

USO DE LA ESCORIA BOF C2 INERTE Y MATERIA ORGÁNICA EN EL CULTIVO DE MAÍZ

Manuel de Jesús Osorio Torres ¹
M.C. Javier S. Silveyra Medina ²

¹ Alumno de maestría del Depto. de Suelos de la UAAAN

² Profesor Investigador del Depto. de Suelos de la UAAAN.

RESUMEN

El maíz es uno de los tres cultivos que ocupan un lugar importante como fuente de alimento para la población mundial. Los objetivos de esta investigación fueron determinar el efecto de la escoria BOF C2 inerte sobre algunas propiedades físicas y químicas en un suelo calcáreo, así como medir el efecto combinado de la escoria BOF C2 inerte, y materia orgánica sobre el desarrollo y rendimiento de maíz. El experimento se realizó en parcelas de 16 m², aplicando 0, 15, y 30 t ha⁻¹ de materia orgánica (MO) y 0, 2, 4 y 6 t ha⁻¹ de escoria BOF C2 inerte (Es). El diseño utilizado fue bloques al azar en parcelas divididas. En el suelo se evaluó densidad aparente (Da), densidad de sólidos (Ds), espacio poroso (E), capacidad de campo (CC), punto de marchitez permanente (PMP), conductividad hidráulica (K), materia orgánica (MO), conductividad eléctrica (CE), potencial de hidrógeno (pH), calcio soluble (Ca), magnesio soluble (Mg), y hierro soluble (Fe). En la planta se determinaron: días a floración masculina (DFM), floración femenina (DFF), altura de planta (AP), altura de mazorca (AM), acame de raíz (AR), acame de tallo (AT) y rendimiento de mazorca (Ren.). Las características afectadas por la escoria BOF C2 inerte y materia orgánica fueron: Da, PMP, E y CC, las otras características se mantuvieron o bajaron sus valores como pH, Ds, K, MO, Ca, Mg y Fe. En la planta únicamente se afectó DFF. Se puede afirmar que la aplicación de escoria BOF C2 inerte, tiene efectos benéficos sobre algunas propiedades físicas y químicas del suelo.

Palabras clave. Escoria BOF C2 inerte, materia orgánica, suelo calcáreo, variedad de

maíz cafime (*Zea mays* L.).

ABSTRACT

Corn is one the three most important sources of nourishment for the world's population. The object of this research is to determine the effect of the waste BOF C2 inert over some physical and chemical properties in a calcareous soil, and to determine also the combined effect of the BOF C2 inert and organic matter over the development and yearly corn yield. This test was made in plots of 16 m², applying 0, 15 and 30 t ha⁻¹ of organic matter (MO) and 0, 2, 4 and 6 t ha⁻¹ of BOF C2 inert waste (Es). The design was a randomized one in divided plots. The soil was evaluated for bulk density (Da), solids density (Ds), porous space (E), field capacity (CC), point of permanent withering (PMP), hydraulic conductivity (K), organic matter content (MO), electrical conductivity (CE), pH, soluble calcium (Ca), magnesium (Mg), and soluble iron (Fe). The plant was assayed for days to masculine flowering (DMF), days to feminine flowering (DFF), plant height (AP) and ear height (AM), root lying (AR), stem lying (AT) and ear yield (Ren.). The traits affected by BOF C2 inert waste and organic matter were Da, PMP, E, and CC, the other traits remain equal or lost some of their values such was the case with pH, Ds, K, MO, Ca, Mg, and Fe. In the plant only OFF was affected. It may be stated that the use of inert waste BOF C2 in the this culture will help to reduce the deterioration of the physical and chemical properties of many useful calcareous soils.

Key words. BOF C2 inert waste, organic matter, calcareous soils, cafime corn (*Zea mays*).

INTRODUCCIÓN

El maíz ocupa el tercer lugar entre los cultivos que son fuente de alimento para la población mundial. Para ayudar a resolver los problemas mundiales de la alimentación es urgente el mejoramiento de su productividad, sin causar deterioro en las propiedades físicas y químicas del suelo.

La media de producción nacional en México (2 t ha^{-1} aproximadamente), es muy baja, en comparación con la obtenida por otros países.

Sin duda, existen otros factores que limitan la producción de maíz en México, entre los cuales podemos mencionar: falta de uso intensivo de variedades mejoradas con altos potenciales de rendimiento, etc.

