

Contribución de los Fertilizantes Organo- Minerales para la producción de alimentos

Contribution of organo-mineral fertilizers to food production



<https://cu-id.com/2144/v16e14>

^{1*}Clara María John Louis^{1*}, ¹Rolando González Santana¹, ¹Heidy Sánchez Sabigne¹,
¹Geosvany Méndez Gutiérrez¹, ²Armando Tamayo Sierra², ³Martha Velázquez Garrido³,
⁴María Isabel Hernández Díaz⁴, ⁵Teresa Fraser Gálvez⁵

RESUMEN: La elaboración de fertilizantes organo-minerales a partir de la zeolita, bentonita, rocas fosfóricas y materiales orgánicos, tiene marcada importancia en el manejo de la agricultura por métodos sostenibles. La presente investigación tiene como objetivo central obtener fertilizantes órgano-minerales a partir de los materiales nacionales antes mencionados, los cuales tienen la capacidad de suministrar a los cultivos cantidades suficientes de nitrógeno, fósforo, potasio y otros elementos menores, en particular, se hará énfasis en las viandas, granos y hortalizas, cultivadas en los agroecosistemas de las Empresas de Cultivos Varios de la región occidental de Cuba. A tal efecto se trabajó en la caracterización de los materiales minerales zeolita, bentonita y rocas fosfóricas, así como la fuente orgánica, humus de lombriz. Se modelaron y perfeccionaron las tecnologías para obtener las formulaciones de los fertilizantes órgano-minerales, se validaron estas formulaciones determinándose su efectividad agronómica en condiciones de Cultivo Protegido y campo en secuencia de diferentes cultivos agrícolas de importancia económica. Se realizaron estudios de Caracterización Ambiental en los Ecosistemas donde se aplicaron estos nuevos fertilizantes. La fertilización órgano-mineral es un producto efectivo en la producción de viandas hortalizas y granos, favoreciendo el incremento de los rendimientos y calidad de los cultivos en estudios. El empleo de los mismos favorece el mejoramiento de las propiedades química, física-química y física de los suelos, contribuyendo a la disminución de la degradación por compactación y el aumento del contenido de la materia Orgánica (M.O.) y disminución del pH fundamentalmente.

Palabras claves: fertilizantes organo-minerales, suelos, minerales naturales, caracterización ambiental.

ABSTRACT : The elaboration of organo-mineral fertilizers from zeolite, bentonite, phosphoric rocks and organic materials, has marked importance in the management of agriculture by sustainable methods. The main objective of this research is to obtain organo-mineral fertilizers from the aforementioned national materials, which have the ability to supply crops with sufficient amounts of nitrogen, phosphorus, potassium and other minor elements, in particular, emphasis will be made in root vegetables, grains and vegetables, cultivated in the agroecosystems of the Various Crop Companies in the western region of Cuba. For this purpose, work was carried out on the characterization of the mineral materials zeolite, bentonite and phosphoric rocks, as well as the organic sources, earthworm humus, compost and filter cake, the technologies were modeled and perfected to obtain the formulations of organo-mineral fertilizers, These formulations will be validated, determining their agronomic effectiveness under, protected cultivation and field conditions, as well as in the field in sequence of different agricultural crops of economic importance.. Environmental characterization studies were carried out in the ecosystems where these new fertilizers are applied. Organo-mineral fertilization is an effective product in the production of root vegetables, grains, favoring the increase in yields and quality of the crops in studies. The use of organo-mineral fertilizers favors the improvement of the chemical, physical-chemical and physical properties of soils, contributing to the reduction of degradation by compaction and the increase in the content of OM. and decrease in pH fundamentally.

Keywords: organo-mineral fertilizers, soils, natural minerals, environmental characterization.

Recibido: 20/08/2024

Aprobado en su forma original: 26/12/2024

¹Centro de Servicios Científicos Tecnológicos-División de Estudios Medio Ambientales (CSCT-DEMA), GEODESA-
GEOCUBA. MINFAR, Cuba. Loma y 39, Plaza de la Revolución, Ciudad de La Habana, Cuba.

