Efecto de la tierra de diatomeas en las propiedades químicas del suelo en el cultivo de maíz (*Zea mays*, L.)

Effect of the diatomaceous earth in the soil chemical properties in corn crops (Zea mays L.)

Efeito da matéria orgânica de rochas diatomáceas nas propriedades químicas do solo no cultivo do milho (Zea mays, L.)

Lucia Fabila Martínez[1], Salvador Adame Martínez[2] & Rodolfo Serrato Cuevas[3]

[1]Ingeniera Agrónoma Fitotecnista, estudiante de Maestría en ciencias ambientales en la Universidad Autónoma del Estado de México.[2]Licenciado en Geografía, Maestro en Ciencias con especialidad en Edafología y Doctor en Ciencias con especialidad en Edafología. [3]Ingeniero Agrónomo Fitotecnista, Magister en Edafología, Doctor en Ciencias Ambientales.[1]Facultad de Química. [2]Facultad de Planeación Urbana y Regional. [3]Facultad de Ciencias Agrícolas. [1,2,3] Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, México.

[1]lucy_fam@hotmail.com, [2]adame_ms@yahoo.com, [3]seccum@yahoo.com.mx

Resumen

Este trabajo se desarrolló a partir de la necesidad de brindar productos y servicios dirigidos al campo, que cubran las necesidades nutrimentales de las plantas, sin que esto implique un daño ambiental por utilización excesiva de fertilizantes y plaguicidas químicos. Se evaluó el efecto fertilizante de dos tierras de diatomeas y un fertilizante líquido, para corroborar la evidencia empírica de varios productores, que utilizaron un producto comercial con base en los materiales de estudio y obtuvieron mejores niveles de rendimiento en diferentes cultivos. Se realizó un muestreo del área experimental antes de establecer el cultivo y al término del mismo. Se evaluaron dos tierras comerciales de diatomeas identificadas como 289 y 400 P comercializadas por Celite Internacional, a dos concentraciones 20 kg ha^{-1} y 40 kg ha^{-1} y 18 kg ha^{-1} y 36 kg ha^{-1} respectivamente, además de un fertilizante orgánico líquido (FOL) a dosis de 2 L ha^{-1} y 4 L ha^{-1}, como testigo se consideró la muestra de suelo tomada antes de la aplicación de tratamientos. El diseño experimental utilizado en campo para la aplicación de los tratamientos fue en bloques completos al azar (DBA) con 5 repeticiones. La planta indicadora fue maíz híbrido HC8. Las variables evaluadas en suelo mediante análisis de laboratorio fueron: propiedades físicas de textura y densidad aparente (DA); y químicas de pH, carbono orgánico (CO), materia orgánica (MO), conductividad eléctrica (CE), capacidad de intercambio catiónico (CIC), nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y sodio (Na). Los resultados se analizaron bajo un ANOVA y prueba de Tukey para la comparación de medias por tratamiento, utilizando el paquete estadístico JMP. Los resultados de laboratorio indican que hubo cambios en las características químicas del suelo entre el testigo y los tratamientos en la mayoría de las características químicas analizadas (pH, CO, MO, N, P, K, Ca, Mg y Na). Sin embargo estadísticamente y bajo un nivel de significancia del 5%, solo mostraron diferencias las propiedades de CO, MO, CE, N, K y Na.

Palabras clave: diatomeas, fertilizante, propiedades del suelo, fertilizante orgánico.

Abstract

This study was developed out of the need to provide products and services intended for the field that meet the nutritional needs of plants without implicating environmental damage by means of chemical fertilizers and insecticides. The study assessed the fertilizer effect of two diatomaceous earth and a liquid fertilizer to corroborate empirical evidence of several producers who used a commercial product based on the study`s materials and achieved higher levels of performance in different crops. A sample of the experimental area was carried out before establishing the crop after its completion. Two commercial diatomaceous earth identified as 289 and 400 P produced by International Celite, were assessed at two concentrations 20 kg ha^{-1} and 40 kg ha^{-1} and 18 kg ha^{-1} and 36 kg ha^{-1} respectively, and a organic liquid fertilizer (FOL) at doses of 2 L ha^{-1} and 4 L ha^{-1} was considered as control soil sample taken before the application of treatments. The experimental design used in the field for the application of the treatments was randomized complete block (DBA) with 5 repetitions. The test plant was the corn hybrid HC8. The variables evaluated in the soil throudgh laboratory analysis were: physical properties of texture and bulk density (BD), and chemical pH, organic carbon (OC), organic matter (OM), electrical conductivity (EC), cation exchange capacity (CIC), nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K), calcium (Ca), magnesium (Mg) and sodium (Na). The results were analyzed under a ANOVA and Tukey test for comparison of means for treatment, using the JMP statistical package. Laboratory results indicated that there were changes in the chemical characteristics of the soil between the control and treatments in the majority of the chemical characteristics analyzed (pH, CO, MO, N, P, K, Ca, Mg and Na). However statistically and under a statistical significance of 5%, differences were only observed in the properties of CO, MO, CE, N, K and Na.

Key-words: diatom, fertilizer, soils properties, organic fertilizer.

