

USO DE LA ZEOLITA EN CULTIVOS DE IMPORTANCIA ECONOMICA.**USE OF THE ZEOLITA IN CULTIVATIONS OF ECONOMIC IMPORTANCE**Miguel Soca Nuñez ⁽¹⁾

La aplicación de zeolita natural en la agricultura es una práctica que ha tomado auge en los últimos veinte años, por lo que es necesario realizar continuos estudios, en los suelos donde es aplicada. Este trabajo tuvo como objetivo determinar la dosis porcentual de zeolita en los cultivos de plátano, caña de azúcar, arroz y café y su impacto en las propiedades químicas de los suelos. Durante los años 2010 -2013 se condujeron experimentos en fincas de Ecuador y Cuba. Para todos los casos se utilizaron un diseños estadísticos de bloques al azar, con 5 tratamientos (0,12.5, 25,50 y 75 % mezclados con los fertilizantes químicos) y 4 repeticiones. La zeolita empleada correspondió al yacimiento de Tasajera-Cuba y los suelos estudiados fueron Alíticos, Pardo grisáceo, Pardo con carbonatos y Húmicos sialíticos por ser los más representativos con vocación agrícola. La mejor variante correspondió a la mezcla de un 25% de zeolita con fertilizantes químicos para todos los cultivos, el uso de esta mezcla logró además incrementar el contenido de bases intercambiables, la concentración de nutrientes en los suelos y los rendimientos agrícolas de los cultivos.

Palabras clave: Zeolita, Suelos, Plátano, Arroz, Café

The application of natural Zeolite in the agriculture is a practice that has taken peak in the last twenty years, for what is necessary to carry out continuous studies, in the floors where it is applied. This work had as objective to determine the percentage dose of Zeolite in the banana cultivations, cane of sugar, rice and coffee and its impact in the chemical properties of the soils. During the years 2010 -2013 behaved experiments in properties in Ecuador and Cuba. For all the cases a statistical designs of blocks were used at random, with 5 treatments (0, 12.5, 25, 50 and 75 blended% with the chemical fertilizers) and 4 repetitions. The used Zeolite corresponded to the location of Tasajera-Cuba and the studied floors were Alíticos, Brown grizzly, Brown with carbonates and Húmicos sialíticos to be the most representative with agricultural vocation. The best variant corresponded to the mixture of 25 Zeolite% with chemical fertilizers for all the cultivations, the use of this mixture was also able to increase the content of interchangeable bases, the concentration of nutritious in the soils and the agricultural yields of the cultivations.

Key Words: Zeolite, Soils, Banana, Rice, Coffee

Recibido: 17 de junio del 2016**Aprobado en su forma original:** 7 de abril del 2018

Departamento de Suelos-Ministerio de Agricultura - MINAG, La Habana Cuba.

E-mail: suelopncms2@oc.minag.cu

INTRODUCCIÓN

Los suelos Pardos en Cuba y Húmicos carbonáticos ocupan una superficie de 2 526 000 millones de Hm^2 siendo los más extensos e importantes para la economía del país, donde son utilizados en diferentes tipos de cultivos. Dentro de las limitaciones de su uso se encuentran la presencia de zonas erosionadas y su baja profundidad efectiva. Para incrementar la producción en estos suelos, se vienen usando diferentes tipos de enmiendas como las zeolitas que mejoran sus propiedades y contribuyen a la sostenibilidad de los sistemas agropecuarios.

Las zeolitas son enmiendas que mejoran las propiedades químicas de los suelos y son efectivas para incrementar la capacidad de intercambio catiónico (CIC) en la zona de las raíces y disminuir las aplicaciones de fertilizantes, reduciendo las pérdidas por volatilización y lixiviación de los mismos (Gholamhoseini et al, 2013). Las zeolitas son aluminosilicatos cristalinos y porosos que les permite el intercambio iónico sin cambiar su estructura atómica (López et al, 2010). De acuerdo con Jha et al, (2009), las zeolitas son apropiadas para retener iones como el amonio (NH_4^+) y retrasar el proceso de nitrificación, reduciendo la lixiviación de amonios y nitratos hacia aguas subterráneas gracias a su alta CIC del orden de 120 a 200 cmol (+) kg^{-1} . Inclusive investigadores como Zwingmann et al, (2009) han reportado que las zeolitas tratadas pueden incrementar hasta once veces la capacidad de retención de amonio, pudiéndolas clasificar como fertilizantes de liberación lenta.

Otros beneficios de su aplicación han sido reportados como mejorar la capacidad de retención de humedad de la capa arable, facilitar el movimiento del agua en el perfil y reducir la densidad aparente del suelo, lográndose un incremento de producción en la cosecha de los cultivos, y sobre todo, reduciendo el impacto ecológico (Colombani et al, 2014).

La zeolita no actúa como fertilizante sino como una enmienda que permite incrementar la

eficiencia de estos, permitiendo una disponibilidad controlada de los cationes que son utilizados por las plantas en su nutrición (Costafreda, 2014). Sin embargo, estudios recientes como los realizados por Colombani et al, (2015) muestran el potencial de uso de las zeolitas junto al estiércol de cerdo como abonos de liberación lenta, minimizando la lixiviación de nutrientes. Sin embargo, al igual que otras enmiendas como las cales agrícolas, la eficiencia de desempeño puede estar determinada por el tamaño de su partícula y por la dosis empleada.

