

## INFLUENCIA DE ZEOLITA Y ROCA FOSFÓRICA SOBRE EL DESARROLLO DE LOS CULTIVOS DE SORGO Y PAPA<sup>1</sup>

*Miguel Soca Núñez<sup>2</sup>; José Ezequiel Villarreal Núñez<sup>3</sup>*

### RESUMEN

El estudio tuvo como objetivo evaluar la influencia de una mezcla de roca fosfórica con zeolita sobre el desarrollo de los cultivos de sorgo y papa. El uso de ésta mezcla puede constituir una alternativa de sustitución de fertilizantes fosfóricos importados. Se caracterizó la zeolita del yacimiento de Tasajera y la roca fosfórica de Trinidad de Guedes. En el año 2012, en el Instituto de Suelos de La Habana, se instaló un ensayo inicial con sorgo en macetas de porcelana de 7 kg de capacidad utilizando un suelo Inceptisol, extraído a 20 cm de profundidad y tamizado a 5 mm. Se utilizó un diseño Completamente Aleatorizado con cinco tratamientos (NPK; NK + 2 g de mezcla; NK + 3 g; NK + 4 g y NK + 5 g) y cuatro repeticiones, la mezcla contenía una proporción de 1:1 (roca fosfórica-zeolita). Además, se ejecutó un experimento con papa, en campo, en un suelo perteneciente al orden Oxisol en Quivicán, provincia de Mayabeque, Cuba, utilizando un diseño estadístico de Bloques Completos al Azar con cuatro tratamientos (0; 0,5; 1,0 y 1,5 t.ha<sup>-1</sup> de la mezcla). Los datos fueron evaluados mediante la prueba de Dunnett para  $P \leq 0,05$ . La mezcla se incorporó al realizar la preparación del suelo a una profundidad de 10 cm, en el surco. Los resultados obtenidos indicaron que la mezcla de la roca fosfórica con zeolita permite alcanzar un incremento en el rendimiento de los cultivos estudiados, mejorando las variables del suelo y los índices foliares.

**PALABRAS CLAVES:** Fertilizantes, índices foliares, rendimiento, Inceptisol, Oxisol.

---

<sup>1</sup>Recepción: 6 de octubre de 2015. Aceptación: 2 de noviembre de 2015. Proyecto: Empleo de la zeolita en el sector agropecuario. Instituto de Suelos de La Habana.

<sup>2</sup>Ph.D. en Edafología y Nutrición de Plantas. Ministerio de Agricultura (MINAG), Cuba. Dirección de Suelos.  
e-mail: programas@minag.cu

<sup>3</sup>Ph.D. en Edafología y Química Agrícola. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Central (CIAC).  
e-mail: jevilla38@gmail.com

## INFLUENCE OF ZEOLITE AND PHOSPHORIC ROCK ON SORGHUM AND POTATOES CROPS

### ABSTRACT

The objective of the present study was to evaluate the influence of the mixture of phosphoric rock with zeolite and its effect on the sorghum and potato crops. The use of this mixture may be an alternative replacement imported phosphate fertilizers. The zeolite of the location of Tasajera and the phosphoric rock of Trinidad of Guedes were characterized. In 2012, an experiment with sorghum was installed at the Soil Institute of La Habana, in porcelain gavel with 7 kg of capacity using an Inceptisol soil, extracted from 20 cm of depth and sifted at 5 mm. It was used totally randomized design with five treatments (NPK; NK + 2 g of mixture; NK + 3 g; NK + 4 g and NK + 5 g) and four repetitions, the mixture contained a ratio 1:1 (phosphoric rock-zeolite). Also, an experiment with potatoes was run in Oxisoles from Quivican soil, Mayabeque province, Cuba, using statistical design of block at random with four treatments (0; 0,5; 1,0 and 1,5 t.ha<sup>-1</sup> of the mixture), the data were evaluated by means of multiple range test of Duncan for  $P \leq 0,05$ . The mixture was incorporated during soil preparation at 10 cm of depth in the groove. The obtained results indicate that the phosphoric rock mixture allows reaching yield increments of the studied crops and improve soil variables and leaf index.

**KEY WORDS:** Fertilizer, foliar index, performance, Inceptisol, Oxisol.

### INTRODUCCIÓN

Al introducir elementos que mejoren las condiciones del suelo (a nivel biológico y estructural) y que a la vez actúen como un potenciador de los fertilizantes nitrogenados y fosfóricos, sin importar su condición química u orgánica; se logra un uso eficiente y óptimo de los ciclos de fertilización en los cultivos.

Las zeolitas se presentan como minerales potenciadores, ya que por sus propiedades adsorbentes y usos en la agricultura y en la industria, representa

una posible solución a la problemática ambiental y una alternativa viable para disminuir el costo de producción (Villarreal *et al.* 2015).

Debido a que la zeolita mejora las propiedades químicas y físicas del suelo, es uno de los caminos efectivos 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 (Díaz *et al.* 2009).

