) y las ventajas que presenta desde el punto de vista analítico la determinación de MO aconsejarían su uso. Sin embargo, cuando se consideraron todos los suelos para todos los años, su coeficiente a pesar de ser significativo fue bastante inferior al de NT (Cuadro No. 3).

Cuadro No. 3 – Coeficientes de correlación entre índices de laboratorio y respuesta expresada como testigo en porcentaje del rendimiento máximo.

Suelo	Año	Índice de Campo	Indice de							
			NT	MO	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Amonif.	Nitrif.	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> +Amonif.	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> +Nitrif.
1	Todos	yo/ym	0,497**	0,363**	0,228	0,258	0,492**	0,497**	0,407**	0,270
Pares de observaciones:			90	90	80	65	82	54	82	66
2	1964	yo/ym	- 0,251	-- 0,171						
Pares de observaciones:			8	8						
3	Todos	yo/ym	0,581**	0,398**	0,067	0,073	0,462**	0,219	0,456**	0,166
Pares de observaciones:			92	92	78	45	83	83	83	83
4	1964	yo/ym	0,811**	0,656*						
Pares de observaciones:			13	13						
Todos	Todos	yo/ym	0,546**	0,386**	0,188	0,270*	0,476**	0,285*	0,433**	0,216
Pares de observaciones:			203	203	158	110	165	137	165	149

\* Significativo (P ≤ 0.05)

\*\* Significativo (P ≤ 0.01)

Los métodos biológicos no fueron en general mejores que los químicos, ni dieron resultados consistentes en los distintos años estudiados. Esto se debería probablemente a que son muy dependientes de las condiciones del suelo en el momento del muestreo, del tratamiento posterior de la muestra, así como de las condiciones de mineralización en el campo. El agregado del nitrógeno mineral inicial no mejora la correlación de los índices biológicos contrariamente a lo encontrado por Tejada, H. y Gogan, G.L. (15).

Una vez elegido el NT como el mejor índice de laboratorio se incluyó éste en las curvas de respuesta correspondientes a los ensayos estudiados (3).

La curva de respuesta responde al modelo siguiente:

$$Y = a + b Na + c Na^2 + d NT + e NT^2 + f Na NT$$

Y = rendimiento en Kg/Há (variable dependiente).

Na = unidades de N del fertilizante por hectárea.

NT = nitrógeno total expresado en ‰.

a, b, c, d, e y f son los parámetros calculados.

El procedimiento de cálculo utilizado fue el de "step wise" (Draper y Smith, 5). Se analizaron los ensayos por año para todos los suelos y por suelo para todos los años. El orden de entrada de las variables independientes y los coeficientes de determinación múltiple acumulados, pueden verse en los Cuadros Nos. 4 y 5.

**Cuadro No. 4 -- Orden de entrada de las variables y coeficientes de determinación asociando los ensayos por año.**

1964		1966		1968		1969	
Variable introducida	R <sup>2</sup>	V.I.	R <sup>2</sup>	V.I.	R <sup>2</sup>	V.I.	R <sup>2</sup>
NaN <sup>t</sup>	0,556	Na	0,338	NaN <sup>t</sup>	0,322	NT <sup>2</sup>	0,458
Na	0,565	NT	0,347	NT	0,390	Na	0,532
NT	0,584	NaN <sup>t</sup>	0,376	Na <sup>2</sup>	0,406	Na <sup>2</sup>	0,552
NT <sup>2</sup>	0,660	Na <sup>2</sup>	0,384	Na	0,441	NaN <sup>t</sup>	0,553
Na <sup>2</sup>	0,673	NT <sup>2</sup>	0,388	NT <sup>2</sup>	0,451	NT	0,553
No. de observaciones	282		768		476		420

**Cuadro No. 5 – Orden de entrada de las variables y coeficientes de determinación asociando los ensayos por suelo.**

Suelo 1		Suelo 2		Suelo 3		Suelo 4	
Variable introducida	R <sup>2</sup>	V.I.	R <sup>2</sup>	V.I.	R <sup>2</sup>	V.I.	R <sup>2</sup>
Na NT	0,298	NaNT	0,405	Na	0,230	NaNT	0,765
Na <sup>2</sup>	0,379	Na <sup>2</sup>	0,437	Na <sup>2</sup>	0,316	Na <sup>2</sup>	0,790
NT	0,400	NT <sup>2</sup>	0,439	NT	0,318	NT <sup>2</sup>	0,796
Na	0,412	NT	0,479	NT <sup>2</sup>	0,358	Na	0,823
NT <sup>2</sup>	0,413	Na	0,483	NaNT	0,370	NT	0,826
No. de observaciones	943		45		888		70

En los Cuadros Nos. 6 y 7 se detallan los coeficientes de regresión y el error standard de las variables, introducidas en el orden indicado en los Cuadros Nos. 4 y 5 respectivamente.

El orden de entrada de las diferentes variables da una idea de su importancia relativa para explicar la variación total. Sin embargo, muchas de las variables están correlacionadas entre sí y además del orden de entrada hay que tener en cuenta el error standard de su coeficiente y su significancia estadística por la prueba de "t" (Cuadros Nos. 6 y 7). La interacción NaNT tiene un significado especial ya que de ella depende que el nivel de nitrógeno del suelo modifique el valor del óptimo económico calculado para la función. A pesar de haber sido introducida en 1er. término en los años 1964 y 68 y en los Suelos 1, 2 y 4 su coeficiente fue significativo sólo en el año 1966 cuando se estudiaron todos los suelos por año y en el Suelo 3 cuando se estudió por suelo todos los años.

Por otra parte, el valor absoluto del coeficiente encontrado no es grande en estos dos casos, por lo que el peso que tiene esta variable a niveles bajos y medios de fertilización no es muy importante aunque podría producir cambios en la pendiente y por tanto en la fertilización óptima.

Los coeficientes de regresión para Na y Na<sup>2</sup> fueron siempre significativos, salvo para el Suelo 2, en el cual ninguno de los coeficientes resultó significativo posiblemente como consecuencia del bajo número de observaciones disponibles en ese caso.

Cuadro No. 6 — Valor calculado y error standard de los parámetros de la regresión agrupando los ensayos por año.