E-mail: rolando@aemaciego.geocuba.cu, heidy@geocuba.cu, geosvany@geocuba.cu

²Investigación y Consultoría, GEOCUBA, MINFAR, Cuba. Loma y 39, Plaza de la Revolución,
Ciudad de La Habana, Cuba. E-mail: atamayo@uct.geocuba.cu

³Centro de Investigaciones para la Industria Minero Metalúrgicas (CIPIMM), MINEM, Cuba. Carretera de Varona,
Km 1 ½ No. 12028, Boyeros, La Habana, Cuba. E-mail: marhav@cipimm.minem.cu

⁴Instituto de Investigaciones Horticolas "Liliana Dimitrova", MINAG, Cuba. Carretera
Bejucal - Quivicán. Km 33 ½. Quivicán. Mayabeque, Cuba.

⁵Instituto de Suelos, MINAG, Cuba. Autopista Costa-Costa km 81/2, apdo. 8022 Capdevila, Boyeros,
La Habana, Cuba. E-mail: teresa.fraser@isuelos.cu

*Correo electrónico: johnclaramaria@gmail.com

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

Contribución de los autores: Investigación: Clara María John Louis, Rolando González Santana, Heidy Sánchez Sabigne, Geosvany Méndez Gutiérrez, Armando Tamayo Sierra, Martha Velázquez Garrido, María Isabel Hernández Díaz, Teresa Fraser Gálvez. **Redacción-revisión y edición:** Clara María John Louis.

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

INTRODUCCIÓN

El suelo puede considerarse como uno de los recursos naturales más valiosos de un país, pues de su calidad depende en su mayoría la soberanía alimentaria del mismo. Durante siglos ha estado produciendo para el hombre y ha sido sometido a grandes modificaciones tanto por su uso intensivo, como por otras acciones hechas por el hombre que han provocado su erosión, la pérdida de sus minerales bases, así como de su agroproductividad, efectos acentuados con el Cambio Climático.

Cuba no está ajeno a esta situación donde el 71.23 % de los suelos agrícolas presentan alguna afectación por la erosión, de ella, el 43 % calificado de fuerte a media, el 70 % con bajo contenido de materia orgánica: 4.6 millones de ha, el 60 % bajo en fósforo, 3.9 MM ha y 58 % bajo en potasio asimilable: 3.9 MM ha, la Acidez donde la disminución del pH se encuentra a niveles que afectan los cultivos de 710,8 miles ha (muy ácidos y ácidos) y con una afectación total de 2 millones 291,8 mil ha, el Potencial productivo de los suelos se encuentra en 76.89 % en categorías poco productivas y 23.2 % en categorías productivas, suelos alcalinos (pH > 7.0): 3.9 MM ha, que representa el 60% del área agrícola.

Para revertir esta problemática, se han estudiado variantes que permitan al país, a partir de minerales presentes en las zeolitas, rocas fosfóricas, tobas potásicas, magnesitas etc, presentes en nuestro territorio nacional, proponer formulaciones de fertilizantes órgano - minerales, que puedan ser una solución alternativa para cubrir las necesidades de nutrimentos de los cultivos, así como de materia orgánica para los suelos, con bajos costos

de producción y menor agresividad al medio ambiente y con elevada efectividad agronómica.

Estas formulaciones representan una fortaleza que brinda soberanía alimentaria al país, al aprovechar su potencialidad en recursos y conocimientos sobre el uso de los minerales naturales en función del mejoramiento de las propiedades físico-químicas del suelo, de tal forma que se enmienden aquellos parámetros (acidez, fertilidad, bajos contenidos de materia orgánica, compactación, etc) que afectan una apropiada producción de alimentos y se logre un óptimo aprovechamiento del agua. Atendiendo a lo antes expuesto se prevé obtener 7 fertilizantes órgano-minerales que sean capaces de suministrar nitrógeno, fósforo y potasio, así como que garanticen el incremento del rendimiento de los cultivos y la disminución de las contaminaciones ambientales y Determinar la efectividad agronómica resultante de la aplicación de los fertilizantes órgano-minerales en el rendimiento y calidad de cultivos agrícolas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la elaboración de las formulaciones, se emplearon los siguientes minerales naturales: Zeolita natural, de Tasajeras, en Villa Clara y Roca fosfórica de Trinidad de Guedes, en Matanzas.

