

EFFECTO DE LAS ESCORIAS Y UREA ÁCIDA BAJO DIFERENTES TIPOS DE SUELOS EN EL CULTIVO DE TOMATE

M.C. Javier S. Silveyra Medina¹
Idalia María Hernández Torres²,
Dr. Edmundo Peña Cervantes¹,
M.C. Ricardo Requejo López¹,
M.C. Juanita Flores Velásquez³

¹ Profesores-Investigadores UAAAN;

² Tesista de Maestría UAAAN;

³ Investigador del CIQA.

RESUMEN

Los objetivos fueron evaluar los cambios físicos y químicos de cuatro diferentes suelos, bajo la aplicación de la escoria y la urea ácida, y evaluar el desarrollo y rendimiento del cultivo de tomate, a la aplicación de escorias y urea ácida, bajo condiciones de invernadero. La investigación se llevó a cabo en dos etapas; en la primera los tratamientos se mantuvieron a capacidad de campo por un período de 48 días. En la segunda etapa, se transplantó a una edad de la plántula de 38 días. El diseño que se utilizó fue un factorial irregular, de tres por dos, alojado en un diseño completamente al azar, con cuatro repeticiones para cada tipo de suelo. Los niveles que se utilizaron fueron: para escoria 0, 2500, y 5000 kg ha⁻¹, y para urea ácida 0 y 500 kg ha⁻¹. Las variables que se evaluaron en el suelo fueron: Da, Ds, E, CC, PMP, pH, CE, MO, P, CIC, Ca, Mg, Na, K, Mn y Fe. Las variables en planta fueron; diámetro de tallo a los 69 días, y al final del cultivo; altura de planta a los 69 días y al final del cultivo; peso fresco, peso seco, tamaño de fruto y rendimiento. En el suelo ácido el tratamiento T2 (0 kg ha⁻¹ de escoria con 500 kg ha⁻¹ de urea ácida) obtuvo el mayor rendimiento. En el suelo salino sódico, el tratamiento T1 (0 kg ha⁻¹ de escoria con 0 kg ha⁻¹ de urea ácida) mostró el mayor rendimiento. Para el suelo calcáreo, el tratamiento T5 (5000 kg ha⁻¹ de escoria con 0 kg ha⁻¹ de urea ácida) presentó el mayor rendimiento. El tratamiento que mejor rendimiento presentó para el suelo orgánico fue el T6 (5000 (kg ha⁻¹ de escoria con 500 kg ha⁻¹ de urea ácida).

Palabras clave: *Lycopersicon esculentum* Mill, escoria, urea ácida, suelo ácido, suelo salino- sódico, suelo calcáreo, suelo orgánico.

ABSTRACT

The objectives were to evaluate the physical and chemical changes of four different soils, under the application of the slag and the acid urea and to evaluate the response, and yield, of tomato to the application of slag and acid urea, under greenhouse conditions. The investigation was carried out in two stages; in the first one, treatments were kept at field capacity by a period of 48 days. In the second stage it was performed a transplantation of 38 days old seedlings.

The design was a three by two irregular factorial one, lodged in a completely randomized design, with four repetitions for each type of ground. The used levels were: for slag 0, 2500, and 5000 kg ha⁻¹, and for acid urea 0 and 500 kg ha⁻¹. The evaluated variables on the ground were: Da, Ds, E, CC, PMP, pH, CE, MO, P, CIC, Ca, Mg, Na, K, Mn and Fe. The plant variables were; stem diameter at the 69th day, and at the end of the culture; height of plant at the 69th day and at the end of the culture; fresh weight, dry weight, size of fruit and yield. In the acid ground Treatment T2 (0 kg ha⁻¹ of slag with 500 kg ha⁻¹ of acid urea) obtained the greatest yield. In the sodic saline ground, Treatment T1 (0 kg ha⁻¹ of slag with 0 kg ha⁻¹ of acid urea) showed the greatest yield. For the calcareous ground, Treatment T5 (5000 kg ha⁻¹ of slag with 0 kg ha⁻¹ of acid urea) presented the greatest yield. The treatment that better yield presented for the organic ground was T6 (5000 (kg ha⁻¹ of slag with 500 kg ha⁻¹ of acid urea).

Key words: *Lycopersicon esculentum* Mill, slag, acid urea, acid ground, sodic saline ground, calcareous ground, organic ground.

INTRODUCCIÓN

Los diferentes tipos de suelo de acuerdo a sus características físicas y químicas, presentan diversos problemas, como son: la fijación de fósforo, entre otros elementos en formas insolubles, así como la dispersión de partículas. Una alternativa para solucionar estos problemas es el empleo de mejoradores de suelo, como las escorias, la roca fosfórica, la cal, la dolomita, compuestos de azufre, que al ser aplicados a los suelos, modifican sus propiedades físicas y químicas. Las escorias se producen en forma extensiva en Alemania, Francia, Inglaterra, Finlandia, Estados Unidos y México, entre otros países. En el caso de México en AHMSA, al nivel actual de producción de acero, la generación de escoria de convertidores es de 500,000 t/año, correspondiendo de esta cantidad 190, 000 t/año a la escoria tipo C inerte. Además se tiene escoria del tipo C sin procesar, en un total de 2,735,000 t, más la que se produce anualmente.

En la actualidad las escorias al no ser utilizadas, son focos de contaminación del medio ambiente; se presenta, por lo tanto, una necesidad de utilización de las mismas, y debido a sus características físicas y químicas, además, de sus bajos contenidos de metales pesados, y su ausencia de toxicidad, permiten su aprovechamiento, principalmente en el encalado de suelos y consecuentemente, en la disminución de la acidez y en la mejora de la productividad del suelo. Se ha encontrado que el agregar escorias, trae consigo una serie de beneficios al suelo, tales como: neutralización de la acidez de suelos ácidos, además de proporcionar nutrimentos como el fósforo, entre otros. Otra alternativa de mejorar algunas características del suelo, es el empleo de fertilizantes líquidos, entre ellos, la urea ácida, que

al ser combinada con la escoria, incrementa la disponibilidad de los nutrimentos que pueda aportar la escoria.

Basándose en lo anteriormente mencionado, se plantearon los siguientes objetivos e hipótesis.

Objetivos

1. Evaluar el cambio físico y químico de cuatro diferentes suelos, bajo la aplicación de las escorias y urea ácida.
2. Evaluar el desarrollo y rendimiento del cultivo de tomate, a la aplicación de escorias y urea ácida bajo condiciones de invernadero.

