

Aplicación de agromineral de tobas y residual amoniacal del proceso CARON en el organopónico Miraflores del municipio Moa

Gerardo Antonio Orozco Melgar

gorozco@ismm.edu.cu

Giorvys Ramón Cuza Fernández

gcuza@ismm.edu.cu

Universidad de Moa

Resumen: Se presentaron los resultados del empleo de un agromineral para la revitalización del sustrato de un organopónico que contribuye al desarrollo de la agricultura del municipio Moa. Se realizó una valoración técnico-económica del incremento en el rendimiento de los cultivos que tribute al programa alimentario de forma efectiva. Se aplicó el agromineral al cultivo de la acelga con resultados positivos en el incremento de su rendimiento, así como la garantía de condiciones superiores del suelo en cuanto a sus propiedades físico-químicas, y su valoración económica indica que se logra un incremento de la producción de un 36% a bajos costos (0,0012 CUP por planta de acelga cultivada) de manera que estimula el desarrollo del sistema agrícola y ofrece alternativas para la sustitución de importaciones de fertilizantes.

Palabras clave: agricultura urbana; producción agrícola; toba zeolitizada; tobas vitroclásticas.

Application of tuff agromineral and ammonia residual from the CARON process in the Miraflores organoponico of the Moa municipality

Abstract: The results of the use of an agromineral for the revitalization of the substrate of an organoponic that contributes to the development of agriculture in the Moa municipality were presented. A technical-economic assessment of the increase in the yield of the crops that contributes to the food program in an effective way was carried out. The agromineral was applied to the cultivation of chard with positive results in the increase in its yield, as well as the guarantee of superior soil conditions in terms of its physical-chemical properties, and its economic evaluation indicates that an increase in production is achieved. of 36% at low costs (0.0012 CUP per cultivated chard plant) so that it stimulates the development of the agricultural system and offers alternatives for the substitution of fertilizer imports.

Keywords: urban agriculture; agricultural production; zeolitized tuff; vitroclastic tuffs.

Introducción

El suelo es el medio natural de donde las plantas toman los nutrientes necesarios para su germinación, crecimiento y desarrollo. Sin embargo, ya sea por razones naturales, o debido a situaciones inducidas, paulatinamente el suelo pierde sus propiedades, por lo que llega a ser incapaz de suministrar los elementos nutritivos a las plantas en las cantidades adecuadas.

Una de las premisas más importantes de un país consiste en desarrollar una agricultura eficiente, para lo cual es necesario conocer qué tipos y subtipos de suelos hay, sus propiedades y, sobre todo, el área que ocupa cada tipo y subtipo de suelo. De esa forma se podrá conocer la calidad del fondo agrícola con que se cuenta y saber que limitaciones tendrá una producción agrícola sostenida (Hernández, 2021).

Es por eso que, cuando se habla de agricultura no se puede obviar el uso de fertilizantes que su misión se enmarca en el mejoramiento de los suelos para el desarrollo de dicha actividad. La actual crisis de fertilizantes mantiene en tensión la agricultura en el mundo, lo que exige de alternativas para enfrentar de manera oportuna el problema de la producción agrícola que permita evitar una escasez de alimentos en el futuro (Hernández, 2021).

En Cuba los suelos pardos (Inceptisoles) y húmicos sialíticos (Molisoles) ocupan una superficie de 2.526.000 de km², son los más extensos e importantes para la economía del país y se utilizan en diferentes cultivos. Entre las limitaciones para su uso están su presencia en zonas erosionadas y su poca profundidad efectiva (USDA, 2014).

El municipio Moa de la provincia Holguín, presenta suelos lateríticos con dificultades para almacenar agua, una característica que influye en el crecimiento y desarrollo de las plantas. El uso de fertilizantes para el tratamiento de los suelos favorece el rendimiento en las cosechas, e incentiva al crecimiento de la producción vegetativa. Actualmente, diversas causas como la pandemia COVID 19, que ha debilitado la economía cubana y el conflicto ruso-ucraniano, han limitado la adquisición de fertilizantes para el sector agrícola. Por esta razón se evidencia que, se puede poner en riesgo el desarrollo del programa alimentario que se implementa en beneficio de todos y la contribución al crecimiento de la economía nacional.

Las crecientes dificultades han obligado al desarrollo y puesta en práctica del intelecto de muchos científicos en busca del desarrollo sustentable como alternativas para solventar, en cierta medida, la demanda que requiere la agricultura cubana y específicamente la del municipio Moa caracterizada como deficitaria. Dentro de los resultados más relevantes se encuentra la producción de biofertilizantes naturales y remineralizadores de suelos.

