

Efecto de la aplicación de gallinaza sobre las propiedades edáficas y la producción de maíz en suelos de temporal del Valle de Toluca

GABRIEL REYES REYES* Y TERESA MARCELA HERNÁNDEZ*

Effect of chicken manure application on soil properties and maize production in seasonal soils of the Valle de Toluca

Abstract. To evaluate its effects, and to determine an optimum proportion between chemical fertilizers and organic manure, to obtain a better harvest of corn (*Zea Mays L.*), this work was carried out during the spring-summer cycle, in Metepec, México, using a random-block design with eight treatments and six repetitions. A density of 50,125 plants/hectare was sowed in Ixtlahuaca, and formula 100-60-30 was applied with 8 different dosages of Gallinaza, between 0 and 10.5 tons/hectare.

ANAV points of 1.5 and 10.5 pounds of gallinaza per hectare increased achievement in 26% and 101%.

Introducción

El cultivo de maíz ocupa 65% del área agropecuaria en el Estado de México, aproximadamente 600 mil hectáreas, sobre las cuales se aplican fertilizantes químicos en dosis crecientes año con año. Este incremento se atribuye a la facilidad de su manejo, así como a la aparente homogeneidad de su distribución y asimilación en el suelo (INEGI, 1986).

Durante los últimos 15 años el empleo indiscriminado de estos agroquímicos ha acelera-

do la desertificación de 70% de las tierras productivas de México, la acidificación de los suelos en casi dos unidades de pH y la pérdida de materia orgánica en 1% (SAIMEX, 1981; Ortiz *et. al.*, 1988; WRI, 1988; Woodgate, 1990; CODEMAALC, 1991).

Con base en los anteriores indicadores, en distintas instituciones y en numerosos encuentros a nivel mundial se han hecho propuestas como la aplicación de tecnologías intermedias; entre ellas, la aplicación combinada de abonos orgánicos y fertilizantes químicos constituye una prometedora alternativa para mejorar las condiciones de los suelos y lograr un aumento sostenido en el rendimiento de los cultivos. Por lo que toca a los abonos orgánicos la gallinaza se identifica como el mejor de los estiércoles, tanto por su alto contenido de nitrógeno y fósforo, como por su rápida degradación en el suelo (Castellanos y Reyes, 1982;

Tamhane y Motiramani, 1983; Nieto, 1984; Nieto, 1986; Kumar *et. al.*, 1986; Volke, 1987; García, 1989; Hsieh y Hsieh, 1990).

A nivel regional existen pocos antecedentes experimentales que aborden la dosificación óptima de gallinaza y los efectos de su empleo sobre

* Centro de Investigación en Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de México (CICA-UAEM), kilómetro 13.5 Carretera Toluca-Atzacomulco, San Cayetano Morelos, México; Tel. 90-72-61-17-86.

las condiciones del suelo. Por esta razón, los objetivos del trabajo fueron:

1. Valorar el empleo de la gallinaza como fertilizante orgánico en el cultivo de maíz,
2. Determinar la proporción entre materia orgánica y fertilizante que favorezca un óptimo rendimiento de maíz, y que permita desincentivar el empleo creciente de fertilizantes.

I. Materiales y métodos

El cultivo se efectuó durante el ciclo primavera verano de 1990 en el rancho «Guadalupe», Metepec, Estado de México, localizado a 19°15'1" latitud Norte, 99°34'5" longitud Oeste y a 2590 msnm. Esta región se caracteriza por un clima templado subhúmedo: C(w2)(w) b(i') (García, 1986), temperatura media anual de 12.2°C y por una precipitación media anual de 752.9 mm.

El experimento se realizó en un suelo franco arenoso, bajo un diseño de bloques al azar con ocho tratamientos y seis repeticiones. El tratamiento 1 corresponde a una dosis nula de gallinaza y los tratamientos del 2 en adelante, a aplicaciones de

estiércol aviar crecientes en 1.5 toneladas, desde 1.5 hasta 10.5 ton/ha. En todos se aplicó la fórmula 100-60-30, siguiendo las indicaciones del paquete tecnológico ICAMEX/CIFAP (1990); y gallinaza, 50 días después del brote. La superficie útil por parcela fue de 8.8 m². Se sembró semilla certificada selección Ixtlahuaca a una densidad de 50,125 plantas/ha.

La aparición de malezas, plagas y enfermedades se controló con la aplicación de Isazofos a razón de 20 kg/ha, 2 kg/ha de atrazinas y 11/ha de 2,4-D amina.