El plátano y el cultivo de la caña de azúcar tiene una alta capacidad para extraer nutrientes del suelo, por lo cual, las características químicas de este son muy importantes para el crecimiento y desarrollo del cultivo al igual que el manejo de la fertilización del cultivo, el cual requiere de elementos químicos imprescindibles para su crecimiento y producción denominados elementos esenciales. Casals (1988) indica que la clinoptilita, procedente de varios yacimientos, se ha empleado para ayudar a retener en el suelo los cationes por periodos mayores de tiempo. Además, de su incorporación a los suelos aumenta el rendimiento de las cosechas, la retención de humedad evita las enfermedades propias de las raíces de las plantas y sirve como fuente de macro-componentes, el plátano es una de las mayores fuentes de ingreso de los países en vías de desarrollo, además de su importancia en la seguridad alimentaria de la región.

La producción del plátano y la caña de azúcar pueden verse afectada por las carencias nutricionales de los suelos, principalmente del nitrógeno y el potasio. La utilización de la zeolita en la caña de azúcar surge a partir de los trabajos realizados por Gil et al. (1988) y Rodríguez et al. (1988) los cuales sugirieron el uso de este mineral en dicho cultivo como potenciador de los fertilizantes químicos, ya que permite reducir sus pérdidas por lavado y desnitrificación Yogodin et al. (1986). El objetivo del presente estudio fue evaluar, la dosis porcentual de zeolita en las formulaciones de los fertilizantes químicos de

los cultivos de plátano, caña de azúcar, arroz y café.

MATERIALES Y MÉTODOS

La zeolita empleada provino de la mena de Tasajera ubicada en Villa Clara a la cual se le realizó en colaboración con el Centro de Investigaciones y Proyectos para la Industria Minero-Metalúrgica (CIPIMM), la identificación del mineral, empleando la Difracción de Rayos

X y análisis químicos y mineralógicos. Esta zeolita tuvo una composición de 85% de clinoptilonita + Heulandita, 5-10% de Modernita y 5-10% de otros componentes. La tabla i muestra su composición química.

Tabla 1. Análisis químico y composición catiónica de la zeolita

Mena	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	CaO	N ₂ O	K ₂ O	F ₂ O ₃	PPI	CICT	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺
	%								Cmol(+) kg ⁻¹				
Tasajera	66.0	10.1	0.4	2.9	2.9	0.8	1.8	15	138	92	4	9	34

PPI=Perdidas por ignición de gases

Los experimentos de plátano se realizaron bajo un diseño de bloque al azar donde se estudiaron 5 tratamientos (0,12.5, 25, 50, y 75 % de zeolita) y 4 réplicas en suelo Pardo sialíticos. El área experimental estuvo conformada por 45 plantas de las cuales 25 corresponden a la unidad experimental, ubicados en la finca Celia María. Provincia El Oro Ecuador. Una vez finalizada la fase de emisión foliar en época de parición se procedió a cosechar 30 plantas por tratamiento a los 140 días después de la floración y de 30 racimos se tomaron las frutas las cuales se separaron en cascara y fruta llevadas al laboratorio para su análisis. Se realizaron 3 aplicaciones de fertilizantes mezclados con zeolita. Fase 1 hoja 5, fase 2, después de la floración y fase 3 cercano al belloteo. Se realizaron 3 aplicaciones de fertilizantes con dosis de 100,50, 200 kg/ha/año utilizando los portadores Urea (46 %), SST (46%) y KCL (60%).

El estudio de la zeolita en la caña de azúcar se realizó en el Ingenio Progreso, Veracruz, México.

En total se realizaron 240 mediciones de altura y grosor medio del tallo. La evaluación estadística se efectuó mediante el programa SAS, se empleó el test de Tukey para $p < 0.05$.

Efecto de la zeolita en la producción de masa seca en arroz Oryzasativa

Se realizó en diciembre de 2012, un ensayo en 1000 m² en cultivos de arroz variedad INIAP-14 en un diseño de Bloques Completos al Azar. Cada bloque tuvo un área de 200 m², los cuales fueron separados 1 m entre ellos para evitar efectos de borde. Los tratamientos planteados en un área de 50 m² cada uno fueron: testigo el cual no tuvo ninguna aplicación, urea en dosis de 120 kg hm⁻², Urea+zeolita (10 %), Urea+zeolita (15 %) con cinco repeticiones por tratamiento. Se empleó una densidad de siembra de 200 plantas m⁻² para garantizar 350 - 400 panículas m⁻². Se evaluaron dos métodos de siembra y aplicación de materiales: trasplante (45 kg hm⁻² de semilla) y al voleo (100 kg hm⁻² de semilla). En el método de trasplante, la aplicación de urea y/o zeolita se realizó en el sitio de siembra incorporándola a una profundidad de 0,02 m y en el método al voleo la aplicación de materiales se realizó esparciéndolos uniformemente e incorporándolos a 0,03 m de profundidad con un rodillo compactador. Se evaluó las pruebas agronómicas se efectuaron en 58 parcelas de producción de una hectárea de extensión cada una, en 4 tipos de suelos los cuales son representativos del 96 % de la superficie del ingenio.

rendimientos del cultivo al cabo de su ciclo de producción por área de cada tratamiento (50 m²), teniendo en cuenta del total cosechado, el producido de arroz blanco listo para consumo.