Beltrán *et al.*, (2019) utilizó roca fosfórica y yeso en la fertilización del cultivo de la soya en Buenos Aires, Argentina. Este autor también logró mejorar el rendimiento en el cultivo del maíz agregando zeolita y yeso a la fertilización nitrogenada en un argiudal típico de San Antonio de Areco, Buenos Aires, Argentina (Beltrán *et al.*, 2021). Gaona *et al.*, (2020) estudiaron el efecto de los niveles de nitrógeno y potasio aplicados por fertirriego en las variables de crecimiento y concentración de micro y macronutrientes en plantas de aguacates en México. Ramos *et al.* (2020) evaluaron como alternativa de fertilización la aplicación de subproductos de la minería de rocas volcánicas como remineralizadores de suelos en Barranquilla, Colombia.

Velázquez *et al.* (2011) analizaron las alternativas ecológicas de fertilización y el efecto positivo de los agrominerales para un mejor aprovechamiento de los recursos minerales existentes en el país y brindar alternativas apropiadas que permitieran aprovechar el efecto positivo de los agrominerales (zeolita, calizas fosfatadas, etc.) en función de lograr incremento en la producción de alimentos.

Un agromineral es un beneficiador que se añade al suelo para influir positivamente en su estructura, sus características físico-químicas y en su fertilidad. A diferencia de los fertilizantes este mejorador contiene propiedades como: retención de humedad, reducción de la pérdida de nutrientes por lixiviación etc, que favorecen el desarrollo agrícola. Es válido destacar que este agromineral contribuye a regular el pH de los suelos ácidos y distender los suelos compactos y duros.

El objetivo del presente trabajo consiste en valorar técnica y económicamente el proceso de producción de un agromineral a partir de tobas y residual amoniacal del proceso CARON y exponer los resultados de su aplicación en el sustrato del organopónico Miraflores del municipio Moa expresado en el rendimiento agrícola.

Materiales y métodos

Se realizó el trabajo de campo para el reconocimiento, localización y extracción de las materias primas y métodos analíticos para caracterizar la composición química de los materiales utilizados.

Método de costeo basado en actividades ABC: Es una herramienta que permite realizar un cálculo de los costos más exacto que los modelos tradicionales y además hacer un análisis de proceso que permita su mejoramiento. Este se basa en que los productos consumen actividades y las actividades recursos.

Se tuvo en cuenta como área de estudio el organopónico Miraflores ubicado en el Consejo Popular de igual nombre perteneciente a la UEB Granja Urbana de la Empresa Agroforestal Moa.

Como fuente de amonio se empleó el residual amoniacal resultante del proceso de obtención del níquel en la fábrica Ernesto Che Guevara, cuyo análisis químico se realizó en el Centro de investigaciones del níquel de Moa, empleándose la siguiente metodología:

-UPL-PT-A-11 Determinación de Ni, Co, Fe, Cu, Zn, Mn, Mg, Al, Cr, Si, V, Pb. Método de Espectrofigurametría de Absorción Atómica.

-UPL-PT-V-15 Determinación de amoníaco destilado. Método valorado.

-UPL-PT-V-04 Determinación de amoniaco en licores. Método valorado.

Expresión de los resultados: mg/l

En la tabla 1 se aprecia el análisis químico del residual amoniacal, según Aguirre (1999), y en la tabla 2, la composición del residual que se utilizó en el presente trabajo.

Tabla 1. Composición química del residual amoniaco de la empresa de Níquel Ernesto Guevara

NH ₃	Ni	Co	Fe	Mn
1,5 a 2 g/L	30-40 mg/L	0,25-0,3 mg/L	0,1-0,15 mg/L	0,6-0,7 mg/L

No.	Código	Fecha	mg/l	Ni	Incert	mg/l	Co	Incert	mg/l	NH ₃	Incert
1346	R-I (residual amoniaco inicial)	24/06/2021	5,00	±	0,69	1,00	±	0,340	1951,6	±	111

Tabla 2. Análisis del contenido de Ni, Co y amonio en el residual amoniaco.

Las tobas zeolitizadas empleadas en el presente trabajo provienen del yacimiento San Andrés y su composición química puede apreciarse en la tabla 3.

Tabla 3. Composición química de una muestra de toba zeolitizada del yacimiento San Andrés.