	1964		1966		1968		1969	
	Coefficiente Regresión	Error standard	Coefficiente Regresión	Error standard	Coefficiente Regresión	Error standard	Coefficiente Regresión	Error standard
	- 3,24	2,39	18.75**	2,91	- 4,19	2.43	282,72	202,37
	29,52**	5,95	907,25**	306,90	3.412,82**	1.140,18	14,99**	4,28
	4.020,98**	540,02	- 5,35**	1,23	- 0,074**	0,018	- 0,071**	0,020
	-864,76**	125,62	0,036*	0,016	20,870**	5,001	- 1,063	1,92
	-0,129**	0,043	- 132,48	73,01	-679,43*	306,27	- 126,76	759,26
Intercepto	-2.431,26		132,98		- 2.747,53		496,99	

\* Significativo ( $P \leq 0.05$ )\*\* Significativo ( $P \leq 0.01$ )

Cuadro No. 7 — Valor calculado y error standard de los parámetros de la regresión agrupando los ensayos por suelo.

	Suelo 1		Suelo 2		Suelo 3		Suelo 4	
	Coefficiente Regresión	Error Standard	Coefficiente Regresión	Error Standard	Coefficiente Regresión	Error Standard	Coefficiente Regresión	Error Standard
	0,536	1,680	1,74	4,67	24,04**	3,30	-10,41	8,24
	-0,081**	0,015	-0,073	0,071	-0,111**	0,016	-0,186**	0,066
	762,86	495,48	401,74	287,64	2.290,45**	387,40	1.408,18	1.167,90
	11,92**	3,53	-1.874,73	1.430,43	-513,84**	95,65	54,21**	18,81
	-45,44	124,12	5,75	13,62	-4,13**	1,44	-4.675,71	4.927,99
Intercepto	164,99		4.244,53		-1.146,22		5.463,33	

\* Significativo ( $P \leq 0.05$ )

\*\* Significativo ( $P \leq 0.01$ )



El coeficiente de regresión NT es significativo en 3 de los 4 años de ensayo y en Praderas Pardas sobre Libertad para todos los años. El coeficiente de regresión sobre NT<sup>2</sup> es significativo en 2 años 1964 y 68 y en Praderas Pardas sobre Libertad.

Los coeficientes de determinación fueron en general más altos cuando se agruparon los distintos suelos en cada año, que cuando se estudiaron por suelo todos los años, con excepción de los suelos de Pradera Negra sobre Libertad, que sólo fueron incluidos en el año 1964. Los coeficientes de regresión de las distintas variables fueron también más frecuentemente significativos por año que por suelo. Esto confirma lo expresado en un trabajo anterior (Castro et al., 3) en donde se concluía que las diferencias climáticas tenían mayor importancia en las respuestas que las diferencias entre grupos de suelos.

A los efectos de poder evaluar por comparación el aporte que hace el agregado de los valores de análisis de suelo a la función de regresión se muestran en los Cuadros Nos. 8 y 9 los coeficientes de determinación calculados para Na y Na<sup>2</sup> agrupando los ensayos por año y por suelo respectivamente.

**Cuadro No. 8 – Valores del coeficiente de determinación agrupando los ensayos por año.**

Variable introducida	1964	1966	1968	1969
Na	0.555	0.338	0.284	0.272
Na <sup>2</sup>	0.571	0.346	0.334	0.309

**Cuadro No. 9 – Valores del coeficiente de determinación agrupando los ensayos por suelos.**

Variable introducida	Suelo 1	Suelo 2	Suelo 3	Suelo 4
Na	0.242	0.374	0.230	0.751
Na <sup>2</sup>	0.289	0.401	0.316	0.777

Como puede verse la introducción de los datos de análisis de suelo en la curva de respuesta agregó entre un 4,2 y un 24,4 % al valor predictivo de las ecuaciones, medido por el coeficiente de determinación cuando se agruparon los distintos suelos por año (Cuadros Nos. 4 y 8) y entre un 4,9 y 12,4 % cuando se agruparon por suelo todos los años (Cuadros Nos. 5 y 9).

De esto no resulta claro que el aumento de precisión conseguido por el empleo del análisis de suelo en las recomendaciones sea económicamente justificable. Es necesario tener en cuenta que en un sistema de recomendación de fertilización basado en análisis de suelo el error de muestreo resultará mayor que para las condiciones experimentales. Además, tendrían que aplicarse a unidades de cultivo necesariamente de mayor superficie y por tanto con mayor variabilidad en fertilidad que los bloques de estos experimentos.

La mejor comparación entre distintos sistemas de recomendación es la que se basa en términos económicos, lo cual será motivo de un próximo trabajo.

## RESUMEN

Existen distintos métodos de evaluar la cantidad de N que un suelo puede suministrar a las plantas. La forma más directa es a través del mismo cultivo midiendo rendimientos y respuesta a aplicaciones de ese nutriente. Tanto los rendimientos como las respuestas dependen no solamente del nivel de fertilidad, sino de los demás factores de producción y no resultan por tanto buenos estimadores de la disponibilidad de nitrógeno. Existen otros índices también basados en la respuesta que tratan de eliminar el efecto de los otros factores de producción sobre el rendimiento.

La disponibilidad de N puede evaluarse en laboratorio por métodos químicos o biológicos. Con los resultados de 99 ensayos de campo se evaluaron cuatro índices basados en rendimiento del cultivo (índices de campo) y ocho índices de laboratorio.

Los índices de campo utilizados fueron:  $y_p$  = rendimiento promedio por bloque de cada ensayo y 3 índices calculados a partir de la ecuación de regresión de rendimiento sobre N aplicado.  $N_m$  = nitrógeno máximo o unidades de N necesarias para alcanzar el máximo rendimiento.  $N_e$  = nitrógeno extrapolado o cantidad de N del suelo medido en unidades de fertilizante, que explica el rendimiento a nivel No.  $y_0/y_m$  = testigo como porcentaje del máximo que corresponde al intercepto de la curva expresado como porcentaje del rendimiento máximo.

Los índices de laboratorio utilizados fueron: Materia Orgánica, Nitrógeno Total, Nitratos, Nitratos + Amonio, Amonificación, Nitrificación, N mineral + Amonificación y N mineral + Nitrificación. Entre los índices estudiados se eligió el Nitrógeno Total por ser el que dio resultados más consistentes en distintos suelos y años.

Utilizando el NT se demostró que el testigo como porcentaje del máximo, fue el índice de campo que mejor indica la disponibilidad de N en el suelo.