Para el estudio del café, se montaron ensayos en diseños de bloque al azar con diferentes tratamientos en vivero (0, 5, 10 y 15 % de zeolita en el sustrato) en los ensayos de campo (Urea+0,10, 15, 30 % de zeolita en sustitución) y (NPK+12.5, 25, 50 de zeolita en sustitución). En Jibacoa Villa Clara. Se utilizó el test de Duncan para $p < 0.05$.

Los análisis químicos de suelos se realizaron según la norma NRAG 879.88 (1996) del Instituto de Suelos y los análisis foliares por la norma Ramal NRAG/CNTN-O5 (2010).

El análisis estadístico de los datos consistió en la verificación de su distribución normal a través de la prueba de Shapiro Wilk y homogeneidad de varianzas con la prueba de Levene. Se realizaron análisis de varianza y la prueba de Tukey para determinar diferencias significativas entre tratamientos. En los experimentos de los cultivos se empleó la prueba de Duncan.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Experimento 1. Dosis de zeolita natural mezclada con fertilizantes en 2 variedades de plátano.

Tabla 2. Impacto de la zeolita sobre los parámetros de crecimiento del plátano (GRAFICO).

Tratamientos	Altura (metros)	PerimetroSeudotallo (cm)	Número hojas en floración)
DOMINICO			
100-50-200	3.40 b	60b	10
NPK+12.5%	3.45 b	63b	11
NPK+25%	3.95 a	69a	11
NPK+50%	3.47 b	64b	10
NPK+75%	3.39 b	60b	10
Esx	0.051	1.052	0.183 n.s
DOMINICO-HARTON			
100-50-200	3.38b	55b	12
NPK+12.5%	3.40b	61a	11
NPK+25%	3.58a	64a	12
NPK+50%	3.56a	54b	12
NPK+75%	3.40b	53b	11
Esx	0.067	1.482	0.208ns

a, b, c, Medias con letras comunes en los superíndices dentro de cada fila no difieren significativamente según la prueba de Duncan para $p < 5\%$

En la tabla 2 se exponen los parámetros de desarrollo avanzado en ambas variedades. Las variables de desarrollo presentaron valores no significativos, aunque en el tratamiento del 25

% de zeolita existe una tendencia a disminuir el tiempo de siembra a cosecha.