Por otro lado, contribuyen ostensiblemente a mejorar la humedad de la capa arable, disminuyen la densidad aparente del suelo, lo que facilita la fluidez del agua, lográndose un incremento de producción en la cosecha de los cultivos, y sobre todo, reduciendo el impacto ecológico. La zeolita no actúa como fertilizante, sino como un aditivo que permite incrementar la eficiencia del fertilizante, permitiendo una disponibilidad controlada de los cationes que son utilizados por las plantas en su nutrición (Soca *et al.* 2004).

La dinámica de liberación de moléculas nitrogenadas ocluidas en la clinoptilolita (principal tipo de zeolita utilizada en la agricultura) es compleja. Las moléculas nitrogenadas quedan retenidas por atracción electrostática y se producen en ella modificaciones en sus ángulos moleculares y en los enlaces simples y dobles (Park y Komarneni 1998).

La dinámica suelo-clinoptilolita-nitrógeno-fósforo es variable, dependiendo de las características fisicoquímicas de los suelos, de la dosis de clinoptilolita y nitrógeno aplicada, del manejo del cultivo y de la época del año en la cual se realizan los ensayos (Kolyagin y Arasev 1999). Este hecho sugiere la necesidad de hacer evaluaciones en los suelos donde serán utilizadas.

Además, debido a la problemática de la fijación del fósforo en los suelos ácidos tropicales, también se ha planteado diversas alternativas para optimizar el uso de la roca fosfórica. Entre las prácticas, se puede realizar la aplicación directa en suelos de pH ácido (Perrot y Wisa 2002), o parcialmente acidulada (Rodríguez y Herrera 2002).

Al utilizar una mezcla de roca fosfórica y zeolita, basado en el principio del intercambio iónico (Rehakova *et al.* 2004), la zeolita actúa como intercambiador liberando amonio ( $\text{NH}_4$ ) y solubilizando fósforo (P) de la roca fosfórica, lográndose una liberación controlada del P, el  $\text{NH}_4$  y el potasio (K) a través de la disolución y reacciones de intercambio del sistema roca fosfórica-zeolita, elevando así la eficiencia de la roca fosfórica, lo cual fue observado por este autor en un suelo Andisol.

El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar la influencia de una mezcla de zeolita y roca fosfórica sobre el desarrollo de cultivos de sorgo y papa.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Se emplearon como materia prima dos tipos de minerales: zeolita natural (ZN) y la roca fosfórica (RF). El material zeolítico utilizado fue del tipo clinoptilolita,

del yacimiento Tasajeras (provincia Villa Clara, Cuba), la cual es una mezcla de un 70% de Clinoptilolita–Heulantita, 5% de modernita, 15% de anortita y 10% de cuarzo, aproximadamente. La RF utilizada procedía del yacimiento Trinidad

de Guedes, cuyo contenido principal es el carbonato de apatita (Cuadro 1) y contiene 31% de fosfato y 46% de óxido de calcio. Al elaborar la mezcla de RF + ZN, ambas se mezclaron según una relación 1:1.

**CUADRO 1. CARACTERIZACIÓN DE LA ROCA FOSFÓRICA DE TRINIDAD DE GUEDES, CUBA. 2012.**

$P_2O_5$	$K_2O$	CaO	MgO	$Al_2O_3$	$Fe_2O_3$	$SiO_2$	F	$SO_3$
%								
30,96	0,11	45,56	0,23	2,73	2,07	5,31	1,60	1,18
±0,13	±0,05	±0,14	±0	±0,06	±0,07	±0,04	±0,24	±0,08
Cd	Zn	Cu	Ni	Mn	Cr	Mo	Pb	Co
mg.kg <sup>-1</sup>								
4,5±0,5	74±1	66±2	63±2	80±0,01	100±2	2±0	17,5±0,5	16±1
Apatita		Calcita		Cuarzo				
85%		2,5%		7%				

#### Descripción de los experimentos:

En el año 2012, se instaló un ensayo con sorgo en el Instituto de Suelos, municipio de Boyeros, provincia de La Habana, cuyas coordenadas son: 22°54'22,90" de latitud Norte, 82.3°08'8,77" de longitud Oeste, en casa de cristal, utilizando macetas de

porcelana de 7 kg de capacidad, en un suelo Inceptisol (Cuadro 2), extraído a 20 cm de profundidad y tamizado a 5 mm. El suelo tenía una textura franco arcillo arenosa, pH ácido y nivel medio de materia orgánica. Por tener bajo contenido de fósforo se podría esperar una buena respuesta a su aplicación.