Por otra parte empleando este índice de campo se pudo comprobar que la elección del Nitrógeno Total como mejor índice de laboratorio era justificada.

Usando el procedimiento del "step wise" se ajustaron ecuaciones de regresión de rendimiento sobre Nitrógeno aplicado y Nitrógeno del suelo considerando todas las observaciones, de acuerdo al modelo siguiente:

$$Y = a + b Na + c Na^2 + d NT + e NT^2 + f Na NT$$

Los coeficientes de determinación obtenidos variaron entre 0.388 y 0.673 cuando se agruparon los distintos suelos para cada año y entre 0.370 y 0.826 cuando se agrupó por suelo los 4 años considerados.

El aporte que hace la inclusión del análisis de suelo a la aplicación de la variabilidad por la función de regresión, representó un aumento comprendido entre un 4,2 y 24,4 0/o con respecto a la variabilidad total, cuando se agruparon todos los suelos por año y entre 4,9 y 12,4 0/o cuando se agruparon por suelo todos los años.

Se discute las posibilidades del empleo de esta función en la recomendación de fertilización a los productores.

### Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento a las Sras. V.H. de Ferreira y M.R. de Gilles por los análisis de suelo efectuados en el período de 1964-66, y a la Sra. M.E. de Alcaire por los análisis de suelo efectuados en el período 1968-69.

Los cálculos estadísticos del presente trabajo se realizaron en el Centro de Computación de la Universidad de la República.

## BIBLIOGRAFIA

1. BRAY, R. H. Correlations of soil tests with crop response to added fertilizers and with fertilizer requirement. In American Potash Institute. Diagnostic Techniques for soils and crops. Washington D. C., 1948. pp. 53-85.
2. BREMNER, J. M. Nitrogen availability indexes. In Black, C. A. ed. Methods of soil analysis. Madison, American Society of Agronomy, 1965. pp. 1324-1345. (Agronomy No. 9).
3. CASTRO, J. L., PEREZ, J. y ZAMUZ, E. M. de. Fertilización nitrogenada del trigo. I. Respuesta del cultivo. La Estanzuela, Centro de Investigaciones Agrícolas "Alberto Boerger". Boletín Técnico No. 16. 1971. 32 p.
4. CHALK, P. M. y WARING, S. A. Evaluation of rapid tests for assessing nitrogen availability in wheat soils. II. Effect of factors associated with field sampling sample treatment and laboratory analysis. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry 10 (44): 306-312. 1970.
5. DRAPER, N. R. y SMITH, H. Applied regression analysis. New York, Wiley, 1966. pp 171-172.
6. FITTS, J. W., BARTHOLOMEW y HEIDEL, H. Predicting nitrogen fertilizer needs of Iowa soils. I. Evaluation and control of factors in nitrate production and analysis. Soil Science Society of America. Proceedings 19 (1): 69-73. 1955
7. JACKSON, M. L. Soil chemical analysis. Englewood Cliffs, New Jersey, Prentice - Hall. 1958. 498 p.
8. KEENEY, D. R. y BREMNER, J. M. Effect of cultivation on the nitrogen distribution in soils. Soil Science Society of America. Proceedings 28 (4): 653-656. 1964.
9. ----- y ----- . Determination and isotope-ratio analysis of different forms of nitrogen in soil. VI. Mineralizable nitrogen. Soil Science Society of America. Proceedings 31 (1): 34-39. 1967
10. KURMIES, B. Humusbestimmung nach dem. bichromatverfahren ohne Kaliumjodid. Zeitschrift für Pflanzenernährung Düngung Bodenkunde 44 (2-3): 121-125. 1949.
11. PIPER, C. S. Soil and plant analysis. New York, Interscience, 1944. pp. 200-201.
12. SARAVIA, A. M. Processos de fixação, imobilização e mineralização de amonio no solo, avaliados no laboratorio com o emprego de  $15\text{N}$ . Tese Mag. Sc. Sao Paulo, Universidade, Escola Superior da Agricultura "Luiz de Queiroz". 1970. 62p.
13. STANFORD, G. y HANWAY, J. Predicting nitrogen fertilizer need of Iowa soil. II. A simplified technique for determining relative nitrate production in soils. Soil Science Society of America. Proceedings 19 (1): 74-75. 1955

14. STORRIER, R. R., HANLY, A. T. y NICOL, H. I. An evaluation of indexes of available nitrogen. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry* 10 (42): 89-93. 1970.
15. TEJEDA, H. y GOGAN, G. L. Evaluación de métodos de laboratorio para determinar la disponibilidad de nitrógeno en suelos de diferente origen y contenido de materia orgánica. *Fitotecnia Latinoamericana* 6 (1): 249-259. 1969.
16. VALDES, A. E. Análisis económico de 20 ensayos de aplicación de fertilizantes en trigo, maíz y papas. In Montero, F. y Pérez V., S. *Investigación económica y experimentación agrícola*. Montevideo, IICA, Zona Sur / Universidad Católica de Chile, 1967. pp. 79-129.
17. WARING, S. A. y BREMNER, J. M. Ammonium production in soil under waterlogged conditions as an index of nitrogen availability. *Nature* 201 (4922): 951-952 . 1964.

## APENDICE

Año	Suelo	Lugar	Bloque	Indices de laboratorio						Indices de campo					
				NT %	M O %	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Amonif.	Nitrif.	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>		Nm	yo/ym	Ne	YP
										Amonif.	Nitrif.				
1964	1	2	2	0,15	2,92	-	-	-	-	-	-	87,3	59,2	- 49,4	2.013
"	"	3	1	0,18	3,54	-	-	-	-	-	-	158,9	71,5	-138,7	1.815
"	"	4	1	0,14	2,84	-	-	-	-	-	-	65,2	74,2	- 63,2	2.588
"	"	"	2	0,16	3,17	-	-	-	-	-	-	76,5	69,6	- 62,2	2.650
"	"	"	3	0,16	3,22	-	-	-	-	-	-	122,8	67,2	- 91,4	2.944
"	"	6	1	0,18	3,84	-	-	-	-	-	-	131,0	65,1	- 90,7	2.432
"	"	7	1	0,19	3,45	-	-	-	-	-	-	100,5	77,3	-110,4	2.559
"	"	"	2	0,20	3,76	-	-	-	-	-	-	52,8	74,7	- 52,1	2.565
"	2	8	1	0,28	5,94	-	-	-	-	-	-	86,3	79,6	-104,6	2.002
"	"	"	2	0,26	5,46	-	-	-	-	-	-	70,9	76,2	- 74,3	2.061
"	"	"	3	0,26	5,47	-	-	-	-	-	-	99,1	78,7	-115,4	1.923
"	"	9	2	0,28	6,02	-	-	-	-	-	-	70,7	86,4	-121,1	2.522
"	"	"	3	0,30	6,23	-	-	-	-	-	-	86,4	85,7	-142,2	2.615
"	"	10	1	0,25	5,48	-	-	-	-	-	-	45,7	94,9	-157,0	2.681
"	"	"	2	0,24	5,03	-	-	-	-	-	-	159,7	81,7	-213,9	2.689
"	"	"	3	0,18	3,82	-	-	-	-	-	-	57,7	88,4	-111,8	2.265

