

USOS DE LAS ZEOLITAS NATURALES DEL “BLOQUE TECNOLÓGICO EXPERIMENTAL DE LA ZEOLITA (BTEZ) DE LA ESPOL” Y SU EFECTO EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays* L.)

Miguel Quilambaqui¹, Fernando Morante², Daniela Bajaña³

RESUMEN

El continuo deterioro del suelo por el uso excesivo de fertilizantes de síntesis química hace que se busquen alternativas para un adecuado manejo de la nutrición mineral de los cultivos sin desmedro en la calidad de los recursos naturales. Las zeolitas naturales, debido a sus características de alta capacidad de intercambio catiónico (CIC), surgen como una alternativa importante para reemplazar parcial o totalmente los fertilizantes inorgánicos. Para corroborar esta hipótesis se instaló un ensayo en la que se cultivó maíz híbrido Pacific 9205, utilizando un diseño de bloques completamente al azar, compuesto por seis tratamientos y cuatro repeticiones, con un área total de 551 m². Los tratamientos consistieron en la aplicación de urea, 219 Kg/Ha; urea, 175.2 + 43.8 Kg/Ha; humus, 16000 Kg/Ha; humus, 3200 + 12800 Kg/Ha; zeolita, 2190 Kg/Ha y un testigo absoluto sin aplicación de fertilizantes. La siembra fue manual utilizando una población de 62500 plantas/Ha. A los 15 días después de la siembra, se hizo la primera aplicación de los fertilizantes y la segunda a los 45 días después de la siembra. Según los resultados, en la variable rendimiento, el tratamiento de urea al 100% (219 Kg/Ha.) presentó la mayor producción (5.980 Kg./Ha.), seguido del tratamiento urea + zeolita con una producción de 5.344 Kg./Ha.; estos a su vez muestran una factibilidad económica positiva. En cuanto a la variable altura de planta, el tratamiento de urea, presentó el mayor índice (179.2 cm.). Finalmente se concluye en éste ensayo, que el tratamiento urea al 100% (219 Kg/Ha.), presentó un mejor rendimiento en el cultivo.

Palabras clave: Zeolitas, CIC, maíz híbrido Pacific 9205.

ABSTRACT

The continuous deterioration of the soil by the excessive use of chemical fertilizers does that alternatives for an adequate management of the mineral nutrition of the cultivations without impairment in the quality of the natural resources be sought. The natural zeolitas, due to their characteristics of high capacity of exchange catiónico (CIC), they arise like an important alternative to replace partial or totally the inorganic fertilizers. To corroborate this hypothesis was installed a trial in which hybrid corn was cultivated Pacific 9205, utilizing a complete plots design, composed for six treatments and four replications, with a total area of 551 m². The processing consisted in the application of urea, 219 Kg/Has; urea, 175.2 + 43.8 Kg/Has; humus, 16000 Kg/Has; humus, 3200 + 12800 Kg/Has; zeolita, 2190 Kg/Has and an absolute control without application of fertilizers. The sowing was manual utilizing a population of 62500 plants/has. To the 15 days after the sowing, the first application of the fertilizers was

¹ Ingeniería Agropecuaria, FIMCP. Profesor - Investigador.

² Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra. Profesor – Investigador.

³ Ingeniería Agropecuaria, FIMCP. Tesista.

done and the second to the 45 days after the sowing. According to the results, in the yield variable, the treatment of urea al 100% (219 Kg/Has.) presented the greater production (5.980 Kg. /Ha.), followed by the treatment urea + zeolita with a production of 5.344 Kg. /Has; these at the same time they show a positive economic feasibility. As for the variable height of plant, the treatment of urea, presented the major index (179.2 cm.). Finally it is concluded in this trial, that the treatment urea al 100% (219 Kg/Has.), presented a better yield in the crop.

Key words: Zeolitas, CEC, hibrid corn Pacific 9205.

INTRODUCCION

Las zeolitas naturales se han utilizado en la Agricultura desde los años 60 en países como Japón y EE.UU., y a través de numerosos ensayos de campo se ha demostrado que incorporadas como aditivos en la fertilización pueden disminuir las pérdidas de nitrógeno en hasta un 60 %, sobre todo en suelos altamente permeables, debido a su alta capacidad de intercambio catiónico que les permite retener amonio, potasio y otros iones liberándolos lentamente en el suelo, reduciendo así el uso de fertilizantes y constituyendo una alternativa efectiva, fácil de emplear e inocua para el medio ambiente.