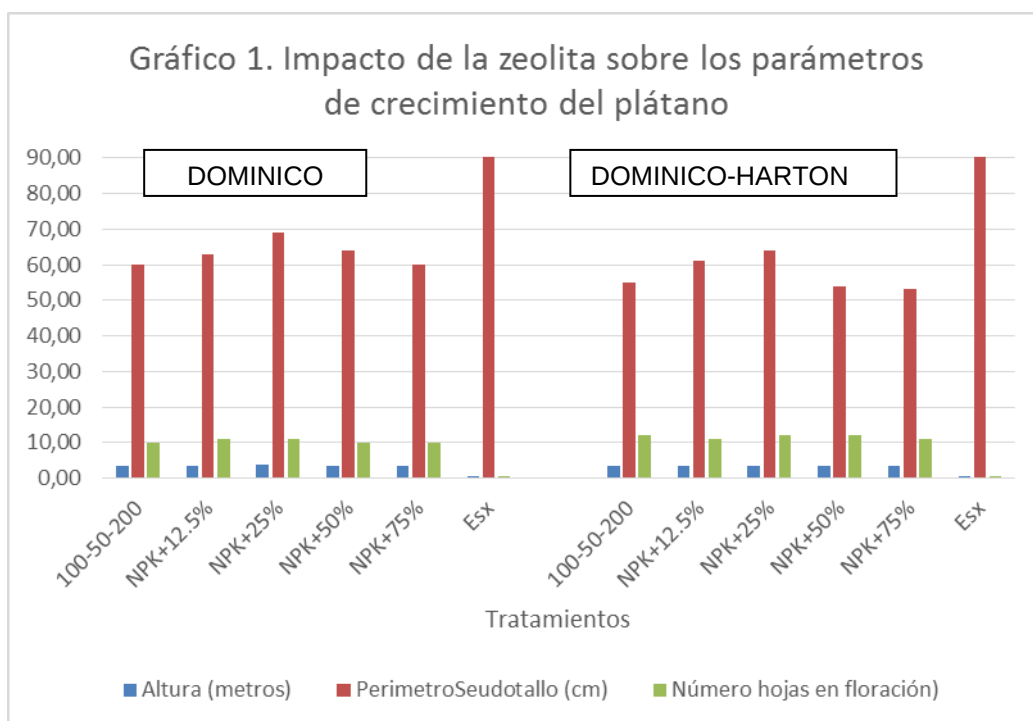


Gráfico 1. Impacto de la zeolita sobre los parámetros de crecimiento del plátano

En la tabla 3 se muestran los parámetros de producción

Tabla 3. Parámetros de producción

Tratamientos	No dedos	No manos	Peso racimo (Kg)
DOMINICO			
100-50-200	105	8	17b
NPK+12.5%	105	9	18.9b
NPK+25%	108	9	22a
NPK+50%	105	8	17b
NPK+75%	104	8	16b
Esx	1.230 n.s	0.974 n.s	1.875
DOMINICO-HARTON			
100-50-200	30	5	13b
NPK+12.5%	30	6	13.5b
NPK+25%	32	6	16a
NPK+50%	30	6	13b
NPK+75%	27	5	12.9
Esx	1.274 n.s	0.942 n.s	1.9

a, b, c, Medias con letras comunes en los superíndices dentro de cada fila no difieren significativamente según la prueba de Duncan para $p \leq 5\%$

Entre las variables de producción analizadas presentan diferencias significativas para ambas variedades, destacándose el tratamiento del 25% de zeolita, que supera al testigo entre 3 y 5 kg/racimo, lo cual evidencia

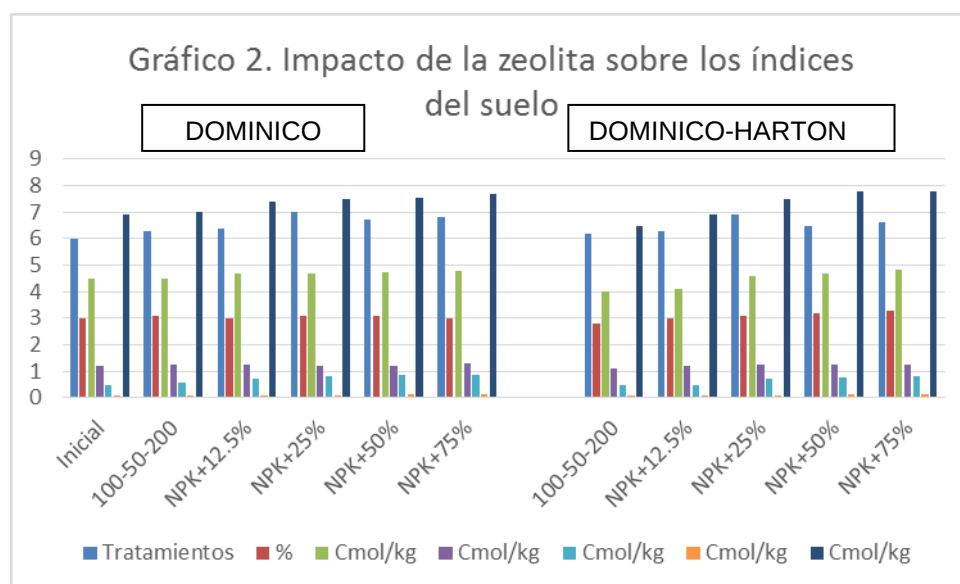
que la zeolita a través de la fertilización, es independiente de las exigencias de las variedades estudiadas.

Tabla 4. Impacto de la zeolita sobre los índices del suelo (GRAFICO).

Tratamientos		%	Cmol/kg				
	Phkcl	M.O	Ca	Mg	K	Na	CIC
	DOMINICO						
Inicial	6.0	3.0	4.49	1.20	0.50	0.09	6.90
100-50-200	6.3	3.1	4.50	1.23	0.55	0.10	7.00
NPK+12.5%	6.4	3.0	4.70	1.25	0.73	0.11	7.41
NPK+25%	7.0	3.1	4.71	1.22	0.83	0.10	7.48
NPK+50%	6.7	3.1	4.75	1.20	0.84	0.12	7.53
NPK+75%	6.8	3.0	4.80	1.29	0.85	0.12	7.68
DOMINICO-HARTON							
100-50-200	6.2	2.8	4.00	1.10	0.48	0.10	6.5
NPK+12.5%	6.3	3.0	4.10	1.20	0.50	0.11	6.9
NPK+25%	6.9	3.1	4.60	1.23	0.70	0.10	7.5
NPK+50%	6.5	3.2	4.70	1.25	0.75	0.12	7.8
NPK+75%	6.6	3.3	4.85	1.26	0.80	0.13	7.8

En la tabla 4 se muestran los resultados del muestreo de suelo al finalizar la cosecha, el aporte del mineral de calcio y magnesio

mejoran los contenidos de estos en el suelo lo que permite incrementar el Ph.

**Gráfico 2. Impacto de la zeolita sobre los índices del suelo**

Experimento 2. Determinación de dosis de zeolita en el cultivo de la caña de azúcar

Para demostrar la efectividad de la zeolita en incrementar la eficiencia de los nutrientes de la fertilización se expone en el Grafico 3, los

resultados alcanzados en el ciclo de Caña Planta 2010-2011 de un promedio de 58 parcelas de productores cooperantes y 3 suelos.

