

# INVESTIGACIONES

## COMPARACION DE UN SISTEMA DE FERTILIZACION MINERAL CON UNO DE FERTILIZACION ORGANICA, EN UNA ROTACION TRIGO-FREJOL. EFECTOS SOBRE RENDIMIENTO Y ALGUNAS PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS DEL SUELO<sup>1</sup>

### Comparison of a system of mineral fertilization in a wheat-beans rotation with another based on organic fertilization. Effects on yield and some physical and chemical properties

Rafael Novoa S-A.<sup>2</sup>, Maximiliano Martínez V.<sup>3</sup> y Elías Letelier A.<sup>2</sup>

#### SUMMARY

A long term field experiment designed to compare the effect of farm yard manure with mineral dressing on a mollisol was started at La Platina Experiment Station in 1963.

A wheat-beans rotation fertilized with 0, 4, 8 and 16 ton, of farm-yard manure and the same amount of NPK applied as chilean nitrate, superphosphate and potassium sulfate has been sowed for 25 years. Wheat yields were always better when a mineral dressing was used. In the last 13 years the average yields of wheat were 27, 32 and 42 qqm/ha for treatments without fertilizers, 16 ton farm-yard manure and NPK mineral fertilizer equivalent to the nutrients input in the farm-yard manure, respectively. In beans there were no important differences due to fertilization systems. During the last 13 years the highest level of organic matter (2.9%) is detected on the 16 ton manure plot and the lowest (2%) in the check plot. pH and available N do not show any change associated to the treatment. Available phosphorus and potassium, and electrical conductivity were changed.

Farmyard manure greatly increased available P.

The physical properties of the soil were improved with farmyard manure: porosity and water holding capacity were increased.

#### INTRODUCCION

Es común escuchar discusiones sobre las ventajas del estiércol en relación a los abonos minerales, debido a que se asigna, al primero, ventajas a largo plazo sobre las propiedades físicas y químicas del suelo. Estas ventajas derivan del aumento de materia orgánica que él produciría en el suelo y, por ende, todas las funciones positivas que esta materia orgánica cumple se verían favorecidas. Así, las propiedades favorecidas, según Russell, 1950; Tisdale y Nelson, 1967; Kononova, 1961; Volk y Loeppert, 1982) serían las siguientes:

- La capacidad del intercambio de cationes y aniones.
- El suministro de energía para la actividad biológica.
- La formación y estabilidad de la estructura del suelo.
- Las propiedades hídricas. Aumentar infiltración, percolación y retención del agua.
- Las propiedades térmicas. Aumentaría la absorción de radiación solar, pero disminuiría la conductividad térmica.
- Las reservas de nutrientes: NPK y otros, se verían aumentados.
- Adsorción de compuestos orgánicos (pesticidas), que podrían afectar la actividad biológica.
- Movilización de elementos pesados insolubles por formación de complejos hidrosolubles organo-metálicos.

<sup>1</sup>Recepción de originales: 7 de abril de 1989.

<sup>2</sup>Estación Experimental La Platina (INIA), Casilla 439, Correo 3, Santiago, Chile.

<sup>3</sup>Estación Experimental La Platina (INIA). Actualmente jubilado.

La opinión generalizada del efecto de las aplicaciones de estiércol es que: aumenta el humus del suelo (Kononova, 1961; Demolon, 1950), pero que este aumento dependerá del suelo y clima, ya que en suelos bien aireados y a temperaturas altas la descomposición es rápida, mientras que no ocurre lo mismo en suelos mal aireados o finos (Russell, 1950). Así, en suelos arenosos de Francia, aplicaciones de estiércol de 30 y 60 ton/ha entre 1881 y 1934 prácticamente no aumentaron el humus del suelo (De la Lande Cremer, 1976).

Es también sabido que el manejo del suelo afecta el contenido de m.o. del mismo. Existiría un equilibrio en el contenido de ésta para cada combinación de clima, suelo y rotación de cultivo (Russell, 1950). Las rotaciones que involucran cultivos escardados (maíz, maravilla, fréjol, papa) provocan una pérdida mayor de m.o. que cultivos más densos como cereales o praderas.

Por otra parte, y desde el punto de vista del rendimiento, los fertilizantes químicos serían tan efectivos como el estiércol (Demolon, 1950). Experimentos efectuados en Rothamsted (Broadbalk), empezados en 1843, confirman esa aseveración. Iguales resultados muestran un experimento de 70 años en Austria (Steinech y Rukenbauer, 1976) y otro en Suiza (Maillard y Vez, 1984). Además, no habría efectos perjudiciales del uso de abonos minerales en la productividad del suelo (De la Lande Cremer, 1976, Steinech y Rukenbauer, 1976).