La caracterización química y de fases de las zeolitas naturales utilizadas en la investigación para producir las formulaciones se exponen a continuación al igual que el de la roca fosfórica y el Humus de Lombriz por ser la fuente orgánica empleada.

En la **tabla 2**. Se muestra la composición de la fuente natural de fósforo utilizada en las formulaciones del yacimiento de Trinidad de Guedes.

Tomando como base el procedimiento de formulación de fertilizantes de liberación lenta

Tabla 1. Composición química y de fases de la zeolita natural del yac. Tasajeras

Elementos, %	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	PPI
Zeolita	68,31	12,65	2,26	3,57	1,38	1,20	1,84	0,15	11,5
Capacidad de Intercambio Catiónico total (C.I.C.T) meq/100 g de zeolita									
meq/100g	CIC _{total} =134.64		Ca ²⁺ =80,80		Mg ²⁺ =4,74		K ⁺ =8,55	Na ⁺ =38,56	
Composición de fases, Rx: Fase Clinoptilolita, 62 Fase Modernita, 18 %									

Tabla 2. Composición química de la RF-TG-II, fuente de P₂O₅ natural

Muestra	Composición química, %									
	P ₂ O ₅	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Na ₂ O	K ₂ O	MgO	F	PPI
RF TG-II	21,35	38,46	14,45	7,58	2,78	0,17	0,18	0,95	0,87	17,45

Tabla 3. Caracterización del Humus de Lombriz empleado en las formulaciones (a partir de Cachaza y Estiércol vacuno)

Características química - física	pH	Humedad, %	M.O, %	Fósforo, %	Potasio, %	Nitrógeno, %	Sodio, %	Calcio, %	Mg, %	C/N
Valor	6.85	55.60	49.85	1.18	0.28	1.89	0.06	5.87	1.79	14.8

organo-minerales y de su manual de preparación elaborado por (Velázquez *et al.*, 2010), se calcula el peso en base seca que debe utilizarse en la formulación, a partir del aporte nutricional que posee cada fuente a utilizar y el nivel de NPK que deseamos en la formulación en correspondencia con los niveles de Fósforo y Potasio del suelo según su categoría P_1K_1 , P_2K_2 y P_3K_3 . Según *tabla 4*.

Tabla 4. Diferentes Formulaciones del Fertilizantes Ecológicos elaborados

Código del Producto	Concentración/ Kg			Relación Inter-Nutrientes
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
P ₁ K ₁	42	30	75	1,4-1-2,5
P ₁ K ₂	42	30	35	1,4-1-1,16
P ₁ K ₃	42	30	0	1,4-1-0,0
P ₂ K ₁	42	15	75	2,8-1-5,0
P ₂ K ₂	42	15	35	2,8-1-2,3
P ₃ K ₁	42	0	75	1-0-1,79
P ₃ K ₃	42	10	15	4,2-1-1,5

Tabla 5. Contenido de nutrientes de los Fertilizante Ecológicos

Fórmulas	pH	M.O.	mg/100g		meq/100g	
	KCl	%	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg
1	6,70	5,0	50	28,23	9,0	0,238
2	6,75	5,3	48	25,6	9,1	0,233
3	6,70	6,0	50	10,0	9,3	0,239
4	6,8	6,2	37	29,0	9,5	0,244
5	6,7	5,9	36	25,7	9,0	0,240
6	6,8	6,1	15	28,4	9,4	0,244
7	6,6	6,5	10	15,0	9,2	0,239

