

Evaluación de agrominerales y mejoradores de suelo para el cultivo de pepino y habichuela en el municipio de Moa

Evaluating agrominerals and soil improvers for cucumber and bean crops in Moa municipality

Lisset Martínez-Bring^{1*}, Giorvys Ramón Cuza-Fernández¹, Luis Alberto Pérez-García¹, Carlos Alberto Leyva-Rodríguez¹, Gerardo Antonio Orozco-Melgar¹, Alain Carballo-Peña¹

¹Universidad de Moa, Holguín, Cuba.

*Autor para la correspondencia: lmbring@ismm.edu.cu

Resumen

Los suelos lateríticos ferrosos de Moa son de baja productividad agrícola. El presente trabajo tuvo el objetivo de evaluar la aplicación de agrominerales y mejoradores de suelos, a partir de tres experimentos realizados en dos organopónicos de la localidad. Se aplicaron formulaciones a base de tobas zeolitizadas cargadas con residual amoniacal y calcilutitas en cultivos de pepino y habichuela, y formulaciones a base de tobas zeolitizadas cargadas con residual amoniacal y mezcladas con tobas vítreas, en cultivos de pepino. Las formulaciones lograron incrementar el rendimiento de la habichuela y del pepino variedad Puerto Padre evidenciando la viabilidad del uso de este agromineral. Los resultados contribuyen a la sostenibilidad ambiental y fomentan la adopción de prácticas más sostenibles.

Palabras clave: agromineral, mejorador de suelo, cultivo de pepino, cultivo de habichuela, tobas, calcilutitas, residual amoniacal

Abstract

The lateritic ferrous soils of Moa have low agricultural productivity. This study is aimed to evaluate applying agrominerals and soil improvers, based on three experiments carried out in two organoponics from the locality. Formulations based on zeolitized tuffs loaded with ammoniac residual and calcilutites were applied on cucumber and bean crops, and on cucumber crops, formulations based on zeolitized tuffs loaded with ammoniac residual and mixed with glassy tuffs. It was showed that formulations achieved an increase in the yield of bean and cucumber crops, Puerto Padre Variety, demonstrating the

viability of using this agro-mineral. These results contribute to environmental sustainability and encouraging the adoption of more sustainable practices.

Keywords: agro mineral, soil improver, cucumber crop, bean crop, tuffs, calcilutite, ammoniac residual

1. INTRODUCCIÓN

Las rocas y minerales industriales han ocupado siempre un espacio importante en la economía, dada su amplia utilización en diversas ramas de la industria. Ellos poseen además una amplia distribución sobre la superficie de la tierra, siendo una parte de estos un factor esencial en el desarrollo y en la fertilidad del suelo.

Por otra parte, la alimentación encuentra su expresión más práctica en el ámbito territorial, por ello necesita un modelo de gestión agrícola que surja desde lo local. La agricultura urbana, suburbana y familiar se presenta como componentes locales importantes en la producción de alimentos. En las condiciones de la economía cubana, el Plan de Soberanía Alimentaria y Educación Nutricional (SAN) aprobado en 2020, incluye el objetivo fundamental de hacer cumplir lo establecido en la Constitución (Fonseca, 2024).

La agricultura urbana (AU) tiene numerosas ventajas cuando se practica de modo apropiado y en condiciones seguras. Sin embargo, cuando se desarrolla en suelos inapropiados, tal solución lleva en sí riesgos para la salud humana y el ambiente. Uno de los riesgos para la salud atribuido a la AU es el paso de sustancias tóxicas, como los metales pesados, a los alimentos cultivados en zonas urbanas, por la absorción de estos de suelos, aire o agua contaminados (Giuffré *et al.*, 2005; Ribeiro *et al.*, 2015; Amaya-Gómez, 2018; Cotta *et al.*, 2021; Burbano-Criollo *et al.*, 2022).

En el caso de Cuba, la agricultura urbana (AU) ha sido una respuesta exitosa a la crisis alimentaria y económica que enfrenta el país. A ello se suma su impacto positivo en la economía local, el medio ambiente y la sociedad, y ha sido valorada como una forma de promover la soberanía alimentaria y el desarrollo sostenible (Companioni *et al.*, 2001; Herrera-Sorzano y Herrera, 2009; Lopes *et al.*, 2013).