Con el propósito de aclarar algunos de estos aspectos para la situación chilena, se analizó los datos de un experimento permanente, iniciado en 1963 en la Estación Experimental La Platina del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA).

## MATERIALES Y METODOS

El ensayo se estableció en 1963 en un suelo Mollisol, que es un complejo de las Series Santiago y Maipo, de textura franco arenosa muy fina, ligeramente profundo, 40-70 cm sobre ripio, bien drenado, de 1 a 3% de pendiente. El período analizado comprende 25 años de una investigación permanente.

El diseño es un bloque al azar con siete tratamientos y cinco repeticiones. Los tratamientos son: testigo (sin abono), 4, 8 y 16 ton/ha de estiércol de lechería y tres tratamientos NPK, en dosis equivalentes a las 4, 8 y 16 ton de estiércol. El tamaño de las parcelas experimentales fue de 2 x 5 m.

Para obtener esta equivalencia, el estiércol anualmente se analizaba con respecto a sus componentes totales de N, P y K, y las cifras obtenidas se utilizaban para calcular las fórmulas NPK minerales correspondientes a cada una de las dosis de estiércol.

Las dosis de fertilizante aplicadas, han ido sufriendo variaciones a través de los años, tanto por la variación de la composición de los estiércoles utilizados anualmente como por el contenido de humedad de los mismos. En general, estas dosis se han incrementado después del año 1979.

En promedio se ha aplicado anualmente 46,5; 92,9 y 185,9 kg de N/ha; 13,8; 27,7 y 55,4 kg de P/ha junto a 22,7; 45,3 y 90,6 kg de K/ha, en forma orgánica o mineral. En "unidades fertilizantes" estas aplicaciones equivalen a: 46,5; 92,9 y 185,9 kg/ha de N; 31,7; 63,4 y 126,8 kg/ha de  $P_2O_5$  y 27,3; 54,6 y 109,1 kg/ha de  $K_2O$ . Como fuente de N se usó nitrato de sodio, el P se aplicó como superfosfato triple y el K, como sulfato de K.

Se utilizó variedades recomendadas en las diversas épocas que abarcó el ensayo.

Anualmente se efectuaron las prácticas de riego y control de malezas necesarias para mantener el cultivo en buenas condiciones.

La materia seca aplicada como estiércol, equivale, en promedio, a 56,4; 112,8 y 225,6 ton/ha, en los 25 años del experimento.

El suelo ha sido cultivado alternativamente con trigo y fréjoles, desde el inicio del ensayo.

Anualmente se ha medido el rendimiento y en algunas oportunidades las propiedades químicas (pH, m.o., N, P y K asimilables y conductividad eléctrica) y físicas (densidad aparente, capacidad de campo).

El pH se midió en agua 1:2,5; la materia orgánica del método de Walkley y Black; el nitrógeno por Kjeldahl, extraído con KCL 2N a pH 7; el P por método Olsen, extracción con bicarbonato de sodio a pH 8,5; el K por fotometría de llama, extraído con acetato de  $NH_4$  1N a pH 7, y la conductividad eléctrica se midió en el extracto saturación.

## RESULTADOS Y DISCUSION

Se presenta y discute los resultados obtenidos en relación al efecto de los tratamientos sobre los rendimientos, sobre las propiedades químicas y físicas medidas o calculadas del suelo.

## Rendimiento

En la Figura 1 se muestra los rendimientos de trigo obtenidos en las 13 temporadas en que se sembró este cereal para los tratamientos testigo, 16 ton de estiércol y su equivalente en NPK. Los rendimientos