Los experimentos se realizaron en el Instituto de Investigaciones Hortícolas "Liliana Dimitrova", ubicada en el Municipio de Quivicán, provincia de Mayabeque, situada en los 22° 52' N y 82° 23' W (según *Fig. 1*). En los cultivos de Tomate, variedad Sile y Pimiento, variedad LDP2, en condiciones de campo y cultivo protegido, respectivamente y en la Granja Güines Río Seco, Fregat 1, ubicada en el municipio de Güines al Sureste de esta provincia, situado en los 22°50' latitud norte y los 82°02' longitud oeste, en la provincia de Mayabeque, según *Fig. 2*, donde se estudiaron, los cultivos de Boniato, Frijol y Maíz.

El suelo del Instituto de Investigaciones Hortícolas "Liliana Dimitrova", es de tipo Ferralítico Rojo típico (Hernández *et al.*, 2019), de textura arcillosa, con pH ligeramente alcalino (7,46), altos contenidos de fósforo (85.72 mg/100 g y potasio (70.00 mg/100 g) la materia orgánica baja (2.60%).

Las investigaciones realizadas en Río Seco, se desarrollaron en un suelo Ferralítico Rojo Compactado, según la misma clasificación de Suelos



Figura 1. Ubicación Cartográfica Instituto de Investigaciones Hortícolas "Liliana Dimitrova"

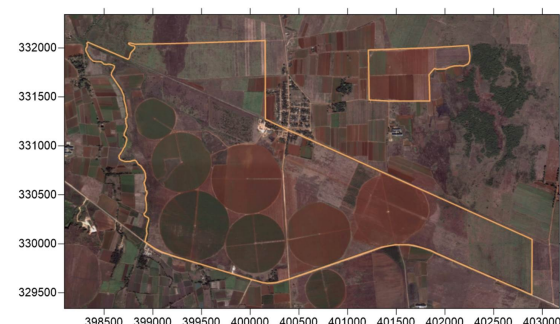


Figura 2. Ubicación Cartográfica de la Granja Integral Güines

mencionada anterior. De textura arcillosa con pH neutro (7,10), altos contenidos de fósforo (65.82 mg/100 g y potasio (50.00 mg/100 g) la materia orgánica baja (2.13%).

Experimento 1: Evaluación de nuevos fertilizantes organo-minerales en la producción de pimiento y tomate, en condiciones de cultivo protegido.

Los estudios se realizaron en el cultivo del pimiento, variedad 'LDP2' proveniente del Programa de Mejoramiento Genético del IIHLD. La producción de plántulas se realizó en cepellones. El trasplante se realizó a los 25 días después de la siembra de las semillas. Se estudiaron diferentes fertilizantes organo-minerales, aplicados al suelo previo al trasplante a una dosis de 4 t/ha y los tratamientos fueron los siguientes:

1. Testigo (Test) (sin aplicación del fertilizante)
2. Formulación 1 (T3)
3. Formulación 2 (T4)
4. Formulación 3 (T5)
5. Formulación 4 (T6)
6. Formulación 5 (T7)

La fertilización mineral con fórmulas completas o fertilizantes minerales simples se realizó a través del sistema de riego, utilizando la técnica del fertirriego, para el caso del pimiento.

Experimento 2: Evaluación de nuevos fertilizantes órgano-minerales en la producción de tomate en las mismas condiciones.

Para el estudio se utilizó como material vegetal semillas de tomate 'Sile' proveniente del Programa de Mejoramiento Genético del Instituto de Investigaciones Hortícola "Liliana Dimitrova", de crecimiento indeterminado y con destino consumo fresco.

Los tratamientos a evaluar se corresponden con el esquema del cultivo del pimiento.

Los productos fueron aplicados al suelo previo al trasplante a una dosis de 4 t.ha⁻¹.

En ambos cultivos se determinaron los componentes del rendimiento (# de frutos/plantas) y el rendimiento (t/ha).