Resumo

Esta pesquisa se desenvolveu a partir da necessidade de ofertar produtos e serviços diretos à agricultura, e que cumpram as necessidades nutricionais das plantas, sem que isso implique em um dano ambiental pela utilização excessiva de fertilizantes e pesticidas. Avaliou-se o efeito fertilizante do material orgânico de diatomáceas e um fertilizante liquido, para confirmar a evidencia empírica de vários produtores que utilizaram um produto comercial com base nos materiais de estudo e obtiveram melhores níveis de rendimento em diferentes culturas. Realizou-se uma amostra da área do experimento antes de ser implantada a cultura e depois no fim do cultivo. Avaliou-se 2 concentrações do material comercializado, identificados por 289 e 400 P comercializados pela Celite Internacional, utilizados em concentrações de 20 Kg ha^{-1} e 40 kg ha^{-1} , 18 kg ha^{-1} , 36 kg ha^{-1} respectivamente, ademais foi testado um fertilizante liquido orgânico (FOL) em doses de 2 L ha^{-1} and 4 L ha^{-1} , como testemunha considerou-se a amostra de solo tomada antes da aplicação dos tratamentos.

O projeto experimental utilizado em campo para a aplicação dos tratamentos foi em bloco ao acaso com 5 repetições. A planta indicadora foi o milho hibrido HC8. As variáveis avaliadas no solo mediante as analises de laboratório foram: propriedades físicas de textura, densidade aparente (DA) e propriedades químicas como pH, Carbono Orgânico (CO), Matéria Orgânica (MO), condutividade elétrica (CE), Capacidade de Trocas Catiônicas (CTC), Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Sódio (Na). Os resultados obtidos foram comparados através do teste de Turkey para a comparação de medidas e tratamentos, utilizando o pacote estatístico JMP. Os resultados de laboratório indicam que houve mudanças nas características químicas do solo e entre as testemunhas e os tratamentos, e nas maiorias das características químicas analisadas (pH, CO, MO, N, P, K, Ca, Mg e Na). Contudo estatisticamente avaliou-se um baixo nível significante de 5%, que mostraram diferenças nas propriedades de CO, MO, CE, N, K, e Na.

Palavras chave: Diatomáceas, fertilizantes, propriedades do solo, fertilizantes orgânico

Introducción

La producción de alimentos orgánicos ha retomado importancia en los últimos años, debido a los daños que causa el uso excesivo de productos químicos en la producción agrícola, tanto a la salud humana como al ambiente en el componente suelo, ya que según la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat, 2002), el 44.9% de la superficie nacional presenta algún signo de degradación, siendo la degradación química del tipo disminución de la fertilidad del suelo, uno de los procesos más importantes con el 23.5%. Las principales causas asociadas con la degradación son las actividades agrícolas y pecuarias y la deforestación. De acuerdo con Reyes (2003) la degradación actual del suelo puede observarse como agotamiento de nutrientes, erosión, pérdida de bioactividad, salinización y contaminación, lo cual repercute en el rendimiento de los cultivos.

Por su parte, Reyes *et al.* (1992), mencionan que las limitaciones nutrimentales de los cultivos se han atendido mediante la generación de dosis de fertilización química. Por ejemplo en maíz (*Zea mays L.*) se recomienda aplicar como mínimo 140 kg/ha de N y 40 kg/ha de P_2O_5. Sin embargo, algunos países están encontrando dificultades para aumentar sus rendimientos, a pesar de las dosis elevadas de fertilizantes; y otros, con altos niveles de uso de fertilizantes, enfrentan problemas ambientales derivados del uso intensivo e indiscriminado (Alexandratos, 1995), ya que los cultivos solo aprovechan alrededor de 50% del N y P aplicado como fertilizante (Tilman *et al.*, 2001).

Por ello, diversos estudios han abordado el tema del uso de productos de origen orgánico, biológico y mineral, como alternativa al uso de productos de síntesis química, para satisfacer las necesidades de nutrición de los cultivos, así como para combatir las diversas plagas y enfermedades que les afectan. Entre los temas de estudio más populares destacan el uso de abonos a base de lombricomposta, gallinaza y estiércol, sin embargo, un estudio realizado por Martínez *et al.* (2001) sugiere utilizar dosis de 20 a 30 t ha^{-1} de abono orgánico de composta y de 4 a 8 t ha^{-1} de gallinaza para obtener resultados favorables, lo que resulta impráctico para pequeños productores por el costo que implica y debido a que la agricultura no es su principal fuente de sostén.

Por otra parte se encuentra el uso de materiales inertes como dolomita y zeolita. Lo que respecta a las diatomeas, estas han sido ampliamente estudiadas, lo ha permitido diversificar sus usos. Su componente principal es sílice amorfo y pequeñas cantidades de minerales como Al, FeO, $Ca(OH)_2$, Mg y Na, entre otros (Round *et al.,* 1990); sin embargo, a pesar de sus propiedades químicas y su alto contenido en micronutrientes esenciales (oligoelementos), su acción como fertilizante en la producción de alimentos no ha sido estudiada.

El presente trabajo se planteó con el objetivo de evaluar el efecto de la tierra de diatomeas como fertilizante, en las propiedades físicas y químicas del suelo en el cultivo de maíz, y determinar si la aplicación de estas puede reducir el empleo de fertilizantes químicos y en consecuencia la degradación química de nutrientes del suelo.