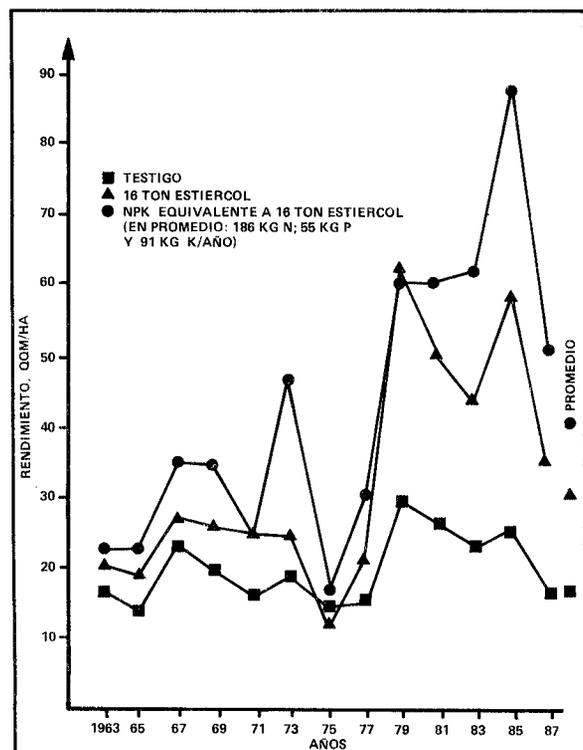


FIGURA 1. Rendimientos anuales de trigo (qqm/ha) durante las 13 temporadas de siembra.

FIGURE 1. Annual yields of wheat (qqm/ha) during the thirteen years of cultivation.

de trigo obtenidos el primer año, 1963, y en 1965, fueron bajos, debido a que se utilizaron dosis equivalentes a la mitad de estiércol de las que se usaron posteriormente. En estos dos años se vio que el estiércol aumentaba los rendimientos en forma proporcional a la dosis y que los abonos minerales eran más efectivos que el fertilizante orgánico en el aumento de estos rendimientos. Esta misma conclusión, con una sola excepción en 1979 para el tratamiento máximo con estiércol, se ha mantenido en todos los otros años. Por otra parte, si se toma el promedio de todas las temporadas, podemos ver iguales resultados. También, llama la atención, que a partir de 1979 los rendimientos son sensiblemente superiores a los de años anteriores (43 contra 22 qqm/ha); esta diferencia puede deberse al cambio en las variedades usadas (Aurifén y Millaleu) de mayor potencial que las antiguas (Huelquén y Toquifén) y a un aumento en la fertilización al doble por uso de estiércol más seco. Los bajos rendimientos de los años 1971 y 1975 se deben a fuertes ataques de aves, en el primer caso, y a ataque de VEAC en el segundo. Por último, la gran caída de rendimientos observada en 1987, en relación a los dos años anteriores, está relacionada con la época de siembra. Así, en 1983, se sembró el 30 de junio, en 1985, el 27 de junio y en 1987, el 27 de agosto, y es sabido que la mejor época es alrededor del 15 de junio.

Los rendimientos medios del trigo y del fréjol en todos los años considerados y el total de fertilizante aplicado, fueron los indicados en el Cuadro 1.

En el Cuadro 2 se indica los rendimientos del trigo y del fréjol en las temporadas 1987/88 y 1984/85, respectivamente.

## CUADRO 1. Rendimiento medio del trigo y del fréjol y fertilizantes aplicados, qqm/ha

TABLE 1. Average yields of wheat and beans (qqm/ha). Total amounts of fertilizer applied

Tratamientos	Total fertilizantes aplicados (kg/ha) <sup>1</sup>			Rendimientos medios	
	N	P	K	Trigo 13 temp.	Fréjol 12 temp.
1. Testigo	-	-	-	20,25	18,18
2. 4 ton estiércol	604	179	295	22,62	20,22
3. 8 ton estiércol	1.208	360	589	26,98	20,93
4. 16 ton estiércol	2.417	720	1.183	30,74	21,58
5. NPK equiv. 4 ton*	604	179	295	28,31	20,46
6. NPK equiv. 8 ton*	1.208	360	589	36,23	21,00
7. NPK equiv. 16 ton*	2.417	720	1.183	40,57	20,71

<sup>1</sup>Expresados como elementos.

\*NPK mineral, equivalente a ton de estiércol.

**CUADRO 2. Rendimiento del trigo y del fréjol en las temporadas 1987/88 y 1984/85, respectivamente**

TABLE 2. Yields of wheat in 1987/88 and of beans in 1984/85

Tratamientos	Fertilizante aplicado, kg/ha*						Rendimientos qqm/ha	
	N		P		K		Trigo	Fréjol
	87	84	87	84	87	84		
1. Testigo	-	-	-	-	-	-	14,6	14,4
2. 4 ton estiércol	51	98	7,3	24,5	19,3	56,5	23,0	20,3
3. 8 ton estiércol	102	196	14,5	48,9	38,6	112,9	30,9	23,7
4. 16 ton estiércol	204	392	29,0	98,0	77,3	225,8	33,7	23,6
5. NPK equiv. 4 ton	51	98	7,3	24,5	19,3	56,5	26,2	21,8
6. NPK equiv. 8 ton	102	196	14,5	48,9	38,6	112,9	40,9	23,7
7. NPK equiv. 16 ton	204	392	29,0	98,0	77,3	225,8	49,2	22,7
Diferencia mínima significativa P ≤ 0,05							5,9	5,0

\*Expresados como elementos.