Las investigaciones realizadas en Río Seco se muestran a partir del experimento 3: Evaluación de nuevos fertilizantes órgano-minerales en la producción de Boniato en condiciones de campo.

Para el estudio se utilizó como material vegetal esquejes de la 'variedad INIVIT, proveniente, del Banco de semilla de dicha Institución.

Se estudiaron diferentes fertilizantes órgano-minerales, aplicados al suelo previo al trasplante a una dosis de 4 t/ha y los tratamientos fueron los siguientes:

1. Testigo (Test de Producción NPK)
2. Formulación 1 (T1)
3. Formulación 2 (T2)
4. Formulación 3 (T3)
5. Formulación 4 (T4)
6. Formulación 5 (T5)
7. Formulación 6 (T6)
8. Formulación 7 (T7)

Experimento 4 y 5: Evaluación de nuevos fertilizantes órgano-minerales en la producción de frijol y maíz en condiciones de campo.

Las dosis de los fertilizantes órgano-minerales aplicadas fueron a razón de 4 t.ha⁻¹, en ambos cultivos. Todas las fertilizaciones fueron aplicadas a los 15 días después de la germinación antes del primer aporque. La variedad de frijol utilizada en el experimento fue Negro" CUL" y en el maíz la variedad híbrido LVN-092. Para evaluar la efectividad agronómica se analizaron los parámetros siguientes por cultivo: a) Frijol, peso de 100 granos (g); y el rendimiento Total en t.ha⁻¹, b) Maíz: peso (g) promedio de 10 mazorcas, peso de 1000 granos (g) y rendimiento t.ha⁻¹.

El procesamiento estadístico para los experimentos en condiciones de cultivos protegidos se realizó, según Análisis de Varianza de clasificación simple, con Prueba de Tukey con un nivel de significación

de 0,05 en los casos que fue necesario. Se empleó Paquete estadístico: Statgraphics versión 5.0.

En el caso de los experimentos de campo, Se realizó análisis estadístico a todas las variantes de acuerdo al diseño experimental de bloques al azar, de cada cultivo independiente, con Prueba de Tukey con un nivel de significación de 0,05.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El aumento en la sostenibilidad de los sistemas de cultivo, consiste en la reducción de los agroquímicos, para depender de los procesos del ecosistema del suelo y las interacciones biológicas para el suministro de nutrientes para las plantas (Rizo *et al.*, 2017). Por tal motivo es de gran importancia el empleo del fertilizante órgano-mineral, con base ecológica en la producción de hortalizas, las cuales mayoritariamente se consumen frescas, como en el caso del Pimiento y el Tomate, cultivados en sistemas de cultivo protegido.

Los componentes del rendimiento del pimiento se observan en la (Tabla 6), el número de frutos/planta y el llenado del fruto, expresado en el diámetro polar y ecuatorial no presentando diferencias significativas, mientras que la masa del fruto se vio favorecida con el tratamiento T7, el cual presentó diferencias estadísticas respecto a los tratamientos T4 y testigo, no siendo así con relación a los tratamientos T6, T5 y T3. Se calculó un incremento en la masa del fruto para T7 de 60.42% con relación a la no aplicación de formulaciones de fertilizantes. Resultados similares, en otros cultivos de ciclo corto encontraron, (Fraser *et al.*, 2004).

Tabla 6. Componentes del rendimiento del pimiento 'LDP2'

Tratamientos	Diámetro ecuatorial (cm)	Diámetro polar (cm)	Masa del fruto (g)	Numero de frutos/planta
Test	7,38	8,74	72,10 b	6,04
T3	7,33	8,58	88,06 ab	6,04
T4	7,37	9,24	83,31 b	5,3
T5	7,59	8,76	95,18 ab	6,17
T6	7,68	8,77	85,95 ab	6,54
T7	7,56	8,94	115,66 a	6,27
C.V (%)	4,53	7,54	16,7	12,74
EsX	0,07 ns	0,14 ns	4,34*	0,22 ns

