

# La zeolita como mejorador de los suelos y cultivos

## Zeolite as a soil and crop improver



Humberto Ferrán<sup>1\*</sup>, Miguel Soca Núñez<sup>2</sup>

<https://cu-id.com/2144/v15e13>

**RESUMEN:** 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 como mineral enmendante en los suelos. Este trabajo tuvo como objetivo determinar la dosis más efectiva de zeolita natural como enmiendas de los suelos en los cultivos de tabaco, caña de azúcar, tomate, maíz y arroz y su impacto en las propiedades químicas de los suelos. Durante los años 2018 -2019 se condujeron experimentos de campo en diferentes suelos bajo un diseño estadístico de bloques al azar, con 4 tratamientos (0,0.5, 1.0 y 1.5 t.ha<sup>-1</sup> de zeolita natural) y 4 repeticiones. La zeolita empleada fue del yacimiento de Tasajera en 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 dosis de 1.0 t.ha<sup>-1</sup>, de zeolita aplicada en forma localizada en los diferentes cultivos, el uso de esta dosis 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, tabaco, maíz.

**ABSTRACT:** The application of natural zeolite in agriculture is a practice that has gained popularity in the last twenty years, which is why it is necessary to carry out continuous studies as a soil amendment mineral. This work aimed to determine the most effective dose of natural zeolite as soil amendments in tobacco, sugar cane, tomato, corn and rice crops and its impact on the chemical properties of the soils. During the years 2018-2019, field experiments were conducted in different soil under a random block statistical design, with 4 treatments (0,0.5, 1.0 and 1.5 t.ha<sup>-1</sup> of natural zeolite) and repetitions. The zeolite used was from the Tasajera deposit in Cuba and the soils studied were Alitic, Grayish Brown, Brown with carbonates and Sialitic Humic as they are the most representative with an agricultural vocation. The best variant corresponded to the dose of 1.0 t.ha<sup>-1</sup>, of zeolite applied locally in the different crops. The use of this dose also managed to increase the content of exchangeable bases, the concentration of nutrients in the soils and the yields agricultural crops.

**Keywords:** Zeolite, soils, banana, rice, tobacco, corn.

### INTRODUCCIÓN

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 (2009), las zeolitas son apropiadas para retener iones como el amonio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) 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<sup>-1</sup>. 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).

Recibido: 25/09/2023

Aprobado en su forma original: 06/11/2023

<sup>1</sup>Departamento Provincial de Suelos, Ministerio de Agricultura, MINAG, Cuba. Autopista Costa y Antigua Carretera de Vento, Km81/2 Capdevila, Boyeros, La Habana, Cuba

<sup>2</sup>Dirección Nacional de Suelos y Fertilizantes, Ministerio de Agricultura, MINAG, Autopista Costa y Antigua Carretera de Vento, Km81/2 Capdevila, Boyeros, La Habana, Cuba. Correo electrónico: [suelopnms2@oc.minag.gob.cu](mailto:suelopnms2@oc.minag.gob.cu)

\*Correo electrónico: [suelos@dlg.minag.gob.cu](mailto:suelos@dlg.minag.gob.cu)

**Conflicto de Intereses:** Los autores de este trabajo declaran que no existe conflicto de intereses.

**Contribuciones de los autores:** **Conceptualización:** Humberto Ferrán y Miguel Soca Núñez. **Análisis formal de datos:** Humberto Ferrán y Miguel Soca Núñez. **Investigación:** Humberto Ferrán y Miguel Soca Núñez. **Metodología:** Humberto Ferrán y Miguel Soca Núñez. **Redacción-borrador original:** Humberto Ferrán. **Redacción-revisión y edición:** Humberto Ferrán.

Este artículo se encuentra bajo licencia [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional \(CC BY-NC 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

La zeolita cuando no actúa como fertilizante, sino como una enmienda 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 también el potencial de uso de las zeolitas junto al estiércol de cerdo como abonos de liberación lenta, minimizando la lixiviación de nutrientes.

La producción de los diferentes cultivos pueden verse afectada por las carencias nutricionales de los suelos, principalmente del nitrógeno y el potasio. La utilización de la zeolita en diferentes cultivos 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 dichos cultivos como potenciador de los fertilizantes químicos y/o enmiendas ya que permite reducir sus pérdidas por lavado y desnitrificación.

El objetivo del presente estudio fue evaluar, la dosis de zeolita como mejorador de los suelos y los cultivos de tabaco, hortalizas, caña de azúcar, maíz y arroz.