Es importante destacar que después de 25 años, todavía el fertilizante mineral siga siendo superior al estiércol, y que el suelo haya mantenido su productividad cuando se utilizan solamente fertilizantes minerales.

En el caso del fréjol no hay diferencias de rendimiento en los tratamientos, pero ellos son levemente superiores con estiércol, 21,6 vs. 20,7 qqm/ha, en el promedio de 12 años.

**Propiedades químicas del suelo**

Los análisis del suelo efectuados en 1975, 1978, 1987 y 1988 se encuentran en las Figuras 2 a la 7. En el Cuadro 3 se indica las cifras correspondientes al análisis efectuado en 1988 y la significación estadística de las diferencias encontradas.

El pH del suelo (estrata 0-20 cm) no ha sido modificado por los tratamientos; así en 1975 se midió un pH de 8,1 en todos los tratamientos, en 1987 se midió 8,3 y en 1988, 8,1, sin detectarse diferencias significativas entre tratamientos (Cuadro 3). En la estrata 20-40 cm, el pH es levemente superior, 8,2, pero tampoco hay diferencias atribuibles a los tratamientos (Figura 2). Esto se debe al aporte de bicarbonato de calcio que hace el agua de riego y al poder tampón del suelo.

**Conductividad eléctrica.** Las mediciones de conductividad eléctrica (C.E.) efectuadas en 1975, 1978, 1987 y 1988 muestran grandes fluctuaciones, las que están relacionadas con el momento del muestreo (más alta en otoño que a salidas de invierno) o con las lluvias del año (Figura 3). Se aprecia un aumento significativo de la

**CUADRO 3. Análisis químico del suelo. Mayo 1988**

TABLE 3. Chemical analysis of the soil. May 1988

Tratamientos	0-20 cm						20-40 cm					
	Mat. Org. %	pH	C.E. mmhos /cm	N ppm	P ppm	K ppm	Mat. Org. %	pH	C.E. mmhos /cm	N ppm	P ppm	K ppm
1. Testigo	2,00	8,15	1,00	4,25	1,25	90	1,33	8,20	0,68	2,25	2,00	61
2. 4 ton estiércol	2,50	8,13	1,10	8,00	7,25	125	1,58	8,18	0,70	4,75	1,75	95
4. 16 ton estiércol	3,35	8,05	1,03	17,00	41,50	176	1,70	8,20	0,65	4,50	9,75	133
5. 4 ton NPK	2,20	8,13	1,28	6,75	9,25	122	1,63	8,28	0,60	2,50	1,25	61
7. 16 ton NPK	2,10	8,08	1,43	15,50	21,25	185	1,60	8,28	0,88	8,75	2,00	60
Diferencia mínima significativa P ≤ 0,05	0,38	-	0,34	8,55	9,43	-	-	-	0,26	5,59	4,17	18

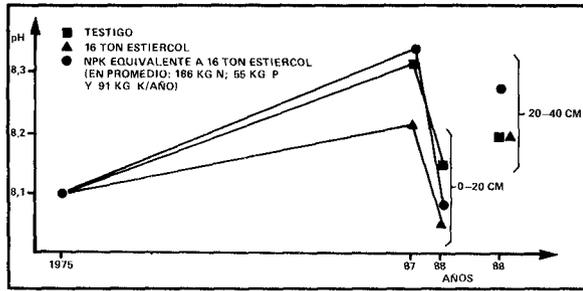


FIGURA 2. pH en el suelo (0-20 y 20-40 cm) medidos en los años 1975, 1987 y 1988.

FIGURE 2. Soil pH (0-20 and 20-40 cm) in the years 1975, 1987 and 1988.