En el campo agropecuario en los últimos años el hombre ha tratado de buscar nuevas fuentes no sintéticas de nitrógeno y también de materiales o métodos que ayuden a un mejor aprovechamiento de éste elemento en el suelo. De ésta manera se ayudará a la conservación de los suelos agrícolas y a disponer de otras fuentes de nutrición para los cultivos (5).

El uso indiscriminado de fertilizantes sintéticos en la agricultura, particularmente la urea, ha tenido efectos perjudiciales en las propiedades del suelo y su conservación, causando en muchos casos la acidificación de los suelos cultivables, pérdida de la materia orgánica hasta llegar a la pérdida de la capa arable, dejando así cientos de áreas antes cultivadas en total desertificación.

Según la caracterización realizada de las zeolitas naturales en la ESPOL, son del tipo Clinoptilolita y heulandita, de la cual según la literatura existente, se conoce tiene usos y aplicaciones en la agricultura, acuicultura, industria y descontaminación ambiental (3).

Al momento, son pocos o escasos los estudios que existen en el país sobre la búsqueda de alternativas ecológicas, en la utilización de fuentes naturales que ayuden a un mejor aprovechamiento y conservación de los nutrientes en el suelo, para un mejor desarrollo de los cultivos agrícolas (5).

Sobre la base a lo expuesto anteriormente, se plantea los siguientes objetivos:

Objetivo General.

Evaluar el efecto de las zeolitas naturales en el rendimiento del cultivo de maíz.

Objetivos Específicos.

- Determinar si con la aplicación de zeolitas se puede disminuir las cantidades de fertilizantes nitrogenados y abonos naturales en el cultivo de maíz.
- Evaluar el efecto del uso de urea y humus en el cultivo de maíz.
- Evaluar el efecto del uso de zeolita combinado con urea y humus en diferentes proporciones en el cultivo de maíz.
- Analizar la factibilidad económica del uso de zeolita en la fertilización del cultivo de maíz.

MATERIALES Y METODOS

El presente ensayo se realizó en el Campo Experimental de Enseñanza Agropecuaria (CENAE) de la ESPOL, de la carrera de Ingeniería Agropecuaria de la FIMCP al interior del Campus Gustavo Galindo, ubicada en la Provincia del Guayas, cantón Guayaquil, en el kilómetro 30,5 de la vía perimetral.

La zeolita natural, fue extraída del bloque tecnológico experimental de la zeolita (BTEZ), ubicado en el Campus Gustavo Galindo. Se llevó un total de 5 sacos de 50 Kg., cada uno.

El proceso de molienda de la zeolita, se llevó a cabo en los laboratorios de la Facultad de Ciencias de la Tierra. Posteriormente se la pasó por un tamiz (malla # 12), obteniéndose la zeolita con una granulometría de 1 a 3 mm.

Antes de la instalación del ensayo se tomó una muestra de suelo en el área seleccionada, para su posterior análisis físico-químico. En base a estos datos se harían las recomendaciones para cada tratamiento.

Los tratamientos utilizados en el ensayo fueron los siguientes:

| Código | Tratamiento |
|---------------|-------------------------|
| T1 | Urea |
| T2 | Urea 80% + Zeolita 20% |
| T3 | Humus |
| T4 | Humus 80% + zeolita 20% |
| T5 | Zeolita |
| T.A. | Testigo absoluto |