Empleando la técnica «cinco de oros», se efectuaron dos muestreos del suelo, a una profundidad de 0-30 cm. El primero, por bloque, antes de la siembra, y el segundo, por parcela, después de la cosecha. Las muestras obtenidas se prepararon para la determinación de pH en una relación 2:1 de agua y suelo, de materia orgánica por el método de Walkley y Black, de fósforo por el método de Bray P-I, de calcio y magnesio por el método del Versenato y de potasio por flamometría (Santelises, *et. al.*, 1987).

Por otra parte, en cada parcela fueron muestreadas, en zig-zag, 20 plantas con competencia completa, a las cuales se determinó: crecimiento vegetativo, diámetro de tallos, altura de la planta al momento del corte, diámetro y longitud de la mazorca, y rendimiento en grano por hectárea. Para identificar la proporción óptima de gallinaza, se calculó la rentabilidad del cultivo con base en precios que prevalecieron durante el ciclo P/V 1990.

II. Resultados

Los datos obtenidos en los análisis químicos de la gallinaza aplicada al suelo se presentan en el cuadro 1.

Los datos correspondientes al análisis químico de la muestra de suelo tomada antes del establecimiento del cultivo, se muestra en el cuadro 2.

El cuadro 3 contiene los resultados obtenidos al analizar la muestra de suelo tomada después de la

DETERMINACIÓN	PORCENTAJE	DETERMINACIÓN	PORCENTAJE
NITRÓGENO	4.09	CALCIO	2.01
FÓSFORO	0.75	MAGNESIO	0.74
POTASIO	0.95	MANCANESO	474.00*

*PPM

CARACTERÍSTICA	DETERMINACIÓN	CLASIFICACIÓN
pH	4.2	MUY ÁCIDO
MATERIA ORGÁNICA (%)	1.45	BAJO
NITRÓGENO TOTAL (PPM)	0.07	BAJO
NITRÓGENO ASIMILABLE (PPM)	45.0	MEDIO
FÓSFORO ASIMILABLE (PPM)	64.0	EXCELENTE
POTASIO ASIMILABLE (PPM)	35.0	EXTRA BAJO
CALCIO ASIMILABLE (PPM)	12432	EXCELENTE
MAGNESIO ASIMILABLE (PPM)	201	MEDIO

TRATAMIENTO	pH	MO (%)	N (PPM)	P (PPM)	K (PPM)	CA (PPM)	Mg (PPM)
1	4.35	1.57	0.080	53.00	46.0	11590	220
2	4.50	1.61	0.088	59.51	50.0	8010	234
3	4.44	1.63	0.086	50.40	62.0	7920	239
4	4.55	1.67	0.090	51.42	70.0	5430	228
5	4.49	1.69	0.100	39.04	93.0	5170	230
6	4.56	1.78	0.098	33.68	105.0	5570	260
7	4.56	1.71	0.100	28.19	168.0	5178	210
8	4.60	1.84	0.100	21.39	201.0	5090	240

cosecha. En él es observable la modificación, aunque no cualitativa, de todas las variables medidas: se aprecia que los valores de pH, materia orgánica, nitrógeno total, potasio y magnesio tienden a incrementarse conforme aumenta la dosis de estiércol, mientras que disminuyen los correspondientes a fósforo y calcio.

En el cuadro 4 se reporta la comparación estadística de los valores promedio correspondientes a las variables: crecimiento vegetativo, diámetro del tallo, altura de la planta al corte, diámetro y longitud de la mazorca. Todas ellas muestran un incremento con cierta proporcionalidad a la dosis de gallinaza.

En los registros del cuadro 5 se aprecia que el valor mínimo del rendimiento (3.40) se obtuvo con el tratamiento 1, y que el máximo (8.20) se alcanzó con el tratamiento 7. Los valores promedio del rendimiento muestran incrementos paulatinos con cierta proporcionalidad a la dosis de estiércol aviar.

Con base en datos proporcionados por el Banco Nacional de México (Banamex) y considerando sólo gastos directos, se calculó el punto máximo de rentabilidad económica según datos que aparecen en el cuadro 6.

En las cifras que se presentan en el cuadro 6, se observa que el costo global se incrementa en forma directamente proporcional a la dosis de gallinaza. Además, tanto el rendimiento ($r=0.98$) como el valor de la cosecha ($r=0.98$) muestran correlación significativa con el costo global. La relación de interés, utilidad/costo es máximo en el tratamiento 2.

III. Discusión

Propiedades del suelo:

En este trabajo no se evaluó el efecto sobre las propiedades físicas del suelo, pues en ellas las mejoras resultantes por el uso de desechos animales no son fácilmente determinadas (Stewart, 1982).