La actual crisis de fertilizantes exige de alternativas para enfrentar oportunamente el problema de la producción agrícola y evitar una escasez de alimentos en el futuro.

Hernández (2014) refiere que los mejoradores de suelo son productos que se añaden a este para influir de manera positiva en su estructura y en su

fertilidad. Contrario a los fertilizantes, no contienen muchos componentes nutritivos para las plantas. Estos productos se pueden utilizar independientemente, o en combinación. Su utilización logra suelos más fáciles de trabajar, mejor relación aire-agua, optimización de la situación de nutrientes y un aumento de la cantidad de humus. En este sentido se ha manejado el uso de los agrominerales.

Un agromineral es un beneficiador que se añade al suelo para influir positivamente en su estructura, sus características físico-químicas y en su fertilidad. Ayudan a retener humedad, reducen la pérdida de nutrientes, regulan el pH de los suelos ácidos y suavizan los suelos compactos y duros (Orozco-Melgar & Cuza-Fernández, 2022).

Muchos minerales y rocas pueden ser utilizados en la elaboración de agrominerales, en este sentido la provincia de Holguín posee grandes potencialidades al tener más de cien manifestaciones y depósitos minerales de rocas zeolitizadas y vítreas distribuidos en todos sus municipios. Posee, además, depósitos de calizas fosfatadas en el municipio de Banes. Otro recurso mineral muy extendido son las rocas carbonatadas, no siempre tomadas en cuenta para el encalado de suelos ácidos.

La productividad de los suelos de la provincia de Holguín se muestra en la Tabla 1; estos se clasifican en tres categorías según lo establecido por el laboratorio de suelos (Arjona-Mendoza, 2024).

Tabla 1. Categorías agroproductivas de los suelos de la provincia Holguín

Municipios	Muy productivos		Productivos		Poco productivos		Muy poco productivos		TOTAL ha
	POTENCIAL PRODUCTIVO								
	> 70%		70%-50 %		50-30 %		< 30%		
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	
C. García	5681,25	9,22	13871,75	22,53	13915,5	22,6	28110,625	45,65	61579,125
Gibara	56,25	0,13	14342,8	32,21	12454,45	27,97	17677,975	39,69	44531,475
Holguín	787,5	1,4	5253,125	9,35	10791,98	19,22	39338,355	70,03	56170,96
Cacocum	...	...	3610,625	5,53	27773,694	42,52	33929,556	51,95	65313,875
R. Freyre	140,675	0,25	4443,125	7,91	14378,625	25,6	37196,625	66,24	56159,05
Báguano	268,903	0,35	7493,681	9,74	26230,01	34,08	42961,229	55,83	76953,823
U. Noris	170,374	0,2	7675,319	9,18	48448,633	57,95	27308,615	32,67	83602,941
Banes	409,375	0,59	8213,3	11,85	18328,51	26,44	42375,215	61,12	69326,4

Cueto	...	...	833,125	2,75	18306,375	60,17	11282,125	37,09	30421,625
Mayarí	3579,375	2,98	2566,21	2,14	17940,595	14,95	95894,9	79,93	119981,08
F. País	...	...	3773,125	8,2	5895	17,81	36364,37	78,99	46032,495
S. Tánamo	...	...	2886,25	3,7	3382,875	4,34	71664,5	91,96	77933,625
Moa	...	...	...	...	193	0,29	66746,2	99,71	66939,2
Antilla	...	...	...	...	3700	43,72	4762,5	56,28	8462,5
PROVINCIA	11093,702	1,3	74962,435	8,77	221739,247	25,5	555612,79	64,43	863408,174

Fuente: Delegación de la agricultura en la provincia de Holguín.

El municipio de Moa refleja ausencia de suelos muy productivos y productivos, así como el más alto porcentaje de los muy poco productivos. Entre los suelos poco productivos y los muy poco productivos suma un total de 66 939,2 ha con un potencial productivo que no supera el 30 % de potencial productivo (Arjona-Mendoza, 2024).