En la figura 3 se muestran los resultados correspondientes al rendimiento del cultivo de pimiento variedad 'LDP2' donde no se obtuvieron resultados significativos entre los tratamientos en estudio. No obstante, se observó una tendencia a obtenerse los mayores rendimientos en los tratamientos 5, 6 y 7. Con relación a la formulación 7 se calculó un incremento en el rendimiento

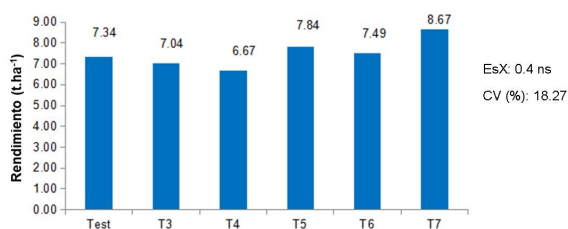


Figura 3. Efecto de los tratamientos sobre el rendimiento del pimiento variedad LDP2

de 18.11 % con relación a T1. Este comportamiento coincide con los obtenidos por, (Vantour *et al.*, 2005), los cuales aseveraron que las formulaciones órgano-minerales tienen una elevada capacidad para comportarse como fertilizantes de liberación lenta, en función de la demanda del cultivo de la parte activa que necesita para su crecimiento y desarrollo de ahí su elevada efectividad agronómica.

En este caso, los rendimientos fueron bajos, pudiendo estar influenciados por las altas temperaturas propias de la época. Por otra parte, se utilizó una variedad cuyo potencial de rendimiento es inferior al de los híbridos que comúnmente se utilizan en las casas de cultivo.

Los resultados obtenidos con el cultivo de tomate en las mismas condiciones de cultivo se observan, en la tabla 7 y Fig. 4.

Respecto al número de frutos por planta y por categoría (Tabla 7) se observa que el número de frutos extra/planta el tratamiento F4 presentó diferencias significativas al resto de los tratamientos, con respecto al número de frutos de primera y segunda por planta los tratamientos en estudio no mostraron diferencias estadísticas entre ellos, pero si con el tratamiento testigo. En cuanto la a categoría de tercera el tratamiento F4 se mostró estadísticamente superior al tratamiento testigo, pero no al resto de los tratamientos.

En cuanto al rendimiento por tratamiento (Figura 4) se observa un incremento significativo en los tratamientos en estudio respecto al tratamiento testigo, pero no entre ellos, observándose los mayores valores en el tratamiento F7. Al respecto

(Pedro Cairo *et al.*, 2017), plantea que existe una estrecha relación entre los abonos órgano-minerales, índice de calidad de suelo rendimiento de los cultivos de ciclo corto y su impacto económico, debido a la interacción de los componentes orgánicos y minerales, que son capaces de suministrar nutrientes de forma balanceada al suelo, ser transformado de forma adecuada por los microorganismos, pudiendo ser utilizados por los cultivos de forma más eficiente.

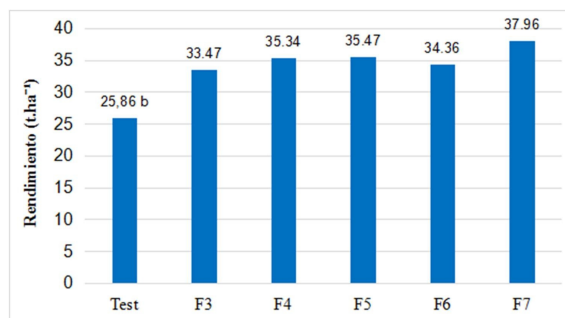


Figura 4. Efecto de los tratamientos sobre el rendimiento del tomate variedad Sile

La fertilización organo-mineral, es una alternativa a la fertilización mineral, la cual ofrece ventajas en el rendimiento debido a la mayor disponibilidad de nutrientes como N, P, K, Ca, Mg y C orgánico en el suelo (Agbede, 2011). Los culés son esenciales para el cultivo del Boniato, aumentando su calidad nutricional, como lo informan Atuna *et al.* (2018).