Es importante buscar alternativas que vengan a mejorar la producción de este cultivo, sin que con ella se comprometan las propiedades del suelo. Entre las cuales se menciona la escoria de altos hornos, como desecho alternativo para fines agrícolas, que mejoraría los suelos calcáreos en sus deficiencias férricas, al igual que ayudaría en la aportación de fósforo en la parte nutrimental. Otro de los materiales que aportan nutrimentos al suelo, y que junto a la escoria BOF, beneficiarían las propiedades de éste es la materia orgánica, favoreciendo la formación de agregados en el suelo por sus agentes cementantes.

En base a lo mencionado se planteó el siguiente objetivo: determinar el efecto de escoria BOF C2 inerte en propiedades físicas y químicas del suelo calcáreo.

H0: los materiales poseen propiedades importantes que benefician las características físicas y químicas en los suelos calcáreos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo se desarrolló en el Campo Experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada en Saltillo, Coah. Se evaluaron dos factores: escoria BOF C2 inerte (4 niveles Es) y materia orgánica (3 niveles MO). Se utilizó un diseño estadístico de bloques al azar en parcelas divididas, que generó un total de 12 tratamientos, con cuatro repeticiones: la parcela grande correspondió a la materia orgánica y la parcela chica a la escoria BOF C2 inerte. La formula de fertilización empleada fue 150-80-50 (kg de N, P_2O_5 V K_2O ha⁻¹). La siembra se efectuó el 22 de mayo de 1996. La variedad de maíz utilizada fue cafime. Se realizaron dos muestreos de suelo a los 65 y 120 días después de la siembra, para determinar densidad aparente (Da), densidad de sólidos (Ds), espacio poroso (E), capacidad de campo (CC), punto de marchitez permanente (PMP), conductividad hidráulica (K), materia orgánica (MO), conductividad eléctrica (CE), potencial de hidrógeno (pH), calcio soluble (Ca), magnesio soluble (Mg), y hierro soluble (Fe). En la planta se evaluaron días a floración masculina (DFM), floración femenina (DFF), altura de planta (AP), altura de mazorca (AM), acame de raíz (AR), acame de tallo (AT) y rendimiento de mazorca (Ren.). La cosecha de mazorca se hizo a los 135 días después de siembra del cultivo. En el Cuadro 1 se presentan los análisis del suelo antes de establecer la investigación y en el Cuadro 2 se muestran los tratamientos estudiados.

Cuadro 1. Análisis del suelo antes de establecer el experimento

Característica	Valor	Método utilizado
% de arena	39.8	Bouyucos
% de limo	23.3	Bouyucos
% de arcilla	36.9	Bouyucos
Textura	Migaron arcilloso	Triangulo de texturas
Da (g/cc)	1.38	Parafina
Os (g/cc)	2.41	Picnómetro
% CO ₃ totales	55.7	NaOH IN
% MO	1.49	Walkley y Black
pH	8.0	Potenciómetro
CE(ds/m)	2.25	Puente Weathstone
% Ca soluble	0.16	Absorción atómica
% Mg soluble	0.014	Absorción atómica
Fe (mg kg ⁻¹) soluble	14.8	Absorción atómica

Cuadro 2. Tratamientos estudiados en este trabajo.

Tratamiento	Nivel de MO (t ha ⁻¹)	Nivel de Es (t ha ⁻¹)
MO ₁ Es ₁	0	0
MO ₁ Es ₂	0	2
MO ₁ Es ₃	0	4
MO ₁ Es ₄	0	6
MO ₂ Es ₁	15	0
MO ₂ Es ₂	15	2
MO ₂ Es ₃	15	4
MO ₂ Es ₄	15	6
MO ₃ Es ₁	30	0
MO ₃ Es ₂	30	2
MO ₃ Es ₃	30	4
MO ₃ Es ₄	30	6

El diseño experimental consistió en un bloques al azar con parcelas divididas y el modelo fue:

$$Y_{ijk} = \mu + R_k + \alpha i + \epsilon_{ik} + \beta j + (\alpha\beta)ij + \epsilon_{ijk}$$

$$i = 1, 2, 3$$

$$j = 1, 2, 3, 4$$

$$k = \dots r \text{ (Steel y Torrie, 1993)}$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos para cada una de las características físicas y químicas evaluadas en el suelo, se presentan en los cuadros 3 y 4.

Los valores de densidad aparente a los 65 días después de siembra, generalmente son inferiores al testigo, mientras que a los 120 días del cultivo, los valores se mantuvieron o presentaron una ligera disminución en comparación con los obtenidos en el primer muestreo. Como la escoria BOF C2 inerte ayudó a mejorar la densidad aparente, Jiménez (1992) menciona que las escorias presentan cierta porosidad y capacidad de retención de humedad que ayudan a la agregación de partículas permitiendo un mejor arreglo entre ellas.