Los suelos lateríticos, que son los más abundantes en Moa, no retienen la humedad, sobre todo en sus capas superiores, lo que influye de manera negativa en el crecimiento y desarrollo de las plantas (Orozco-Melgar & Cuza-Fernández, 2022). No obstante, la AU en el municipio ha sido promovida por el gobierno local y ha surgido como respuesta a la escasez de alimentos y los desafíos económicos que enfrenta la región, la cual ha experimentado una disminución en la disponibilidad de alimentos por falta de recursos y dependencia de la importación.

La práctica de la AU se traduce en la creación de huertos en patios traseros, comunitarios y escolares, que producen variedad de alimentos como frutas, verduras, hierbas y plantas medicinales. Con ello se contribuye a diversificar la dieta y mejorar la nutrición, aunque no se logra alcanzar volúmenes significativos.

Las dificultades para adquirir fertilizantes obligan a desarrollar y poner en práctica alternativas que solventen la demanda de la AU en el municipio. Por ello, en el año 2023, un equipo de la Universidad de Moa logró desarrollar un agromineral a partir de la combinación de tobas zeolitizadas y vítreas con el licor residual del proceso CARON de la industria del níquel (Orozco-Melgar & Cuza-Fernández, 2022).

El referido agromineral es resultado de un proyecto territorial de Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+i) por parte de la Delegación Territorial del CITMA en la provincia de Holguín (*Producción de agromenas a partir de tobas zeolitizadas y residuos de la industria del níquel en Moa*).

Código: PT223HO005-00). Este proyecto implementa el aprovechamiento de rocas y minerales industriales en toda la provincia y tiene el apoyo de las autoridades del municipio a través de un financiamiento de la contribución territorial.

Inicialmente las investigaciones se enfocaron en evaluar la viabilidad económica de la producción, lo que marcó el inicio de un proceso de experimentación con resultados prometedores. Tras realizar pruebas a escala piloto en organopónicos y canteros de pruebas, se observaron incrementos significativos en los rendimientos de cultivos como pepino, habichuela, espinaca y acelga.

Dada la naturaleza poco favorable del suelo en Moa para la agricultura y la reforestación, la aplicación de este agromineral se presenta como una solución innovadora y sostenible. La investigación actual no solo sistematiza los resultados de aplicar diferentes variantes de agrominerales en el municipio, sino que también destaca las oportunidades de este desarrollo para la rehabilitación de áreas degradadas por la minería del níquel.

La presente investigación tuvo el objetivo de sistematizar diferentes experiencias, que incluyen algunos trabajos de diploma, en la aplicación de agrominerales y mejoradores de suelos en cultivos de pepino y habichuela en el municipio de Moa, con el fin de mostrar sus efectos positivos y su viabilidad en la productividad de los suelos lateríticos y la calidad de los cultivos.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

La experiencia se desarrolló en el municipio de Moa, ubicado en la costa norte oriental de la provincia de Holguín (Figura 1); limita al este con el municipio de Baracoa, al sur con el municipio de Yateras, al oeste con los municipios Frank País y Sagua de Tánamo y al norte con el Océano Atlántico.

Se trazó una metodología (Figura 2) compuesta de tres etapas. La primera, permitió revisar y evaluar resultados referentes al desarrollo de la agricultura urbana y suburbana y al desarrollo agrícola del municipio de Moa. La segunda etapa incluyó el trabajo de campo para el reconocimiento, localización y extracción de las materias primas, los métodos analíticos para caracterizar química y mineralógicamente los materiales utilizados, así como la obtención del agromineral a partir de los materiales disponibles (Figura 3); la tercera, permitió la valoración del efecto de la aplicación del agromineral en los cultivos de habichuela y pepino en los suelos ferralíticos de Moa.