Año	Suelo	Lugar	Bloque	Indices de laboratorio								Indices de campo			
				N T o/o	M O o/o	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Amonif.	Nitrific.	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>		Nm	yo/ym	Ne	yp
										Amonif.	Nitrif.				
1964	3	11	1	0,19	3,88	-	-	-	-	-	-	74,2	57,3	-39,3	4.077
"	"	"	3	0,20	4,06	-	-	-	-	-	-	72,4	54,7	-35,2	3.932
"	"	12	2	0,15	3,14	-	-	-	-	-	-	147,3	50,7	-62,5	2.264
"	"	"	3	0,15	3,12	-	-	-	-	-	-	77,3	49,2	-31,2	2.213
"	"	13	3	0,18	3,49	-	-	-	-	-	-	118,5	41,8	-36,8	2.125
"	"	14	1	0,18	4,89	-	-	-	-	-	-	64,8	58,4	-35,6	3.151
"	"	"	2	0,16	3,21	-	-	-	-	-	-	65,9	47,7	-25,3	2.859
"	"	15	2	0,19	3,73	-	-	-	-	-	-	315,4	42,7	-101,2	3,201
"	"	"	3	0,19	3,73	-	-	-	-	-	-	98,1	62,7	-62,5	3.186
"	4	16	1	0,24	5,13	-	-	-	-	-	-	75,0	74,1	-72,2	2.898
"	"	"	2	0,24	5,28	-	-	-	-	-	-	79,4	66,0	-56,8	3,022
"	"	"	3	0,21	4,71	-	-	-	-	-	-	116,2	62,7	-55,9	2.811
"	"	17	2	0,22	4,86	-	-	-	-	-	-	179,8	46,9	-67,0	2.166
"	"	18	1	0,23	4,35	-	-	-	-	-	-	71,4	56,5	-36,8	3.009
"	"	"	2	0,22	5,05	-	-	-	-	-	-	66,8	54,1	-31,8	3.076
"	"	"	3	0,24	5,02	-	-	-	-	-	-	90,4	60,8	-54,0	3.268
"	"	19	1	0,18	3,65	-	-	-	-	-	-	319,5	32,2	-68,6	2.419
"	"	"	2	0,18	3,58	-	-	-	-	-	-	109,5	44,7	-37,8	2.677
"	"	"	3	0,21	4,30	-	-	-	-	-	-	106,6	60,9	-63,9	2.929

Año	Suelo	Lugar	Bloque	Indices de laboratorio								Indices de campo				
				NT %/o	MO %/o	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Amonif.	Nitrific.	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>		yo/ym	Ne	yp		
										Amonif.	Nitrific.				Nm	
1964	4	20	1	0,23	4,66	--	--	--	--	--	--	63,9	66,1	--	45,9	3.134
"	"	"	2	0,23	4,64	--	--	--	--	--	--	67,9	68,4	--	52,9	3.126
"	"	"	3	0,21	4,28	--	--	--	--	--	--	66,4	61,9	--	41,2	3.061
1966	1	21	1	0,17	3,40	7,0	--	47,8	--	47,8	--	144,0	58,8	--	80,3	1.226
"	"	"	2	0,17	3,50	7,0	--	58,0	--	58,0	--	83,2	72,8	--	76,4	1.333
"	"	"	3	0,20	3,58	7,0	--	55,6	--	55,6	--	74,5	68,8	--	58,7	1.412
"	"	22	2	0,15	2,89	3,5	29,3	59,8	--	89,1	29,3	58,3	71,5	--	50,9	1.594
"	"	"	3	0,16	2,95	3,8	--	66,4	--	66,4	--	63,7	73,7	--	60,5	1.555
"	"	23	1	0,31	5,65	20,5	33,3	124,3	66,8	157,6	100,1	27,1	97,6	--	148,3	2.249
"	"	"	2	0,25	4,47	13,5	35,8	95,4	58,8	131,2	94,6	-47,8	96,9	--	321,2	2.108
"	"	"	3	0,25	4,43	12,0	51,3	123,8	--	175,1	51,3	32,0	94,8	--	108,4	1.991
"	"	24	2	0,21	3,40	17,0	50,0	77,3	91,5	127,3	141,5	-116,3	97,3	--	820,1	2.374
"	"	25	1	0,20	3,27	9,0	19,7	88,3	37,2	108,0	56,9	69,6	93,8	--	209,3	1.589
"	"	"	2	0,21	3,40	8,0	18,7	63,8	35,5	82,5	54,2	76,8	82,9	--	109,2	1.713
"	"	"	3	0,21	3,42	7,5	18,2	72,5	38,9	90,7	57,1	109,8	91,8	--	274,8	1.725
"	"	26	1	0,19	3,04	13,5	66,5	71,3	53,5	137,8	120,0	74,5	62,6	--	47,3	1.944
"	"	"	2	0,19	2,96	12,0	34,5	71,5	56,2	106,0	90,7	114,3	71,3	--	99,0	2.525
"	"	"	3	0,19	3,04	13,5	47,4	55,6	47,2	103,0	94,6	73,9	82,5	--	102,6	2.386
"	"	"	4	0,19	3,40	9,5	25,9	53,0	46,1	78,9	72,0	142,9	60,0	--	83,0	1.863