Cuadro 3. Promedios de los tratamientos evaluados al suelo en el cultivo de maíz, a los 120 días después de siembra, Buenavista, Saltillo, Coah., México 1996.

Trat	Da (g/cc)	PMP (%)	CC (%)	Ds (g/cc)	pH	MO (%)	CE (ds/m)	E (%)	K (cm/h)	Ca (%)	Mg (%)	Fe (lsg/mg)
MO ₁ E ₁	1.34	9.68	19.24	2.29	8.23	1.34	2.00	0.41	0.15	0.14	0.015	15.67
MO ₁ E ₂	1.34	9.87	19.95	2.30	8.17	1.23	2.02	0.41	0.23	0.14	0.019	14.02
MO ₁ E ₃	1.33	10.12	20.23	2.31	8.31	1.33	1.67	0.42	0.17	0.14	0.019	12.37
MO ₁ E ₄	1.30	9.82	20.38	2.30	8.26	1.40	1.87	0.43	0.20	0.14	0.019	13.20
MO ₂ E ₁	1.33	9.71	19.71	2.30	8.23	1.55	1.47	0.41	0.26	0.14	0.020	16.17
MO ₂ E ₂	1.32	9.65	19.81	2.31	8.27	1.10	1.95	0.42	0.23	0.14	0.019	14.87
MO ₂ E ₃	1.37	9.81	19.96	2.31	8.29	1.18	1.30	0.40	0.21	0.14	0.021	15.25
MO ₂ E ₄	1.34	9.69	20.41	2.31	8.28	1.10	1.20	0.41	0.22	0.15	0.021	13.10
MO ₃ E ₁	1.31	9.85	19.58	2.31	8.29	1.57	1.65	0.42	0.19	0.14	0.022	9.85
MO ₃ E ₂	1.35	10.24	20.30	2.30	8.27	1.35	1.97	0.40	0.17	0.13	0.020	12.52
MO ₃ E ₃	1.29	10.22	20.02	2.31	8.36	1.46	1.15	0.43	0.21	0.14	0.019	13.85
MO ₃ E ₄	1.30	10.50	20.80	2.31	8.25	1.59	1.77	0.43	0.20	0.14	0.019	11.12

Cuadro 4. Promedios de los tratamientos evaluados al suelo en el cultivo de maíz a los 65 días después de siembra, Buenavista, Saltillo, Coah., México 1996.

Trat	Da (g/cc)	PMP (%)	CC (%)	Ds (g/cc)	pH	MO (%)	CE (ds/m)	E (%)	K (cm/h)	Ca (%)	Mg (%)	Fe (lg/mg)
M0 ₁ E ₁	1.35	10.41	18.39	2.31	8.12	2.34	2.25	0.42	0.15	0.15	0.017	13.67
M0 ₁ E ₂	1.35	9.90	19.73	2.30	7.92	2.20	2.05	0.42	0.22	0.15	0.019	11.65
M0 ₁ E ₃	1.33	10.26	20.12	2.30	8.05	2.42	1.77	0.41	0.16	0.15	0.016	11.10
M0 ₁ E ₄	1.30	10.03	20.63	2.30	8.00	2.54	2.32	0.41	0.18	0.15	0.017	14.70
M0 ₂ E ₁	1.31	9.72	18.74	2.30	8.02	2.44	1.80	0.38	0.20	0.13	0.015	12.05
M0 ₂ E ₂	1.35	9.74	19.89	2.29	8.00	2.06	1.97	0.39	0.21	0.15	0.017	9.62
M0 ₂ E ₃	1.38	10.13	20.79	2.31	8.02	2.35	1.65	0.39	0.20	0.15	0.018	14.90
M0 ₂ E ₄	1.35	9.90	20.97	2.31	7.90	2.25	1.85	0.38	0.20	0.14	0.018	16.15
M0 ₃ E ₁	1.30	10.47	19.31	2.30	8.10	2.44	1.87	0.42	0.13	0.15	0.018	14.25
M0 ₃ E ₂	1.35	10.56	20.74	2.31	7.82	2.27	2.02	0.40	0.12	0.15	0.017	12.45
M0 ₃ E ₃	1.29	10.39	21.11	2.30	8.07	2.13	2.20	0.42	0.18	0.14	0.018	11.37
M0 ₃ E ₄	1.30	11.57	22.28	2.30	8.00	2.40	1.67	0.41	0.15	0.15	0.017	9.82

La Ds no presentó mayor variación entre los tratamientos a los 65 y 120 días después de la siembra.

El espacio poroso del suelo mostró variaciones entre los tratamientos, explicándose que la adición de escoria BOF y materia orgánica, produjo un efecto importante en la aireación del suelo.