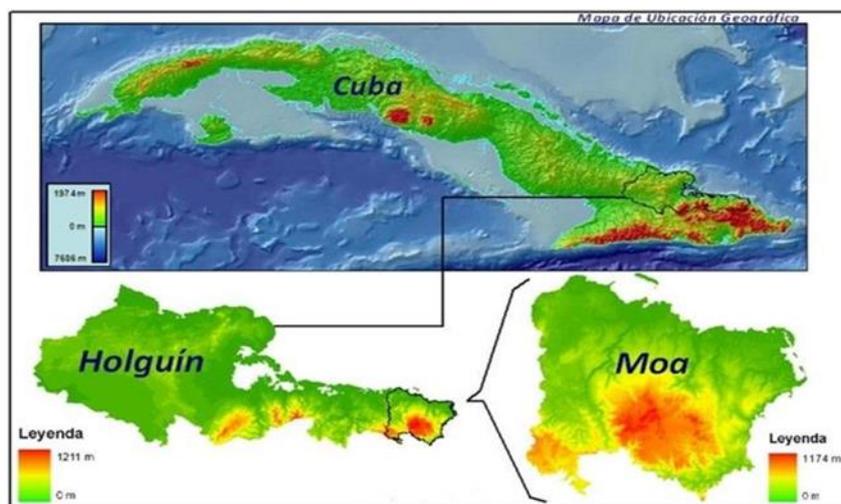


Figura 1. Ubicación geográfica del municipio de Moa (Cruz-Ramírez, 2019).



Figura 2. Metodología estructurada en etapas.

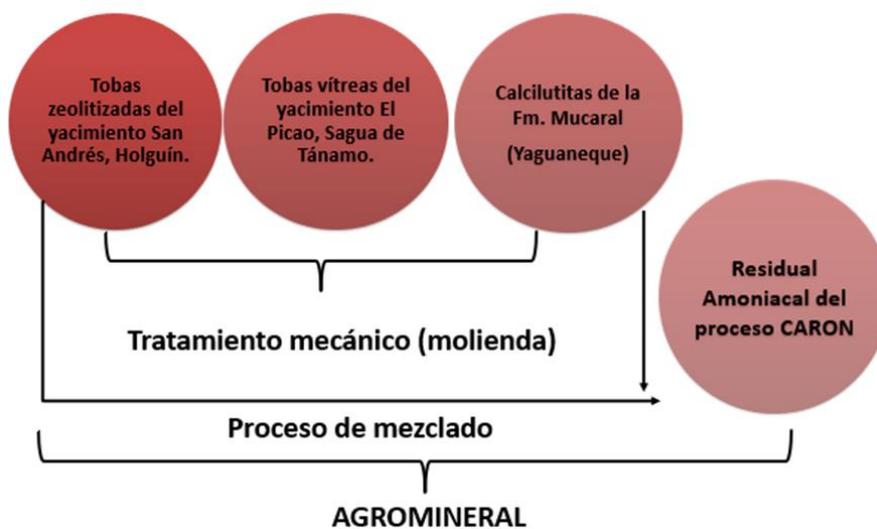


Figura 3. Esquema de obtención del agromineral.

Se analizaron químicamente las tobas (zeolitizadas y vitroclásticas) determinando en cada una ocho componentes: SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , Na_2O , K_2O por el método de fluorescencia de rayos X.

Como fuente de amonio para el intercambio con las tobas zeolitizadas se empleó el residual amoniacal del proceso metalúrgico CARON proveniente de la fábrica *Ernesto Che Guevara*; el análisis químico del residual se realizó en el Centro de investigaciones del Níquel de Moa (CEDINIQ) por la metodología de determinación de Ni y Co con espectrofotometría de absorción atómica y NH_3 , y método valorado, para determinar amoniaco en licores.

Las muestras de calcilutitas fueron procesadas en el laboratorio geocientífico del Instituto de Geología de Angola, donde también se analizó la composición de metales pesados de todos los materiales.

Se evaluaron tres experimentos. El primero ensayó un mejorador de suelos a base de tobas zeolitizadas cargadas con residual amoniacal y calcilutitas en cultivos de habichuela. La siembra se realizó en un ambiente fresco en horario vespertino, con suficiente humedad y semillas de calidad.

El segundo experimento consistió en aplicar rocas carbonatadas (de la Fm. Mucaral, localidad de Yaguaneque) a suelos lateríticos para el cultivo del pepino. Para el proceso de encalado se dividió el cantero en dos partes iguales; a la Variante A se le aplicó 2 kg de calcilutitas y a la Variante B, 4 kg del mismo material. Al testigo cero no se le aplicó fertilizante ni corrector de pH. Posteriormente, se ensayó una mezcla 50/50 de calcilutitas calcáreas con tobas zeolitizadas cargadas con residual amoniacal.