**CUADRO 2. CARACTERIZACIÓN DEL SUELO INCEPTISOL. INSTITUTO DE SUELOS, LA HABANA, CUBA. 2012.**

pH	N total	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Sodio	Materia Orgánica
1:2,5	%	mg.kg <sup>-1</sup>			cmol <sub>(+)</sub> .kg <sup>-1</sup>		%
5,4	0,13	7,8	54,7	7,28	7,28	0,20	2,98

La siembra se efectuó con 10 semillas, se raleó finalmente a seis plantas por macetas. Se utilizó un

diseño Completamente Aleatorio con cinco tratamientos y cuatro repeticiones (Cuadro 3).

**CUADRO 3. TRATAMIENTOS UTILIZADOS EN EL EXPERIMENTO CON SORGO. LA HABANA, CUBA. 2012.**

Tratamiento	Descripción (g)
1	Testigo (NPK)
2	NK + 2,0 mezcla
3	NK + 3,0 mezcla
4	NK + 4,0 mezcla
5	NK + 5,0 mezcla

N: 223 kg.ha<sup>-1</sup> en la forma de urea (1,7 g de urea)

K<sub>2</sub>O: 309 kg.ha<sup>-1</sup> en la forma de KCl (1,8 g de KCl)

P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: 223 kg.ha<sup>-1</sup> en la forma de Super fosfato triple (SFT) (1,7 g de SFT)

Mezcla: RF + zeolita (1:1)

Se realizó una segunda prueba sustituyendo parte del P con la mezcla de

RF + ZN y duplicando la dosis de P en otro tratamiento (Cuadro 4).

**CUADRO 4. TRATAMIENTOS UTILIZADOS EN EL EXPERIMENTO CON SORGO SUSTITUYENDO EL FÓSFORO CON LA MEZCLA ZEOLITA + ROCA FOSFÓRICA.**

Tratamiento	Descripción (g)
1	NK + P <sub>2</sub>
2	NK + P <sup>o</sup> + 3,0 mezcla
3	NK + P <sup>1</sup> + 3,0 mezcla
4	NK + P <sub>2</sub> + 3,0 mezcla

P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: P<sub>0</sub>: sin SFT; P<sub>1</sub>: 1,7 g de SFT y P<sub>2</sub>: 3,4 g de SFT  
N: 1,7 g de urea y K: 1,8 g de KCl

Para garantizar el drenaje del agua en toda la maceta durante el ensayo, la humedad fue mantenida a capacidad de campo mediante un riego periódico con agua desionizada.

realizó a las seis semanas después de la siembra, cortando las plantas a ras del suelo. Se determinó el peso seco, luego de mantenerlo en una estufa a 70° C durante 48 horas.

La mezcla física de los minerales se aplicó al inicio del ensayo, previo a la siembra del sorgo, y la cosecha se

El ensayo con el cultivo de papa se realizó en campo, en áreas de suelos Ferralíticos rojos (Oxisoles) de la localidad

de Quivicán, provincia Mayabeque, Cuba (Cuadro 5), cuyas coordenadas son las siguientes: 22,5°49'29" de latitud Norte y 82,2°21'21" de longitud Oeste. Sé

utilizó un diseño de Bloque al Azar con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones (Cuadro 6).

**CUADRO 5. CARACTERIZACIÓN DEL SUELO FERRALÍTICO ROJO (OXISOL). QUIVICÁN, MAYABEQUE, CUBA. 2012.**

pH	N total	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Sodio	Materia Orgánica
1:2,5	%	mg.kg <sup>-1</sup>			cmol <sub>(+)</sub> kg <sup>-1</sup>		%
5,4	0,14	27,80	203,3	10,0	2,95	0,18	2,81

**CUADRO 6. TRATAMIENTOS UTILIZADOS EN EL EXPERIMENTO CON PAPA. QUIVICÁN, MAYABEQUE, CUBA. 2012.**

Tratamiento	Mezcla (t.ha <sup>-1</sup> )
1	0,0
2	0,5
3	1,0
4	1,5

El área total del experimento fue de 36 m<sup>2</sup> y el área efectiva de muestreo de 18 m<sup>2</sup>, siendo el marco de siembra 0,90 m x 0,16 m. Se utilizó la variedad de papa Desiré. La mezcla RF + ZN se aplicó a la preparación del suelo a una profundidad de 10 cm en el surco. La cosecha se realizó manualmente por parcela, cuando la plantación perdió follaje y el tallo aún se mantenía verde.

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

Se realizó el análisis de varianza, la prueba de comparación de medias utilizando la prueba de Dunnett al 5% de probabilidad y el análisis de regresión entre dosis de mezcla y el rendimiento.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

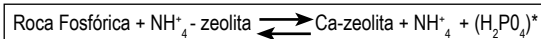
### Experimento con sorgo:

Los resultados del experimento con sorgo (Cuadro 7), mostraron que a medida que se incrementa la cantidad de la mezcla de ambos minerales aplicadas al suelo, el cultivo de sorgo aumenta significativamente en el rendimiento de masa seca, lo que mostró una diferencia estadísticamente significativa respecto al testigo, y los índices foliares son

favorecidos con la aplicación de la mezcla, aumentando el contenido de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K) en sus tejidos.