Oxido	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	PPI
%	65,55	0,276	11,75	1,43	2,824	0,947	1,376	1,677	14,15

Proceso de obtención del agromineral

Para la obtención del agromineral se utilizó, en primer lugar, un proceso de intercambio iónico de la toba zeolitizada con el residual amoniaco. Se pusieron en contacto las tobas zeolitizadas con el licor residual por un tiempo de 2 horas, a temperatura ambiente, para propiciar el intercambio catiónico. La granulometría de las tobas zeolitizadas fue de 1 a 3 mm, según lo recomendado por Soca & Daza-Torres (2016) para su empleo en la agricultura. Se agregó el licor residual a un tanque lleno de tobas zeolitizadas de forma tal que el líquido sobrenadara a las tobas de 1 a 2 cm por encima. Calculándose que por cada kilogramo de toba zeolitizada se requiere 1,1 litro del licor residual amoniaco. Después de transcurridas las 2 horas se drenó el licor y se tomó una muestra del líquido residual.

Una vez secadas al aire, las tobas zeolitizadas se mezclaron en proporción 1:1 con tobas vitroclásticas, que se obtuvieron en la zona de El Picao, localizada a 10-15 Km de la ciudad de Sagua de Tánamo, en la plancheta topográfica 5177-I, a escala 1: 50 000, dentro de los límites determinados por las coordenadas Lambert del sistema Cuba Sur. La composición química de una muestra de toba vitroclástica se observa en la tabla 4. Las tobas vitroclásticas contienen elementos químicos de gran aplicación en el sector agrícola. Su contenido de magnesio, hierro, potasio y calcio avalan su accionar

en el mejoramiento de los suelos para potenciar el desarrollo de los cultivos. La granulometría utilizada fue de 0,1 a 0,8 mm.

Tabla 4. Composición química de una muestra de toba vitroclástica de El Picao

Óxido	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	PPI
%	60,86	0,49	13,63	4,58	5,34	2,64	1,87	2,27	8,83

Aplicación del agromineral al cultivo de la acelga en el organopónico Miraflores

El terreno seleccionado fue un cantero con dimensiones de 1 m de ancho por 23 m de largo con una altura de aproximadamente 0,30 m. El sustrato fue preparado con buena labranza y buen drenaje con el objetivo de facilitar el desarrollo del sistema radicular y evitar la saturación del suelo por humedad (Figura 1).



Figura 1. Preparación del sustrato.

El trasplante de las posturas de acelgas se efectuó con la aplicación del agromineral. La dosificación utilizada fue de 64 gramos por posturas trasplantada (Figuras 2 y 3). Por otra parte, en la misma área de experimento se plantó una muestra testigo en igualdad de condiciones sin la fertilización con el agromineral. Se aplicó un sistema de riego por aspersión dos veces por día durante 45 minutos.



Figura 2. Aplicación del agromineral.



Figura 3. Trasplante de las posturas.

Resultados

Se comprobó que en el proceso de interacción de las tobas zeolitizadas con el residual amoniacal las zeolitas muestran una elevada capacidad de remoción del amonio. El análisis químico que se observa en la tabla 5 indica que la efectividad de remoción es del 99%, pues de una concentración inicial de amonio de 1951,6 mg/l (tabla 1), luego del intercambio, el licor residual resultante tiene una concentración de amonio de 13,6 mg/l.

Tabla 5. Composición química del residual amoniacal de la empresa Ernesto Che Guevara después de tratado con las tobas zeolitizadas.

Número	Código	Fecha	mg/l	Ni	Incert	mg/l	Co	Incert	mg/l	NH ₃	Incert
1347	RTK-1	24/06/2021	0,223	±	0,031	L/D	±	-	13,60	±	0,37

Evaluación de la evolución de las plantas de acelgas empleando el agromineral

El trasplante se realizó en un ambiente fresco en horario vespertino, con suficiente humedad y con posturas de calidad. La efectividad del proceso fue del 98,3% debido a que de un total de 175 plantas trasplantadas sólo fallecieron 3 plantas.



Figura 4. Plantas de acelgas trasplantadas a los 5 días en proceso de riego manual.

En los 9 días post trasplante (figura 5) se continuaron las labores agrícolas de aporque de las plantas en desarrollo, limpieza del área del experimento y desinfección de malas hierbas. El cultivo presentó una coloración verde oscuro lo que significa efectividad en el proceso de fotosíntesis.



Figura 5. Buen desarrollo de las acelgas a los 14 días del trasplante.

Durante todo el proceso se revisó y fumigó el cultivo con vista a evitar la presencia de plagas y se continuaron las labores de riego dos veces por día durante 45 minutos por aspersión.