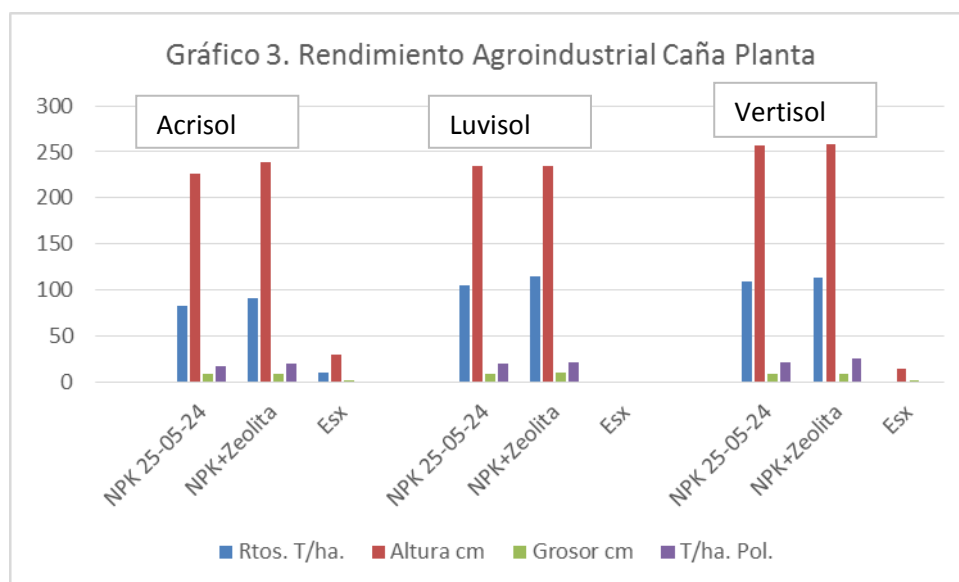


Gráfico 3. Rendimiento Agroindustrial Caña Planta

Según los resultados obtenidos en el análisis de varianza no se encontraron diferencias significativas en el rendimiento de campo y los contenidos del Pol en caña, por lo que se concluye que la reducción NPK provocada por la dilución de la inclusión de la zeolita no afectó estos parámetros de la zona edafoclimática de estudio, no obstante a ello el

rendimiento en campo se incrementó en rangos de 5 a 13 t/ha, correspondiendo el mayor incremento a los suelos Fersialítico.

En el Grafico 4, se observan diferencias significativas a favor de los tratamientos con Zeolita en los suelos Ferralíticos y Fersialítico, aspecto también reportado por Jara (2008).

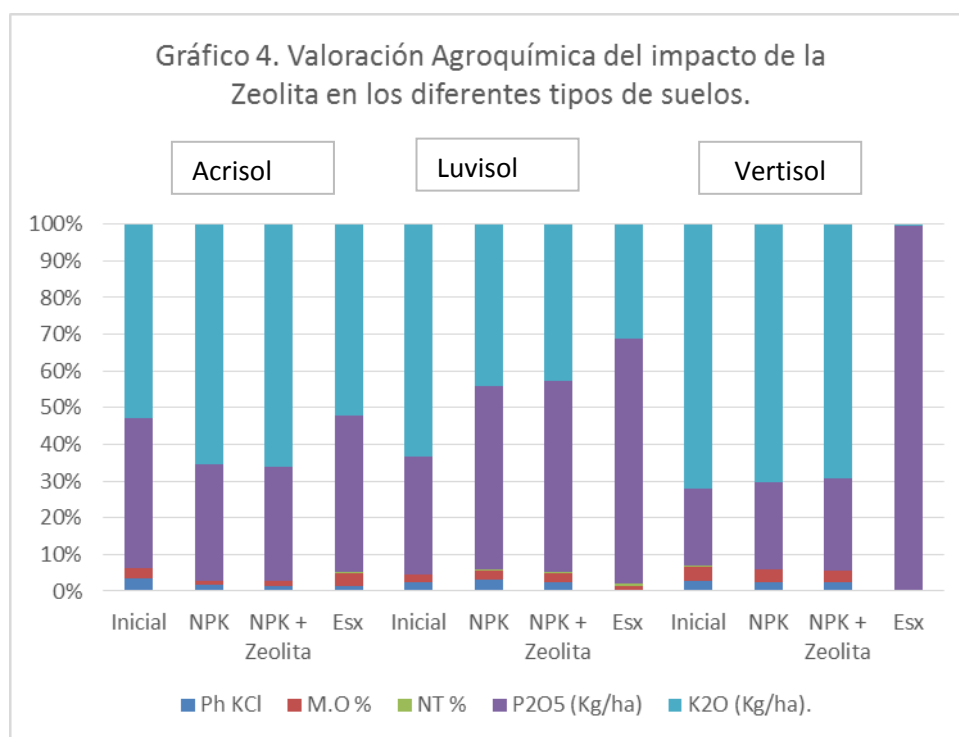


Gráfico 4. Valoración Agroquímica del impacto de la zeolita en los diferentes tipos de suelos.