Los valores finales de pH son superiores a los iniciales, excepto en el tratamiento 1, y aunque no es significativa, esta modificación puede atribuirse a la adición de materia orgánica bajo la forma de gallinaza, cuya biodegradación puede dar lugar a diferentes fenómenos en el suelo, como liberación del amonio formado durante su descomposición (Perkins, 1964; Mestanza, 1973; Cavallaro, 1981) o liberación de CO² como producto de su mineralización, con la formación consecuente de ácido carbónico (Lozoya, 1970; Trejo, 1972); desplaza-

miento de iones aluminio el calcio, o por el magnesio que provee la gallinaza (Etchevers, 1991), pudiendo ser la participación del calcio el fenómeno más comprometido en estos resultados, pues los valores de calcio decrecen hasta en 60% respecto al valor inicial.

En contraposición a los resultados reportados por García (1989), la concentración de fósforo asimilable (cuadro 3) decreció a medida que la dosis de gallinaza aumentó. Este fenómeno, en

CUADRO 4

PRUEBA DE TUKEY PARA LOS RESULTADOS DE CINCO VARIABLES AGRONÓMICAS OBSERVADAS EN EL CULTIVO DE MAÍZ BAJO DIFERENTES DOSIS DE GALLINAZA, EN METEPEC, MÉXICO, DURANTE EL CICLO P/V 1990

TRATAMIENTO	CRECIMIENTO VEGETATIVO (CM)	DIÁMETRO DE TALLO (CM)	ALTURA PLANTA (M)	DIÁMETRO MAZORCA (CM)	LONGITUD MAZORCA (CM)
1	1.14 C	3.20 D	1.78 D	3.98 D	13.1 E
2	1.17 C	3.37 CD	2.15 C	4.10 CD	13.6 DE
3	1.22 C	3.69 BC	2.23 C	4.10 CD	14.1 CD
4	1.29 BC	3.71 BC	2.31 BC	4.16 CD	14.3 BCD
5	1.32 BC	3.87 AB	2.33 BC	4.25 BCD	14.3 BCD
6	1.43 B	3.74 ABC	2.57 AB	4.35 BC	14.7 ABC
7	1.71 A	3.95 AB	2.68 A	4.53 AB	15.1 AB
8	1.87 A*	4.08 A*	2.83 A*	4.70 A*	15.2 A*
C.V. =	7.5%	4.9%	6.4%	7.5%	4.9%

AB...E: LOS TRATAMIENTOS CON LA MISMA LETRA NO DIFIEREN SIGNIFICATIVAMENTE ENTRE SÍ.
*: EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA AL 0.05

CUADRO 5

TRATAMIENTO	I	II	REFETICION III	IV	V	VI	PROMEDIO
1	3.80	3.50	4.00	3.60	3.40	3.90	3.70 E
2	4.90	4.60	5.50	4.60	4.00	4.50	4.68 CD
3	5.70	5.80	5.40	4.60	3.80	4.30	4.93 C
4	5.90	6.60	5.00	5.90	4.90	4.80	5.51 BC
5	6.20	5.70	6.50	5.00	5.20	4.70	5.55 BC
6	6.90	7.30	5.40	6.10	5.40	6.00	6.18 B
7	7.00	8.20	7.10	6.80	7.40	7.20	7.28 A
8	6.90	7.30	7.80	7.50	7.70	7.60	7.45 A*

C.V. = 9.46%
A,B...E: LOS TRATAMIENTOS CON LA MISMA LETRA NO DIFIEREN SIGNIFICATIVAMENTE ENTRE SÍ.
*: EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA AL 0.05

CUADRO 6

TRATAMIENTO	DOSIS GALLINAZA (T/HA)	COSTO GLOSLAL	RENDIMIENTO PROMEDIO (T/HA)	VALOR COSECHA* (N\$)	INTERÉS DE CAPITAL# (%)
1	0.0	1,196.62	3.70	2,349.50	96.34
2	1.5	1,474.12	4.68	2,971.80	101.60
3	3.0	1,751.62	4.93	3,130.55	76.72
4	4.5	2,027.12	5.51	3,498.85	72.60
5	6.0	2,306.62	5.55	3,524.25	52.79
6	7.5	2,584.12	6.18	3,924.30	51.86
7	9.0	2,861.62	7.28	4,622.80	61.58
8	10.5	3,139.12	7.45	4,730.75	80.70

*: CALCULADO CON BASE EN PRECIO⁷ GRANO= N\$ 635.00, EN 1990
#: (VALOR DE COSECHA - COSTO GLOBAL)/ COSTO GLOBAL

sustratos tratados con MO, puede atribuirse bien a la modificación del pH, o bien a la introducción de bacterias que reaniman la actividad biológica del suelo y que aceleran el proceso de mineralización. En virtud de que el pH edáfico apenas se incrementó en 0.4 unidades de pH, puede considerarse que el factor determinante fue la mineralización;

este proceso hace más propicias las condiciones generales de nutrición y desarrollo de los cultivos, lo que a su vez, implica una mejor absorción de los nutrimentos presentes en el suelo (Lozoya, 1970; Mestanza, 1973; Castellanos y Reyes, 1982).