Se pueden comprender mejor los resultados tomando en cuenta la ocupación de los iones amonio dentro de la matriz zeolítica. Ming Lai y Ebert (1985) demostraron que las clinoptilolitas modificadas con amonio pueden extraer el calcio asociado al fósforo presente en la roca fosfórica, y éste se libera como di-hidrógeno fosfato, y la clinoptilolita cede amonio y toma calcio. La mezcla utilizada de RF + ZN, provoca un aumento

de la liberación del fósforo en el tiempo hasta los 48 días (Albuquerque *et al.* 2008), quedando el calcio retenido en la estructura de la zeolita.



El análisis de regresión indica que por cada gramo de mezcla aplicado al suelo habrá un aumento de 1,69 g de rendimiento por maceta en el cultivo de sorgo. Mientras que el máximo rendimiento según la curva de regresión sería de 18,87 g/maceta al aplicar 4,7 g de mezcla (Figura 1).

**CUADRO 7. INFLUENCIA DE LA MEZCLA RF + ZN SOBRE LOS RENDIMIENTOS DE SORGO Y LOS ÍNDICES FOLIARES EN UN SUELO INCEPTISOL. LA HABANA, CUBA. 2012.**

Tratamientos (g/ maceta+mezcla 1:1)	Rendimiento MS g/maceta	Nitrógeno (%)	Fósforo (%)	Potasio (%)
Testigo (NPK)	5,79 <sup>ns</sup>	1,92	0,21	1,91
NK + 2,0	7,45 <sup>ns</sup>	2,38	0,21	2,14
NK + 3,0	12,93*	2,36	0,28	2,51
NK + 4,0	12,43*	2,57	0,30	2,21
NK + 5,0	13,05*	2,31	0,32	2,46
ESx	0,43			

ESx = Error estándar de la media; \* = Significativo al nivel de 5% de probabilidad, según la prueba de Dunnett; ns = No significativo.

La factibilidad de sustituir parcialmente el fósforo del SFT por medio de la aplicación de la mezcla de RF + ZN al suelo donde se plantó el sorgo (Cuadro 8), logró un incremento en el rendimiento en masa seca de la planta de sorgo.

Los índices foliares de nitrógeno, fósforo y potasio del sorgo (Cuadro 8), se incrementaron por efecto de aplicar la mezcla RF + ZN. Cuando no se aplicó la mezcla, hubo una disminución en el porcentaje de fósforo por efecto de la fijación química por parte de las arcillas y

los óxidos de hierro y aluminio del suelo, aun cuando se duplicó la dosis de fósforo en el tratamiento 1 donde no se utilizó la

mezcla. Al duplicar la dosis de P junto con la mezcla de minerales, hubo diferencia significativa con el testigo donde no se usó la mezcla.

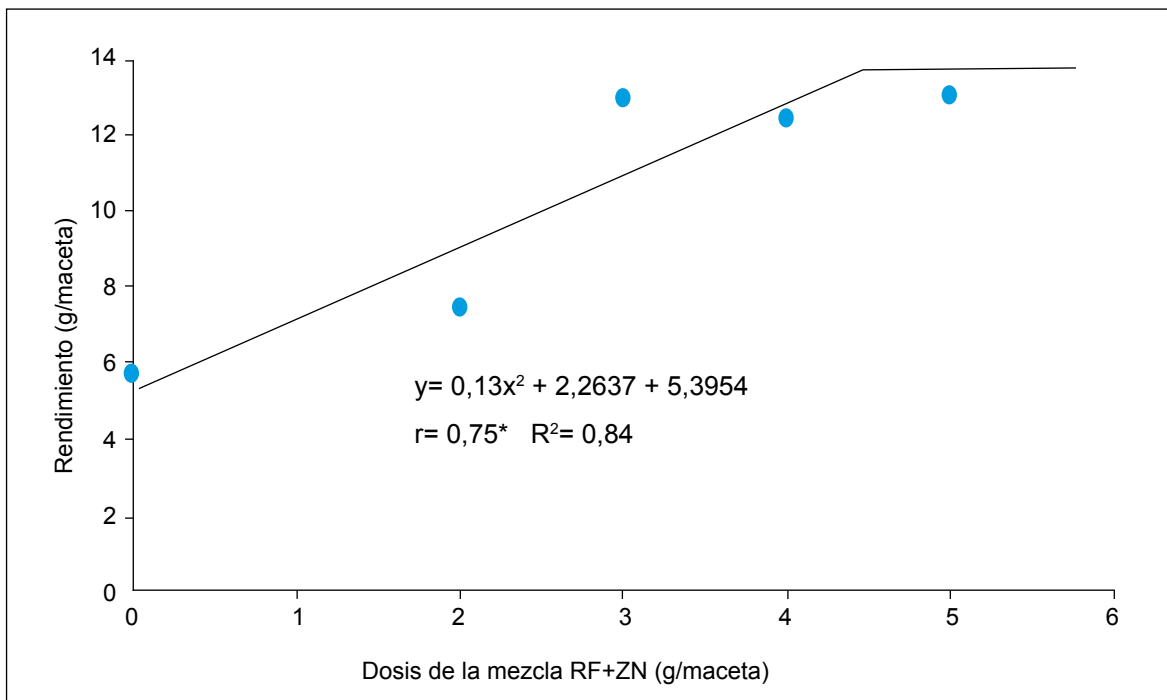


Figura 1. Curva de regresión entre dosis de la mezcla RF+ZN y rendimiento de sorgo.