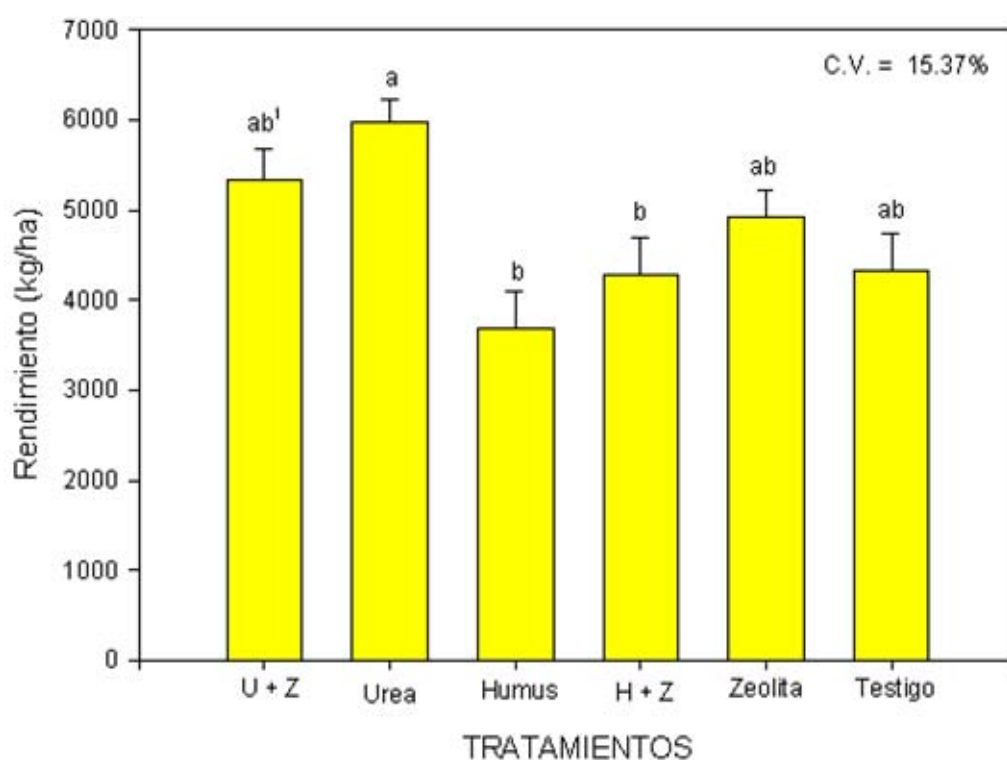
La preparación del suelo consistió en un pase de romplow y en el surcado del terreno cada 0,80 metros entre hilera, seguida a esta labor se estaquilló las parcelas de acuerdo al diseño experimental seleccionado. Se aplicó también un riego antes de la siembra. El sistema de riego es por goteo, con goteros cada 0,20 metros.

La toma de los datos se realizó cada 15 días a partir de la primera aplicación de los tratamientos, hasta la finalización del ciclo del cultivo.

RESULTADOS

Los datos obtenidos de todas las variables fueron analizados mediante el análisis de varianza (ADEVA). Para la separación de medias se utilizó la prueba de Tukey al nivel de 5 % de probabilidad ($P \leq 0.05$), el programa estadístico utilizado fue el SAS (SAS Institute 2001).

En el análisis de varianza de la variable rendimiento, se observa que existen diferencias estadísticas altamente significativas para tratamientos, es decir se rechaza la hipótesis nula de que los tratamientos son iguales y se acepta la hipótesis alternativa que al menos un tratamiento es diferente (figura 1).



1/ Valores señalados con la misma letra no difieren estadísticamente entre si (Tukey 0.05).

Figura 1. Rendimiento de los 6 tratamientos con sus diferencias estadísticas.

Con un nivel de significancia del 5% y bajo condiciones similares, en las cuales se efectuó el experimento se ve que los tratamientos evaluados difieren estadísticamente en alto grado, es decir que los tratamientos no produjeron el mismo efecto en el rendimiento, siendo el tratamiento urea el que mejor se comportó en relación al tratamiento humus y humus + zeolita; pero comparte significancia con el tratamiento urea + zeolita, zeolita y el testigo.

En la variable altura de planta y de acuerdo con Tukey ($P \leq 0.05$), no se obtuvieron diferencias entre los tratamientos, en ninguno de los 4 intervalos analizados, en relación a la altura de planta. No hubo ningún efecto de los tratamientos evaluados en ésta variable, es decir es válida la hipótesis nula de que los tratamientos son iguales y se rechaza la hipótesis alternativa que los tratamientos son diferentes.

El modelo que más se ajustó a todas las regresiones de la variable altura de planta fue el cúbico ($y = y_0 + ax + bx^2 + cx^3$). Observando los 6 gráficos podemos ver un crecimiento similar. La curva de crecimiento presentó en forma total la fase logarítmica o exponencial, la fase lineal y la fase de declinación de la tasa de crecimiento en todos los tratamientos (Fig. 2 a Fig. 7).