Los resultados concernientes a los valores promedio de nitrógeno y MO, concuerdan con los obtenidos por Trejo (1972) y Muzilli (1983). El primero de ellos sostiene que la gallinaza es la forma de estiércol más rica en valor nutritivo para las plantas, debido a que el nitrógeno eliminado no es líquido sino sólido y acompaña a las materias fecales sólidas durante su eliminación.

La aplicación de gallinaza, como se esperaba según lo encontrado por Mestanza (1973), parece influir en el incremento que se observa en los valores de magnesio. Así mismo, es evidente el efecto del estiércol aviar sobre la disponibilidad de potasio.



Variables agronómicas:

La modificación en los valores de las variables agronómicas, en virtud de la confiabilidad del experimento, pueden ser atribuibles a la incorporación de gallinaza.

De acuerdo con Perkins (1964), cuando la planta absorbe nitrógeno en grandes cantidades, se estimula la biosíntesis proteica y la formación de nuevos tejidos, empleando en ello la mayor parte de sus carbohidratos, lo cual puede aducirse para explicar los incrementos significativos en las variables crecimiento vegetativo, diámetro del tallo y altura de la planta al momento del corte. Todo ello se suma al incremento en la disponibilidad de potasio, nutriente que coadyuva en la producción de proteínas, así como en la formación y movilización de almidones, azúcares y aceites, permite explicar los incrementos observados en el diámetro y longitud de las mazorcas así como en el rendimiento por hectárea (National Plant Food Institute, 1984).

Rentabilidad:

El cuadro 6 pone de manifiesto el comportamiento general de los tratamientos: a medida que la dosis de estiércol aviar se incrementa, los costos globales se elevan en forma directamente proporcional; sin embargo, las respuestas del rendimiento, valor de cosecha y la utilidad neta mantienen una línea tendencial ascendente proporcional.

Bajo un punto de vista empresarial, se determina que una empresa es rentable cuando su utilidad neta, expresada en porcentaje, sea igual o mayor a 100 unidades con respecto a la inversión.

De acuerdo con el planteamiento anterior y con base en los datos presentados en el cuadro 6, el tratamiento 2 permite obtener una utilidad neta del 101.6%; siendo así, la única dosis que cumple la regla de rentabilidad empresarial. Por esta razón puede asegurarse que, bajo las condiciones en las que se realizó el experimento, el tratamiento 2 tiene la proporción óptima de gallinaza/fertilizante.

Conclusiones

En acuerdo con los resultados analizados y bajo las condiciones en que se realizó este experimento, se puede concluir:

1. El efecto de la incorporación de gallinaza al suelo mejora algunas de las características edafológicas, aunque no en forma estadísticamente significativa.
2. El estiércol aviar puede emplearse y recomen-

darse como un mejorador del suelo en cuanto a pH, materia orgánica, nitrógeno, potasio y magnesio.

3. Las variables agronómicas: crecimiento vegetativo, grosor de tallo, altura de la planta, diámetro y longitud de la mazorca, así como el rendimiento, en el cultivo de maíz, pueden incrementarse signi-

ficativamente con la aplicación de gallinaza.

4. La proporción óptima económica recomendable, para los suelos con características similares al sitio donde se realizó esta investigación, es de 1.5 toneladas de gallinaza por hectárea en combinación con la fórmula 100-60-30. •