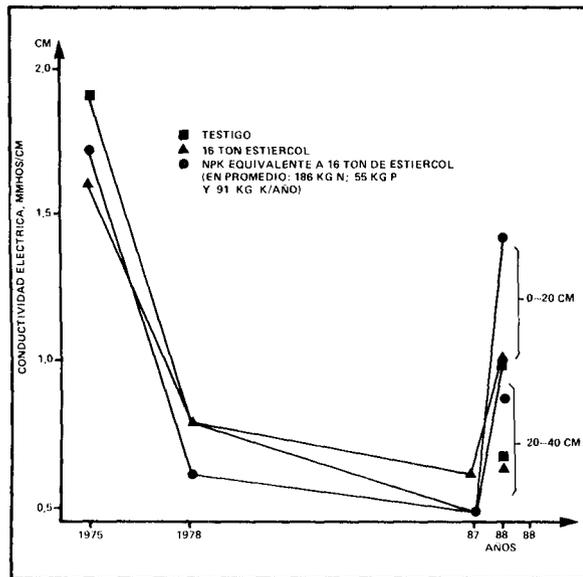


FIGURA 3. Conductividad eléctrica (mmhos/cm).

FIGURE 3. Electrical conductivity (mmhos/cm).

conductividad eléctrica por efecto de la adición de NPK minerales en la dosis equivalente a 16 ton de estiércol (Cuadro 3).

**Materia orgánica.** El nivel de materia orgánica subió notoriamente en el comienzo del experimento por la acción de la adición de estiércol, pero desde 1977 la Figura 4 indica que este nivel se ha mantenido constante. Ello confirma lo aseverado por Russell (1950), entre otros autores, en el sentido de que cada sistema agrícola tiene un equilibrio propio con respecto a su tenor en materia orgánica y que es muy difícil elevar su contenido en el suelo.

**Nitrógeno asimilable.** Solamente en los últimos años, el N asimilable ha aumentado significativamente en los tratamientos con N, ya sea éste orgánico o mineral, no existiendo diferencia significativa entre ambos.

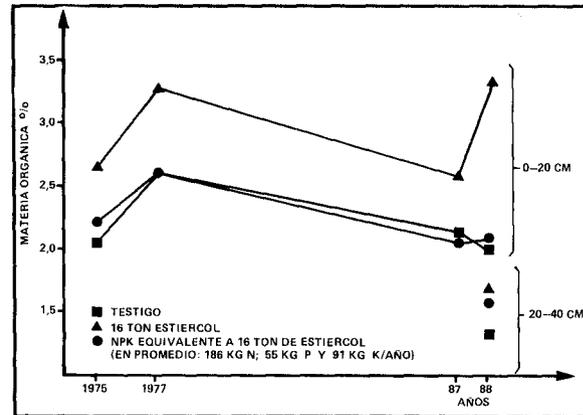


FIGURA 4. Materia orgánica (%).

FIGURE 4. Organic matter (%):

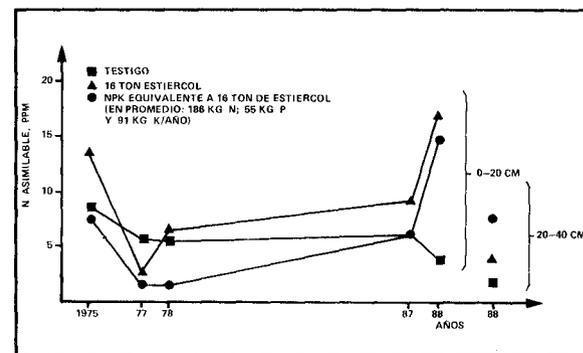


FIGURA 5. Nitrógeno asimilable.

FIGURE 5. Available nitrogen.

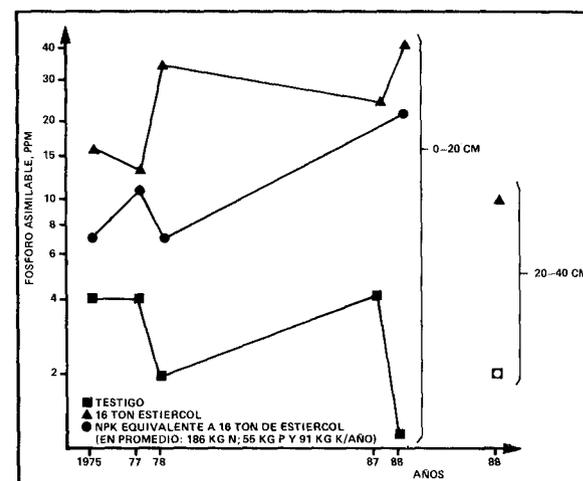


FIGURA 6. Fósforo asimilable.

FIGURE 6. Available phosphorous.