Ambos experimentos anteriormente descritos tuvieron lugar en el organopónico de la Universidad de Moa. En el organopónico de Miraflores (tercer experimento) se evaluó, en el cultivo del pepino, la zeolita cargada con el residual amoniacal y mezclada con tobas vítreas.

El agromineral se formuló con tobas zeolitizadas del yacimiento San Andrés (Holguín), tobas vitroclásticas del yacimiento El Picao (Sagua de Tánamo) y las calcilutitas ubicadas en la región de Yaguaneque (Moa). Los datos de la composición química de estas rocas (Tabla 2) se tomaron de Almenares-Reyes (2011).

En todos los casos el licor residual utilizado fue el procedente del proceso tecnológico CARON de la empresa productora de níquel y cobalto *Comandante Ernesto Guevara*; la concentración inicial del licor fue de 1 951,6 mg/L.

Tabla 2. Composición química del material geológico usado en la conformación de los agrominerales

Muestra compósito	Contenido en %								
	SiO₂	TiO₂	Al₂O₃	Fe₂O₃	CaO	MgO	Na₂O	K₂O	PPI
Toba San Andrés	65,55	0,276	11,75	1,43	2,824	0,947	1,376	1,677	14,15
Toba El Picao	60,86	0,49	13,63	4,58	5,34	2,64	1,87	2,27	8,83
Calculutitas Yaguaneque	<19	0,057	1,5	1,59	46,67	1,45	<0,3	<0,1	...

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el proceso de intercambio catiónico de las tobas zeolitizadas con el residual amoniacal, las zeolitas presentes en las tobas mostraron una elevada capacidad de remoción del amonio. Los resultados (Tabla 3) del análisis químico indican una efectividad de remoción del 99 %.

Tabla 3. Composición química del residual amoniacal tratado con tobas zeolitizadas

Licor residual	Contenido NH₃
Residual inicial	1951,6 mg/L
Residual tratado con tobas zeolitizadas	13,6 mg/L

Los contenidos de elementos pesados en el material geológico de la formulación y en el agromineral resultante se muestran en La Tabla 4, observándose el efecto del licor residual en la disminución de las concentraciones de algunos elementos pesados en el agromineral.

Tabla 4. Contenido de elementos pesados

Muestra compósito	Contenido en ppm					
	Pb	Cd	Ni	Co	Cu	V
Toba zeolitizada natural	6,17	0,058	24,2	2,74	8,44	16,5
Toba vitroclástica	7,55	0,13	15,0	7,96	31,9	12,7
Calculutitas	3,48	0,068	27,9	8,44	13,0	32,1
Agromineral	4,86	0,076	12,6	2,31	9,72	16,8

3.1. Evaluación del agromineral tobas zeolitizadas + residual amoniacal + calcilutitas en cultivo de habichuelas (organopónico Universidad de Moa)

El resultado fue efectivo, lo que se traduce en la germinación de casi todas las semillas (solo tres plantas no germinaron) y el buen desarrollo de las plantas (Figura 4).



Figura 4. Plantas de habichuelas. (A). 15 días; (B). 27 días.

Con base en la información proporcionada por el experimento (Tabla 5), el uso de agrominerales a base de zeolitas cargadas con amonio demostró ser efectivo en el aumento de la producción de habichuelas. Es conocido que la zeolita tiene gran capacidad de retener nutrientes y liberarlos de manera gradual, lo que favorece el crecimiento y desarrollo de las plantas.

Tabla 5. Resultados en el cultivo de habichuelas (Garlobo-Plutín, 2023)

Muestras	Primera cosecha (53 días) (kg)	Segunda cosecha (61 días) (kg)	Tercera cosecha (65 días) (kg)	Cuarta cosecha (69 días) (kg)	Total (kg)
E-1	1,35	1,60	0,84	0,54	4,33
E-2	1,75	2,20	1,24	0,93	6,63
E-3	3,50	4,15	2,32	1,45	11,42

E-1: plantas sembradas en suelo laterítico sin tratamiento; **E-2:** solo encalado con calcilutitas como mejorador de suelo; **E-3:** combinación de encalado con agromineral.