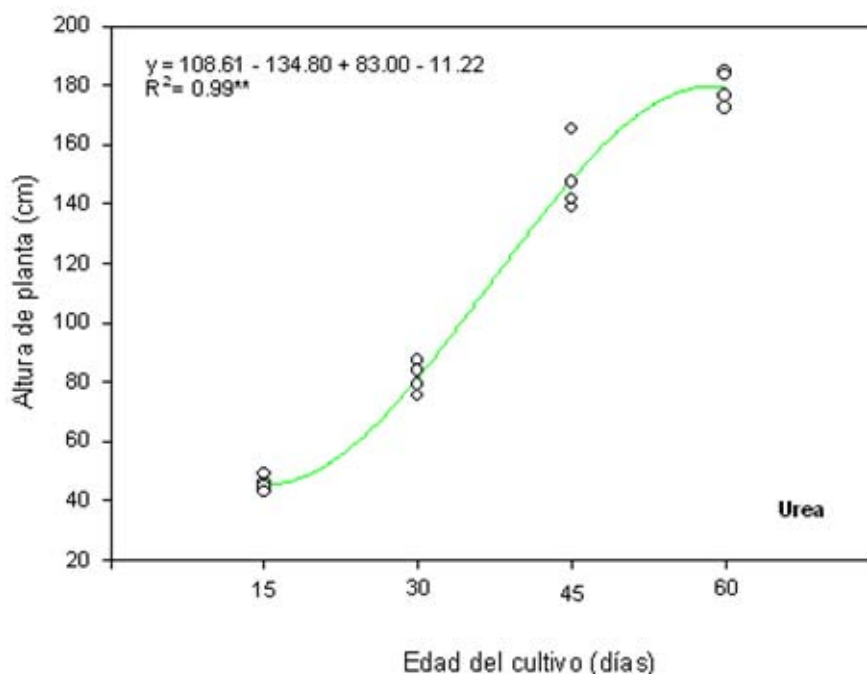


Figura 2. Regresión de altura de planta en el tratamiento 1 (Urea).

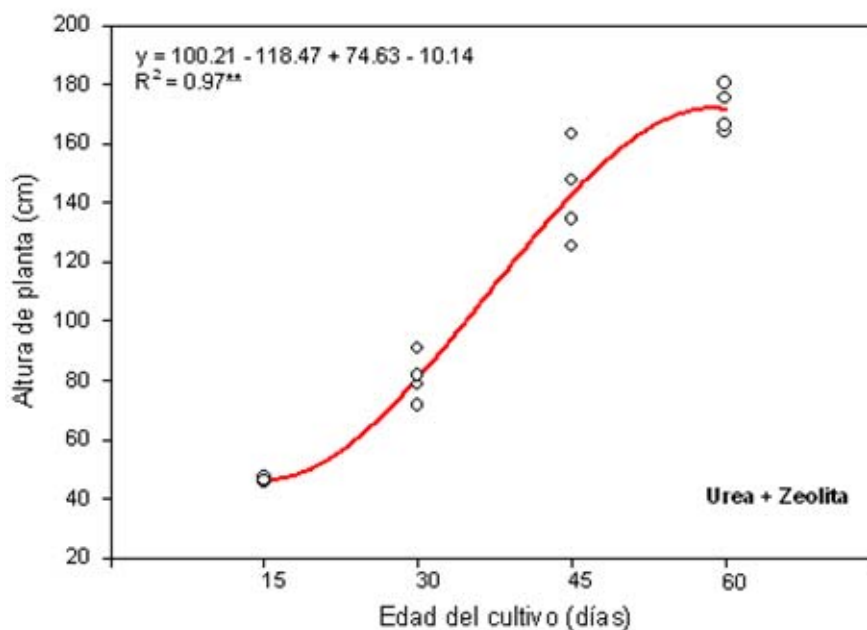


Figura 3. Regresión de altura de planta en el tratamiento 2 (U+Z).