Figura 6. Magnífico desarrollo de las acelgas a los 22 días del trasplante.

Al término de los 35 días se produjo la cosecha de las acelgas.



Figura 7. Se aprecia el buen desarrollo radicular de las acelgas cosechadas con empleo del agromineral.



Figura 8. Desarrollo diferencial de las acelgas con agromineral (izquierda y centro) en comparación con el testigo (derecha) al ser cosechadas.

En la figura 8 se muestran las plantas de acelga cosechadas a los 35 días de haberse cultivado. Las plantas que se encuentran a la izquierda y al centro de la imagen representan acelgas con la aplicación del agromineral observándose el aumento del sistema radicular lo que facilitaba una mejor alimentación y un mayor volumen, así como el crecimiento en tallos y hojas. A la derecha de la figura se muestra la planta de acelga cosechada como parte de la muestra testigo, la misma presenta un limitado desarrollo en su sistema radicular lo que limita su adecuada alimentación e incide directamente en el crecimiento de sus tallos y hojas. El muestreo se realizó tomando 30 plantas de acelga cultivadas con la aplicación del agromineral las cuales promediaron un peso de 11,33 Kg y se tomaron como referencia 30 plantas de acelga de la muestra testigo las cuales promediaron un peso de 8,31 kg. Con este resultado se evidencia un rendimiento de 3,02 Kg superior con la aplicación del agromineral en igualdad de condiciones y con el mismo tamaño de muestra.

Evaluación técnica del rendimiento del cultivo de la acelga con la aplicación del agromineral

La tabla 6 muestra una evaluación del rendimiento en el cultivo de la acelga con la aplicación del agromineral con respecto a la muestra testigo. El resultado que muestra en dicha tabla evidencia el incremento en el rendimiento del cultivo de la acelga con la aplicación del agromineral. Tomando como referencia el rendimiento de la muestra testigo se puede concluir que con la aplicación de 0,064 Kg de agromineral en el cultivo de la acelga por plantas se puede obtener un incremento en el rendimiento de 0,101 Kg en la cosecha de dicha hortaliza.

Tabla 6. Análisis del rendimiento

Rendimiento de la acelga c/ Agromineral (30 plantas).	Rendimiento de la acelga de la muestra testigo (30 plantas).	Peso promedio por plantas c/ el agromineral.	Peso promedio por plantas de la muestra testigo.	% incremento en el rendimiento
11,33 kg	8,31 kg	0,378 kg	0,277 kg	
Cantidad de agromineral aplicado (30 plantas).	Aplicación de fertilizantes	Cantidad de agromineral por plantas	Aplicación de fertilizantes	
1,92 kg	0 kg	0,064 kg	0 kg	
Incremento del rendimiento en (30 plantas)		Incremento del rendimiento por plantas		
3,02 kg		0,101 kg		36%

Base de cálculo del costo por kilogramos de agromineral producido

En la tabla 7 Se describen las operaciones de compra y traslado de la zeolita natural desde la localidad de San Andrés municipio Holguín hasta el municipio Moa lo que incurre en un gasto de 12360.00 CUP y evidencia un costo por kg de toba zeolitizada comprado de 2,47 CUP.

Tabla 7. Costos de compra y flete de la zeolita natural de San Andrés Holguín.

No.	Descripción	U/M	Cantidad necesaria	Precio unitario	Importe
1	Compra de toba zeolitizada	T	5	472.00	2360.00
2	Gasto de flete en transportación	T/cargada	5	2000.00	10000.00
	Total				12360.00

Costos de transporte y trituración de la toba vitroclástica de El Picao, municipio Sagua de Tánamo

En la tabla 8 Se describen los gastos de las operaciones de traslado de las tobas vitroclásticas desde el consejo popular El Picao del municipio Sagua de Tánamo hasta el municipio Moa y el servicio de trituración del recurso con la granulometría requerida. Este proceso incurre en un gasto de 4500.00 CUP y concluye que el costo por Kg de Toba vitroclástica trasladada y procesada es de 0,90 CUP.

Tabla 8. Gastos de las operaciones de traslado de las tobas vitroclásticas desde El Picao del hasta Moa

No	Descripción	U/M	Cantidad necesaria	Precio unitario	Importe
1	Toba vitroclástica	T	5	0,00	0,00
2	Gasto de flete en transportación	T/Cargada	5	600.00	3000.00
3	Servicio de trituración de la toba vitroclástica	T	5	300.00	1500.00
	Total				4500.00

En la tabla 9 Se describen los gastos de las operaciones de traslado del licor residual desde la empresa comandante Ernesto Guevara hasta el área de taller y transporte de la Universidad de Moa. En el caso del residual solo se incurre en el gasto por flete en transportación y arroja un gasto monetario de 2000.00 CUP lo que genera un costo por litro del residual amoniacal transportado de 0,36 CUP.