En este caso, al utilizar zeolitas cargadas con amonio como medida complementaria en el suelo, se pudo observar un significativo aumento en la producción de habichuelas en comparación con la muestra testigo. Esto se refleja en las cuatro cosechas realizadas, lo que sugiere que la zeolita cargada con amonio contribuyó de manera significativa al aumento del rendimiento de los cultivos.

El encalado del suelo demostró ser eficaz como medida complementaria, de manera que solo aplicando calcilutitas se obtuvo una mejora de la producción, por lo que debe investigarse con mayor profundidad lo referente al uso de calcilutitas como corrector de pH.

3.2. Evaluación del uso del agromineral tobas zeolitizadas cargadas con el residual amoniacal + tobas vítreas en cultivo de pepino (organopónico Miraflores)

Con base en la información proporcionada en la Tabla 2 puede considerarse que la interacción de las tobas zeolitizadas con el residual amoniacal es altamente efectiva en la remoción del amonio. El análisis químico mostró que las tobas zeolitizadas lograron remover el 99 % del amonio presente en el licor residual, lo que indica una elevada capacidad de remoción de este compuesto. Luego del intercambio con las tobas zeolitizadas la cantidad de amonio remanente fue mínima, ya que la concentración inicial de amonio en el licor residual era de 1951,6 mg/L. Este resultado es muy positivo, ya que el nitrógeno es un elemento esencial para la formulación del agromineral.

Según la Tabla 6, el uso del agromineral a base de tobas zeolitizadas cargadas con el residual amoniacal en el suelo laterítico resultó en un incremento significativo en la cantidad de unidades de frutos y en sus pesos totales en kilogramos, en comparación con el cultivo de suelo testigo. Al analizar los resultados después de los 41 días de cosecha, se produjo un aumento tanto en la cantidad de frutos cosechados como en el peso total, lo que indica una mejora en el rendimiento del cultivo de pepino de la variedad Puerto Padre (Figura 5).

El incremento observado en la producción de frutos y en el peso total cosechado sugiere que la utilización de tobas zeolitizadas cargadas con el residual amoniacal, mezcladas con tobas vítreas, tuvo un impacto positivo en el cultivo de pepinos. Además, se destaca que la aceleración en la fecha de la cosecha también es un factor relevante que puede beneficiar la productividad en general.



Figura 5. Desarrollo del cultivo de pepino con aplicación del agromineral en el organopónico Miraflores.

Tabla 6. Resultados en el cultivo de pepino (Céspedes-Piña, 2023)

Experimentos	Primera cosecha (41 días)		Segunda cosecha (55 días)		Total	
	Frutos	Peso (kg)	Frutos	Peso (kg)	Frutos	Peso (kg)
Testigo	25	6	28	9	53	15
Agromineral	33	10	38	12	71	22

3.3. Evaluación del empleo de calcilulitas en suelos lateríticos para el cultivo del pepino

La humedad provocada por lluvias intensas en el municipio de Moa provocó grandes inundaciones en lugares bajos, por lo que fue necesario adelantar la primera cosecha. La excesiva humedad ocasionó la aparición de plagas, sobre todo en la zona más baja de los canteros. Resulta interesante apuntar que, en los últimos tres metros del cantero, donde se constató una mayor humedad, hubo un mayor rendimiento en tamaño y número de frutos; sin embargo se vio afectado el cultivo por el desarrollo de una plaga (Figura 6).



Figura 6. Desarrollo del cultivo de pepino en el organopónico Universidad de Moa luego de aplicado el mejorador de suelo y el agromineral.

La Tabla 7 refleja la diferencia en los resultados experimentales entre el suelo testigo y aquellos a los que se les aplicó el mejorador de suelo, notándose en los últimos un mejor resultado en la cosecha. A su vez, los experimentos donde se aplicaron 4 kg de calcilulitas tuvieron mejor resultado en comparación con aquellos donde se aplicaron solamente 2 kg del mejorador de suelo, evidenciándose en el primer caso incrementos en la cantidad de frutos cosechados y en el peso total. Queda demostrado así que el empleo de

rocas carbonatadas como las calcilutitas, mezcladas con tobas zeolitizadas cargadas con residual amoniacal puede aumentar la productividad en el cultivo de pepino variedad Puerto Padre, por lo que se propone como una potencial fuente de agromena y mejorador de suelo.