**CUADRO 8. EFECTO DE LA MEZCLA RF + ZN SOBRE LA PRODUCCIÓN DE MATERIA SECA E ÍNDICE FOLIAR DEL CULTIVO DE SORGO AL SUSTITUIR EL FÓSFORO EN UN SUELO INCEPTISOL. LA HABANA, CUBA. 2012.**

Tratamientos (g/maceta de mezcla)	Rendimiento MS g/maceta	Nitrógeno (%)	Fósforo (%)	Potasio (%)
NK+P <sub>2</sub> +0,0	9,48 <sup>ns</sup>	1,89	0,20	1,45
NK+P <sub>0</sub> +3,0	14,59*	2,60	0,23	2,50
NK+P <sub>1</sub> +3,0	13,66*	2,61	0,22	2,47
NK+P <sub>2</sub> +3,0	14,32*	2,58	0,26	2,49
ESx	2,68			

ESx = Error estándar de la media; \* = Significativo al nivel de 5% de probabilidad, según la prueba de Dunnett; ns = No significativo.



En todos los tratamientos donde se aplicó la mezcla, se observó un aumento de rendimiento en materia seca del sorgo y mejores niveles de N, P, K en las hojas del cultivo, evidenciando que la mezcla RF + ZN contribuyó con la liberación de P.

#### Experimento con papa:

En el suelo Ferralítico rojo de Quivicán (Oxisoles), donde se realizó el experimento de campo con papa, se obtuvo un incremento de rendimiento en el tubérculo de 25,6% a 38,8%, debido a la aplicación de 0,5 a 1,0 t.ha<sup>-1</sup> de la mezcla RF + ZN (Cuadro 9). Esto indica que potencialmente se puede sustituir la fertilización con 1,0 t.ha<sup>-1</sup> de la mezcla, ello se explica porque la papa extrae relativamente pequeñas cantidades de fósforo (entre 13 y 33 kg.ha<sup>-1</sup>) en comparación a sus requerimientos de N y K (Burton 1996).

La papa se caracteriza por una alta demanda de nutrientes para

lograr un rendimiento económicamente aceptable (por ejemplo, 3,5 kg de N; 0,9 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 5,3 kg de K<sub>2</sub>O por tonelada de tubérculos producidos), llegando a realizar aplicaciones de cantidades hasta 400-200-300 kg de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O.ha<sup>-1</sup>, respectivamente (INCA 2002).

El análisis de regresión indica que por cada tonelada por hectárea de mezcla aplicada al suelo habrá un aumento en rendimiento de 6,0 t.ha<sup>-1</sup> en el cultivo de papa. Mientras que el máximo rendimiento según la curva de regresión sería de 22,75 t.ha<sup>-1</sup> al aplicar 1,08 t.ha<sup>-1</sup> de la mezcla (Figura 2).

En suelos bien suministrados con P, la cantidad total en la solución del suelo puede oscilar entre 0,3 y 3,0 kg.ha<sup>-1</sup>, y no todo es directamente asimilable, ya que todas las raíces no están en contacto con la solución del suelo. Por lo tanto, el P en la solución del suelo debe renovarse frecuentemente, varias veces en el día,