Materiales y métodos

El presente estudio se realizó en el campo experimental de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma del Estado de México, ubicado en el Cerrillo Piedras Blancas, municipio de Toluca, Estado de México, a 2.632 msnm. Geográficamente se localiza entre las coordenadas 20° 17’ 00’’ y 18° 22’ 00’’ de latitud norte; y 98° 36’ 00’’ y 100° 37’ 00’’ de longitud oeste. El clima predominante es semifrío, con una temperatura media anual de 12.7 °C. La humedad relativa anual es de 63% (Inegi, 2005).

Muestreo de suelo

Se realizó un muestreo de suelo 30 días antes de la siembra con el objetivo de conocer las condiciones de fertilidad del suelo, al término de la fase experimental se realizó un segundo muestreo para determinar la respuesta del suelo al aplicar la serie de tratamientos de fertilización orgánica propuestos en alternativa al uso de fertilizantes químicos. En ambos muestreos se tomaron muestras a profundidades de 0-20 cm y 20-40 cm, de acuerdo a Rodríguez & Rodríguez (2002) quienes indican que generalmente se recomienda hacer el muestreo a 20 cm de profundidad, pero esto depende del cultivo. El método de muestreo empleado fue el denominado cinco de oros para el muestreo inicial, obteniendo una muestra compuesta. En el segundo muestreo se utilizó el método sistemático, el cual consistió en tomar muestras por tratamiento (Serrato & Landeros, 2001).

Conducción del experimento en campo y material experimental

El experimento se estableció en el ciclo agrícola primavera verano 2012, el manejo del cultivo se realizó de acuerdo al paquete tecnológico usado por la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma del Estado de México (FCA-UAEM). El material experimental fue tierra de diatomeas 289 y 400 P consideradas como fertilizantes agrícolas potenciales, a dos concentraciones cada una (20 kg ha^{-1} y 40 kg ha^{-1} y 18 kg ha^{-1} y 36 kg ha^{-1} respectivamente), además de un fertilizante orgánico líquido (FOL) a dosis de 2 L ha^{-1} y 4 L ha^{-1}, como testigo se consideró la muestra de suelo tomada antes de la aplicación de tratamientos, el cultivo indicador fue maíz hibrido HC8 (*Zea mays L*). Los tratamientos se dividieron en dos aplicaciones, antes de la primera escarda (aproximadamente 30 cm de altura de la planta) y al llenado de grano.

Análisis físicos y químicos de las muestras

Los análisis de las muestras de suelo se realizaron en el laboratorio de suelos del Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Fitomejoramiento (CIEAF-UAEM), tomando como referencia lo estipulado en la Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000, que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis (DOF, 2002). Las variables evaluadas fueron características físicas del suelo como: densidad aparente (DA) y textura. y químicas: pH, carbono orgánico (CO), materia orgánica (MO), capacidad de intercambio catiónico (CIC), conductividad eléctrica (CE), nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (P), calcio (Ca), magnesio (Mg) y sodio (Na). Los métodos empleados para la determinación de dichos parámetros fueron los especificados en la norma de referencia.

Diseño estadístico y evaluación de resultados

El estudio se evalúo con un diseño de bloques al azar (DBA). Se establecieron 30 unidades experimentales, cada una de 4 surcos de 6 m de largo por 0.8 m de ancho con una separación de 1 m entre unidades. La parcela útil constó de los dos surcos centrales. El análisis de datos se realizó en función a las características físico químicas del suelo entre los tratamientos y el testigo. Se realizó además un análisis de varianza y prueba de medias por tratamiento, en relación a Tukey, utilizando el paquete estadístico JMP de SAS Institute.

Resultados

A continuación se hace referencia a los valores de las propiedades físicas del suelo antes (Tabla 1) y después de establecer los tratamientos de fertilización (Tabla 2), las características físicas de ambas tablas son similares, esto posiblemente es debido a que la cantidad de tierra de diatomeas aplicadas fue relativamente baja como para influir en las propiedades físicas del suelo.

Tabla 1. Análisis físicos del área experimental antes de establecer los tratamientos

Profundidad de muestreo	% A	% R	% L	Textura	DA g/cm^3
0-20 cm	47.7	23.6	28.7	Franco	1.11
20-40 cm	37	44	19	Arcilla	1.16

Tabla 2. Análisis físicos del área experimental después de tratamientos

Tratamiento	Arena%	Arcilla %	Limo %	Textura	DA g/cm^3
T1A	50.8	21.6	27.6	Fra	1.04
T1B	52.4	20	27.6	Fra	1.07
T2A	48.4	23.6	28	Fra	1.04
T2B	40.8	25.6	33.6	F	1.14
T3A	60.8	23.6	15.6	Fra	1.03
T3B	46.8	23.6	29.6	F	1.05
T4A	50.8	21.6	27.6	Fra	1.00
T4B	46.4	25.6	28	Fra	1.01
T5A	48.4	21.6	30	F	1.05
T5B	46.4	21.6	32	F	1.16
T6A	44.4	27.6	28	Fr	1.06
T6B	50.4	25.6	24	Fra	1.02

T = Tratamientos de fertilización (1= FOL (2 L) 2=Diatomea 289 (20 kg) 3=Diatomea 400 P (18 kg)
4=FOL (4 L) 5=Diatomea 289 (40 kg) 6=Diatomea 400 P (36 kg)) A=profundidad de muestreo 0-20 cm.
B = profundidad de muestreo de 20-40 cm.

La Tabla 3 muestra una panorámica general de las características químicas del suelo del área experimental antes de la aplicación de los tratamientos, y en la Tabla 4 se indican los resultados en cuanto a propiedades químicas una vez aplicados los diferentes tratamientos.