Año	Suelo	Lugar	Bloque	Indicadores de laboratorio								Indicadores de campo				
				N T %	M O %	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Amonif.	Nitrif.	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>		Nm	yo/ym	Ne	yp	
										Amonif.	Nitrif.					
1966	1	27	1	0,26	4,82	4,5	13,4	87,8	-	101,2	13,4	59,8	77,6	-	66,4	2.004
"	"	"	2	0,25	4,69	5,5	15,5	96,7	-	112,2	15,5	73,8	83,5	-	107,9	2.128
"	"	"	3	0,23	4,36	4,5	17,0	92,4	-	109,4	17,0	106,6	83,4	-	155,2	1.931
"	"	"	4	0,24	4,23	3,8	15,2	79,9	-	95,1	15,2	102,4	80,9	-	131,8	2.057
"	"	28	3	0,19	3,04	13,5	47,4	55,6	47,2	103,0	94,6	70,2	73,8	-	67,1	1.966
"	"	"	4	0,19	3,40	9,5	25,9	53,0	46,1	78,9	72,0	204,5	61,7	-	126,0	2.011
"	"	29	1	0,18	3,26	9,5	-	41,5	-	41,5	-	78,8	81,7	-	105,3	1.809
"	"	"	3	0,14	2,46	8,0	-	45,6	-	45,6	-	172,5	73,2	-	160,9	1.709
"	"	30	2	0,19	3,78	9,0	14,9	77,2	54,2	92,1	69,1	74,2	67,5	-	56,0	1.533
"	"	"	4	0,19	4,17	13,5	59,2	80,0	59,8	139,2	119,0	61,5	77,9	-	69,2	1.741
"	"	31	2	0,18	3,34	2,5	30,2	71,0	5,5	101,2	35,7	658,3	23,4	-	93,8	1.302
"	"	32	3	0,15	2,90	2,0	41,3	54,2	5,5	95,5	46,8	295,4	49,4	-	119,9	1.240
"	"	33	2	0,23	4,34	3,8	19,9	100,5	-	120,4	19,9	92,1	70,5	-	77,5	1.718
"	"	34	1	0,17	3,04	2,0	13,6	64,1	-	77,7	13,6	66,3	49,7	-	27,2	1.271
"	"	"	2	0,19	3,40	3,0	13,0	59,7	-	72,7	13,0	134,2	59,4	-	76,4	1.432
"	"	"	3	0,17	3,17	3,0	16,6	65,8	-	77,4	11,6	65,3	46,4	-	23,9	1.173
"	"	35	1	0,18	2,92	6,5	-	57,6	-	57,6	-	129,1	56,0	-	65,6	1.410
"	"	"	3	0,18	2,79	2,5	-	50,6	-	50,6	-	146,9	42,3	-	46,5	1.363
"	"	"	4	0,17	3,00	3,8	-	73,4	-	73,4	-	202,4	45,9	-	72,9	1.344

Año	Suelo	Lugar	Bloque	Indices de laboratorio						Indices de campo						
				N T %	M O %	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Amonif.	Nitrif.	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>		Nm	yo/ym	Ne	YP	
										Amonif.	Nitrif.					
1966	1	36	1	0,16	2,56	7,5	27,1	52,6	-	79,7	27,1	85,3	47,5	-	32,5	1.226
"	"	"	2	0,18	3,15	8,0	25,8	49,4	-	79,7	27,1	-	-	-	-	-
"	"	"	3	0,19	3,68	6,5	33,3	61,2	-	94,5	33,3	81,0	59,5	-	46,2	1.967
"	"	37	1	0,15	3,00	6,5	-	54,3	-	54,3	-	78,4	86,8	-	137,3	2.121
"	"	"	2	0,15	2,51	9,0	-	54,4	-	54,4	-	88,7	74,3	-	86,1	2.229
"	"	"	3	0,17	2,62	10,0	-	49,2	-	49,2	-	110,3	66,8	-	81,2	2.174
"	"	"	4	0,15	2,77	8,5	-	64,1	-	64,1	-	93,0	71,8	-	82,2	2.134
"	"	38	1	0,20	3,79	2,0	-	49,6	-	49,6	-	237,4	59,9	-	137,6	1.449
"	"	"	2	0,19	3,74	2,5	-	57,4	-	57,4	-	88,9	70,6	-	75,1	1.468
"	"	"	4	0,19	3,84	4,5	-	62,6	-	62,6	-	83,3	72,2	-	74,8	1.503
"	3	39	1	0,17	3,32	2,5	-	79,9	46,8	79,9	46,8	155,0	59,1	-	87,4	1.389
"	"	"	2	0,17	3,40	2,5	-	75,8	43,0	75,8	43,0	74,7	56,1	-	38,1	1.172
"	"	"	3	0,18	3,89	2,0	-	69,3	49,2	69,3	49,2	63,7	60,7	-	37,9	1.189
"	"	"	4	0,20	3,33	2,0	-	117,0	46,5	117,0	46,5	93,0	60,4	-	54,8	950
"	"	40	1	0,24	3,76	14,6	19,2	60,3	65,8	79,5	85,0	-39,7	98,4	-	357,7	1.165
"	"	"	4	0,30	4,90	14,5	15,2	64,9	87,0	80,1	102,2	59,6	87,9	-	111,5	926
"	"	41	1	0,14	2,53	3,0	-	56,2	56,5	56,2	56,5	129,9	58,5	-	71,7	1.818
"	"	"	2	0,13	2,54	3,0	-	58,1	57,2	58,1	57,2	75,8	55,3	-	37,5	1.917
"	"	"	3	0,12	1,98	2,5	-	60,9	43,0	60,9	43,0	90,9	58,4	-	48,3	1.905
"	"	"	4	0,09	1,57	2,5	-	42,7	39,5	42,7	39,0	281,0	7,2	-	106,6	1.388