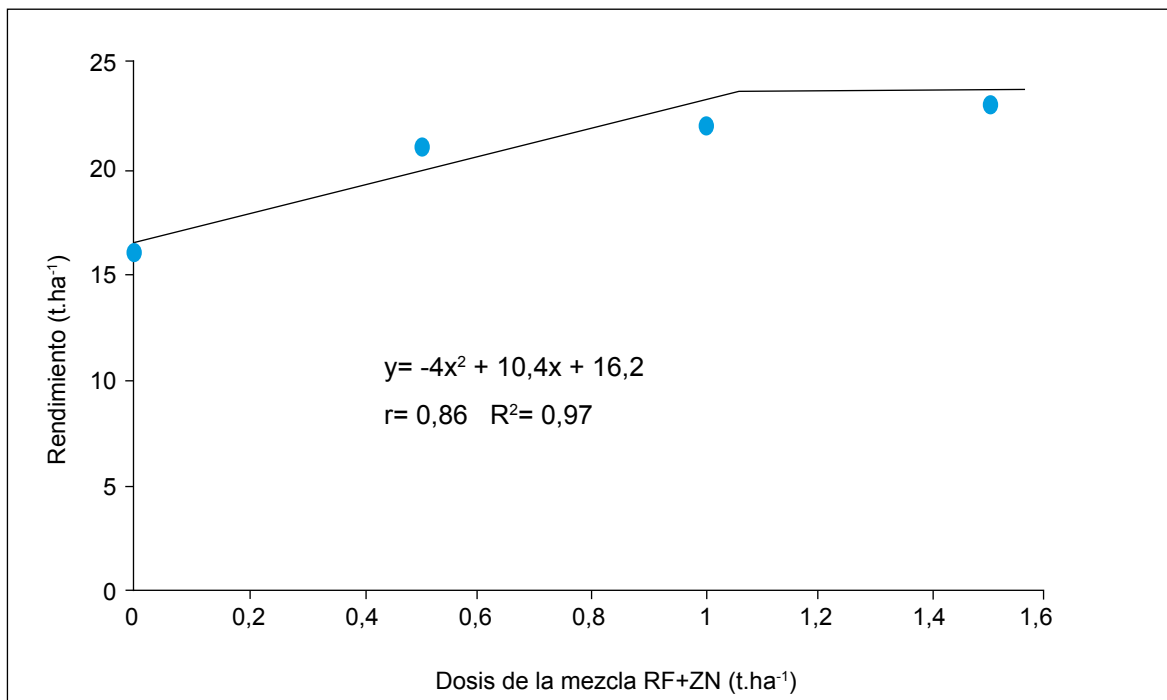
**CUADRO 9. EFECTO DE LA MEZCLA DE RF + ZN SOBRE EL RENDIMIENTO EN EL CULTIVO DE PAPA.**

Tratamientos (t.ha <sup>-1</sup> )	Rendimiento (t.ha <sup>-1</sup> )	Incremento (%)
0	16 <sup>ns</sup>	
0,5	21*	25
1,0	22*	32
1,5	23*	38
ESx	2,81	

ESx = Error estándar de la media; \* = Significativo al nivel de 5% de probabilidad, según la prueba de Dunnett; ns = No significativo.

a partir del P directamente disponible. En este caso, la mezcla aplicada de RF +

ZN permite ir liberando este nutriente de forma paulatina (Nus y Brauen 1991).



**Figura 2. Curva de regresión entre dosis de la mezcla RF+ZN y rendimiento de papa.**

Cuando termina el desarrollo del sistema radical, se detiene prácticamente la absorción de P al no existir intercepción radicular, el nutriente se traslada a los tubérculos, por lo que el follaje se empobrece en P y N, y con ello, se disminuye la velocidad del proceso de fotosíntesis (Kupers 1985).

Realmente este cultivo es bastante ineficiente para utilizar el fósforo del suelo, lo que explica que se hayan encontrado respuestas a la aplicación de fertilizante fosfórico y zeolita en suelos con niveles

altos de este nutriente en forma asimilable (Vitosh 1990).

Los índices foliares de nitrógeno, fósforo y potasio de la papa (Cuadro 10), se incrementaron por efecto de la mezcla RF + ZN. Cuando no se aplica la mezcla, hay disminución en el porcentaje de fósforo adsorbido por efecto de la fijación de fosfatos en concentración media de este elemento en el suelo, pero este se incrementa al aplicar una dosis alta de la mezcla.

**CUADRO 10. EFECTO DE LA MEZCLA RF + ZN SOBRE EL CONTENIDO FOLIAR DE LA PAPA.**

Dosis de la mezcla (t.ha <sup>-1</sup> )	N	P (% en hojas)	K
0	3,37	0,41	3,93
0,5	3,82	0,46	4,99
1,0	4,65	0,46	4,84
1,5	4,67	0,48	4,67

N = Nitrógeno; P = Fósforo; K = Potasio.

En el caso del porcentaje de potasio, existe una tendencia a incrementarse con la aplicación hasta de 1,0 t.ha<sup>-1</sup> de la mezcla, a partir de la cual comienza a decrecer su contenido. Con ello se afecta el rendimiento, se atrasa la madurez, disminuye la gravedad específica, se debilita la piel, puede ocurrir brotación de los tubérculos afectando adversamente la calidad del tubérculo y las características para su almacenamiento; disminuyendo el índice de cosecha (relación follaje/tubérculos) (Burton 1996).

Durante el desarrollo del experimento no se presentaron síntomas visuales directos de excesos de K, posiblemente por la capacidad de las plantas de realizar consumo de lujo, pero podrían ocurrir antagonismos con otros cationes como el calcio (Ca).