BIBLIOGRAFÍA

- Castellanos, J. Z.; Reyes, J. L. (1982). *La utilización de los estiércoles en la agricultura*. Asociación de Ingenieros Agrónomos del Tecnológico de Monterrey, México, D.F. p. 153.
- Cavallaro, W. N. (1981). *Efecto de estiércoles sobre la solubilidad de fósforo en suelos de ando*. Avances en la Investigación. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México, p. 95.
- CODEMAALC (Comisión de Desarrollo y Medio Ambiente de América Latina y el Caribe) (1991). *Nuestra propia agenda sobre desarrollo y medio ambiente*. Banco Interamericano de Desarrollo. México, p.p. 23 - 66.
- Etchevers, B. J. (1991). "Acidez de suelo y enclado", en *Memorias Programa de Actualización Continua*. Colegio de Postgraduados. México, s/p.
- García, M. E. (1986). *Apuntes de climatología*. Offset Larios. México, p.p. 131 - 137.
- García, P.J. (1989). "Aplicación de estiércol bovino, gallinaza y fertilizantes químicos en maíz de temporal en Nayarit", en *Terra*, Vol. 7, No. 2, p.p. 143 - 149.
- Hsieh, S. C.; Hsieh, C. F. (1990). "The use of organic matter in crop production", en *Extensión Bulletin (ASPAC/FFTC)*. Taiwán. No. 315, p. 21.
- ICAMEX/CIFAP (Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria, Acuicola y Forestal del Estado de México), (1990). *Recomendaciones para el cultivo de maíz (humedad residual) en el Distrito I Toluca*. Material mimeografiado. Metepec, México.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. (1986). *Anuario de estadísticas estatales*. INEGI. México.
- Kumar, D.; Brar, S. P. S; Bishnoi, S. R. (1986). "Evaluation of poultry manure as source of phosphorus", en/. *Res. Punjab Agr. Univ. Indian*. Vol. 23, p. 183.
- Lozoya, H. (1970). *Acondicionamiento de estiércol aviar para aumentar su eficiencia como fertilizante*. Tesis. Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Agricultura. Monterrey, México, p. 64.
- Mestanza, S. S. A. (1973). *Variaciones nutrimentales en el maíz H-30 y en un suelo de Puebla por efecto de las aplicaciones de gallinaza, Mg, Mn y Zn bajo condiciones de invernalero*. Tesis. Escuela Nacional de Agricultura. Texcoco, México, p. 52.
- Muzilli, O. (1983). "Effects of no-tillage compared to conventional tillage, on the fertility of arable layer of the soil", en *Rev. Brasileira de Ciencia do Solo* Vol. 7 No. 1 p. 95-102.
- National Plant Food Institute. (1974). *Manual de fertilizantes*. Limusa. México.
- Nieto, V. G. (1984). *Utilización de desechos agrícolas orgánicos sólidos en el proceso de composteo anaeróbico en la escuela de agricultura, Cerrillos, Estado de México*. Tesis. Universidad Autónoma del Estado de México. Facultad de Ciencias Agrícolas. México, p. 62.
- Nieto, G. L. A. (1986). *Efecto residual del abonado con estiércol de ganado vacuno, en algunas propiedades fisico-químicas del suelo y su influencia en el cultivo de frijol bajo riego*. Tesis. Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Agronomía. Monterrey, México, p. 78.
- Ortiz, S. M. L. M.; Anaya, G. M.; Saez, R. R.; Troccoli, M. A. (1988). "Evaluación de la velocidad de desertificación en la cuenca del río Texcoco", en *Agrociencia*. No. 73, pp. 105-123.
- Perkins, H. F. (1964). "Chicken manure an use its production, composition as a fertilizer", en *Agr. Exp. Sta. Georgia. Bull.* No.4, p.123.
- SAIMEX (Servicios Agrícolas Integrados en el Estado de México) (1981). "Suelos y fertilizantes", *Boletín ?1*. Toluca, México.
- Santelises, A. A.; Etchevers, B. J. D.; Castellanos, R. J. Z.; Editores, (1987). "Análisis químico para evaluar la fertilidad del suelo". *Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo*. México.
- Stewart, B. A. (1982). "El efecto del estiércol sobre la calidad del suelo", en: Castellanos, R.J. Z. y Reyes, C.J. L. (editores). *La utilización del estiércol en la agricultura*. Tecnológico de Monterrey. Torreón, México, p. 69.
- Tamahane, R. V.; Motiramani, D. P. (1983). *Suelos: su química y fertilidad en zonas tropicales*. Editorial Diana. México.
- Trejo, R. R. (1972). *Interacción gallinaza-nitrógeno en el cultivo de maíz de riego en Chapingo Estado de México*. Tesis. Escuela Nacional de Agricultura. México, p. 49.
- Volke, H. S. (1987). *Agricultura de subsistencia y desarrollo rural*. Ed. Trillas. México, p. 125.
- Woodgate, G. (1990). *Desarrollo agropecuario y degradación ambiental*. Material mimeografiado, Centro de Investigación en Ciencias Agropecuarias (CICA). Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, México.
- World Resources Institute. (1988). *World resources 1988-89*. United Nations Environment Programme. Basic Books. U. S. A