## 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 1 muestra su composición química.

Los experimentos en los diferentes cultivos se realizaron bajo un diseño de bloque al azar donde se estudiaron 5 tratamientos (dosis de zeolita) y 4 réplicas en los cultivos de caña de azúcar, tabaco y hortalizas en diferentes suelos. Se realizó además en diciembre de 2019 un ensayo en 1000 m<sup>2</sup> en cultivos de arroz en un diseño de Bloques Completos al Azar. Cada bloque tuvo un área de 200 m<sup>2</sup>, los cuales fueron separados 1 m entre ellos para evitar efectos de borde. Los tratamientos incorporándolos a 0,03 m de profundidad con un rodillo compactador. Se evaluó los rendimientos del cultivo al cabo de su ciclo de producción por área de cada tratamiento (50 m<sup>2</sup>), teniendo en cuenta del total cosechado, el

producido de arroz blanco listo para consumo. Para el maíz se utilizaron dos tipos de suelos vertisoles: aluvial y esquelético. Se realizó un diseño completo al azar donde en las parcelas experimentales de un hm<sup>2</sup> se sembró maíz variedad INIAP-14. Se establecieron dos tratamientos: dosis 120 y 150 kg hm<sup>-2</sup> de zeolita con cuatro repeticiones por tratamiento. Como variables de respuesta se contemplaron el peso de mazorca y rendimiento de grano, para lo cual se seleccionaron 10 plantas al azar de cada unidad experimental, se pesaron en fresco y luego fueron desgranadas usando balanza electrónica; los granos obtenidos fueron secados en estufa por 24 horas a 50°C.

Los datos obtenidos fueron analizados aplicando estadísticas descriptivas. Se verificó la distribución normal y la homogeneidad de los datos mediante las pruebas de Shapiro Wilk y Lavene respectivamente. Se realizaron ANOVAS para determinar la existencia de diferencias significativas y se aplicó el test de Tukey (p < 0.05) para identificar diferencias entre tratamientos. En los experimentos de los cultivos se empleó la prueba de Duncan

Los análisis químicos de suelos se realizaron según la norma NRAG 879.88 (1996) del Instituto de Suelos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 2 se muestran los resultados de la zeolita utilizada como enmienda en el cultivo del tabaco, donde la aplicación de 2t/ha resultó la mejor variante con diferencias significativas respecto a las demás variantes

Tabla 2. Efecto de la zeolita en el cultivo del tabaco

Tratamientos zeolita t/ha	Rendimiento Kg/ha	Rendimiento clase superiores Kg/ha
Testigo 0	944d	790b
1	1166b	1241 <sup>a</sup>
2	1295 <sup>a</sup>	1319 <sup>a</sup>
3	1265 <sup>a</sup>	1129 <sup>a</sup>
4	1095c	1120a
5	1028c	891b
Esx	35.06	77.16
C.v%	4.35	12

a,b,c Medias con letras comunes en los superíndices dentro de cada fila no difieren significativamente según la Prueba de Duncan para p menor 0,005

Tabla 1. Análisis químico y composición catiónica de la zeolita

Mena	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	N <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	F <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	PPI	CICT	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>
	%								Cmol(+) kg <sup>-1</sup>				
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

Según los resultados obtenidos en el análisis de varianza se encontraron diferencias significativas en el rendimiento de campo y los contenidos del Pol en caña. Como se muestra en la tabla 3, se obtuvo la mejor respuesta con la aplicación localizada de 1 t/ha de la zeolita en el fondo del surco y a ambos lados de la semilla y 15 cms de profundidad.

En las tablas 4 y 5 se muestra que la aplicación de 1 t/ha de zeolita constituye la mejor opción para encontrar un impacto productivo y con ahorro de los fertilizantes empleados. Mumpton (1999), planteó las grandes perspectivas de este mineral en la agricultura y la necesidad de su empleo.

En el suelo aluvial la aplicación de zeolita incremento significativamente el peso de grano por mazorca y el peso seco de grano de maíz en 4,3% y 13,6% respectivamente (Tabla 6). En el suelo esquelético, los rendimientos de grano alcanzados fueron mayores que en el suelo aluvial y estuvieron del orden de 4,42 kg hm<sup>-2</sup> con urea + zeolita y 4,16 kg hm<sup>-2</sup> con la urea sola. Al igual que en el cultivo del arroz, la eficiencia en el uso del nitrógeno al igual que el acondicionamiento del medio edáfico pudieron ser las causas para obtener estos resultados.