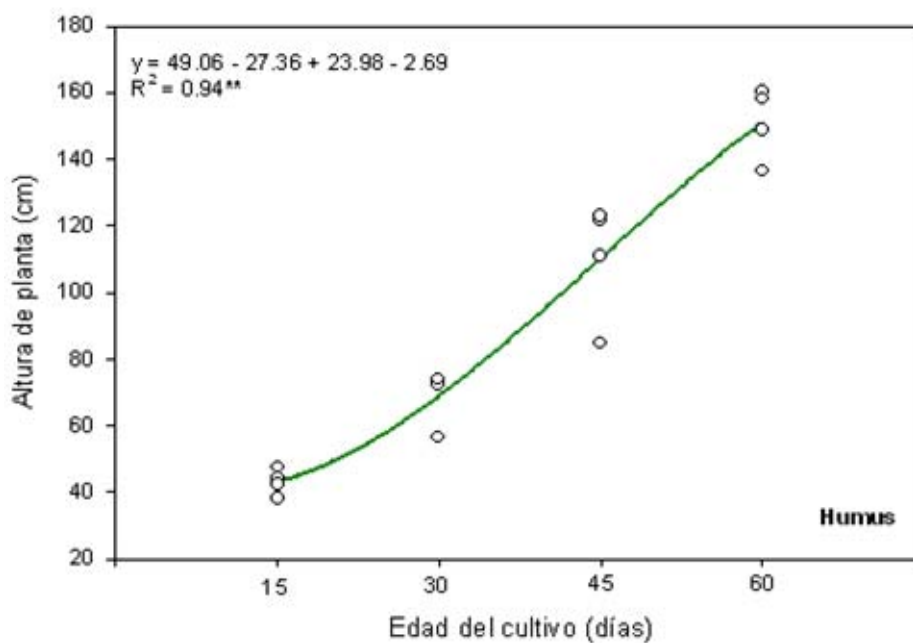


Figura 4. Regresión de altura de planta en el tratamiento 3 (Humus).

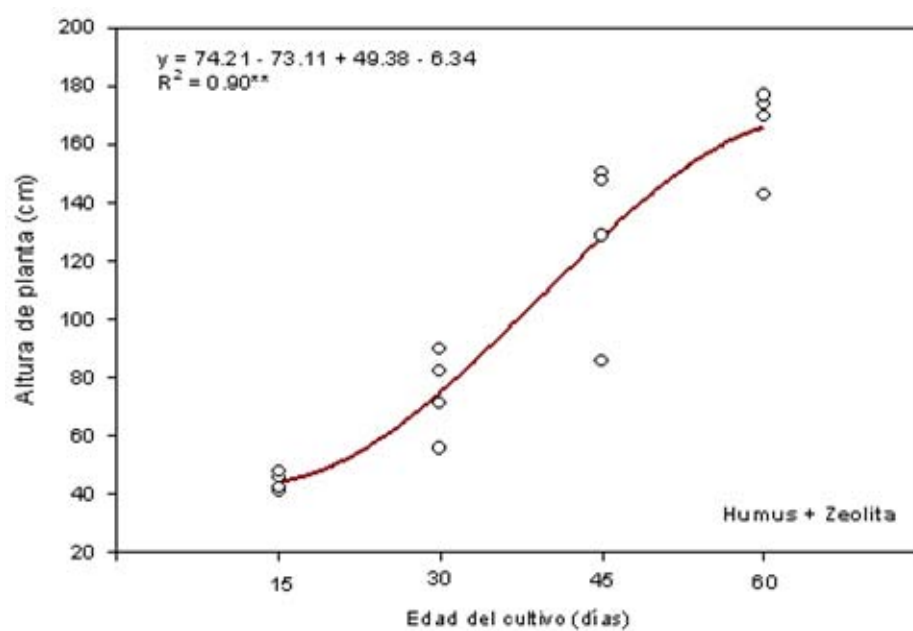


Figura 5. Regresión de altura de planta en el tratamiento 4 (H+Z).