Tabla 3. Propiedades químicas del suelo antes de establecer los tratamientos

Profundidad de muestreo	pH	CO%	MO%	CIC Cmol/100gss	CE mS	N%	P mg kg^{-1}	K mg kg^{-1}	Ca mg kg^{-1}	Mg mg kg^{-1}	Na mg kg^{-1}
0-20 cm	5.62	1.7	2.96	21.22	0.21	0.02	49.57	8.42	3.68	23.6	11.92
20-40 cm	6.23	1.1	1.88	21.78	0.21	0.02	31.91	5.96	0.88	63.2	17.74

Tabla 4. Características químicas del suelo después de aplicar los tratamientos

T	pH	CO %	MO %	CIC Cmol/100gss	CE mS	N%	P mg kg^{-1}	K mg kg^{-1}	Ca mg kg^{-1}	Mg mg kg^{-1}	Na mg kg^{-1}
T1A	6.02	4.68	8.07	24.3	0.11	0.17	76.08	13.7	11.2	42.5	36.6
T1B	6.16	5.66	9.75	16.3	0.18	0.16	51.20	20.1	21.5	37.5	34.9
T2A	6.28	1.17	2.02	22.7	0.17	0.17	66.99	29.7	16.5	42.0	45.0
T2B	6.08	2.73	4.71	18.2	0.14	0.16	41.87	28.0	21.8	44.5	47.5
T3A	6.17	3.90	6.72	18.9	0.13	0.15	97.61	20.4	30.2	29.5	41.4
T3B	6.17	5.66	9.75	23.2	0.17	0.17	89.71	22.7	11.9	42.5	44.7
T4A	6.43	2.73	4.71	17.7	0.13	0.18	83.01	16.3	18.4	47.0	46.1
T4B	6.72	1.76	3.03	19.8	0.14	0.16	88.28	21.3	15.4	39.5	41.9
T5A	6.72	5.07	8.74	23.4	0.26	0.16	82.78	17.8	16.4	30.0	43.0
T5B	6.56	3.71	6.39	22.0	0.28	0.16	57.66	19.2	13.9	17.5	68.7
T6A	6.84	4.68	8.07	23.4	0.14	0.16	74.16	13.4	17.3	26.5	54.5
T6B	6.57	4.88	8.40	24.3	0.16	0.17	14.35	11.7	14.4	39.5	43.6

T = Tratamientos de fertilización (1= FOL (2 L) 2=Diatomea 289 (20 kg) 3=Diatomea 400 P (18 kg) 4=FOL (4 L) 5=Diatomea 289 (40 kg) 6=Diatomea 400 P (36 kg)) A=profundidad de muestreo 0-20 cm. B=profundidad de muestreo de 20-40 cm.

Realizado el análisis de varianza y prueba de medias en relación a Tukey a un nivel ∞ = 0.05%, solamente se encontró significancia para las características químicas que se muestran en las siguientes figuras:

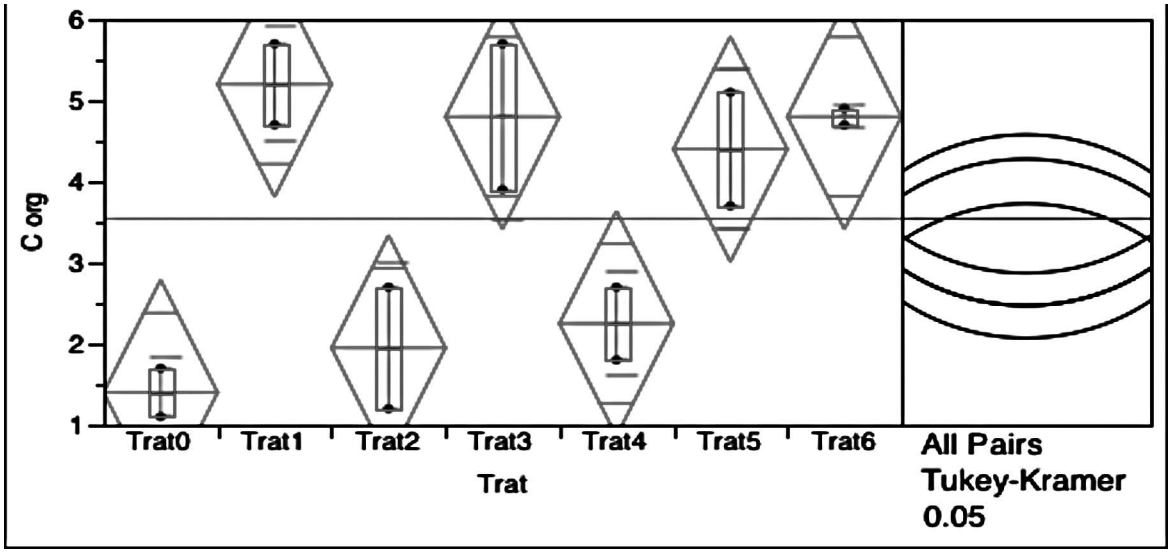

Figura 1. Carbono orgánico analizado por tratamiento

Tabla 5. Análisis de Varianza para CO

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado Medio	F cal	Prob > F
Trat	6	30.884286	5.14738	7.4600	0.0090*
Error	7	4.830000	0.69000		
C. Total	13	35.714286			

Tabla 6. Agrupamiento de medias para CO

Nivel			Media
Trat1	A		5.2000000
Trat6	A		4.8000000
Trat3	A		4.8000000
Trat5	A	B	4.4000000
Trat4	A	B	2.2500000
Trat2	A	B	1.9500000
Trat0		B	1.4000000

De acuerdo a las figuras 1 y 2 correspondientes a CO y MO respectivamente y el agrupamiento de medias, se observa que existen diferencias entre tratamientos para estas características químicas del suelo.