Hipótesis

La aplicación de escorias y urea ácida, modificará las propiedades físicas y químicas de acuerdo al tipo de suelo, lo cual se reflejará en su productividad.

La utilización de escorias y urea ácida incrementará el rendimiento del cultivo de tomate.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en un invernadero de alta tecnología, modelo System Stuppy 2000, localizado dentro de las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN). El diseño del experimento se realizó con un factorial irregular de (3×2), alojado en un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones, donde: el factor A (escorias) con tres niveles 0, 2500 y 5000 kg ha⁻¹, el factor B (urea ácida) con dos niveles 0, y 500 kg ha⁻¹, se realizaron de la misma manera para los 4 tipos de suelos, generándose 96 unidades experimentales.

La variedad de tomate que se utilizó fue la del tipo Floradade de crecimiento determinado.

El experimento se realizó en dos etapas; en la primera los tratamientos se mantuvieron a un contenido de humedad a capacidad de campo por un periodo de 50 días, la segunda se procedió al trasplante a una edad de plántula de 38 días.

A la planta se le evaluó la altura entre otras variables, como medio para observar la respuesta del cultivo a los tratamientos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Propiedades Físicas del Suelo

Densidad aparente (Da)

Al realizar el ANVA se encontró, que hubo diferencia significativa para esta variable, con urea ácida en el Suelo 1, y para escoria en el Suelo 3. Los demás tratamientos no mostraron diferencia significativa. La urea ácida presentó la media mas alta en el nivel de 500 kg ha⁻¹, con un valor de 1.30 g cm⁻³; y la mas baja en su nivel de 0 kg ha⁻¹, con 1.28 g cm⁻³, como se muestra en el cuadro 1 y en la figura 1.

Cuadro 1. Medias de tratamientos para densidad aparente (g/cm³) de los cuatro suelos.

Suelo	Escoria kg ha ⁻¹			Urea ácida kg ha ⁻¹		
	0	2500	5000	0	500	
S1	1.28	1.28	1.29	1.28	1.30	
S2	1.29	1.31	1.31	1.30	1.31	
S3	1.23	1.21	1.17	1.21	1.20	
S4	1.04	1.04	1.04	1.05	1.04	
Interacción Escoria-Urea ácida						
	0-0	0-500	2500-0	2500-500	5000-0	5000-500
S1	1.28	1.29	1.27	1.29	1.27	1.31
S2	1.30	1.28	1.31	1.32	1.30	1.32
S3	1.23	1.24	1.23	1.18	1.16	1.19
S4	1.05	1.04	1.05	1.03	1.04	1.05

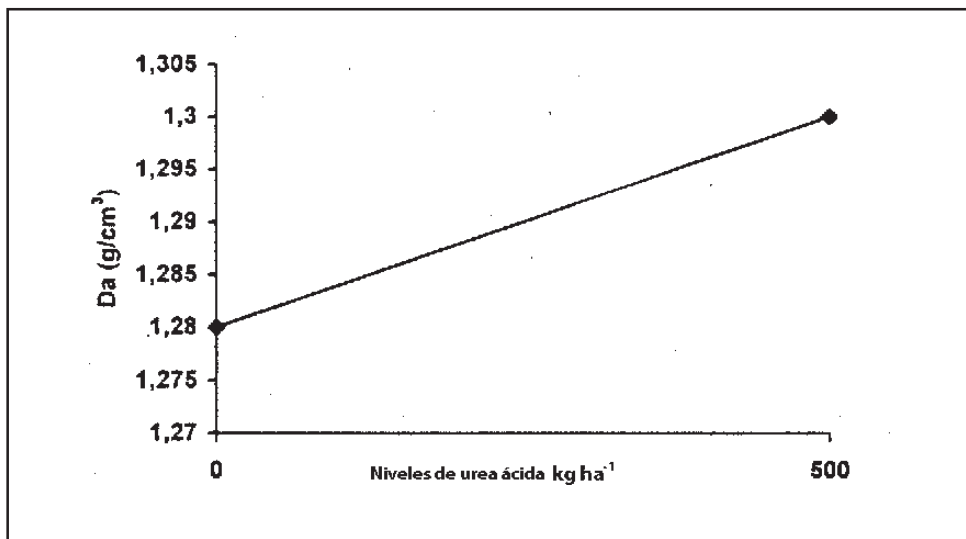


Figura 1. Densidad aparente en el Suelo uno con los niveles de urea ácida en kg ha^{-1} .

En el Suelo 3 se observó que al incrementar el nivel de escoria la D_a disminuye, en donde la media de tratamientos superior se presentó con el nivel de 0 kg ha^{-1} de escoria, con un valor de 1.23 g/cm^3 ; y la media inferior en el nivel de 5000 kg ha^{-1} de escoria, con un valor de 1.17 g/cm^3 (Figura 2).

Para el Suelo 1 los resultados con escoria indican que al incrementar el nivel de ésta, aumenta ligeramente el valor de la D_a , sin presentar significancia, debido a las características mineralógicas de la escoria.

La urea ácida mostró significancia al aumentar el nivel de este factor, incrementó la D_a , debido al efecto que causa el H_2SO_4 de la urea ácida sobre la materia orgánica, provocando cambios en la estructura del suelo, misma que se ve reflejada en el cambio de esta variable.

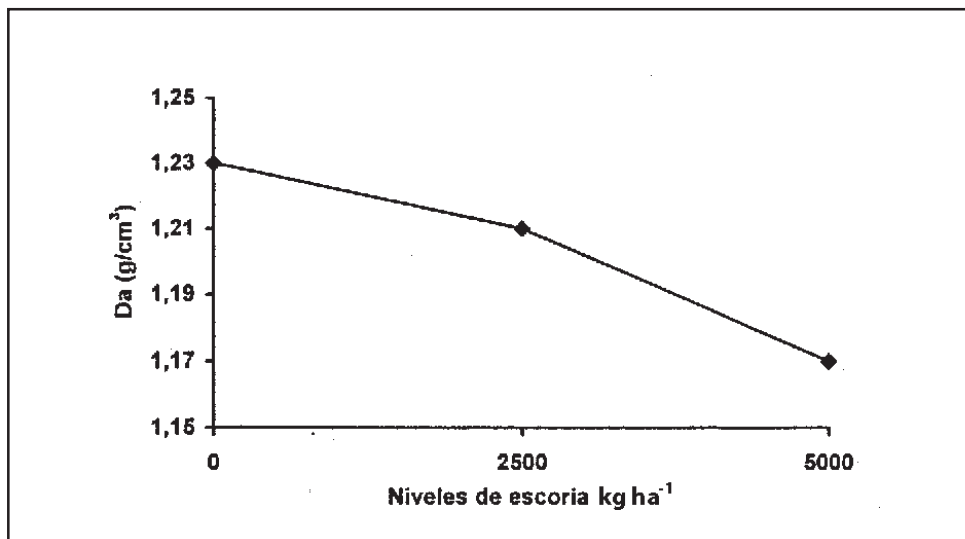


Figura 2. Densidad aparente en el Suelo 3 con los diferentes niveles de escoria en kg ha^{-1} .