**Tabla 3.** Impacto de la Zeolita sobre la Productividad de la caña de Azúcar

Tratamientos	t/ha	Kg/t Azúcar	Brix %	Pol %	Azúcar R %
Caña Planta Zeolita t/ha	77.9	103.6	21.28	16.63	0.85
0.5	79.42b	105.0b	21.73	19.42	0.82
1.0	89.13a	115.0 a	21.63	20.63	0.86
1.5	85.83a	110.0a	21.58	19.60	0.79
Sx	4.35	12.60	0.21ns	0.26ns	0.004ns
Retoño N	89.79 <sup>a</sup>	104.3	20.20	18.78	0.66
0.5	90.88 <sup>a</sup>	105.0	20.72	18.29	0.84
1.0	97.00b	106.0	20.42	19.80	0.86
1.5	90.04 <sup>a</sup>	105.0	20.00	19.08	0.75
Sx	13.65	10.89ns	0.69ns	0.80ns	0.08ns

a, b, c Medias con letras comunes en los superíndices dentro de cada fila no difieren significativamente según la Prueba de Duncan para p menor 0,005.

**Tabla 4.** Efecto de la aplicación localizada de la zeolita en el tomate

Variedad	Tratamientos t/ha	Rendimientos t/ha	pH	M.O. %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg/Kg	K <sub>2</sub> O mg/Kg
Rossol-I	0	31,05 b	6,7	3,17	4,12	9,42
	1	37,80 a	6,8	3,22	8,41	13,10
	2	31,28 b	6,9	3,42	9,62	15,00
	3	25,19c	6,9	3,42	9,78	16,00
	Sx	3,20				
Rossol-II	0	26,32c	6,5	3,00	4,00	8,90
	1	34,10 <sup>a</sup>	6,7	3,20	8,40	10,40
	2	31,24b	6,8	3,22	8,85	14,00
	3	30,90b	6,9	3,25	9,00	15,60
	Sx	2,03				

**Tabla 5.** Impacto de la zeolita sobre el rendimiento y la absorción de nutrientes en tomate

Tratamientos	Rendimiento t/ha	Extracción Total Kg/ha		
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
0	19,54 d	44,26 d	18,47d	68,39d
1	32,05 b	119,67a	40,93a	162,54 a
2	36,80 a	122,62 a	42,07a	152,46 a
3	31,28 b	103,32b	34,56b	124,72 b
4	26,19 c	87,23c	28,04c	94,36 c
Sx	xx	xx	x	x
ESx	0,204	0,863	2,107	2,943

a,b,c, Valores con letras iguales en una misma columna no difieren entre sí (Tukey, P <0.05).

Milosevic *et al.* (2013) evaluaron la aplicación de zeolitas naturales en suelos ácidos y encontraron que su aplicación obtuvo mejores resultados de cosecha y mejor calidad de frutos de que la urea al no permitir la reducción del pH, el desbalance de bases, ni la liberación de elementos tóxicos como Mn y Al.

En el arroz con la aplicación de zeolita, se hallaron diferencias significativas en el rendimiento en comparación con el testigo sola (Tabla 7). La aplicación de 3000 kg hm<sup>-2</sup> Zeolita para 3 años, aumento la adsorción del NH<sub>4</sub><sup>+</sup> 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 36% con respecto al testigo en los lotes donde se sembró el arroz por trasplante. Nuevamente los tratamientos con zeolita estuvieron por encima del testigo alcanzando incrementos del 21% y 36% respectivamente. Similares resultados fueron reportados por Sepaskhah y Barzegar (2010) quienes alcanzaron incrementos de hasta 28 y 62% al utilizar 4 Mg hm<sup>-2</sup> de zeolita y dosis de fertilizante nitrogenado de 80 kg hm<sup>-2</sup> con respecto a la aplicación de urea sin zeolita y el testigo absoluto respectivamente. 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).

## CONCLUSIONES

1. Los cultivos estudiados responde a la enmienda de zeolita la mejor opción con diferencias significativas al analizar las variables independientes de crecimiento y parámetros productivos, se alcanzo con la aplicación de en un rango de 1-3 t/ha
2. Los suelos tratados con fertilizantes que incluyen Zeolita, se encuentran mejor abastecidos de Fósforo y Potasio con una disminución de su acidez.
3. 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.
4. En los rendimientos del arroz, 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 de 3t/ha para 3 años