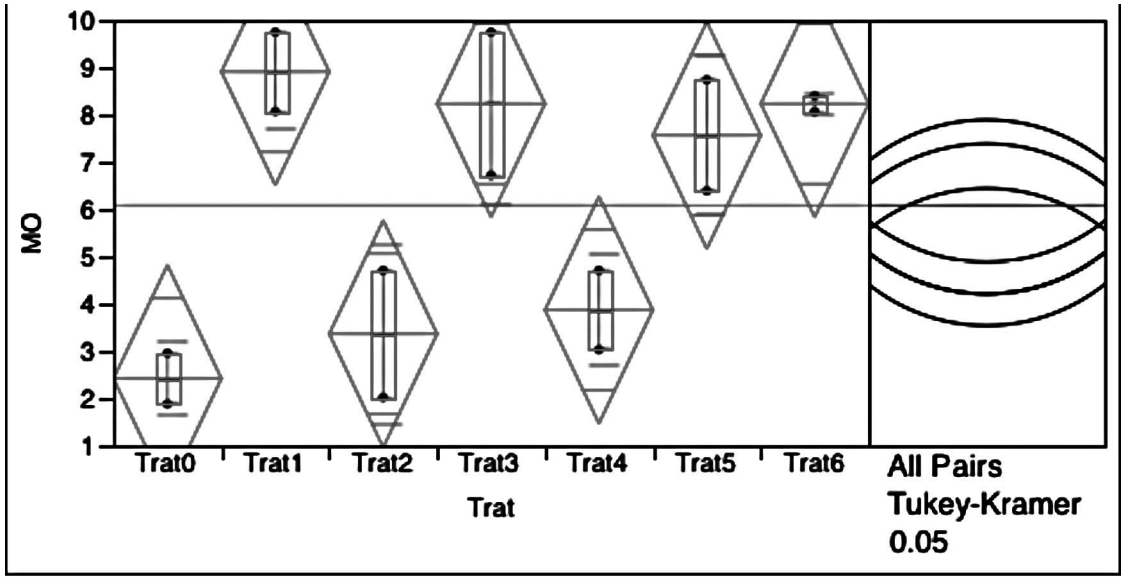

Figura 2. Materia orgánica analizada por tratamiento

Tabla 7. Análisis de Varianza para MO

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F cal	Prob > F
Trat	6	90.30574	15.0510	7.3013	0.0096*
Error	7	14.42980	2.0614		
C. Total	13	104.73554			

Tabla 8. Agrupamiento de medias para MO

Nivel			Media
Trat1	A		8.9100000
Trat3	A		8.2350000
Trat6	A		8.2350000
Trat5	A	B	7.5650000
Trat4	A	B	3.8700000
Trat2	A	B	3.3650000
Trat0		B	2.4200000

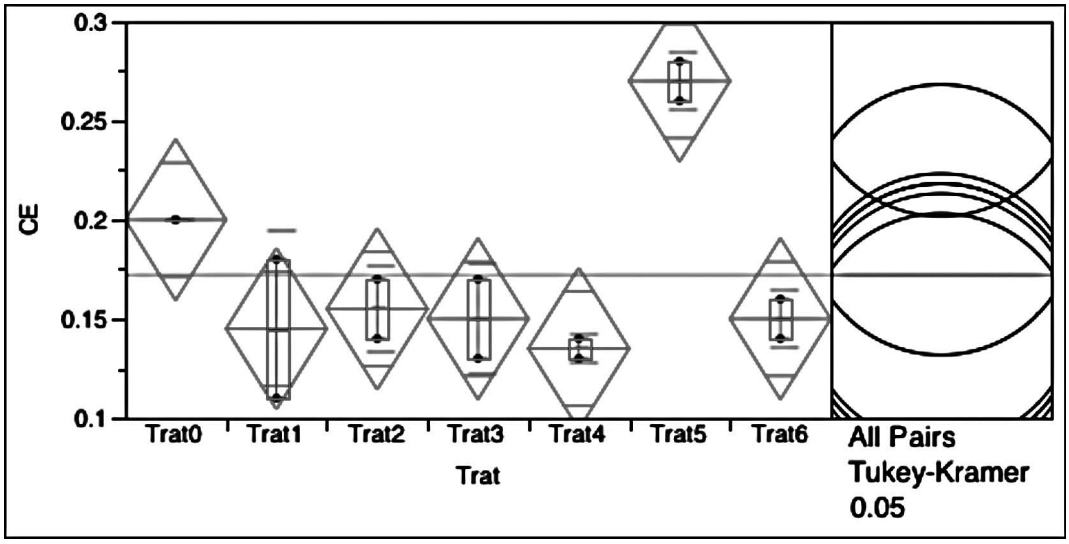

Figura 3. Conductividad eléctrica analizada por tratamiento

Tabla 9. Análisis de Varianza para CE

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F cal	Prob > F
Trat	6	0.02748571	0.004581	7.7269	0.0082*
Error	7	0.00415000	0.000593		
C. Total	13	0.03163571			