Los resultados de esta investigación demostraron que con la aplicación de abonos orgánicos se condiciona un lecho favorable para el desarrollo de la tuberización y la mejora de la fertilidad del suelo, lo que se demuestra en la tabla 8 Es importante destacar que con la aplicación de los organo-minerales, se observa un incremento en los parámetros del rendimiento, a partir del tratamiento T4, siendo las de mejor comportamiento los tratamientos T6 y T7, lo cual puede estar influenciado por el efecto mejorador del humus en la actividad microbiana del suelo y la entrega gradual de los nutrientes, proporcionado por la zeolita natural presente en los productos (Rós *et al.*, 2014).

Tabla 7. Efecto de los tratamientos en número de los frutos por planta y categoría del tomate variedad 'Sile'

Tratamientos	Número de frutos por planta					Totales
	Extra	Primera	Segunda	Tercera	Deformados	
Test	3,53 b	4,65 b	2,49 b	0,97 b	0,23	11,91 b
F3	3,95 b	6,77 a	3,59 a	1,95 ab	0,17	16,52 a
F4	5,2 a	5,91 a	3,4 a	2,6 a	0,16	17,27 a
F5	3,95 b	6,76 a	3,89 a	1,64 ab	0,15	16,39 a
F6	4,16 b	6,83 a	3,44 a	1,65 ab	0,16	16,24 a
F7	4,04 b	7,08 a	3,67 a	2,64 a	0,16	17,59 a
ESX	0,14***	0,22***	3,41**	0,16**	0,02 ns	0,49***
C.V (%)	14,84	14,56	15,43	37,41	50,53	13,13

Tabla 8. Efectos de la Fertilización Órgano-Minerales en el Rendimiento del Boniato

Variantes	Nº de Tubérculo/ planta	Peso de Tubérculo g	Peso de	Rendimiento t.ha ⁻¹	Almidón %	NO ₃ mg.kg ⁻¹
			Tubérculo/ Planta Kg			
NPK	6,28a	323,12b	2,23b	38,66b	7,85b	25,45a
T1	3,00d	215,66e	0,65e	20,12f	5,66f	15,11f
T2	3,75c	245,74de	0,92d	26,40e	6,25e	22,67c
T3	4,00c	266,17cd	1,06d	31,70d	7,41c	19,57d
T4	4,62b	295,64bc	1,37c	36,92c	6,88d	17,52e
T5	4,72b	297,14bc	1,40c	37,75bc	6,92d	17,88e
T6	5,88a	379,10a	2,49a	40,84a	7,91ab	19,21d
T7	6,00a	388,05a	2,45a	39,96a	8,06a	24,18b
Esx	0,51**	35,16**	0,15**	1,12**	0,21**	1,10**
C.V (%)	11,24	12,74	12,35	12,81	11,33	12,18

Un análisis integral de los rendimientos de la secuencia fríjol-maíz, demuestra que la fertilización con las formulaciones se alcanzan producciones de granos que oscilan entre 5,23-6,77 t.ha⁻¹ en el suelo Ferralítico Rojo utilizado en el experimento, mientras con la fertilización NPK, sólo se logró obtener 3,94 t.ha⁻¹ destacándose además la influencia que ejerció la aplicación de zeolita en las formulaciones por el poder de retención y liberación lenta de nutrientes para que sean absorbidos por las plantas (Tabla 9).

En general, se puede decir que las formulaciones de fertilizantes órgano-minerales tienen una mayor efectividad sobre los componentes del rendimiento de la secuencia fríjol-maíz, que la fertilización mineral con NPK, lo que coincide con lo reportado por Vantour *et al.* (2005) y Chaveli *et al.* (2019). Por otro lado, Laura *et al.* (2019) plantea que en la evaluación del sistema integrada por el cultivo de maíz-frijol intercalado con haba, según arreglo topológico, densidad, variedad de maíz, la fertilización mineral, la incorporación de abonos orgánicos como fertilización presenta ventajas importantes, siendo las mayores la combinación de abono orgánico y la fertilización mineral; con variación en los diferentes cultivos.