Para el Suelo 2 la escoria incrementó ligeramente esta variable debido al material mineral que aporta la escoria, mientras que la urea ácida no mostró ningún efecto sobre la D_a debido a que la acción del ácido sulfúrico que contiene la urea ácida solubiliza mas sales, lo que provoca un ligero aumento en la densidad.

La escoria para el Suelo 3 mostró significancia, pudiéndose apreciar que al incrementar el nivel de escoria, disminuye el valor de la D_a . Esto se debe posiblemente al material encalante, y a los minerales, específicamente al calcio que contiene la escoria, el cual incrementa la cohesión del suelo, puesto que facilita la formación de agregados.

La urea ácida disminuye ligeramente el valor de la D_a , posiblemente debido al contenido de H_2SO_4 , que ayuda a la descomposición de la materia orgánica y a la formación

de una mejor estructura del suelo, lo cual se ve reflejado en una disminución de la Da. Esto concuerda con Dimas (1994) quien menciona que, en el cultivo de maíz, la densidad aparente disminuye con la aplicación de urea ácida, aproximadamente en 0.14 g/cm^3 en comparación con el testigo.

El Suelo 4 es el que presentó mejores características físicas y químicas, y mejor desarrollo del cultivo y desarrollo radical, esto se reflejó en una uniformidad de la densidad aparente propia de ese suelo.

Propiedades Químicas

Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)

Los resultados de CIC para el Suelo 1 muestran que existe diferencia significativa al 5% para escoria, en donde se visualiza la media mas alta, con el nivel de 2500 kg ha^{-1} , con un valor de $13.48 \text{ meq } 100 \text{ g}^{-1}$, mientras los otros dos niveles mostraron la media mas baja, con un valor de $11.01 \text{ meq } 100 \text{ g}^{-1}$, como se aprecia en la Figura 3, y en el Cuadro 2, donde se muestran las medias de tratamientos de los 4 suelos.

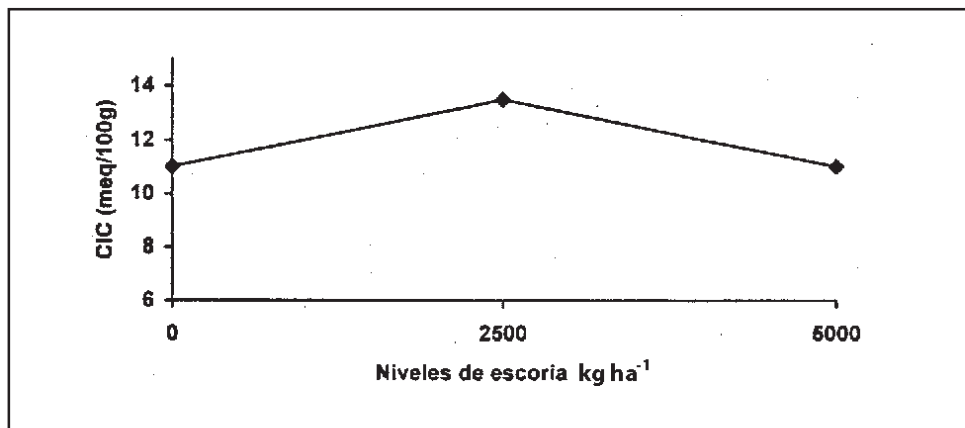


Figura 3. Comportamiento de la CIC en el Suelo 1 con la aplicación de la escoria kg ha^{-1} .

Cuadro 2. Medias de tratamientos de CIC ($\text{meq } 100 \text{ g}^{-1}$) de los 4 suelos.

Suelo	Escoria kg ha^{-1}			Urea ácida kg ha^{-1}		
	0	2500	5000	0	500	
S1	11.01	13.48	11.01	12.21	11.46	
S2	13.67	14.10	12.12	13.15	13.44	
S3	29.32	34.03	29.82	29.61	32.50	
S4	37.74	38.48	35.88	37.37	37.37	
Interacción Escoria - Urea ácida						
	0-0	0-500	2500-0	2500-500	5000-0	5000-500
S1	10.64	11.38	15.09	11.88	10.89	11.13
S2	13.24	14.10	14.85	13.36	11.38	12.87
S3	25.24	33.41	33.66	34.40	29.94	29.70
S4	36.63	38.85	39.84	37.12	35.64	36.13

La interacción de la escoria con urea ácida presentó diferencia significativa al nivel de 5 %, en donde se puede apreciar que el nivel de 2500 kg ha^{-1} de escoria, con

el nivel de 0 kg ha^{-1} de urea ácida obtuvo la media mas alta para CIC, con un valor de $15.09 \text{ meq } 100 \text{ g}^{-1}$ y la media menor se registró en el nivel de 0 kg ha^{-1} de escoria, con 0 kg ha^{-1} de urea ácida, con una media de $10.64 \text{ meq } 100 \text{ g}^{-1}$ los resultados se presentan en la Figura 4.

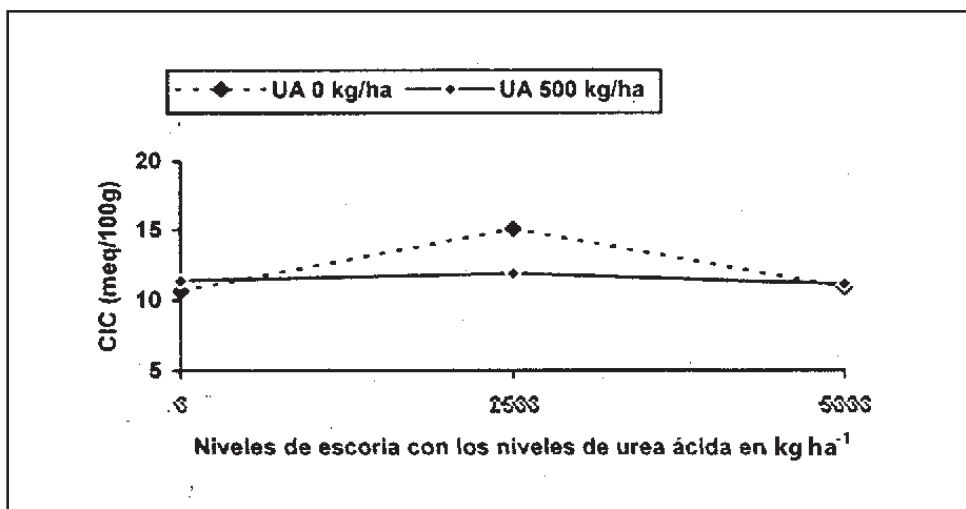


Figura 4. Comportamiento de la CIC en el Suelo 1 en la interacción de la escoria con la urea ácida en kg ha^{-1} .