Tabla 10. Agrupamiento por grupos para CE

Nivel			Media
Trat5	A		0.27000000
Trat0	A	B	0.20000000
Trat2		B	0.15500000
Trat3		B	0.15000000
Trat6		B	0.15000000
Trat1		B	0.14500000
Trat4		B	0.13500000

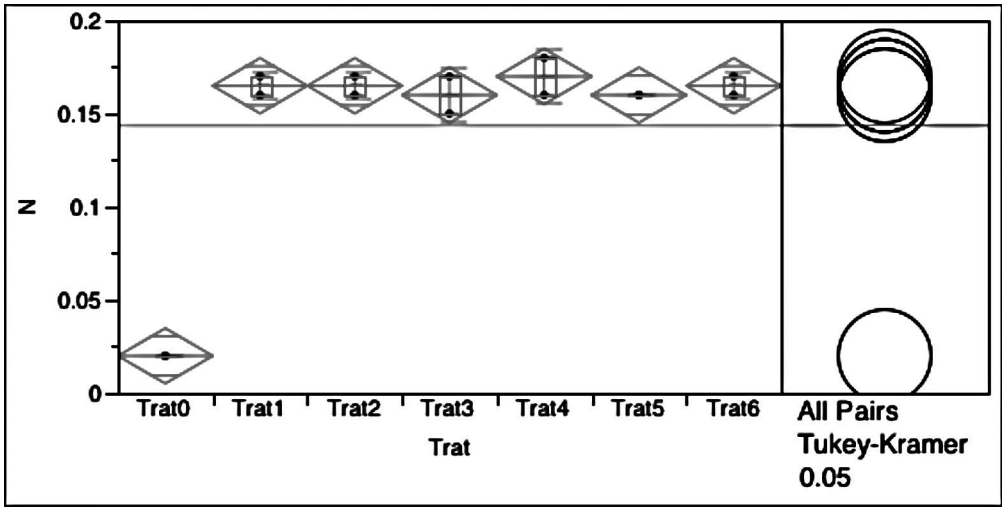

Figura 4. Nitrógeno analizado por tratamiento

Tabla 11. Análisis de Varianza para Nitrógeno

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F cal	Prob > F
Trat	6	0.03577143	0.005962	75.8788	<.0001*
Error	7	0.00055000	0.000079		
C. Total	13	0.03632143			

Tabla 12. Agrupamiento de medias N

Nivel			Media
Trat4	A		0.17000000
Trat1	A		0.16500000
Trat2	A		0.16500000
Trat6	A		0.16500000
Trat3	A		0.16000000
Trat5	A		0.16000000
Trat0		B	0.02000000

El comportamiento del nitrógeno entre tratamientos es muy similar, su valor varió entre 0.16 y 0.17. la diferencia es notable con el testigo, el cual presentó el valor medio más bajo de 0.02.

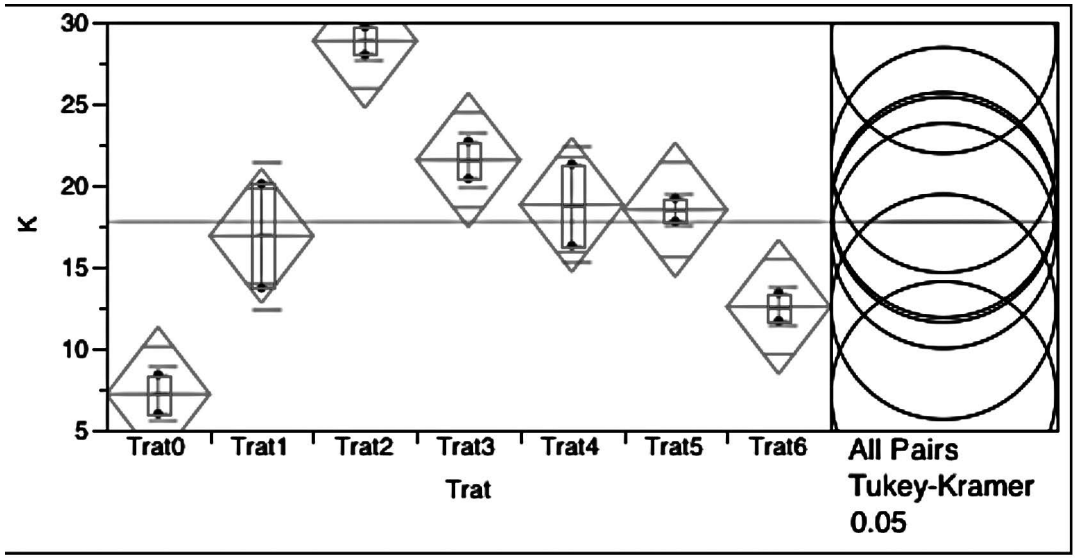

Figura 5. Potasio analizado por tratamiento

Tabla 13. Análisis de Varianza para K

Fuente	DF	Suma de cuadrado	Cuadrado medio	F cal	Prob > F
Trat	6	556.75714	92.7929	15.3286	0.0010*
Error	7	42.37500	6.0536		
C. Total	13	599.13214			

Tabla 14. Relación de medias para K

Nivel				Media
Trat2	A			28.850000
Trat3	A	B		21.550000
Trat4		B		18.800000
Trat5		B		18.500000
Trat1		B	C	16.900000
Trat6		B	C	12.550000
Trat0			C	7.200000

El potasio, mostró ser un elemento nutritivo muy variable en el suelo, ya que las medias se dividieron en varios grupos.