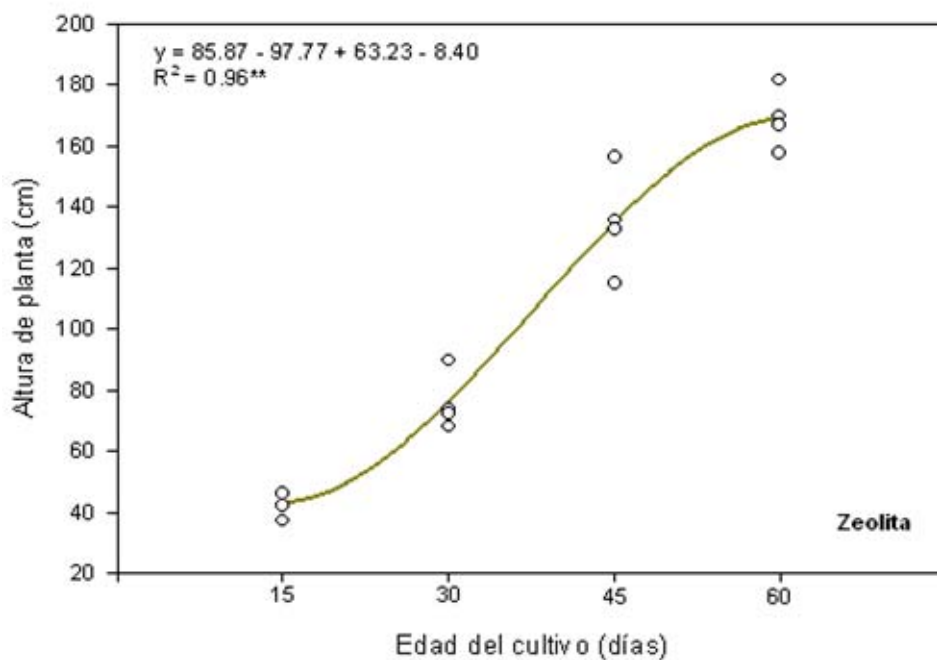


Figura 6. Regresión de la altura de planta en el tratamiento 5 (Zeolita).

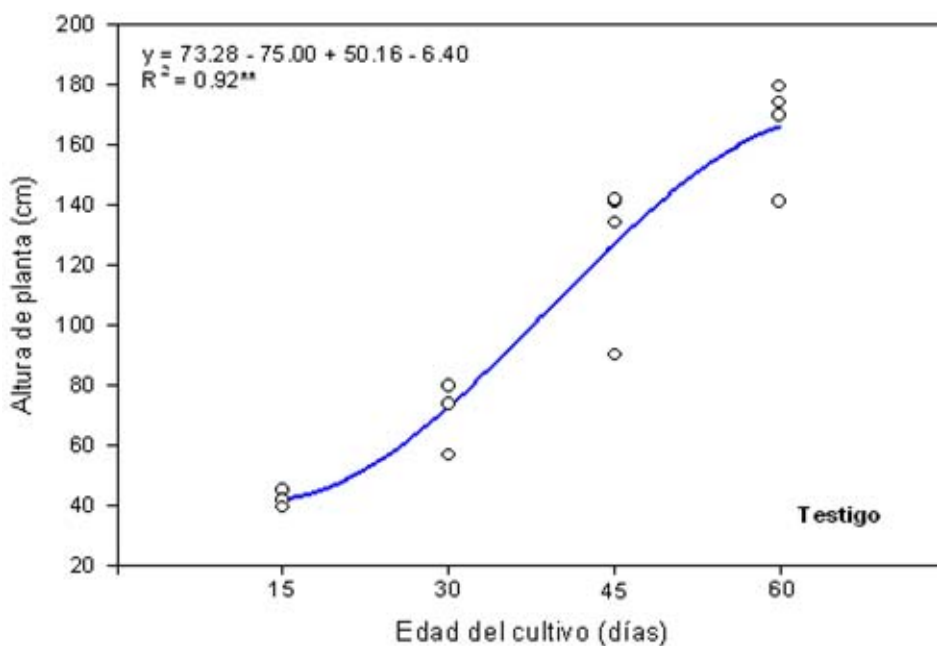


Figura 7. Regresión de la altura de planta en el testigo absoluto.

En la variable diámetro del tallo se hicieron 4 lecturas en un intervalo de 15 días cada una. No se encontró diferencia significativa en ningún intervalo de tiempo, es decir se acepta la hipótesis nula de que todos los tratamientos son iguales.

Las variables longitud de mazorca, diámetro de mazorca, número de granos por mazorca, peso de las mazorcas, diámetro de la mazorca, peso de granos por mazorca y peso seco del

follaje no se registró una diferencia estadística significativa (Tukey, $P \leq 0.05$) entre los tratamientos. No hubo ningún efecto de los tratamientos evaluados; es decir es válida la hipótesis nula de que los tratamientos son iguales y se rechaza la hipótesis alternativa que los tratamientos son diferentes.

DISCUSION

En la variable rendimiento se obtuvieron resultados donde el promedio fue 4.760 Kg/Ha, cifra dos veces mayor del promedio obtenido a nivel nacional (2.370 Kg./Ha). Cabe mencionar que estos resultados fueron obtenidos de manera experimental, bajo condiciones controladas, razón por la cual, se consiguieron mejores rendimientos, en comparación a la media nacional, debido a la interacción de diversos factores de manejo agronómico.

Con relación a los tratamientos evaluados, en la variable rendimiento, éstos tuvieron significancia estadística, siendo el tratamiento urea (5.980 Kg/Ha) el que mejor se comportó en relación a los tratamientos humus (3.693 Kg/Ha) y humus + zeolita (4.291 Kg/Ha). Pero éste mismo tratamiento compartió significancia con los tratamientos urea + zeolita (5.344 Kg/Ha), zeolita (4.920 Kg/Ha) y el testigo (4.333 Kg/Ha).