La escoria presentó diferencia significativa al 5% para el Suelo 2, en donde la media de mayor valor se presentó en el nivel de 2500 kg ha^{-1} , con un valor de $14.10 \text{ meq } 100 \text{ g}^{-1}$ mientras que el nivel de 5000 kg ha^{-1} fue la menor, con un valor de $12.12 \text{ meq } 100 \text{ g}^{-1}$; este valor fue mas bajo que donde no se aplicó escoria, que es el nivel de 0 kg ha^{-1} , con un valor de $13.67 \text{ meq } 100 \text{ g}^{-1}$, como se puede apreciar en la Figura 5.

En cambio para el Suelo 3 se presentó diferencia significativa al 5 % para ambos

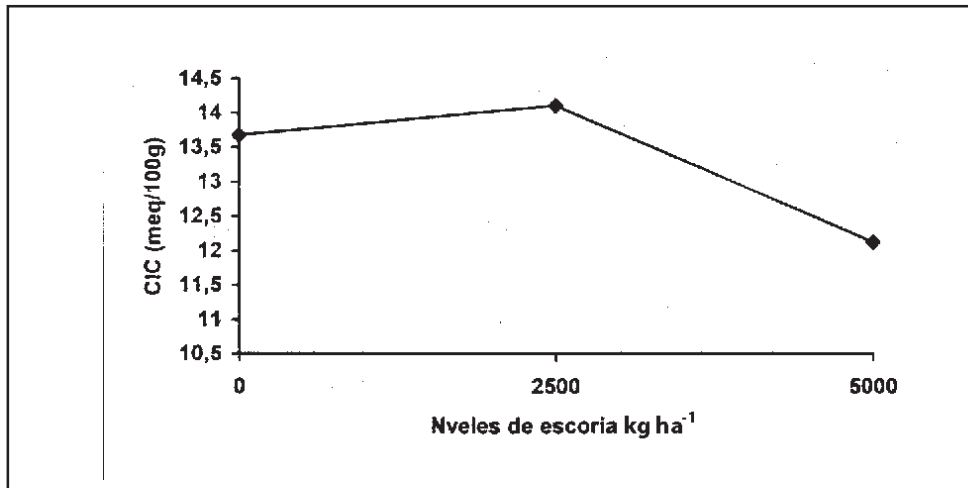


Figura 5. Comportamiento de la CIC en el Suelo 2 con la aplicación de escoria kg ha⁻¹.

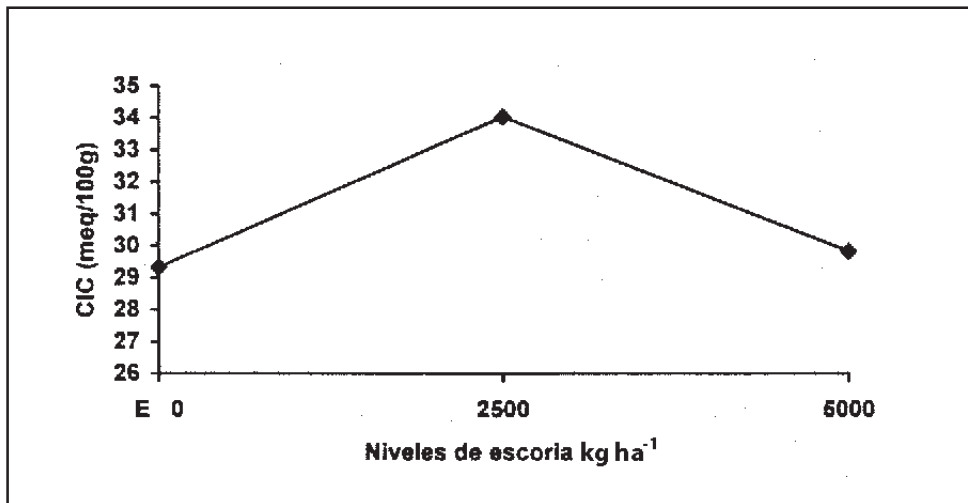


Figura 6. Comportamiento de la CIC en el Suelo 3 con la aplicación de escoria kg ha⁻¹.

factores (escoria y urea ácida), y sus interacciones. Para escoria, la media mas alta se presentó en el nivel de 2500 kg ha⁻¹, con una media de 34.03 meq 100 g⁻¹, en tanto que la media de menor valor, se registró en el nivel de 0 kg ha⁻¹, los datos se muestran en la Figura 6.

Se puede apreciar que con la aplicación de 500 kg ha⁻¹ de urea ácida, se presentó la media más alta con 32.50 meq 100 g⁻¹, los resultados se pueden observar en la Figura 7.

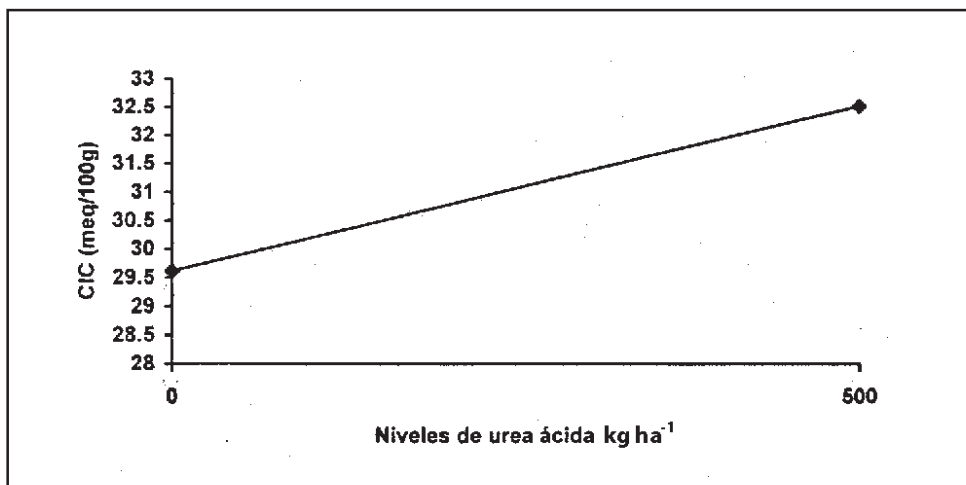


Figura 7. Comportamiento de la CIC en el Suelo 3 con la aplicación de la urea ácida kg ha⁻¹.