Un análisis de los datos del testigo (Cuadro 1) indica que éste ha producido un rendimiento promedio entre 1975 y 1987 de 20,9 qqm/ha. Suponiendo un contenido de N de 1% en la fitomasa y una relación grano/fitomasa de 0,35, incluyendo raíces, la extracción de N anual sería de 60 kg/ha. Las fuentes de N posibles en el tratamiento testigo, son: N en aguas lluvias, N en aguas de riego, mineralización de la m.o., fijación no simbiótica y fijación simbiótica por el fréjol. Como el contenido de m.o. del suelo en el testigo no ha variado prácticamente desde 1975 (Figura 4), se infiere que la mineralización de la materia orgánica ha sido compensada por una equivalente inmovilización biológica; por lo tanto, esta fuente de N puede eliminarse del balance de N. Existen datos del contenido de N del agua de lluvia (Villaseca, 1983) y del contenido de N en el agua de riego (análisis efectuados en laboratorios de la Estación Experimental La Platina, INIA). Con estos antecedentes es posible efectuar un balance anual del N y determinar el total de N apartado por la fijación biológica simbiótica y asimbiótica aunque no es posible separar ambos tipos de fijación. Este cálculo se muestra en el Cuadro 4, e indica que la fijación biológica está suministrando 27,5 kg al año. La fijación simbiótica en fréjol ha sido estimada en unos 64 kg de N al año (Lyon y Bizzell, 1934). Las cifras de fijación no simbiótica citadas en la literatura, son de 5 a 28 kg/ha/año (Allison, 1955, Menguel, 1985).

**Fósforo.** No hay duda que el fósforo asimilable es un elemento cuyo contenido varía en forma muy consistente, aumentando tanto por efecto de las aplicaciones de estiércol como por las de superfosfato triple. Sin embargo, el aumento atribuible al estiércol es significativamente superior al del superfosfato triple, en la estrata 0-20 cm. El aumento del P asimilable en la estrata 20-40 indica que el P orgánico sería más móvil que el inorgánico, en este suelo.

Aumentos del P orgánico o total, por efecto del estiércol, han sido informados en Inglaterra por Russell (1950) y Chater y Mattingly (1979). En Francia se considera que el P provisto por los abonos orgánicos es usado más eficientemente que el provisto por los abonos minerales (Demolon, 1950).

Se puede decir entonces, que las aplicaciones de estiércol han sido especialmente favorables para incrementar el P asimilable del suelo.

**Potasio.** Aunque existe un mayor nivel de K en los tratamientos con fertilizantes orgánicos o minerales

#### CUADRO 4. Balance de nitrógeno del testigo, kg N/ha/año

TABLE 4. Nitrogen balance of the check, kg N/ha/year

Extracción	
Trigo <sup>1</sup>	60,0
Fréjol <sup>2</sup>	23,8
Promedio anual	41,9
Aporte	
Lluvia	9,9
Riego	4,5
Total aporte año	14,4
Exceso de N	
(41,9 - 14,4)	27,5 <sup>3</sup>

<sup>1</sup>Calculado suponiendo un índice de cosecha de 0,4, un 13% de raíces, un 1% de contenido de N en la biomasa y un rendimiento de 20,9 qqm/ha de grano (promedio de seis temporadas).

<sup>2</sup>Calculado para un rendimiento promedio de 15,1 qqm/ha de grano (promedio de seis temporadas) con un índice de cosecha de 0,5, 15% de raíces, un contenido de N de 2% en raíces y un 1,5% en la paja. Las raíces y paja del fréjol permanecen en el suelo del ensayo.

<sup>3</sup>Atribuible a fijación biológica.

en relación al testigo, a diferencia de lo sucedido con el P, el K no se ha ido incrementando con el tiempo, lo que se debe a la mayor movilidad de este último elemento y también, posiblemente, a su mayor absorción por el cultivo. Tal como sucede con el P, también el potasio se ha movilizado más hacia abajo en los tratamientos con fertilización orgánica.

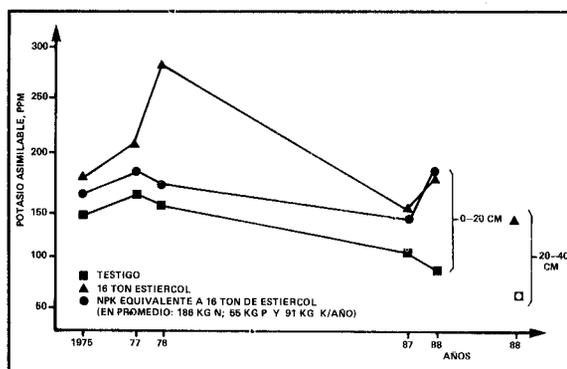


FIGURA 7. Potasio asimilable.