Tabla 6. Influencia de la zeolita en el cultivo del maíz var.US-536

Tratamientos	Suelo Aluvial		Suelo Esquelético	
	Peso grano/Mazorca (g)	Grano seco (Mg hm <sup>-2</sup> )	Peso grano/Mazorca (g)	Grano seco (Mg hm <sup>-2</sup> )
Urea	171,68 b	3,94 b	191,78 a	4,16 a
Urea+zeolita (15%)	179,43 a	4,56 a	199,20a	4,42 b
ESx	16,80	468,60	19,06	376,43

a, b,c valores con letras iguales en una misma columna no difieren entre si según la Prueba de Tukey, (p < 0.05)

Tabla 7. Impacto de la Zeolítica en el cultivo del arroz

Tratamientos zeolita t/ha	Rto t/ha	incremento	Tallos fértiles/m2	Peso 1000 granos	Peso 20 espigas g	Longitud espiga cm	Altura cm
Localidad Semilla Habana							
0	5.8 b		344	30.55	33.8	23.0	79.5
3	7.01a	2 1	388	30.71	42.0	27.3	86.6
6	6.54 ab	12	384	30.70	41.0	26.3	85.8
9	6.96 a	20	371	30.65	40.8	26.0	85.1
12	6.98 a	20	380	30.71	41.7	27.0	83.0
ESx	0.27						
CAI- Pinar del Rio							
0	5.12 c		385	3003	25.90	22.80	81.60
3	6.99ab	36	458	3083	30.60	25.40	87.40
6	5.99 b	35	439	3078	30.00	25.20	86.30
9	6.88 a	30	427	3073	30.10	24.80	86.60
12	6.93 a	34	413	3043	29.00	24.60	85.00
ESx							

a,b,c Medias con letras comunes en los superíndices dentro de cada fila no difieren significativamente según la Prueba de Duncan para p menor 0,005

5. La aplicación de 150 kg/ha de zeolita mezclada con urea resulto en el maíz, la mejor opción.

### BIBLIOGRAFÍA

- Colombani, N., Mastrocicco, M., Di Giuseppe, D. Faccini, B. & 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. & Coltorti, M. 2014. Variation of the hydraulic properties and solute transport mechanisms in a silty-clay soil amended with natural Zeolite. *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. Available: <[oa.upm.es/32548/1/Tectosilicatos\\_Costafreda.pdf](http://oa.upm.es/32548/1/Tectosilicatos_Costafreda.pdf)>, [Consulted: May 6, 2023]
- 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.
- Gil, R, R. Campos, M. C. Prudas, A. Morales & Torralvasava.1988. Perspectivas de utilización de la zeolita del yacimiento Tasajera en la industria de los fertilizantes. *Memorias de Quimindustria, La Habana, Cuba* 88:95-98.
- Instituto de Suelos de Cuba.1996. NRAG 879.88. Norma Ramal de Análisis Químicos de Suelo, Cuba
- Jaa 2009. Uso de la zeolita en la fertilización de la caña de azúcar. *Carta Informativa 2*, Editorial CINCAE, pp 16-20, Ecuador.
- Lara C. & Trivelin P.C.O. 1997. Eficiencia de un colector semi-abierto estático no cuantificado de N-NH<sub>3</sub> 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 clinoptilonita tratada con fertilizantes a usar como aditivo en el cultivo de *Pleurotusostreatus*. *Terra Latinoamericana* 28: 1-8.
- Mumpton, F. A.1999. La roca mágica: Uses of Natural Previous Zeolites in Agriculture and Industry *Proceedings of the National Academy of Sciences of United States of America*, 96:3463-3470 <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.96.7.3463>.
- Milosevic, T., Milosevic, N. & Glisic, I. 2013. Tree growth, yield, fruit quality attributes and leaf nutrient content of 'Roxana' apricot as influenced by natural zeolite, organic and inorganic fertilizers. *Sci. Hortic.* 156: 131 - 139.
- Rodríguez, C., A. Gil & A.Karak.1988. Uso de la zeolita en los fertilizantes granulados. *Memorias de Quimindustria* 88:134-5-138.
- Sepaskhah, A. R. & 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. Clinoplolite Zeolite influence on inorganic nitrogen in silt loam and sandy agricultural. *Soil Sci.* 175: 357-362.
- Yogodin, B. Smirnov, V. 1986. *Peterburgski agroquímica*. Editorial MIR, pp 90-98.
- Zwingmann, N., Singh, B., Mackinnon, I. & Gilkes, R. 2009. Zeolite from alkali modified kaolin increases NH<sub>4</sub><sup>+</sup> retention by sandy soil: Column experiments. *Applied Clay Science* 46: 7 - 12.