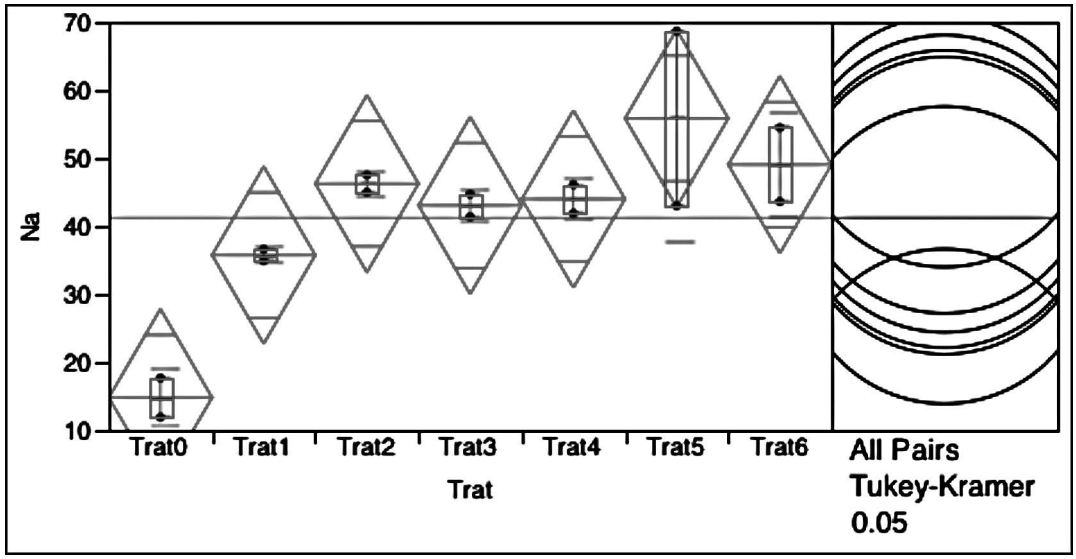

Figura 6. Sodio analizado por tratamiento

Tabla 15. Análisis de Varianza para Sodio

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F Ratio	Prob > F
Trat	6	2079.3100	346.552	5.7038	0.0188*
Error	7	425.3050	60.758		
C. Total	13	2504.6150			

Tabla 16. Agrupamiento de medias por tratamiento para Na

Nivel			Media
Trat5	A		55.850000
Trat6	A		49.050000
Trat2	A		46.250000
Trat4	A	B	44.000000
Trat3	A	B	43.050000
Trat1	A	B	35.750000
Trat0		B	14.800000

Discusión y conclusiones

En la Tabla 4 se presentan los valores obtenidos en el laboratorio para las muestras por tratamiento, se puede observar que los valores aumentaron con respecto al testigo para CO, MO, N, P, K, Ca y Na en las dos profundidades y en los seis tratamientos. El pH muestra mayores diferencias en la profundidad de 0-20 cm, y en lo que respecta a la profundidad de 20-40 cm únicamente se observan cambios para los tratamientos 4, 5 y 6, correspondientes a FOL (4 L), diatomea 289 (40 kg) y diatomea 400 P (36 kg) respectivamente, lo que nos conduce a inferir que una mayor cantidad de producto aplicado contribuye al aumento del pH del suelo. El Mg mostró un comportamiento similar al pH, ya que únicamente aumentó para la profundidad de 0-20 cm, no así para la de 20-40 cm que muestran valores inferiores al testigo. La CIC muestra diferencias en los tratamientos, sin embargo, tanto el testigo como los tratamientos se encuentran en un rango de valores de 15-25 Cmol/100gss que representa una capacidad de intercambio media. La CE es la única característica que muestra una disminución en los valores con respecto al testigo, lo que indica que hay una ligera disminución en la salinidad del suelo por efecto de los tratamientos.

La comparación de medias de CO y MO indica que los tratamientos 1, 3 y 6, fueron los mejores con valores entre 4.8% y 5.2% para CO y entre 8.23% y 8.91% para MO. Los tratamientos 2, 4 y 5 representan al segundo grupo de medias con valores entre 1.95% y 4.40% de CO y entre 3.36% y 7.56% para MO. Finalmente el tratamiento 0, con el valor medio más bajo tanto para CO (1.4%) como para MO (2,42%). Esta concordancia de grupos resulta evidente ya que la cantidad de MO depende del CO presente en el suelo. Los resultados indican que los tratamientos de FOL (2 L) y diatomea 400 P en la dosis aplicada favorecieron el incremento MO en el suelo.

La CE (Figura 3), presenta un ligero aumento en el tratamiento cinco con respecto al testigo que tiene un valor de 0.20, el resto de los tratamientos cuentan con los valores medios más bajos fluctuando entre 0.13 a 0.15. Lo que indica que ha disminuido la cantidad de sales del suelo.