Tabla 7. Resultados de los experimentos en el cultivo de pepino

Experimentos	Primera cosecha (44 días)		Segunda cosecha (53 días)		Tercera cosecha (61 días)		Total	
	Frutos	Peso (kg)	Frutos	Peso (kg)	Frutos	Peso (kg)	Frutos	Peso (kg)
Testigo	24	5,86	21	6,1	6	3,80	51	15,76
2 kg de calcilutita	38	8,62	42	9,4	12	4,10	92	22,11
4 kg de calcilutita	56	12,36	54	11,7	16	6,25	126	30,31

3.4. Potencialidades del uso de agrominerales en Moa

El uso de agrominerales formulados con tobas cargadas con amonio tiene diversas potencialidades para la región de Moa y sus alrededores. Algunas de las ventajas y beneficios que podrían derivarse de esta práctica son los siguientes:

- **Mejora de la fertilidad del suelo:** las tobas cargadas con amonio aportan nutrientes esenciales para las plantas, como el nitrógeno, que es fundamental para su crecimiento y desarrollo. Esto puede contribuir a elevar la fertilidad del suelo y, por consiguiente, la productividad de los cultivos en la región.
- **Aumento de la eficiencia en la absorción de nutrientes:** las tobas zeolitizadas tienen la capacidad de retener y liberar nutrientes de manera controlada, lo que puede favorecer mayor eficiencia en la absorción de estos por parte de las plantas. Ello podría traducirse en un mejor aprovechamiento de los nutrientes disponibles en el suelo.
- **Reducción de la contaminación ambiental:** el uso de agrominerales a base de tobas cargadas con amonio puede ayudar a reducir la contaminación del suelo y del agua, ya que permiten la captación y remoción de compuestos que son perjudiciales para el medio ambiente y actualmente se vierten como residuales líquidos agresivos.

- **Incremento de la productividad agrícola:** al mejorar la fertilidad del suelo, aumentar la eficiencia en la absorción de nutrientes y reducir la contaminación ambiental, el uso de agrominerales basados en tobas cargadas con amonio podría contribuir a un incremento en la productividad agrícola de los suelos de poca fertilidad de la región de Moa.

4. CONCLUSIONES

- Existe disponibilidad en la provincia de una amplia variedad de materiales con potencialidades para ser utilizados como agrominerales, de acuerdo con sus características químicas y mineralógicas, como son las tobas vítreas y zeolitizadas, calcilitas y el residual amoniaco resultante de la industria del níquel.
- Las formulaciones a base de tobas cargadas con residual amoniaco y calcilitas resultan viables como agromineral en la agricultura, lo cual queda evidenciado en la mejora del rendimiento del cultivo de habichuela y del pepino variedad Puerto Padre.
- El uso de agrominerales como los aquí formulados contribuye a la sostenibilidad ambiental al mejorar la salud del suelo y reducir la contaminación asociada al uso de agroquímicos y a los procesos extractivos de industria del níquel, fomentando prácticas amigables con la naturaleza.

5. REFERENCIAS

- Almenares-Reyes, R. S. (2011). *Perspectivas de utilización de tobas vítreas y zeolitizadas de la provincia Holguín como aditivo puzolánico*. Tesis de Maestría, Universidad de Moa. <https://ninive.ismm.edu.cu/handle/123456789/4222>
- Amaya-Gómez, J. C. (2018). *Agricultura urbana en Medellín. Experiencias y contribuciones de los proyectos: Huertas para el abastecimiento de alimentos y Fundación Palomá a la seguridad alimentaria*. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25926610> <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=PMC4492060> <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160738315000444>
- Arjona-Mendoza, D. (2024). *Caracterización físico-química de suelos y agrominerales en el organopónico de la Universidad de Moa*. Trabajo de Diploma, Universidad de Moa.
- Burbano-Criollo, C., Aguilar-Montero, M. y Semanate-Quiñonez, H. (2022). La agricultura urbana como alternativa de abastecimiento de alimentos vegetales: un ejercicio desde la cienciometría. *Informador Técnico*, 86, 2. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160738315000444>