Para la interacción de la escoria con la urea ácida, la media de tratamientos mayor se presentó en el nivel de 2500 kg ha⁻¹ de escoria, con el nivel de 500 kg ha⁻¹ de urea ácida, con un valor de 34.40 meq 100 g⁻¹, y la media inferior en el nivel de 0 kg ha⁻¹ de

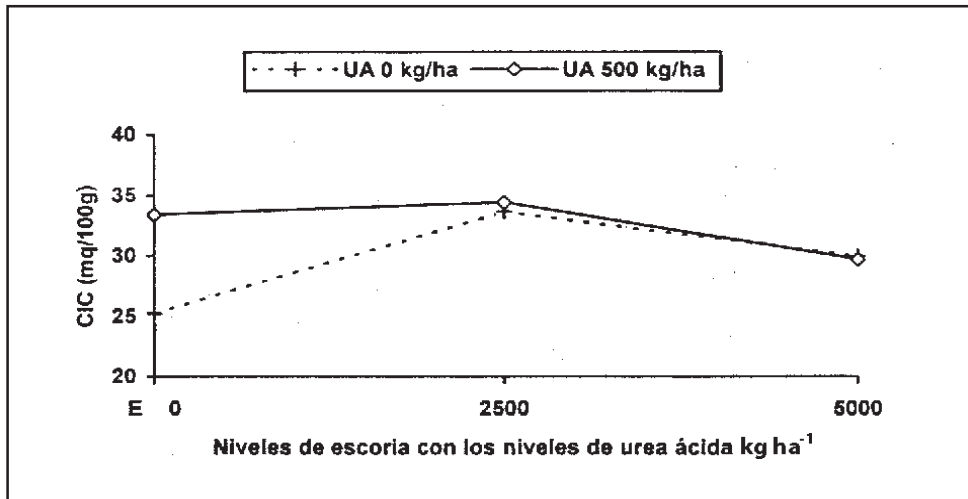


Figura 8. Comportamiento de la CIC en el Suelo 3 en la interacción de la escoria con la urea ácida en kg ha⁻¹.

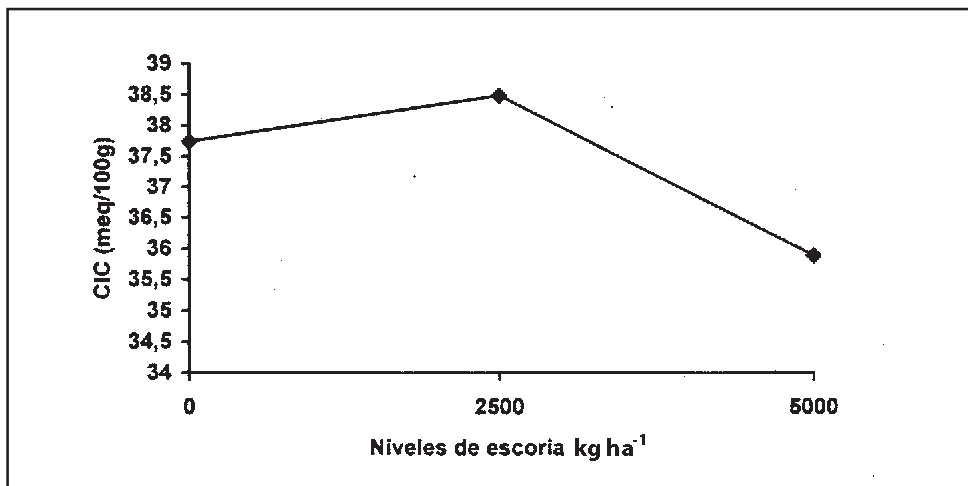


Figura. 9. Comportamiento de la CIC en el Suelo 4 con la aplicación de escoria kg ha⁻¹.

escoria, con el nivel de 0 kg ha⁻¹ urea ácida con 25.24 meq 100 g⁻¹, los resultados se muestran en la Figura 8.

En el Suelo 4 se registró diferencia significativa para escoria y la interacción con el otro factor, no así para urea ácida. Para la escoria el mayor valor de la media de tratamientos se presentó en el nivel de 2500 kg ha⁻¹, con una media de 38.48 meq 100 g⁻¹, y la menor en el nivel de 5000 kg ha⁻¹ con media de 35.88 meq 100 g⁻¹, (Figura 9).

En la interacción de la escoria con la urea ácida el nivel de 2500 kg ha⁻¹ de escoria con el nivel de 0 kg ha⁻¹ de urea ácida, presentó la media más alta con 39.84 meq 100 g⁻¹, mientras que se presentó la más baja en el nivel de 5000 kg ha⁻¹ con el nivel de 0 kg ha⁻¹ de urea ácida, con 35.64 meq 100 g⁻¹, (Figura 10).

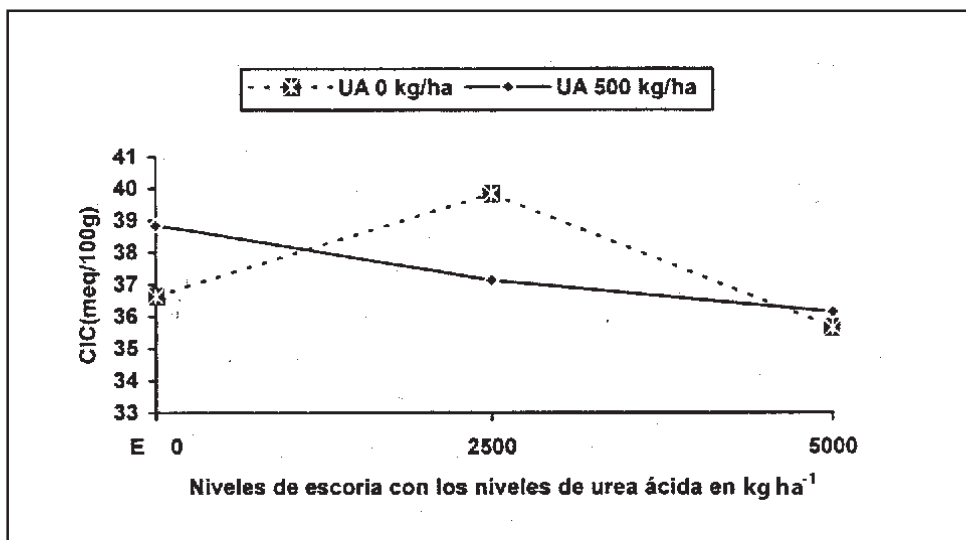


Figura 10. Comportamiento de la CIC en el Suelo 4 en la interacción de la escoria con la urea ácida.