En el arroz con la aplicación de zeolita, no se hallaron diferencias significativas en el rendimiento en comparación con la aplicación de la urea sola pero si fueron halladas en comparación con el testigo (Tabla 6). La aplicación de 120 kg hm⁻² de Urea +Zeolita aumento la adsorción del NH₄⁺ en el suelo y logro retenerlo durante la etapa de máxima adsorción del arroz, favoreciendo el uso del nitrógeno (Tarkalson, 2010). El incremento del rendimiento en los tratamientos con zeolita estuvo alrededor del 35% con respecto al testigo en los lotes donde se sembró el arroz por trasplante. Los rendimientos obtenidos en el sistema de siembra al voleo fueron mayores

alcanzando valores hasta de 6,5 Mg hm⁻² debido posiblemente a que, con este método de siembra, se puede alcanzar mayor densidad de plantas. Nuevamente los tratamientos con zeolita estuvieron por encima de la urea y el testigo alcanzando incrementos del 5% y 38% respectivamente. Similares resultados fueron reportados por Sepaskhah y Barzegar (2010) quienes alcanzaron incrementos de hasta 28 y 62% al utilizar 4 Mg hm⁻² de zeolita y dosis de fertilizante nitrogenado de 80 kg hm⁻² con respecto a la aplicación de urea sin zeolita y el testigo absoluto respectivamente.

Tabla 6. Efecto de la aplicación de zeolita- en el cultivo del arroz Variedad INIAP-14 en suelo Vertisoles y campos demostrativos.

Tratamientos	Mg hm ⁻²	
	Siembra de trasplante	Siembra a voleo
Testigo	4,0 b	4,0 b
Urea (120 kg hm ⁻²)	6,0 a	6,2 a
Urea+zeolita (10%)	6,2 a	6,5 a
Urea+ zeolita (15%)	6,0 a	6,4 a

Letras diferentes indican diferencias significativas (Tukey, $\alpha=0,05$)

a,b,c con distintas letras en la misma columna son diferentes según la prueba de Rango múltiple de Duncan (<0.05).

La aplicación de zeolitas neutraliza la acidez de la Urea, en suelos ácidos y producen mayores cosechas y mejor calidad que cuando se aplica la urea convencional, al no permitir la reducción del pH, el desbalance de bases, ni la liberación de elementos tóxicos como Mn y Al (Milosevic *et al.*, 2013). Estos mismos autores también encontraron que el uso de la zeolita sola no logra suministrar los nutrientes

necesarios como N, y K para obtener altos rendimientos por lo que recomiendan usarla junto a abonos orgánicos e inorgánicos.

Para conocer la efectividad de la zeolita en el café con los fertilizantes químicos, su muestran los resultados en la tabla 7.

Tabla 7. Respuesta de la zeolita mezclada con fertilizantes en café arábico de 5 a 7 años (Grafico).

Tratamientos	Ferralíticos cuarcíticos amarillos lixiviados.	Ferralítico rojizo amarillento	P.sin carbonato	P.con carbonatos
	Rendimiento g/planta			
Testigo	1126.2 c	670.18 c	1186.0	851.0 a
NPK	1759.9 b	940.85 b	1255.0	1438.0 b
NPK+25 % de zeolita	2105.5 a	1202.0 ab	2072.5	1955.0 c
NPK+50% de zeolita	1909. a 1759. b	1168.0 a 1170.0 ab	1501.0 1388.0	1788.0 d 1548.0 b
NPK+75% de zeolita ESx	62.72	57.0	62.6	58.8

Dosis N-90 K - 37 y P- 98 Kg/ ha

a,b,c con distintas letras en la misma columna son diferentes según la prueba de Rango múltiple de Duncan (<0.05).

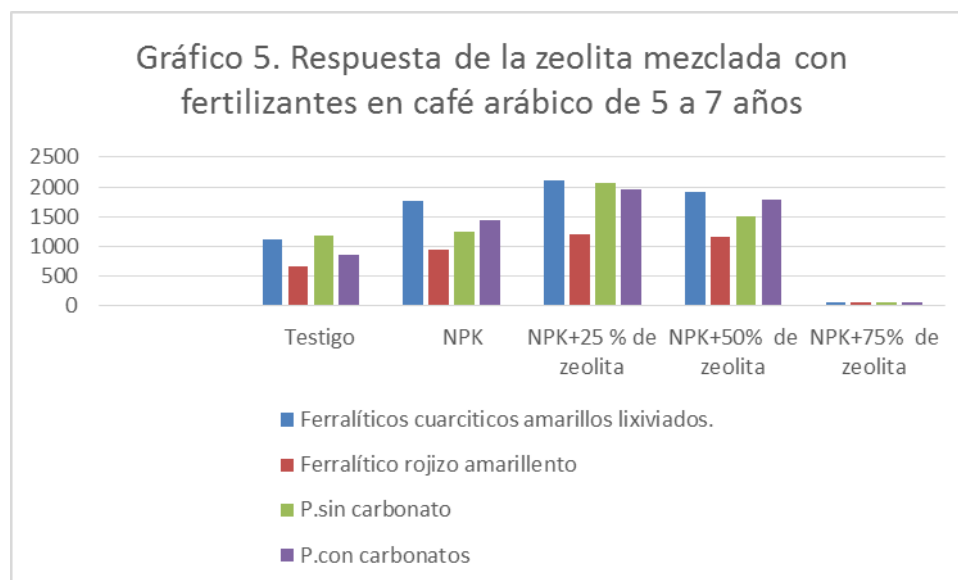


Gráfico 5. Respuesta la zeolita mezclada con fertilizantes en café arabico de 5-7 años.