<http://eprints.lanacs.ac.uk/48376/%5Cnhttp://dx.doi.org/10.1002/zamm.19630430112>

- Céspedes-Piña, Y. (2023). *Valoración de la zeolita cargada con el residual amoniacal, mezclada con tobas vítreas para su utilización como agromineral en la producción del cultivo de pepino, en el organopónico de Miraflores*. Trabajo de diploma, Universidad de Moa.
- Companioni, N., Ojeda, Y., Páez, E., & Murphy, C. Funes, F.; García, L.; Bourque, M. (2001). *La agricultura urbana en Cuba*. 93–110. https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=La+agricultura+urbana+en+Cuba+2001&btnG=
- Cotta, A. M. H., Arrieta, C. T., & Cevallos, M. R. (2021). Cooperación internacional y agricultura urbana: incidencia en la seguridad alimentaria de poblaciones vulnerables de Cartagena. *Revista Internacional de Cooperación y Desarrollo*, 8(2), 152–163.
- Cruz-Ramírez, Y. (2019). *Evaluación de las arcillas caoliníticas del depósito Cayo Guam para la producción de cemento de bajo carbono*. Trabajo de Diploma, Universidad de Moa. <http://ninive.ismm.edu.cu/handle/123456789/3722>
- Fonseca, M. (2024). *Estrategia para el fortalecimiento de las capacidades de producción de alimentos para el municipio Moa*. Tesis de maestría, Universidad de Moa.
- Garlobo-Plutin, I. (2023). *Valoración de un mejorador de suelos a base de tobas zeolitizadas cargadas con residual amoniacal y calcilutitas, en cultivos de habichuela*. Trabajo de diploma, Universidad de Moa.
- Giuffré, L., Ratto, S., Marbán, L., Schonwald, J., & Romaniuk, R. (2005). Riesgo por metales pesados en horticultura urbana. *Ciencia del Suelo*, 23(1), 101–106.
- Hernández, L.S. (2014). *Efecto en el corto plazo de los mejoradores de suelo en indicadores de macroelementos*. Tesis de Ingeniería. Departamento de Maquinaria Agrícola. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buena Vista Saltillo COAH, México. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlni/handle/123456789/1986>
- Herrera-Sorzano, A. y Herrera, A. (2009). Impacto de la agricultura urbana en Cuba. <https://bibliotecarepositorio.clacso.edu.ar/handle/CLACSO/5313>
- Lopes, P. R., Kageyama, P. Y., Lopes, K. C. S. A., Rangel, I. M. L., & Rangel, R. P. (2013). Estratégias adotadas por agricultores familiares em prol da recuperação e conservação de solos no Pontal do Paranapanema. *Cadernos de Agroecologia*, 1(2006). <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25926610%5Cnhttp://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=PMC4492060%0Ahttp://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160738315000444>

Orozco-Melgar, G. A., & Cuza-Fernández, G. R. (2022). Aplicación de agromineral de tobas y residual amoniacal del proceso CARON en el organopónico Miraflores del municipio Moa. *Ciencia & Futuro*, 12(4), 497–511.

Ribeiro, S. M., Bógus, C. M., & Watanabe, H. A. W. (2015). Agricultura urbana agroecológica na perspectiva da promoção da saúde. *Saúde e Sociedade*, 24, 730–743.

Información adicional

Declaración de conflicto de intereses

Los autores de este artículo declaran que no tienen ningún conflicto de intereses que declarar.

Contribución de autores

LMB, LAPG y CALR: idea original, revisión bibliográfica, estudios de caso, redacción del original. **GCF, GAOM y ACP:** revisión y composición del original, aprobación de la versión final.

ORCID

LMB: <https://orcid.org/0009-0003-8974-5921>

GCF: <https://orcid.org/0009-0007-7937-3502>

LAPG: <https://orcid.org/0000-0003-4465-8675>

CALR: <https://orcid.org/0000-0002-9156-5327>

GAOM: <https://orcid.org/0000-0002-1474-0953>

ACP: <https://orcid.org/0000-0002-6841-8986>

Recibido: 02/11/2024

Aceptado: 10/12/2024