La capacidad de campo presentó diferencias significativas a los 65 y 120 días después de la siembra, demostrando que ambos materiales tienen efecto directo en esta propiedad del suelo.

El PMP presentó significancia estadística, esta característica tiene gran importancia práctica para los cultivos y que depende del tipo de suelo.

La K presentó un ligero incremento, siendo favorable para la lixiviación de sales de la superficie del suelo, permitiendo también, mayor paso de agua a través del perfil del suelo.

El contenido de MO en el suelo aumentó a los 65 días después de siembra, por la adición de los tratamientos, en comparación al testigo; disminuyendo en un 50 % en el segundo muestreo de suelo, debido a que las plantas extrajeron mayor cantidad de nutrientes para el llenado de grano, el análisis estadístico no mostró diferencias significativas.

El pH del suelo se incrementó ligeramente en ambos muestreos (varió entre 7.82 a 8.36), pero no hubo significancia estadística para esta variable, demostrándose que la aplicación de los tratamientos no afecta la concentración de iones hidrógenos en suelos calcáreos, favoreciendo así, la siembra de cultivos agrícolas.

En los cuadros 3 y 4 se presentan los resultados promedio de la conductividad eléctrica, los cuales tendieron a disminuir, si son comparados con el testigo, esto puede ser debido a que la materia orgánica, al aumentar la porosidad y aumentar la conductividad hidráulica, ayude a bajar los contenidos de sales existentes en el suelo, ya que se permite mayor paso del agua a través del perfil del suelo lixiviando las sales, estos resultados son apoyados por Ponette (1991) quien menciona que la materia orgánica disminuye la salinidad por medio de sus compuestos.

Los resultados obtenidos para calcio soluble, son similares a los 65 días del cultivo, mientras que a los 120 días después de sembrado el cultivo, se mostró una pequeña disminución, si se comparan ambas etapas del cultivo; es conocido que el calcio presente en las escorias es liberado lentamente en el suelo. Los análisis de varianza no presentaron

significancia estadística para esta variable, por lo que los tratamientos aplicados no ejercen ningún efecto negativo sobre el suelo calcáreo.

Los resultados de magnesio aprecian un ligero incremento, con respecto al valor inicial reportado antes de establecer el experimento, pero si se comparan los valores obtenidos a los 120 días, con los obtenidos a los 65 días, existe un aumento de alrededor de un 30 %. El análisis estadístico no mostró diferencias significativas entre los tratamientos para esta variable, sin embargo, el aumento de la disponibilidad del magnesio obedece a que la materia orgánica ayuda a solubilizarlo y ponerlo a disposición para las plantas. Estos resultados son apoyados por Fuentes (1993), quien menciona que el magnesio se encuentra en el suelo en formas insolubles.

Los promedios de los resultados para hierro soluble se muestran en los cuadros 3 y 4. Según el análisis estadístico no existió significancia para los tratamientos. Las diferencias observadas en los valores del hierro soluble en las etapas de muestreo en comparación con el valor inicial, pueden deberse al método utilizado y a la extracción por el cultivo, ya que las escorias aportan lentamente este elemento, por su baja solubilidad en agua. Según Chen y Barak (1982) mencionan que los materiales orgánicos incrementan la solubilización de micronutrientes en el suelo, entre ellos el hierro.

Los resultados promedio de los días a floración masculina y femenina, se aprecian en el Cuadro 5, en el cual se observa una mínima variación entre los tratamientos para la floración masculina, sin embargo, la floración femenina presentó una variación bastante considerable. Estos resultados en el cultivo de maíz, revisten de gran importancia práctica a nivel de campo de los agricultores, debido a que cuando éstas son precoces, se tiene mayor

oportunidad de escapar a cualquier fenómeno natural adverso al cultivo.

Los datos promedio de los resultados para altura de planta y mazorca se muestran en el Cuadro 5, observando que todos los tratamientos superaron al testigo en altura de planta y mazorca. Estadísticamente estas características no fueron significativas, pero es notable un aumento numérico en los tratamientos.

El acame de raíz en los tratamientos fue mínimo, sus valores se dan en el Cuadro 5, igualmente se presentan los promedios para el acame de tallo. En el análisis de varianza no se obtuvieron diferencias significativas, demostrándose que estas características de gran importancia agronómica no son afectadas por la aplicación de los tratamientos. Es válido mencionar que la evaluación de estos acames, es para observar si los tratamientos aplicados causan un menor anclaje o un doblamiento de las plantas, ya que de existir, los rendimientos de grano del cultivo tienden a disminuir grandemente.