La escoria presentó una respuesta positiva en el nivel de 2500 kg ha⁻¹ para los 4 suelos, este ligero incremento se debe a un efecto indirecto, la escoria de acuerdo a sus características químicas, provoca algunas reacciones que favorecen la descomposición de la materia orgánica, de esta manera se generan mas sitios de intercambio. Algo similar ocurre con la urea ácida, la acción del ácido sulfúrico que contiene la misma, provoca una descomposición de la materia orgánica. Lo anterior coincide con Ponette *et al.* (1991), quienes citan que la escoria con otros mejoradores, incrementa la CIC a una profundidad de 40-60 cm. Estos incrementos también concuerdan con Formoso *et al.* (1993), los cuales mencionan que al fertilizar pastos con 3 t/h⁻¹ de escoria, presentaron una disminución en el contenido de Al cambiabile, y un aumento de los contenidos de Ca y Mg en el complejo de cambio, lo cual incrementa la CIC del suelo, y decrece el valor de sodio cambiabile.

Fósforo

Al realizar el ANVA para P se presentó diferencia significativa al 5 % para escoria, en el Suelo 1, no así para el otro factor y sus interacciones, tampoco para los otros suelos. En el Suelo 1 se aprecia que en el nivel de 2500 kg ha⁻¹ se registró el mayor valor con una media de 27.83 ppm y el menor en el nivel de 5000 kg ha⁻¹ con 23.58 ppm, (Figura 11 y Cuadro 3).

Cuadro 3. Medias de tratamientos para P(ppm) de los 4 suelos.

Suelo	Escoria kg ha^{-1}			Urea ácida kg ha^{-1}	
	0	2500	5000	0	500
S1	24.31	27.83	23.58	24.72	25.76
S2	56.32	66.02	57.22	57.35	62.36
S3	49.35	53.85	52.4	52.25	51.48
S4	185.25	167.75	164.77	163.13	182.05

Interacción Escoria – Urea ácida						
	0-0	0-500	2500-0	2500-500	5000-0	5000-500
S1	23.01	25.62	28.07	27.58	23.08	24.07
S2	55.8	56.85	60.65	71.4	55.6	58.85
S3	47.4	51.3	57.05	50.65	52.3	52.5
S4	172.75	197.75	158.5	177	158.15	171.4

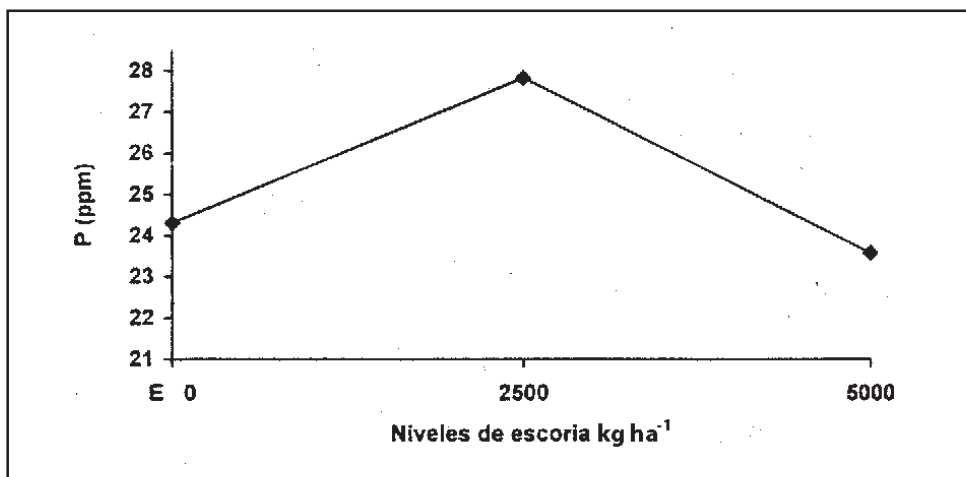


Figura 11. Contenido de P (ppm) en el Suelo 1 con los diferentes niveles de escoria kg ha^{-1}

El Suelo 1 fue el que presentó diferencia significativa para esta variable, el P que proporcionó la escoria, probablemente se encuentra disponible debido al pH del suelo. Esto coincide con Steffens (1987) que menciona que con el análisis de suelo, se demostró que la aplicación de escoria básica, incrementa el contenido de cal, H_2O y P extractable del suelo. En los cuatro tipos de suelos el nivel de escoria de 2500 kg ha^{-1} fue el que proporcionó más P que el nivel de 5000 kg ha^{-1} , este nivel mostró un efecto negativo, debido al alto contenido de material encalante de la escoria, y éste, probablemente incrementa la fijación del P, respecto a la urea ácida en el nivel de 500 kg ha^{-1} que incrementó ligeramente la disponibilidad de P de manera no significativa, debido probablemente al contenido de H_2SO_4 que contiene la urea, este es utilizado en la recuperación de suelos salinos, facilitando la disponibilidad de los nutrimentos.

Materia Orgánica (MO)

El Suelo 1 mostró diferencia significativa al 5 %, sólo para escoria, en el Suelo 3 se presentó diferencia en la interacción de los dos factores, en tanto que en el Suelo 4, se registraron diferencias con la escoria y la interacción de ésta con la urea ácida, y sólo en el Suelo 2, no se presentaron diferencias.

La escoria obtuvo la media de tratamientos mas alta en el nivel 2500 kg ha^{-1} , con un valor de 1.59 %, y la media mas baja en el nivel de 0 kg ha^{-1} , con un valor de 1.24 %, los resultados se muestran en la Figura 12 y en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Medias de tratamientos para materia orgánica (%) de los 4 suelos.