Se comprobó la mejor dosis de fertilización y zeolita al 25 %, se deben aplicar entre los mes de Mayo a Diciembre Grafico 6.

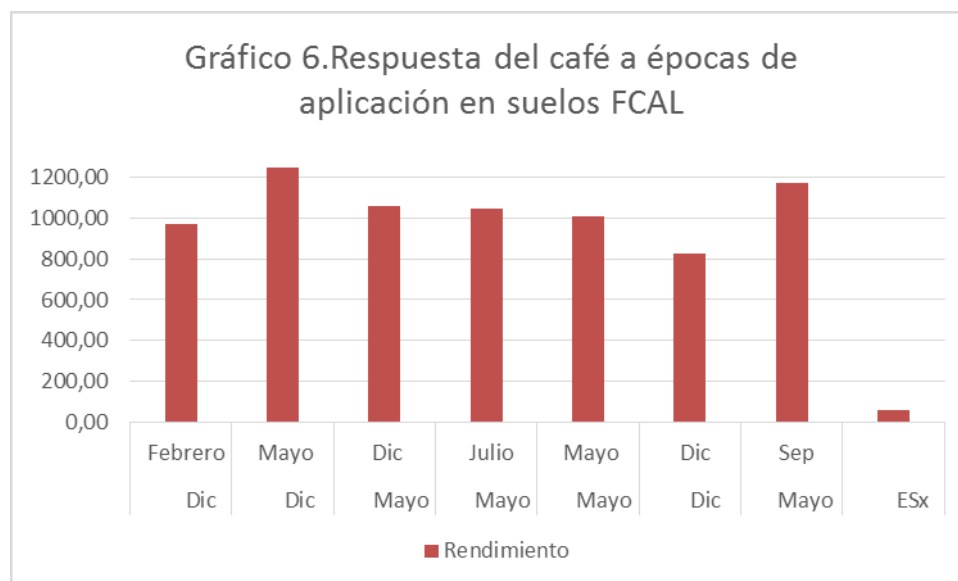


Gráfico 6. Respuesta del café a épocas de aplicación en duelos FCAL.

La urea presenta la mayor acogida entre los caficultores de Cuba, además de su alta concentración, presenta un relativo bajo costo, aunque su eficacia agronómica aun es objeto de discusión en el ámbito científico y comercial, debido a que algunos resultados experimentales demuestran que cerca del 30%

del N que contiene puede perderse por volatilización, esto sin contar con otras formas del elemento que son inmovilizadas por el componente vivo del suelo o las que se pierden por lixiviación.

Como se observa en el gráfico 3, la mezcla física en seco de la zeolita con la urea reduce las pérdidas por volatilización en más de un 50%. Por lo anterior, durante los últimos años se vienen planteando estrategias para mejorar la eficiencia de la fertilización con N, a través de métodos y épocas de aplicación entre los que se incluye su fraccionamiento y el uso de diferente tipo de recubrimiento como la zeolita entre otras.

Cuando se utilizó urea sola en áreas de café, las pérdidas del elemento por volatilización fueron relativamente altas en los dos primeros días (3,4% y 8,1%, respectivamente), luego se redujo gradualmente, hasta alcanzar valores inferiores al 1% en la última evaluación (Gráfico 7, posiblemente como consecuencia del agotamiento de la molécula o por su incorporación en el suelo, donde continúan las transformaciones, mediante la acción de un grupo de microorganismos de reconocida ubicuidad en las áreas agrícolas.

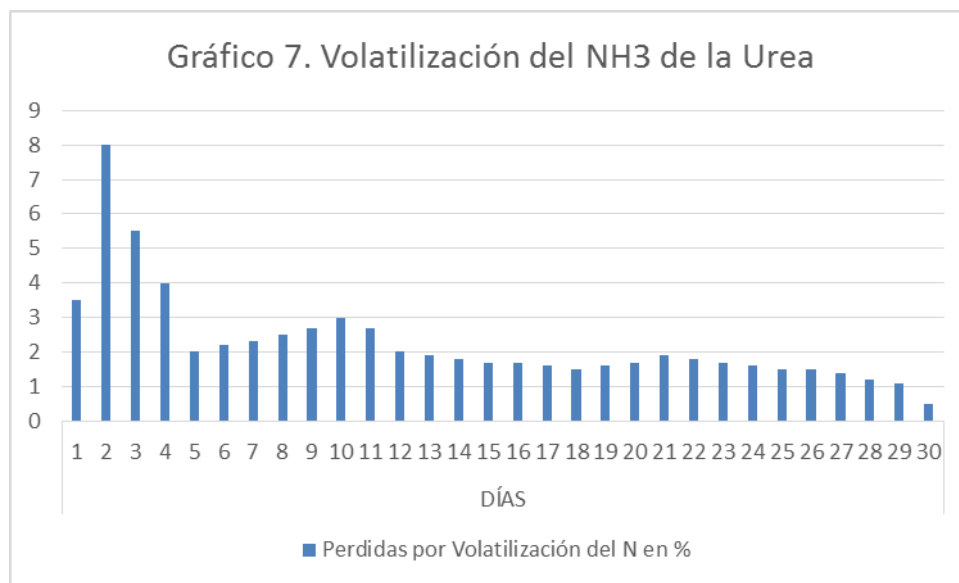


Gráfico 7. Volatilización del NH₃ de la Urea.