FIGURE 7. Available potassium.

#### Propiedades físicas del suelo

**Densidad aparente y porosidad.** La densidad aparente ha sido significativamente disminuida por la acción continuada del fertilizante orgánico, lo que se refleja también en una mayor macroporosidad (Cuadro 5). Pero este aumento de la

**CUADRO 5. Efecto del estiércol y de la fertilización mineral en la capacidad de campo, densidad aparente y porosidad (0-15 cm)**

**TABLE 5. Farmacyard manure and mineral dressings effects on field capacity, bulk density and soil porosity (0-15 cm)**

Tratamientos	Capacidad de Campo, % en peso <sup>1</sup>	Densidad aparente, <sup>2</sup> g/cc	Porosidad, %	Microporosidad, <sup>3</sup> %	Macroporosidad, %
1. Testigo	23,8	1,18	55,5	28,0	27,5
2. 4 ton estiércol	25,1	1,14	57,0	28,6	28,4
4. 16 ton estiércol	28,3	1,06	60,0	30,0	30,0
5. NPK equiv. 4 ton estiércol	23,7	1,17	55,8	27,7	28,1
7. NPK equiv. 16 ton estiércol	24,2	1,20	54,7	29,0	25,7
Diferencia mínima significativa P ≤ 0,05	1,5	0,08			

<sup>1</sup>Método de campo.

<sup>2</sup>Método del cilindro a Capacidad de Campo.

<sup>3</sup>Microporosidad = Capacidad de Campo x Densidad aparente.

macroporosidad no es proporcional a la disminución de la densidad aparente, debido al aumento de la microporosidad que produce el estiércol.

**Capacidad de campo.** En el Cuadro 5 se puede observar que la capacidad de campo (en peso) ha aumentado con la aplicación de fertilizante orgánico, siendo este aumento significativo para la dosis máxima. Este aumento, sin embargo, no ha producido un aumento proporcional en la capacidad para agua aprovechable expresada en volumen, debido a la menor densidad aparente que inducen los tratamientos orgánicos.

**Punto de marchitez permanente.** Si se supone un Punto de marchitez permanente igual al 60% de la Capacidad de campo, la capacidad para agua aprovechable sería sólo superior en 3.800 lt/ha en el tratamiento con 16 ton de estiércol, con respecto a su homólogo mineral, cifra que es insignificante desde el punto de vista de la economía del agua.

### CONCLUSIONES

- En 25 años de una rotación trigo-fréjol, fertilizada ya sea con estiércol de lechería o el equivalente NPK en abonos minerales, los rendimientos de trigo han sido superiores con fertilización mineral; en fréjol no ha habido diferencias importantes entre ambos sistemas.
- Algunas características químicas del suelo, como pH y N asimilable, no han sido afectadas significativamente por los tratamientos. Otras, como materia orgánica, conductividad eléctrica, fósforo y potasio asimilable, sí lo han sido.

- La materia orgánica se incrementó con las aplicaciones de estiércol los primeros años, tendiendo a estabilizarse posteriormente.
- La conductividad eléctrica ha sido mayor en los tratamientos minerales y el P asimilable ha sido considerablemente mayor en los tratamientos con fertilización orgánica. El P y el K asimilable han penetrado más profundamente en los tratamientos orgánicos.
- En lo referente a propiedades físicas, la fertilización orgánica ha producido una disminución de la densidad aparente y, por lo tanto, un correspondiente aumento de la porosidad total.
- Las aplicaciones de estiércol aumentaron significativamente la capacidad de retención de agua del suelo, medida como porcentaje en peso. Sin embargo, el aumento de dicha capacidad, llevada a porcentaje en volumen, es pequeño y sin valor práctico, debido a la disminución que el estiércol ha producido en la densidad aparente. Algo similar, y por la misma causa, sucede con la macroporosidad, la cual, si bien ha aumentado con la fertilización orgánica, dicho aumento no es proporcional a la disminución de la densidad aparente.
- Si bien las aplicaciones de estiércol han sido beneficiosas para las propiedades químicas y físicas del suelo, este beneficio no ha sido suficiente como para reflejarse en los rendimientos.
- Talvez, el efecto más importante de la fertilización orgánica, y el que puede tener un efecto

práctico más inmediato, es el incremento que dicha fertilización ha producido en el nivel de P asimilable en el suelo. En el caso particular que se analiza en este artículo, no hubo un beneficio práctico de este efecto, debido, sin duda, a que la fertilización anual con P es superior a lo requerido por los cultivos de trigo y fréjol para obtener los rendimientos máximos registrados en el curso del experimento.