Cuadro 5. Valores promedio de las características evaluadas en la planta en los diferentes tratamientos, en el cultivo de maíz, Buenavista, Saltillo, Coah., México 1996.

Trat.	DFM	DFF	AP (cm)	AM (cm)	AR (%)	AT (%)	Ren (t ha ⁻¹)
1)							
MO ₁ Es ₁	66.75	69.75	202.5	123.7	1.75	0.00	6.36
MO ₁ Es ₂	64.50	71.75	222.5	142.5	1.00	0.25	5.93
MO ₁ Es ₃	66.75	70.25	216.2	148.7	2.50	0.75	7.02
MO ₁ Es ₄	65.50	69.00	225.0	138.7	2.00	0.25	5.59
MO ₂ Es ₁	64.75	68.00	215.0	128.7	2.50	0.25	6.68
MO ₂ Es ₂	65.25	69.25	228.7	133.7	1.00	0.25	6.21
MO ₂ Es ₃	65.25	67.75	232.5	141.2	3.50	0.00	6.66
MO ₂ Es ₄	64.25	67.50	222.5	138.7	1.00	0.25	6.10
MO ₃ Es ₁	65.50	69.25	207.5	131.2	2.00	0.00	7.76
MO ₃ Es ₂	66.25	72.50	227.5	131.2	1.50	0.25	7.89
MO ₃ Es ₃	64.75	68.25	218.7	131.2	1.50	1.00	6.64
MO ₃ Es ₄	66.50	69.50	218.7	130.0	0.75	0.25	6.09

El rendimiento de mazorca para los tratamientos estudiados se observan en el Cuadro 5, destacándose algunas diferencias numéricas entre los tratamientos (más de 15 %). En el análisis de varianza no existieron diferencias estadísticas para los tratamientos aplicados, significando que no se afecta la producción de mazorca en el cultivo. Estos datos son respaldados por Kovacevic *et al.* (1992) quien encontró que con aplicaciones de escorias se aumentaba el rendimiento del maíz en un 15 %.

CONCLUSIONES

De acuerdo al estudio realizado sobre las características evaluadas, y a los datos obtenidos, se llegó a las siguientes conclusiones:

De manera general, la incorporación de escorias BOF C2 inerte y de materia orgánica en el suelo calcáreo generan cambios benéficos en las características físicas y químicas (D_a , CC, PMP, E, K y CE) del mismo, una de las características físicas más afectada por la aplicación de los tratamientos fue la densidad aparente (D_a), mostrando una disminución en todos sus valores a partir del testigo, siendo esta reducción favorable para el suelo y para los cultivos agrícolas, debido al mejoramiento de la estructura, porosidad y conductividad hidráulica.

Para las características químicas, la aplicación de escorias BOF C2 inerte en combinación con materia orgánica, tienen un efecto importante sobre los suelos calcáreos, ya que no aumentan los contenidos de sales, medidas como conductividad eléctrica; el aumento en la concentración de iones hidrógenos es mínimo, ponen a disposición mayor cantidad de elementos nutritivos para el desarrollo de las plantas.

Los tratamientos aplicados al suelo mejoran los rendimientos numéricos del cultivo de maíz y no afectan el desarrollo de la planta. Es importante mencionar que la escoria BOF C2 inerte, es una alternativa para muchos agricultores que poseen tierras degradadas por el uso continuo, y el tipo de suelo que poseen, y más para aquellos que se encuentran en las cercanías de donde se están produciendo cientos de toneladas de este material.

LITERATURA CITADA

- Chen, V. y P. Barak. 1982. Iron nutrition of plants in calcareous soil. *Adv. in Agron.* 35.
- Fuentes V., J. L. 1993. El suelo y los fertilizantes, 2a Edición. Editorial Gráficas Ageno. S. A. Madrid, España.
- Jiménez, G.S. 1992. Fertilizantes de liberación lenta tipos, evaluación y aplicación. Ed. Ediciones Mundi - Prensa. Madrid, España. p 63 -65.
- Kovacevic. V. *et al.*, 1992. Response of maize application of phosphate fertilizers with different solubilities on a pseudogley in Slavonia, Znannost Praksa Poljoprivredi Prehrambenoj Tehnobogiji. 1992, 22:1.
- Ponette, Q. 1991. Effects on mineral amendments on the physic-chemical proprieties of a brow acid soil in beech stand in the Belgian aridness. *Soil and Fertilizer* 1991 054-13686.
- Steel, R.G.D. and J.H.Torrie.1993. Principles y procedures of statistics. Abiometrical approach. Ed. MacGraw Hill. LTD. Tokio, Japan.