Indices de laboratorio

Indices de campo

Año	Suelo	Lugar	Bloque	NT %	MO %	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> + NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>		Amonif.	Nitrif.	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> + NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>		Nm	yo/ym	Ne	yp
						NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> + NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>			Amonif.	Nitrif.				
1966	3	42	1	0,18	3,55	2,5	-	61,7	87,6	61,7	87,6	114,4	46,3	- 41,7	1.682
"	"	"	2	0,19	3,60	2,5	-	66,2	68,6	66,2	68,6	190,9	47,9	- 73,5	1.728
"	"	"	3	0,19	3,11	3,0	-	71,2	65,9	71,2	65,9	373,4	39,3	-105,9	1.750
"	"	"	4	0,19	3,58	3,0	-	62,9	47,4	62,9	47,4	75,3	58,6	- 41,8	1.811
"	"	43	1	0,20	3,43	3,0	-	49,0	40,8	49,0	40,8	80,8	63,6	- 53,2	1.526
"	"	"	2	0,21	3,60	2,5	-	55,1	43,0	55,1	43,0	98,8	67,8	- 75,1	1.652
"	"	"	3	0,19	3,27	2,0	-	66,7	38,2	66,7	38,2	74,5	66,7	- 54,6	1.814
"	"	"	4	0,20	3,35	3,5	-	63,4	45,4	63,4	45,4	89,2	64,0	- 59,5	1.745
"	"	44	1	0,21	3,25	4,8	-	66,4	57,2	66,4	57,2	80,3	69,4	- 65,0	1.365
"	"	"	3	0,19	3,43	2,5	-	72,2	40,5	72,2	40,5	88,6	73,2	- 82,0	1.410
"	"	"	4	0,17	3,10	3,0	-	53,5	36,0	53,5	36,0	118,5	71,9	-105,1	1.459
"	"	45	1	0,19	3,20	3,0	-	61,9	34,1	61,9	34,1	137,7	59,3	- 78,0	1.693
"	"	"	2	0,17	3,17	2,5	-	60,0	93,0	60,0	93,0	99,9	55,3	- 49,4	1.569
"	"	"	3	0,21	3,17	2,5	-	62,2	91,4	62,2	91,4	100,8	60,8	- 60,3	1.502
"	"	"	4	0,19	3,71	3,0	-	91,0	106,8	62,2	91,4	-	-	-	-
"	"	46	1	0,21	3,97	3,0	-	76,8	106,8	76,8	106,8	91,0	73,7	- 86,4	1.562
"	"	"	3	0,21	3,84	4,8	-	75,8	118,0	75,8	118,0	86,4	65,6	- 60,8	1.678
"	"	"	4	0,23	4,02	3,8	-	102,2	113,2	102,2	113,2	128,1	69,7	-104,6	1.724

Indices de laboratorio

Indices de campo

Año	Suelo	Lugar	Bloque	NT o/o	MO o/o	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		Amonif.	Nitrif.	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>		Nm	yo/ym	Ne	yp	
						NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>			Amonif.	Nitrif.					
1966	3	47	1	0,17	3,09	3,0	-	33,2	36,6	33,2	36,6	190,0	52,8	-	86,5	1.407
"	"	"	2	0,17	2,79	4,5	6,3	31,0	30,0	37,3	36,3	163,5	51,3	-	70,8	1.349
"	"	"	3	0,18	2,74	3,5	6,0	41,7	27,1	47,7	33,1	100,6	60,5	-	59,5	1.702
"	"	"	4	0,17	2,99	3,0	6,6	45,4	39,5	52,0	46,1	115,6	47,6	-	44,1	1.417
"	"	48	1	0,23	4,27	3,5	-	80,1	43,5	80,1	43,5	48,6	99,0	-	443,7	2.271
"	"	"	2	0,25	4,50	4,8	-	95,9	55,0	95,9	55,0	130,8	91,8	-	325,5	2.212
"	"	"	3	0,28	4,09	4,5	-	91,8	48,6	91,8	48,6	36,9	99,4	-	461,5	2.283
"	"	"	4	0,23	4,48	3,8	-	90,7	52,0	90,7	52,0	116,7	85,3	-	187,5	2.293
"	"	50	2	0,26	4,81	4,8	-	135,1	31,9	135,1	31,9	39,3	97,4	-	205,4	1.499
"	"	"	3	0,27	4,74	3,0	-	156,4	23,1	156,4	23,1	56,8	94,6	-	187,4	1.421
"	"	51	1	0,17	3,19	3,8	12,4	74,6	60,2	87,0	72,6	107,7	64,0	-	71,8	1.875
"	"	"	2	0,13	2,34	2,5	7,6	62,1	51,8	69,7	59,4	187,9	61,3	-	114,3	1.639
"	"	"	3	0,11	1,70	3,0	6,8	43,0	31,4	49,8	38,2	89,5	52,5	-	40,4	1.387
"	"	"	4	0,14	1,98	3,0	7,4	46,3	32,5	53,7	39,9	168,4	38,9	-	47,0	1.183
"	"	53	2	0,25	4,54	4,8	-	82,0	111,0	82,0	111,0	67,4	68,7	-	53,1	1.815
"	"	"	3	0,26	4,52	5,5	-	119,2	109,5	119,2	109,5	88,1	64,3	-	59,4	2.098
"	"	"	4	0,21	3,92	3,5	-	79,8	114,3	79,8	114,3	66,8	69,2	-	53,5	1.566

Indices de laboratorio										Indices de campo					
Año	Suelo	Lugar	Bloque	NT o/o	MO o/o	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Amonif.	Nitrif.	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Nm	yo/ym	Ne	yp
										Amonif.	Nitrif.				
1966	3	54	1	0,17	2,69	7,5	--	71,2	99,5	71,2	99,5	60,0	73,9	- 57,5	1,741
"	"	"	2	0,17	2,79	7,0	-	59,0	98,2	71,2	99,5	-	-	-	-
"	"	"	3	0,15	2,38	4,5	--	53,8	76,4	53,8	76,4	137,1	79,5	- 165,7	2,315
"	"	"	4	0,17	2,89	8,5	-	70,0	106,8	70,0	106,8	85,9	77,6	- 95,7	2,357
1968	1	55	1	0,22	4,22	16,8	22,6	49,6	51,8	72,2	74,4	103,9	66,8	- 76,4	1,261
"	"	"	2	0,22	2,38	13,3	20,6	66,6	66,4	87,2	87,0	68,4	73,7	- 64,9	1,351
"	"	"	3	0,21	4,19	11,8	20,5	72,5	63,1	93,0	83,6	71,5	65,2	- 49,6	1,258
"	"	56	1	0,19	3,65	19,3	30,6	52,6	54,6	83,2	85,2	90,4	23,4	- 12,9	1,299
"	"	58	1	0,17	3,46	15,9	24,3	71,9	43,5	96,2	67,8	84,5	49,3	- 34,2	1,479
"	"	"	2	0,18	3,74	11,3	21,8	52,1	40,5	73,9	62,3	73,3	51,3	- 31,7	1,410
"	"	"	3	0,18	3,35	13,1	22,5	43,4	44,5	65,9	67,0	77,1	56,9	- 40,3	1,327
"	"	59	1	0,13	2,64	4,3	13,0	39,3	27,4	52,3	40,4	85,2	18,5	- 9,2	1,042
"	"	"	2	0,13	2,51	4,3	14,1	37,7	25,6	51,8	39,7	94,3	13,7	- 7,2	1,123
"	"	60	1	0,15	3,02	-	5,6	74,5	51,8	80,1	57,4	69,4	58,6	- 38,4	1,395
"	"	"	2	0,15	2,89	2,3	7,4	55,7	56,8	63,1	64,2	77,1	52,1	- 34,3	1,333
"	"	61	1	0,18	3,35	1,4	13,0	53,7	50,5	66,7	63,5	81,8	61,3	- 49,6	821
"	"	"	3	0,17	3,16	3,1	15,8	45,7	39,4	61,5	55,2	92,8	41,9	- 29,0	641
"	"	62	2	0,22	3,15	7,0	27,1	89,6	44,6	116,7	71,7	118,1	58,5	- 65,1	2,491