Estos resultados de la variable rendimiento, coinciden con los obtenidos por Estrada (2003), quien en un experimento realizado con zeolita en el cultivo de arroz, encontró que el tratamiento urea (4.140 Kg/Ha), fue estadísticamente significativo con relación al testigo (2.320 Kg/Ha). Además menciona ésta investigadora, que el tratamiento urea, compartía significancia con el tratamiento urea + zeolita (3.950 Kg/Ha). Cabe mencionar que el porcentaje de zeolita empleada fue del 25%, a diferencia de este experimento que se uso un 20% de zeolita.

Según los datos obtenidos en este experimento, no hubo significancia estadística en las variables agronómicas del cultivo como altura de planta, diámetro del tallo, longitud de las mazorcas, diámetro de las mazorcas, granos por mazorca, y peso seco del follaje. Estos coincidieron con los obtenidos por Estrada (2003), en donde el comportamiento de las zeolitas en el cultivo del arroz fue similar.

Según los resultados de Avila, A. (2003), en experimentos realizados con la misma zeolita natural del BTEZ, en un ensayo de campo realizado en el CENAE, en el cultivo de pepino, tampoco encontró diferencias significativas en las variables de porcentaje de germinación, altura de planta y en los porcentajes de floración y fructificación. Esto nos indica que posiblemente estas variables no son las indicativas cuando se quiere evaluar el efecto de las zeolitas (Estrada, 2003).

Mumpton, F. (1976), señala en una amplia revisión de trabajos realizados con zeolita, en cultivos como: maíz, sorgo, y trigo; que aunque las propiedades de las zeolitas han sido conocidas desde hace mucho tiempo, han sido en estos últimos años donde más trabajos se han experimentados, en sus aplicaciones física y químicas, existiendo diversos criterios ya que algunos investigadores han obtenido mayores producciones en sus ensayos, otros no han mostrado significancia estadística, en sus trabajos científicos, debido a la acción de las zeolitas.

Según el análisis económico realizado, los tratamientos de urea y urea + zeolita, en comparación al testigo absoluto, alcanzaron tasas de retorno marginales muy por encima de la tasa mínima de retorno del 100%. Las tasas fueron del 338% y 211% respectivamente. Esto nos indica que la inversión en ambos tratamientos es recuperada y además se obtiene una ganancia por cada dólar invertido de \$3,4 y \$ 2,1., respectivamente.

Según los resultados de los análisis de suelo realizados en las muestras de cada unidad experimental a los 15 dds, y 45 dds, éstos presentaron en general, que la concentración de los niveles de nitrógeno, fósforo, potasio, y capacidad de Intercambio catiónico, no difirieron entre el primero y el segundo análisis efectuado.

En cuanto a los valores de pH, se encontraron variaciones entre los resultados del primer y segundo análisis, siendo los mismos 7,1 a 6,2 respectivamente, lo que indica que el pH del suelo, cambió desde neutro a ligeramente ácido. Esto posiblemente se deba a la interacción de varios factores, que interactúan en el mismo, tales como: origen del suelo, la lixiviación de elementos básicos y la fertilización nitrogenada (INPOFOS; 1988).

CONCLUSIONES

Según los resultados obtenidos en el experimento, podemos llegar a las siguientes conclusiones:

- Estadísticamente, se obtuvieron los mejores resultados en la variable rendimiento, con el tratamiento urea, compartiendo significancia con los tratamientos urea + zeolita, zeolita y el testigo absoluto.
- El efecto combinado de urea + zeolita, en la variable rendimiento, obtuvo niveles altos, numéricamente por debajo de lo obtenido con el tratamiento de urea al 100%, pero compartiendo significancia en el mismo grupo.
- El efecto de los tratamientos de humus y de humus + zeolita, en la fertilización del cultivo de maíz no fue óptimo ya que alcanzó rendimientos (3.693Kg/Ha. y 4.291Kg/Ha., respectivamente) por debajo de los obtenidos con el tratamiento de urea (5.980 Kg/Ha). Esto es debido a que la urea es una fuente de nitrógeno de rápida liberación a diferencia del humus orgánico que no contiene la misma cantidad de nitrógeno y que además es de lenta liberación de sus componentes.
- Económicamente los tratamientos urea y urea más zeolita en comparación al testigo absoluto, alcanzaron tasas de retorno marginales muy por encima de la tasa mínima de retorno del 100%. Las tasas fueron del 338% y 211% respectivamente (Ver apéndice 18-20).