Suelo	Escoria kg ha ⁻¹			Urea ácida kg ha ⁻¹	
	0	2500	5000	0	500
S1	1.24	1.59	1.54	1.43	1.48
S2	1.30	1.39	1.37	1.33	1.37
S3	0.83	0.87	0.91	0.87	0.87
S4	6.37	6.02	5.68	5.82	6.07

Interacción Escoria - Urea ácida						
	0-0	0-500	2500-0	2500-500	5000-0	5000-500
S1	1.18	1.29	1.59	1.59	1.52	1.56
S2	1.35	1.25	1.39	1.38	1.26	1.49
S3	0.75	0.91	0.93	0.81	0.92	0.90
S4	5.73	6.53	6.17	5.88	5.56	5.81

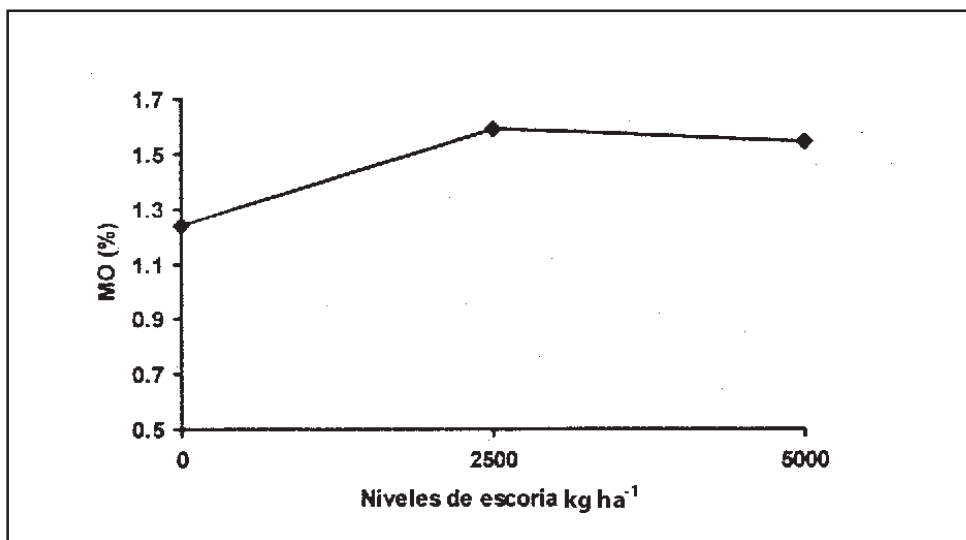


Figura 12. Contenido de materia orgánica (%) en el Suelo 1 con la aplicación de los diferentes niveles de escoria kg ha⁻¹

La interacción de escoria con urea ácida en el Suelo 3, mostró que la media de tratamientos mas alta se presentó en el nivel de 2500 kg ha⁻¹ de escoria con el nivel de 0 kg ha⁻¹ de urea ácida, con un valor de 0.93 %, seguida por el nivel de 5000, kg ha⁻¹ de escoria con el nivel de 0 kg ha⁻¹ de urea ácida, con un valor de 0.92 %, y la media mas baja en el nivel de 0 kg ha⁻¹ de escoria con el nivel de 0 kg ha⁻¹ de urea ácida, con un valor de 0.75 %, los resultados se pueden apreciar en la figura 13.

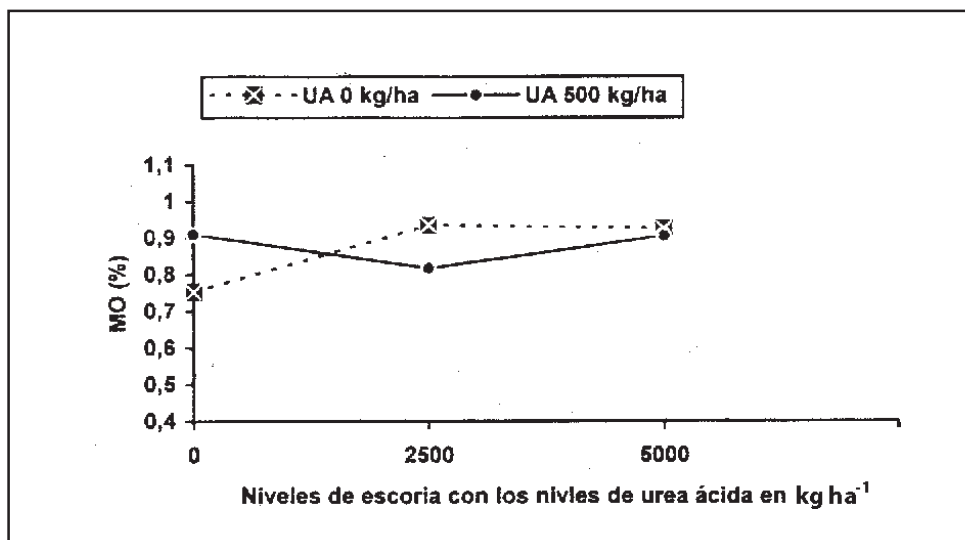


Figura 13. Contenido de materia orgánica (%) en el Suelo 3 en la interacción de la escoria con la urea ácida kg ha⁻¹.

Al ser aplicada en el Suelo 4 la escoria disminuye el porcentaje de materia orgánica; la mejor media de tratamientos se presentó al nivel de 0 kg ha⁻¹ de escoria, con un valor de 6.13 %, y la menor en el de 5000 kg ha⁻¹ con un valor de 5.68 %, (Figura 14).

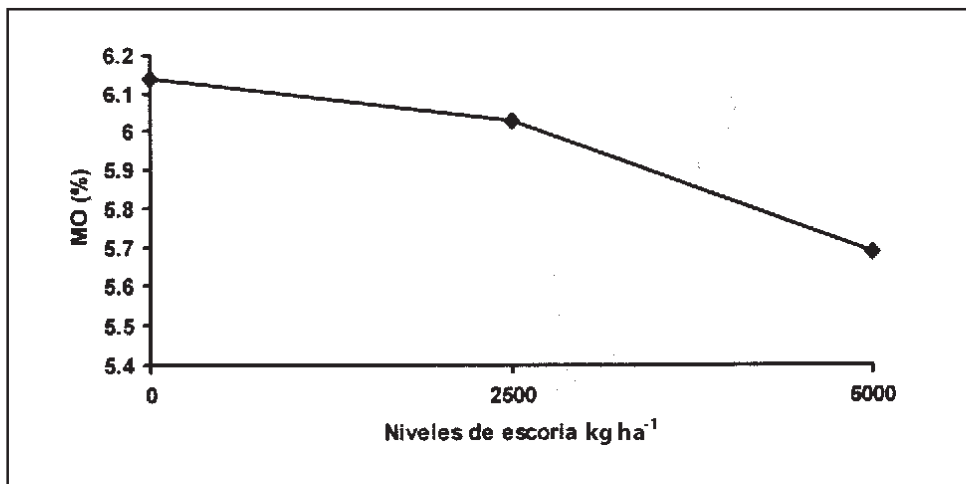


Figura 14. Contenido de materia orgánica (%) en el Suelo 4 con la aplicación de los diferentes niveles de escoria kg ha^{-1} .