Año	Suelo	Lugar	Bloque	Indices de laboratorio								Indices de campo			
				NT %	MO %	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Amonif.	Nitrif.	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>		Nm	yo/ym	Ne	yp
										Amonif.	Nitrif.				
1968	1	64	2	0,20	3,72	23,6	30,8	73,2	57,7	69,1	85,2	-	-	-	-
"	"	65	2	0,20	3,14	18,9	27,9	43,8	54,4	67,4	84,9	-	-	-	-
"	"	"	3	0,15	2,69	12,8	23,2	45,8	37,7	69,0	60,9	65,8	61,1	- 39,7	1.354
"	"	66	1	0,19	3,69	15,4	29,2	61,8	38,8	91,0	68,0	80,9	59,2	- 45,7	1.721
"	"	"	2	0,21	3,94	13,4	20,6	45,9	46,9	66,5	67,5	89,4	58,8	- 49,9	1.633
"	"	"	3	0,20	3,78	10,4	18,0	50,2	45,7	68,2	63,7	82,5	69,6	- 67,2	1.776
"	3	69	1	0,16	3,09	-	7,4	57,2	28,3	64,6	35,7	110,8	22,2	- 14,8	1.267
"	"	"	2	0,18	3,28	2,8	13,0	49,2	29,4	62,2	42,4	175,9	25,9	- 28,4	1.526
"	"	"	3	0,16	2,84	1,7	10,3	60,4	39,1	70,7	49,4	103,7	13,5	- 7,8	1.595
"	"	72	1	0,18	3,33	13,9	20,4	33,6	38,2	54,0	58,6	191,3	31,2	- 39,3	1.167
"	"	"	2	0,15	2,80	9,1	14,9	24,6	34,6	39,5	49,5	207,5	9,9	- 11,1	996
"	"	"	3	0,21	4,21	11,0	16,8	42,1	45,3	58,9	62,1	101,7	24,1	- 15,0	1.405
1969	1	78	1	0,14	2,96	21,0	26,4	55,4	55,8	81,8	82,2	117,8	50,8	- 50,1	1.324
"	"	"	2	0,18	3,58	10,4	14,0	53,0	64,3	67,0	78,3	79,5	46,4	- 29,1	1.159
"	"	"	3	0,15	3,15	10,8	15,2	55,1	40,1	70,3	55,3	63,8	77,2	- 69,9	1.241
"	"	79	1	0,19	3,36	17,6	23,5	54,8	44,8	78,3	68,3	99,1	43,2	- 32,4	2.224
"	"	"	2	0,22	3,26	2,8	13,0	53,7	52,0	66,7	65,0	70,2	73,9	- 67,1	1.762
"	"	80	1	0,22	3,89	3,2	8,3	55,5	55,9	66,7	65,0	-	-	-	-
"	"	"	2	0,21	3,76	22,9	30,2	61,7	65,8	91,9	96,0	65,2	62,9	- 41,9	2.618
"	"	"	3	0,21	3,84	14,2	19,6	56,4	77,6	76,0	97,2	94,7	77,0	-102,9	2.646

Año	Suelo	Lugar	Bloque	Indices de laboratorio						Indices de campo						
				NT %/o	MO %/o	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Amonif.	Nitrif.	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>		Nm	yo/ym	Ne	yp	
										Amonif.	Nitrif.					
1969	1	81	1	0,17	3,16	13,1	20,7	56,4	40,6	77,1	61,3	130,9	53,6	-	61,2	1.993
"	"	"	2	0,16	3,18	5,8	13,1	46,9	39,7	60,0	52,8	102,5	48,5	-	40,3	1.827
"	"	82	1	0,24	4,26	22,0	30,0	84,5	55,6	114,5	85,6	72,4	73,4	-	67,9	2.678
"	"	"	2	0,25	4,47	9,2	15,0	77,1	65,4	92,1	80,4	82,7	73,0	-	76,4	2.701
"	"	"	3	0,24	4,26	7,4	14,9	75,8	77,8	90,7	92,7	93,1	66,6	-	68,0	2.710
"	"	83	1	0,24	4,03	4,8	10,2	55,2	49,0	65,4	59,2	86,5	45,9	-	31,1	1.679
"	"	"	2	0,18	4,15	12,8	19,7	50,5	44,9	70,2	64,6	229,6	55,5	-	114,7	1.566
"	"	"	3	0,17	3,57	1,4	6,5	72,7	52,4	70,2	64,6	-	-	-	-	-
"	"	84	1	0,14	2,54	2,4	8,2	35,9	38,4	44,1	46,6	111,6	65,1	-	77,4	707
"	"	"	2	0,14	2,25	-	-	37,5	40,8	37,5	40,8	71,2	55,8	-	35,9	709
"	"	"	3	0,14	2,22	4,0	10,1	32,2	30,4	42,3	40,5	70,8	50,9	-	30,3	854
"	"	85	1	0,23	3,24	17,7	23,6	55,3	74,5	78,9	98,1	39,2	95,3	-	142,0	1.396
"	"	"	2	0,18	3,78	17,7	23,6	55,3	42,3	78,9	65,9	80,2	69,6	-	65,3	1.294
"	"	"	3	0,21	3,34	11,7	17,1	49,8	39,0	66,9	56,1	54,8	88,9	-	109,9	1.392
"	3	87	1	0,21	4,18	23,6	28,3	64,2	84,5	-	-	-	-	-	-	-
"	"	"	2	0,22	4,55	-	6,4	47,6	40,2	54,0	46,6	106,0	91,2	-	250,6	2.523
"	"	"	3	-	4,43	12,3	20,8	69,8	60,8	54,0	46,6	-	-	-	-	-
"	"	88	1	0,23	3,55	4,4	11,9	45,7	48,2	54,0	46,6	-	-	-	-	-
"	"	"	2	0,20	4,10	14,1	18,7	46,6	67,4	54,0	46,6	-	-	-	-	-
"	"	"	3	0,22	4,04	9,6	19,3	32,4	51,1	51,7	70,4	72,7	83,1	-	104,2	2.382