Se observa que hay un efecto positivo al aumentar la dosis de mezcla

sobre la fertilidad del suelo (Cuadro 11), lo que está relacionado con la textura y la nutrición de los cultivos. Sin embargo, este suelo muestra una tendencia a elevar demasiado el pH, lo que podría afectar la disponibilidad de nutrientes como el P y los micronutrientes. Actualmente surge como problema, la elevación sostenida del pH en las áreas paperas, lo cual puede convertirse en un problema grave para el cultivo (IFA 2008, Macías *et al.* 2007).

El contenido de materia orgánica en este suelo se incrementó a valores medios. Los suelos dedicados al cultivo de papa, generalmente, tienen un contenido bajo de materia orgánica, especialmente en regiones donde no se aplican abonos orgánicos y la rotación de cultivos predominante no contempla cultivos altamente productores de masa seca, ya que la papa prácticamente no deja residuos orgánicos en el suelo, lo que afecta directamente el contenido de N.

**CUADRO 11. INFLUENCIA DE LA DOSIS DE MEZCLA RF + ZN UTILIZADA SOBRE LA FERTILIDAD DE UN SUELO OXISOL. QUIVICÁN, MAYABEQUE, CUBA. 2012.**

Dosis de mezcla	pH	Materia Orgánica	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
(t.ha <sup>-1</sup> )	(1:2,5)	%	mg.kg <sup>-1</sup>	
0	6,7 <sup>ns</sup>	3,17	4,14 <sup>ns</sup>	9,00 <sup>ns</sup>
0,5	6,2 <sup>ns</sup>	3,40	8,41*	13,11*
1,0	6,8 <sup>ns</sup>	3,42	9,62*	15,12*
1,5	6,8 <sup>ns</sup>	3,43	9,77*	15,82*

\* = Significativo a nivel de 5% de probabilidad, según la prueba de Dunnett; ns = No significativo.

Se considera al N como el nutriente más deficiente en los suelos dedicados al cultivo de papa en Cuba, según Deroncelé *et al.* 1999. En este sentido diversos trabajos han demostrado la utilidad del uso de la zeolita, ya sea como un medio para reducir la cantidad de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> y N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> residual en la solución del suelo (Arora *et al.* 1996, Inglezakis *et al.* 2004), disminuir la tasa de nitrificación en suelos arenosos (Tremols 1978) o incrementar el contenido de N<sub>2</sub> en el tejido vegetal.

El contenido de P en los suelos dedicados al cultivo de la papa depende de su manejo precedente. En suelos que han recibido altas dosis de fertilizantes fosfóricos, sistemáticamente por más de 30 años, el contenido de fosfatos disponibles es alto, como por ejemplo en la provincia de La Habana, en donde Deroncelé y Guerra (1977) han llegado a reportar 296,9 mg P.kg<sup>-1</sup> por el método de Oniani; por el contrario, en áreas

recientes, el contenido de fósforo es bajo o medio, como en la provincia de Ciego de Ávila, pero en esta región ya los suelos están pasando a niveles medios y se encuentran algunos con altos niveles de P, lo cual permite como alternativa, el empleo de rocas fosfóricas mezcladas con zeolita.

El pH y textura del suelo afectan la disponibilidad del P (Vitosh 1990), ya que es asimilable en el rango de 6,2 a 6,8 de pH, pues a valores inferiores es antagonizado por el Fe, Al y otros oligoelementos, y valores superiores de 7,0 por el Ca y el Mg.

Los suelos Ferralíticos y Ferríticos, principalmente los de pH ácido, son altamente fijadores de P, a pesar que algunas regiones son ricas en P asimilable.

El 80% de las áreas paperas de Cuba se encuentran en suelos Ferralíticos

rojos (Oxisoles): muy profundos, de topografía llana, bajo contenido de materia orgánica (2%), CIC 13-26  $\text{cmol}_{(+)}\text{kg}^{-1}$  de suelo y pH 6. Se prefieren los suelos Ferralíticos rojos (típicos o compactados), por su estructura suelta, buen drenaje y aireación. Estos suelos tienen baja fertilidad natural, limitada retención de agua y de nutrientes. En estos suelos, el predominio de óxidos e hidróxidos de Fe y Al en el complejo coloidal y el bajo contenido de materia orgánica, determinan una alta capacidad de retención del P y hacen temer fuertes pérdidas de N y K, aspecto que puede ser contrarrestado con el uso de la mezcla de zeolita y roca fosfórica.

### CONCLUSIONES

- La aplicación de la mezcla de zeolita con roca fosfórica permitió obtener mejor rendimiento de materia seca en los cultivos de papa y sorgo, al igual que mejoró el nivel de los nutrientes en el tejido vegetal de estos.
- El uso de la mezcla permitirá la disolución del fósforo de la roca fosfórica mejorando su liberación y reducir las aplicaciones de fertilizantes fosfóricos importados.
- La mezcla produjo una mejoría del estado de fertilidad del suelo y los niveles de nutrientes adsorbidos por los cultivos de sorgo y papa.