Tabla 9. Gasto de transportación del residual amoniacal

No	Descripción	U/M	Cantidad Necesaria	Precio unitario	Importe
1	Gasto de flete en transportación	L/transp.	5500.00	0,36	2000.00
	Total				2000.00

Costo total de formulación del agromineral de tobas y residual amoniacal del proceso CARON

El costo total del agromineral de tobas y residual amoniacal del proceso CARON, se describe como la suma de los costos unitarios de cada uno de sus componentes y el mismo se formula de forma siguiente:

Costo total agromineral = Costo adquisición de + Costo adquisición + Costo adquisición

X Kg producido Zeolita natural x Kg. Tobas vitroclásticas x Kg. Residual amoniacal x L.

Para la producción de un Kg del agromineral de tobas y residual amoniacal se requieren 0.5 Kg de Zeolita natural el cual tiene un costo aproximado de 1.24 CUP, se requieren 0.5 Kg de tobas vitroclásticas que tienen un costo de 0.45 CUP y 0.55 L de residual amoniacal que tiene un costo de 0.18 CUP.

Costo total agromineral = 1,24 CUP (0,5 Kg ZN) + 0,45 CUP (0,5 Kg TV) + 0,18 CUP (0,55 L RA).

Costo total agromineral = 1,87 CUP

Conclusiones

Se logró un incremento en el rendimiento del cultivo de la acelga de 0,101 kg por planta cultivada con un costo de 0,0012 CUP.

El agromineral formulado contribuyó positivamente a lograr los buenos resultados en el desarrollo del cultivo de la acelga principalmente por su aporte de nitrógeno (N), magnesio (Mg) y calcio (Ca).

Referencias bibliográficas

AGUIRRE, J. 1999. Uso de zeolita natural en el tratamiento del licor residual carbonato amoniacal. Tesis de Maestría. Instituto Superior Minero Metalúrgico. Moa.

BELTRÁN, M.; HERRMANN, C.; ROMANIUK, R.; FERNÁNDEZ, A.; JECKE, F. & MOUSEGNE, F. 2021. Rendimiento del maíz ante el agregado de zeolita y yeso a la fertilización nitrogenada en un argiudal típico de San Antonio de Areco. *RIA Revista de investigaciones agropecuarias* 47(1): 53-60.

BELTRÁN, M.; ROMANIUK, R.; HERRMANN, C.; FERNÁNDEZ, A., MOUSEGNE, F. & JECKE, F. 2019. Roca fosfórica y yeso agrícola: complemento a la fertilización tradicional en el cultivo de la soya. *Ciencias del suelo* 37(1): 180-185.

GAONA, O.; VÁSQUEZ, L.; MOAES, C.; VIERA, W.; VITERI, P.; SOTOMAYOR, A. & CARTAGENA, Y. 2020. Efecto de de los niveles de nitrógeno y potasio aplicados por fertirriego en las variables de crecimiento y concentración de micro y macronutrientes en plantas de aguacate (*Persea americana Mill*) Var. Hass. Disponible en: <http://www.dispace.uce.edu.ec/handle/25000/22868>.

HERNÁNDEZ, A. 2021. Área que ocupan agrupamientos y tipos genéticos de los suelos en Cuba. *Cultivos tropicales* 42(3).

RAMOS, G.; DOS SANTOS DE MEDEIROS, D.; GOMEZ, L.; OLIVEIRA, L.; SCHNEIDER, I. & KAUTZMANN, R. 2020. Evaluación de remineralizador de suelos a partir de subproductos de la minería de rocas volcánicas: prueba experimental en cultivos de avena negra y maíz- *Investigación de recursos naturales* 29(3): 1583-1600.

SOCA, M. & DAZA-TORRES, M. C. 2016. Evaluación de fracciones granulométricas y dosis de zeolita para la agricultura. *Agrociencia* 50(8): 965-976.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). 2014. Keys to soil taxonomy. Edición doce. Disponible en: <https://www.nrcs.usda.gov>.

VELÁZQUEZ, M; FEBLES, J.; ALONSO, J. & MONTEJO, E. 2011. Alternativas ecológicas de fertilización el efecto positivo de los agrominerales. *INFOMIN* 3(2): 32-42.