La interacción de escoria con urea ácida en este mismo suelo, muestra la misma tendencia que en su forma individual, en donde se puede apreciar que la media superior se presentó en el nivel 0 kg ha^{-1} de escoria con el nivel de 500 kg ha^{-1} de urea ácida, con un valor de 6.53 %, y la inferior el nivel de 5000 kg ha^{-1} de escoria, con el nivel de 0 kg ha^{-1} de urea ácida con un valor de 5.56 %, (Figura 15).

En los Suelos 1, 2 y 3, la aplicación de escoria presentó una respuesta positiva, debido a los elementos que aporta la escoria, que favorecen la descomposición de la materia orgánica, haciendo mas disponible los nutrientes para el cultivo, lo que conlleva a una mayor producción de raíces, mismas que al descomponerse incrementan la materia orgánica.

Con la aplicación de urea ácida se favorece la descomposición de la materia orgánica, debido al H_2SO_4 presente en la misma, dependiendo del tipo de suelo. Estos

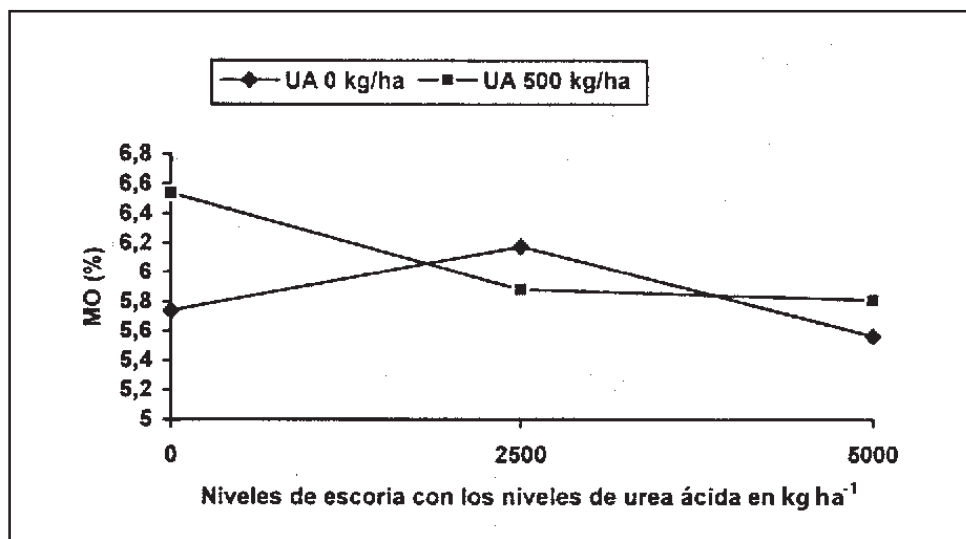


Figura 15. Contenido de materia orgánica (%) en el Suelo 4 en la interacción de la escoria con la urea ácida en kg ha⁻¹.

resultados concuerdan con lo mencionado por Formoso *et al.* (1993), quienes reportaron que las escorias producen una mayor disponibilidad de la materia orgánica y una mayor asimilación del P y K en cereales.

En el Suelo 4 al aplicar escoria se observó un efecto negativo, debido probablemente al incremento de la actividad microbiana (la cual entra en competencia por el N) generada por el material que aporta la escoria y la descomposición de la materia orgánica, que incrementan la urea ácida. En este suelo se generó una mayor producción, lo que requiere una mayor extracción de nutrimentos del suelo, disminuyendo por lo tanto esta variable. Los resultados obtenidos en este trabajo coinciden con los reportados por Osorio (1997), quien menciona que con la aplicación de escoria BOF C2 inerte en la etapa de cosecha de

maíz, los contenidos de materia orgánica presentaron un decremento de más del 50 % en comparación con la etapa de floración.

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos durante esta investigación, se presentan las siguientes conclusiones:

1. La aplicación de escorias modifica las propiedades físicas y químicas de los suelos evaluados, y cambios en el cultivo de la siguiente manera:

- En el suelo ácido se incrementa: CIC, MO, CE y Mn. Se disminuye: CC, P, K, Na, Fe.

- En el suelo salino sódico se incrementa: CIC, Mn. Decece Fe.

- En el suelo calcáreo se incrementa: EP y CIC. Disminuyen: Da, CE, Mg y Fe.

- En el suelo orgánico se incrementa: PMP y CIC. Se disminuyen: MO, pH, CE y Fe, diámetro de tallo y altura de planta al final.

2. La aplicación de urea ácida modifica las propiedades físicas y químicas, de acuerdo al tipo de suelo, además de cambios en el cultivo en la forma siguiente:

- En el suelo ácido se incrementa: Da, Mn, peso fresco y peso seco. Se disminuye: EP y Na.

- En el suelo calcáreo se incrementa: CIC, CE, Mn y altura de planta a los 69 días. Disminuye el rendimiento.

- En el suelo orgánico se incrementa: Mn y peso fresco. Se disminuye: pH.

LITERATURA CITADA

- Dimas A., J.M. 1994. Efecto de fertilizantes líquidos ácidos en maíz, cebada y triticale bajo condiciones de invernadero. Tesis licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah., México.
- Formoso A., F. López., N. Balcázar., F. Medina., J. Ruiz de Lobera y J.I. Larburu. 1993. Utilización agrícola de escorias del convertidor de oxígeno, Memorias del XV Simposium Nacional de Siderurgia, Morelia, Mich., México.
- Osorio T., M. 1997. Uso de escorias BOF C2 inerte y materia orgánica en el cultivo de maíz (*Zea maíz* L.). Tesis de maestría UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah., México.
- Ponette, Q., R. Frankart., W. Poma R. and C. Petit. 1991. Effects of mineral amendments on the physico-chemical properties of a brown acid soil in a beech stand in Belgian Ardennes. Universite de Louvain, Place Croix du Sud 2, B - 1348 Louvain la Neuve, Belgium. *Pedologie*. 41:1, 89-100.
- Steffens, D. 1987. Influence of long-term application of different P-fertilizers on phosphate availability in rhizosphere of rape. *Soils and Fertilizer*. German Federal Republic. 150:2, 75-80.