### BIBLIOGRAFÍA

- Albuquerque, A; Brooks, O; Garrido, V. 2008. Cinética de liberación del fósforo en la roca fosfórica. CIPIMM 20(3):13-17.
- Arora, RP; Savhdev, MS; Sud, YK; Lutara, VK; Subbiah, BV. 1996. Fate of fertilizer nitrogen in a multiple cropping system. Soil Nitrogens fertilizer on pollutant. Proc. Symp. realizado en Piracicaba, Brasil, IAEA /FAO STI/Pub, p. 3-22.
- Burton, WG. 1996. The Potato. A survey of its history and of factors influencing its yield, nutritive value, quality and storage. 4<sup>th</sup> edition, Edit. H. Veenman & Zonen, BV, Wageningen, Holanda. 325 p.
- Díaz, G; Sánchez, F; Llerena, L; Váscenez, G. 2009. Empleo de zeolitas naturales en la fertilización del fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la zona de Quevedo. Ciencia y Tecnología 3:1-6.

- Deroncelé, R; Guerra, A. 1977. Estudio de niveles y formas de aplicación del N en el cultivo de la papa var. Red Pontiac. Ciencia y Técnica de la Agricultura, Suelos y Agroquímica 1(1):38-45.
- Deroncelé, R; Padrón, E; Moreno, V; John, C; Irigoyen, H. 1999. La Fertilización mineral de la papa en Cuba. Situación Actual y Perspectivas. Editado por el Instituto de Investigaciones Hortícolas Liliana Dimitrova, La Habana, Cuba. 15 p.
- IFA (International Fertilizer Association). 2008. World Fertilizer Manual. Editado por la International Fertilizer Industry Association. Paris. 632 p.
- INCA (Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas). 2002. Informe de los resultados del taller sobre "La fertilización en el cultivo de la papa". Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. 5 p.
- Inglezakis, V; Loizidou, M; Grigoropoulou, H. 2004. Ion exchange studies on natural and modified zeolites and the concept of exchange site accessibility. Journal of Colloid and Interface Science 275:117-119.
- Kolyagin, YS; Karasev, OA. 1999. Root nutrition and the quality of sugarbeet. Sakharnaya Svekla (Bulgaria) 6:11-12.
- Kupers, L. 1985. Fertilization and crop rotation of potatoes: a theory and recommendation. International Potato Course. Wageningen University, Holland. 7 p.
- Macías, AF; Galvis, A; Hernández, T; De León, F; Payán, F. 2007. Efecto de la aplicación de zeolita (clinoptilolita y modernita) en un andosol sobre el ambiente químico edáfico y el crecimiento de avena. Interciencia 32(10):692-696.
- Ming Lai, D; Ebert, D. 1985. Controlled and renewable release of phosphorus in soils from mixtures of phosphate rock and ammonium exchanged clinoptilolite". U.S. Geological Survey, Resources Division, Denver, Colorado, USA. Technical bulletin no. 16:45.
- NRAG 879.88 (Norma Ramal de Agricultura 879.88). 1996. Norma ramal de análisis químicos de suelo. Instituto de Suelos. Cuba.

- NRAG-O5 (Norma Ramal de Agricultura - O5). 2010. Norma Ramal de análisis foliares. Instituto de Suelo. La Habana, Cuba.
- Nus, J; Brauen, E. 1991. Clinoptilolitic zeolite an amendment for establishment of creeping bentgrass on sandy media. Hort-Science 26:117-119.
- Park, M; Komarneni, S. 1998. Ammonium nitrate occlusion vs. nitrate ion exchange in natural zeolites. Soil Science Society of America Journal 62:1455-1459.
- Perrot, K; Wisa, R. 2002. Determination of residual reactive phosphate rock in Soil. Ed. IRRI, Filipinas. p. 399-425.
- Rehakova, M; Curanova, S; Dzivak, M. 2004. Agricultural and agrochemical uses of natural zeolite of the clinoptilolite type. Curr.Opin. Solid St. 12:397-404.
- Rodríguez, R; Herrera, J. 2002. Field evaluation of partially acidulated phosphate rocks in ferrosol from Cuba Nutrient cycling. Agroecosystems 63:21-26.
- Soca, M; Castellanos, J; Febles, J. 2004. Efecto de la zeolita en la eficiencia de los fertilizantes químicos, fertilizantes y enmiendas de origen mineral. Panorama Minero 14:261-268.
- Tremols, J. 1978. Respuesta de la papa a la fertilización mineral sobre diferentes subtipos de suelos Ferralíticos. Agrotecnia de Cuba 10(2):79-85.
- Villarreal, J; Barahona, L; Castillo, O. 2015. Efecto de zeolita sobre la eficiencia de fertilizantes nitrogenados en el cultivo de arroz. Agron. Mesoam. 26(2):315-321.
- Vitosh, M. 1990. Potato fertilizer recommendations. Extension bulletin E-2220, Michigan State University Extension Department. Michigan, USA. 54 p.