Se puede observar que la volatilización de N–NH₃ a partir de la urea, ocurre durante los 30 primeros días después de su aplicación (DDA). Los valores de volatilización que se presentan a los días, corresponden al acumulado de los últimos 5 días. Los días 20 y 30 ilustran el acumulado de 10 días, de ahí la importancia de mezclar la zeolita con la urea antes de la siembra.

CONCLUSIONES

1. Las variedades de plátano responde a la inclusión del 25 % de zeolita la mejor opción con diferencias significativas al analizar las variables independientes

de crecimiento y parámetros productivos.

2. La inclusión de la Zeolita en la fórmula de los fertilizantes químicos de la Caña de Azúcar en un 25% reduce en un 10 % los costos de elaboración de mezclas de NPK.
3. Los suelos tratados con fertilizantes que incluyen Zeolita, se encuentran mejor abastecidos de Fósforo y Potasio con una disminución de su acidez.
4. Los rendimientos de las áreas cañeras tratadas con Zeolita fueron superiores al testigo en un rango de 5 al 13 %, con igual tendencia en el índice azucarero.

5. En los rendimientos del arroz, no hay diferencias significativas entre formas de aplicación de estos materiales, ya sea en el momento del trasplante o al voleo,. El mayor rendimiento obtenido se logró cuando se realizó aplicación al voleo y aplicación de urea + 15% de zeolita.

6. En café de 5 a 7 años corresponde la mejor opción a la mezcla del 25 % de zeolita, con los fertilizantes químicos

7. La mezcla de la urea con la zeolita en el café, reducen sus pérdidas por volatilización en un 15%.

BIBLIOGRAFÍA

- Colombani, N., Mastrocicco, M., Di Giuseppe, D. Faccini, B. y Coltorti, M. 2015. Batch and column experiments on nutrient leaching in soils amended with Italian natural zeolites. *Catena* 127: 64 – 71.
- Colombani, N., Mastrocicco, M., Di Giuseppe, D. Faccini, B. y Coltorti, M. 2014. Variation of the hydraulic properties and solute transport mechanisms in a silty-clay soil amended with natural zeolites. *Catena* 123: 195 – 204.
- Costafreda, J.L. 2014. Tectosilicatos con características especiales: las zeolitas naturales... Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas y Energía. Universidad Politécnica de Madrid. Editorial Fundación Gómez Pardo: Madrid. 26p. disponible en: oa.upm.es/32548/1/Tectosilicatos_Costafreda.pdf. Fecha de consulta: mayo 6 de 2015.
- Gholamhoseini, M., Ghalavand, A., Khodaei-Joghan, A., Dolatabadian, A., Zakikhani, H., Farmanbar, E., 2013. Zeolite-amended cattle manure effects on sunflower yield, seed quality, water use efficiency and nutrient leaching. *Soil Tillage Res.* 126:193–202.
- Jara, W. 2009. Uso de la zeolita en la fertilización de la caña de azúcar. Carta Informativa 2 Editorial CINCAE, Ecuador, 16-20 pp.
- Lara C., Trivelin P.C.O. 1997. Eficiencia de un colector semi-abierto estático no cuantificado de N-NH₃ volatilizado da urea aplicado a un suelo. *Revista brasileira de ciencia do solo* 14:481-487.
- López, M.; Hernández, M.; Barahona, C.; Martínez, M.; Portillo, R.; Rojas, F. 2010. Propiedades fisicoquímicas de la clinoptilolita tratada con fertilizantes a usar como aditivo en el cultivo de *Pleurotus ostreatus*. *Terra Latinoamericana* 28: 1-8.
- Milosevic, T., Milosevic, N. y Glisic, I. 2013. Tree growth, yield, fruit quality attributes and leaf nutrient content of 'Roxana' apricot as influenced by natural zeolite, organic and inorganic fertilisers. *Sci. Hortic.* 156: 131 – 139.
- Sepaskhah, A. R., y Barzegar, M. 2010. Yield, water and nitrogen-use response of rice to zeolite and nitrogen fertilization in a semi-arid environment. *Agricultural Water Management*, 98(1), 38–44. <http://doi.org/10.1016/j.agwat.2010.07.013>.
- Tarkalson, D. 2010. Clinoptilolite zeolite influence on inorganic nitrogen in silt loam and sandy agricultural. *Soil Sci.* 175: 357-362.
- Zwingmann, N.; Singh, B.; Mackinnon, I. y Gilkes, R. 2009. Zeolite from alkali modified kaolin increases NH₄⁺ retention by sandy soil: Column experiments. *Applied Clay Science* 46: 7 – 12.