Año	Suelo	Lugar	Bloque	Indices de laboratorio						Indices de campo					
				NT %	MO %	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Amonif.	Nitrif.	NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>		Nm	yo/ym	Ne	yp
										Amonif.	Nitrif.				
1969	3	89	1	0,17	3,17	5,8	13,1	47,3	39,7	60,4	52,8	83,5	43,6	- 27,7	1.354
"	"	"	2	0,16	3,17	2,8	8,2	38,8	41,6	47,0	49,8	69,9	38,0	- 18,9	1.414
"	"	"	3	0,17	3,15	3,6	9,4	36,4	46,4	45,8	55,8	93,9	42,0	- 29,6	1.464
"	"	90	1	0,19	3,63	8,8	16,8	63,3	63,4	80,1	80,2	109,0	46,9	- 40,6	1.576
"	"	"	2	0,17	3,63	12,2	18,8	33,0	52,4	51,8	71,2	73,3	88,2	-139,9	1.476
"	"	"	3	0,18	4,29	2,7	15,9	36,6	40,8	52,5	56,7	75,4	43,6	- 25,0	1.678
"	"	91	1	0,17	3,78	21,8	25,4	56,0	52,2	52,5	56,7	-	-	-	-
"	"	"	2	0,26	3,57	21,4	30,1	57,9	50,5	52,5	56,7	-	-	-	-
"	"	"	3	0,21	3,36	4,7	10,2	50,1	64,3	60,3	74,5	74,8	70,9	- 63,8	1.200
"	"	92	1	0,15	2,75	2,0	5,6	41,9	27,9	47,5	33,5	71,0	39,7	- 20,4	845
"	"	"	2	0,17	3,44	9,2	16,8	35,6	31,6	47,5	33,5	-	-	-	-
"	"	"	3	0,18	3,50	3,2	7,6	57,7	49,9	47,5	33,5	-	-	-	-
"	"	93	1	0,14	3,65	8,0	15,0	44,9	34,6	59,9	49,6	132,0	46,7	- 48,9	1.626
"	"	"	2	0,12	4,23	3,5	9,7	47,7	53,5	57,4	63,2	103,3	55,5	- 51,5	1.742
"	"	"	3	0,12	4,09	11,2	20,0	55,4	28,5	75,4	48,5	91,3	56,9	- 47,8	1.689
"	"	94	1	0,12	1,99	11,6	16,7	26,8	46,0	43,5	62,7	120,4	55,8	- 60,7	1.336
"	"	"	2	0,13	2,06	12,4	17,5	38,7	55,1	43,5	62,7	-	-	-	-
"	"	"	3	0,14	2,13	2,9	7,5	32,1	44,6	43,5	62,7	-	-	-	-
"	"	95	1	0,18	2,93	5,0	12,9	60,4	50,7	73,3	63,6	63,9	91,3	-152,7	1.167
"	"	"	2	0,21	2,37	0,2	8,1	52,5	58,2	60,6	66,3	67,1	67,3	- 50,2	1.322
"	"	"	3	0,22	2,16	1,3	7,3	51,4	46,6	58,7	53,9	75,7	62,8	- 48,5	1.296



Indices de laboratorio										Indices de campo						
Año	Suelo	Lugar	Bloque	NT o/o	MO o/o	$\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+$		Amonif.	Nitrif.	$\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+$	$\text{NO}_3^- - \text{NH}_4^+$	Nm	yo/ym	Ne	yp	
						$\text{NO}_3^-$	$\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+$			Amonif.	Nitrif.					
1969	3	96	1	0,22	4,38	-	7,6	59,7	56,0	67,3	63,6	93,6	65,3	-	65,2	1.164
"	"	"	2	0,21	3,88	19,0	26,6	48,4	66,4	75,0	93,0	75,6	57,9	-	40,6	1.878
"	"	"	3	0,18	3,28	11,7	17,2	52,1	34,2	69,3	51,4	75,3	82,6	-	105,3	1.583
"	"	97	1	0,19	2,94	2,9	7,6	47,5	46,7	55,1	54,3	74,0	60,4	-	43,6	2.435
"	"	"	2	0,18	2,69	2,9	9,5	56,0	47,0	65,5	56,5	73,1	78,3	-	83,9	2.694
"	"	"	3	0,18	3,34	9,5	14,2	70,3	47,6	84,5	61,8	489,5	50,6	-	206,7	2.195
"	"	98	1	0,17	2,93	-	10,2	35,4	40,8	45,6	51,0	65,5	66,6	-	47,9	1.058
"	"	"	2	0,16	3,08	1,0	6,4	45,5	55,7	51,9	62,1	72,6	67,1	-	54,1	1.155
"	"	"	3	0,16	3,41	-	2,6	51,0	54,5	53,6	57,1	156,3	66,1	-	112,1	1.124
"	"	99	1	0,14	2,48	9,8	13,0	39,8	53,0	52,8	66,0	102,4	42,2	-	32,3	1.549
"	"	"	2	0,13	2,70	6,4	10,0	42,0	63,6	52,0	73,6	108,4	27,8	-	19,1	1.466
"	"	"	3	0,14	2,99	7,2	11,1	42,3	50,0	53,4	61,1	79,9	43,5	-	26,4	1.591

NT y MO — expresados en o/o

Otros índices de laboratorio — expresados en ppm.