BIBLIOGRAFA

1. AMETHYST GALLERIES, 2000. "Clasificación de las zeolitas". <http://mineral.galleries.com/minerals/silicate/zeolites.htm>
2. ANÓNIMO, 2001. "Mejora de la capacidad fertilizante del estiércol tratándolo con zeolita", www.ars.usda.gov/is/2001/011003.htm.
3. Arias Alba, 2002. "Indicadores urbanos ciudad de Guayaquil", Mundo Gráfico, pp.27.
4. Bosh Pedro y Schifter Isaac, 2002. "Qué es una zeolita en el laboratorio de análisis", www.omega.ILCE.edu.mx:3000/sities/ciencia/volumen1/ciencia2/55/htm/SEC3.html.
5. Bosh Pedro y Schifter Isaac, "Usos de las zeolitas", 2002. www.omega.ILCE.edu.mx:3000/sities/ciencia/volumen1/ciencia2/55/htm/SEC5.html.
6. Breck, D. W. 1974. "Zeolite Molecular Sieve", John Wiley and Sons, New York, pp. 771.
7. Cabot P. Francisco, "Propiedades y aplicaciones de las zeolitas. México".
8. Campos R. Eduardo, "Planta zeolítica para abastecimiento de agua en zonas de desastre", Universidad Autónoma de Puebla.
9. Castellanos S. José, "Las zeolitas, contribución al desarrollo sostenible".
10. CIMMYT, 1989. "Análisis de presupuesto parciales", pp 1-54.
11. CIPIMM, 1998. "Aplicación de la zeolita en diversas ramas de la ciencia", Cuba.
12. Díaz C. Gorky y Estupiñán V. Kléber, 2003. "Maíz alternado con mucuna más fertilización para el incremento del rendimiento, control de malezas y reciclaje de nutrientes para pequeños productores de la parte alta de la Cuenca del río Guayas", Universidad técnica estatal de Quevedo.
13. García Fernando O., "Criterios para el manejo de la fertilización del cultivo de maíz.", 2002. <http://www.elsitioagricola.com/articulos/garcia/Criterios.asp>
14. Hach Company, SIW-1, 1992. "Soil and Irrigation water manual".
15. Lorente H. Juan, 1997. Biblioteca de la Agricultura (1ra. Edición, Editorial Lexus.), pp. 472.
16. Morante C. Fernando, 2002. "Proyecto geominero de zeolitas naturales en el campus politécnico Gustavo Galindo" (Tesis, Facultad e Ingeniería en Ciencias de la tierra, Escuela Superior politécnica del Litoral).
17. Morante C. Fernando, 2004. "Las Zeolitas de la Costa de Ecuador (Guayaquil): Geología, Caracterización y Aplicaciones". (Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid,) pp. 122, 125, 139, 147.
18. Mumpton F. A. & Ormsby W. C. 1976. "Clays Clay Miner", pp.24.
19. National Academy of Sciences Colloquium. 1998."Geology, Mineralogy, and Human Welfare", www.pnas.org/cgi/content/full/96/7/3463
20. Parsons M. David, "Manuales para educación agropecuaria, Maíz" (2da. Edición, Editorial Trillas).
21. Pond Wilson G., 1994. "Zeo-Agriculture. Use of Natural Zeolites in Agriculture and Acuaculture", (International Comitee on Natural Zeolites, New York,), pp 95-105, 449-454.
22. Quilambaqui M., Ayala C., Morante F., 2002. "Usos de las zeolitas naturales" VLIR-ESPOL.
23. Quilambaqui, Ayala y Morante, 2003. "Efecto de las zeolitas naturales en el cultivo de fréjol en condiciones de vivero".
24. Romero César, 2000. "Informe final del proyecto "Sustratos ecológicos a base de zeolitas naturales".
25. Servin Leonel, 2003. "Metalurgia de minerales no metálicos", www.monografias.com/trabajos/zeolitas/zeolitas.shtml
26. Sofety Sorb, 2000. "101 fantásticos usos para la zeolita".
27. Suquilanda M., 1997. "Agricultura orgánica, alternativa tecnológica del futuro", UPS Ediciones, Quito.
28. Valente Tellez, "Los abonos agroecológicos", DESMI, A.C. <http://www.laneta.apc.org/biodiversidad/documentos/agroquim/abonorgadesmi.htm>.