- La fijación biológica de nitrógeno (simbiótica + no simbiótica), inducida por este sistema rotacional en el tratamiento testigo, se estimó en 27,5 kg/ha/año. Esta es una cifra baja en relación a los antecedentes que existen, lo cual, talvez, pueda atribuirse a que el testigo no recibió la fertilización de fósforo ni de potasio.

## RESUMEN

Desde 1963 se ha evaluado un ensayo que compara una fertilización en base a estiércol de corral de lechería, con otra basada en aplicaciones de NPK como salitre, superfosfato triple y sulfato de potasio, en dosis equivalentes al N, P y K contenido en 4, 8 y 16 ton/ha de estiércol. La comparación se ha hecho en una rotación trigo-fréjol. Los rendimientos de trigo han sido siempre superiores al usar sales minerales. En los últimos 13 años, los rendimientos medios de trigo correspondientes al testigo, 16 ton de estiércol y equivalente NPK mineral de 16 ton de estiércol, fueron respectivamente de 27, 32 y 42 qqm/ha. En fréjol no ha habido diferencias importantes entre ambos sistemas de fertilización.

La materia orgánica del suelo no ha variado en los últimos 13 años, en cada tratamiento, aunque el nivel más alto (2,9%) corresponde al tratamiento con 16 ton de estiércol y el más bajo (2%), al testigo sin fertilizar. El pH y el N asimilable no han sido afectados por los tratamientos, mientras la materia orgánica, el fósforo y potasio asimilables y la conductividad eléctrica, sí lo fueron. El estiércol ha aumentado espectacularmente el P asimilable.

El estiércol también es beneficioso para las propiedades físicas, disminuyendo la densidad aparente, aumentando la porosidad y la capacidad de retención de agua.

## LITERATURA CITADA

- ALLISON, F.E. 1955. Soil Nitrogen balances. *Adv. Agron.* 7: 213-250.
- CHATER, M. and MATTINGLY, G.C.E. 1979. Changes in organic phosphorus content of soils from long-continued Experiments at Rothamsted and Saxmundham. Rothamsted Exp. Stat. Rept for 1979. Part 2: 41-57.
- DEMOLON, A. 1950. Croissance des Végétaux cultivés. Dunod, Paris. 477 p.
- DE LA LANDE CREMER, L.C.N. 1976. Etude comparée des effets du fumier de ferme et des engrais minéraux sur sol sablonneux "Detourbé" (Sappemeer, 1881-1934). *Ann. Agron.* 27 (5-6): 781-789.
- KONONOVA, M.M. 1961. Soil Organic Matter. Pergamon Press. London 450 p.
- LYON, T.L. y BIZZELL, J.A. 1934. A comparison of several legumes with respect to Nitrogen accretion. *Jour. Amer. Soc. Agron.* XXVI: 651-656.
- MAILLARD, A. y VEZ, A. 1984. Bilan d'un essai sans fumure organique depuis vingt ans. *Revue Suisse d'Agriculture* 16(3): 135-139.
- MENGUEL, K. 1985. Dynamic and availability of major nutrients in soil. *Adv. Soil Sc.* (2): 65- 131.
- RUSSELL, E.J. 1950. Soil Conditions and Plant Growth. Longmans. 635 p.
- STEINECK, O. and RUKENBAUER, P. 1976. Results of a 70 year long term rotation and fertilization experiment in the main cereal growing area of Austria. *Ann. Agron.* 27(5-6): 803-818.
- TISDALE, S. and NELSON, W. 1975. Soil Fertility and fertilizers. Mc Millan. New York. 694 p.
- VILLASECA, S. 1983. Acidez de aguas lluvias en la Región Metropolitana y V Región. INIA-Intendencia Región Metropolitana. III Simposio sobre Contaminación Ambiental (orientado al recurso agua). 1983, Santiago, 5-7 de octubre. Tomo I: 144-150.
- VOLK, B.G. and LOEPPERT, R.H. 1982. Soil Organic Matter. In: Kilmer, V. (ed.). Handbook of Soils and Climate in Agriculture. CRC PRESS. Boca Ratón, Florida, E.U.A. p.: 211-268.