El ANOVA para N (Figura 4), indica que los tratamientos estudiados tanto de diatomeas como de fertilizante orgánico líquido contribuyen a aumentar el nitrógeno del suelo. Tomando en cuenta que no se aplicó ninguna fuente extra de este nutriente, estos resultados se atribuyen al efecto de los tratamientos, sin embargo, esto puede ser también un resultado de la interacción suelo – planta - ambiente. Por lo que se recomienda realizar estudios, más a detalle, sobre la movilidad de este elemento nutritivo al aplicar productos con las características de los materiales evaluados.

En lo que respecta al K, los mayores niveles se presentaron en el tratamiento dos (diatomea 289, 20 kg ha^{-1}) con una media de 28.8 mg kg^{-1}, seguido del tratamiento tres (diatomea 400-P, 18 kg ha^{-1}), con una diferencia del valor medio de 7.3 mg kg^{-1}, los tratamientos cuatro y cinco mostraron un valor medio muy cercano entre sí (18.5 mg kg^{-1} y 18.8 mg kg^{-1}) , el tratamiento 1 y 6 su valor medio es más variable entre 12.5 mg kg^{-1} y 16.9 mg kg^{-1}, por último y con el valor más bajo de 7.2 mg kg^{-1} se cuenta al tratamiento testigo.

El Na presentó un aumento ligero con respecto al testigo, siendo los tratamientos de diatomeas a dosis de 40 y 36 kg ha^{-1} para diatomea 289 y 400 P respectivamente los que mostraron un incremento en los valores, de la misma manera el tratamiento dos (diatomea 289 a razón de 20 kg ha^{-1}) mostró un valor de 46.2 mg kg^{-1}. Los tratamientos con base en fertilizante orgánico líquido y la diatomea 400 P a concentración de 18 kg ha-1

fueron los que mostraron valores entre 35.7 y 44.0 mg kg^{-1}. Estos resultados pueden ser debidos a que las tierras de diatomeas tienen sodio entre sus componentes principales.

De acuerdo a los resultados obtenidos en laboratorio, referentes a las propiedades químicas del suelo, los productos de tierras diatomeas 289 y 400-P y el fertilizante orgánico líquido, a las dosis evaluadas en la fertilización del cultivo de maíz (*Zea mays*, L), representan una alternativa positiva para disminuir el uso de fertilizantes químicos y a su vez bajar el nivel de degradación química del suelo, además de disminuir el costo de producción, debido a que los productos evaluados son de bajo costo comparados con los precios de los fertilizantes químicos.

El empleo de tierra de diatomeas 289 y 400 P, y fertilizante orgánico líquido en la fertilización del cultivo de maíz (*Zea mays*, L), marcó diferencias significativas estadísticamente, principalmente en las características químicas de CO y MO, N, K y Na.

Debido a que no se encontraron trabajos de carácter científico relacionados al tema de estudio, no se pudo realizar una comparación, por lo que se recomienda realizar evaluaciones posteriores de los materiales empleados en esta investigación para tener un mayor nivel de confianza en los resultados obtenidos.

Literatura citada

1. Alexandratos, N. (1995). Agricultura mundial hacia el año 2010, estudio de la FAO. Madrid: FAO, Mundiprensa.
2. Inegi (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (2005) Marco Geoestadístico. Disponible en: http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/geoestadistica/
3. INEGI-DGG Superficies Nacionales y Estatales. Disponible en: http://www.inegi.org.mx/
4. Martínez, E., López-Mtz., J., Díaz, A. & Valdez, Ricardo. (2001). Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento en maíz Terra Latinoamericana [en línea] 2001, 19 (octubre-diciembre): Disponible en: http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57319401
5. Reyes, M., Girón, R. & Rosales, E. (1992). Guía para producir maíz en el Norte de Tamaulipas. Tamaulipas: Instituto nacional de investigación Forestal y Agropecuaria, Centro de Investigación Regional Noreste, Campo Experimental Rio Bravo, Rio Bravo. (Publicación Especial Núm. 25.).
6. Reyes, R. (2003). La degradación del suelo: fuente de contaminación ambiental. En: Solís, L.M. & Amado, J. (comps.). Principios básicos de contaminación ambiental. 243:258. Toluca: UAEM.
7. Rodríguez, F. & Rodríguez, J. (2002). Métodos de análisis de suelos y plantas. México, D. F. Editorial Trillas.
8. Round, F., Crawford, R. & Mann, D. (1990). The diatoms. Cambridge: Cambridge University Press.
9. Semarnat-CP (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales) (2002). Memoria Nacional. Evaluación de la degradación de los suelos causada por el hombre en la República Mexicana, escala 1:250,000. México, D. F.: Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales y Colegio de Postgraduados.
10. Serrato, C. & Landeros, F. (2001). Instructivo para análisis de suelos propiedades físicas. México: Universidad Autónoma del Estado de México, laboratorio de suelos CIEAF.
11. Statistical Analysis Systems Institute (SAS institute). (1999). SAS/STAT user' s guide. Release 8. N. C.: SAS, Institute Cary.
12. Tilman, D., Fargione, J., Wolft, B., D´Antonio, C., Dobson, A., Howarth, R., Schindler, D., Schlesinger, W., Simberloff, D. & Swackhamer, D. (2001). Forecasting agriculturally driven global environmental chance. Science. 292: 281-284. Disponible en: http://www.sciencemag.org/content/292/5515/281 DOI: 10.1126/science.1057544

Recibido: 30 de marzo de 2013
Aceptado: 5 de mayo de 2013