CONCLUSIONES

1. Los productos formulados responden a los valores de macronutrientes (NPK) y otros elementos esenciales para el suelo, con un pH adecuado, alto contenido de M.O., elevada capacidad de intercambio catiónico y valores de micronutrientes esenciales para los cultivos.
2. Las formulaciones órgano-mineral lograron buen desarrollo y crecimiento en el cultivo del tomate variedad 'Sile' y superaron al testigo en cuanto al número de frutos totales y rendimiento, observándose los mayores valores con la F₇.
3. Las formulaciones 5, 6 y 7 mostraron una tendencia a ser superiores al resto de los productos estudiados para el cultivo del pimiento, con un incremento del rendimiento de 18.11% de la F₇ en relación al testigo. Con respecto a los componentes, la masa del fruto se vio favorecida con la F₇, con un incremento de 60.42% en relación al testigo.
4. Las formulaciones con mayor efectividad en los rendimientos y sus componentes, del tomate y pimiento cultivado en el suelo Ferralítico Rojo fueron: F₄, F₅, F₆ y F₇.

Tabla 9. Efectos de los Fertilizantes Órgano-Minerales en los Componentes del Rendimiento del Frijol y Maíz en Suelo Ferralítico Rojo

Variantes	Componentes del Rendimiento Frijol		Componentes del Rendimiento Maíz		
	Peso 1000 granos (g)	Rend. t.ha ⁻¹	Peso promedio de 10 mazorca (g)	Peso 1000 granos (g)	Rend. t.ha ⁻¹
NPK	20,15	1,12 bc	174,83	188,81 d	2,82 bcde
T1	19,63	0,70 c	161,75	171,10 f	2,08 e
T2	20,71	1,08 bc	175,12	184,66 e	2,23 de
T3	22,92	1,12 bc	186,48	185,22 e	2,45 cde
T4	23,75	1,18 bc	187,23	195,44 c	2,92 bcd
T5	23,80	1,35 ab	190,12	207,07 b	3,11 bc
T6	24,87	1,78 a	202,43	227,14 a	3,45 b
T7	24,96	1,85 a	195,44	209,78 b	4,92 a
C.V (%)	15.15 ns	27.82**	27.12 ns	0.99**	17.42**

5. Las formulaciones con mayor efectividad en los componentes del rendimiento y calidad del frijón y maíz cultivado en el suelo Ferralítico Rojo fueron: F₆ y F₇. Estos tratamientos incrementaron el rendimiento del frijón entre 1,78-1,85 t. ha⁻¹ y en el maíz entre 3,45-4,92 t. ha⁻¹, de igual forma se comportaron en el cultivo del boniato.
6. En las formulaciones la combinación del Humus de lombriz con Roca Fosfórica y Zeolita tuvo un marcado efecto en la disponibilidad de los nutrientes del suelo y la absorción de las mismas por las plantas

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda emplear las formulaciones F₆ y F₇ de fertilizantes órgano-minerales en las unidades productivas de cultivos varios con suelos Ferralítico Rojo para fertilizar pimiento, tomate, frijón y maíz

BIBLIOGRAFÍA

- Agbede, T. M. & Adekiya, A. O. 2011. "Evaluation of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) performance and soil properties under tillage methods and poultry manure levels." *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 23(2), 164-177. doi: 10.9755/ejfa.v23i2.6454 [Links]
- Atuna, R. A., Aduguba, W. O., Alhassan, A. R., Abukari, I. A., Muzhingi, T., Mbongo, D., & Amagloh, F. K. 2018. "Post-harvest quality of two orange-fleshed sweet potato [*Ipomoea batatas* (L) Lam] cultivars as influenced by organic soil amendment treatments." *Journal of Nutrition & Food Sciences*, 8(6), 3-8. doi: 10.4172/2155-9600.1000691 [Links]
- Bernal, A. 2013. "Degradación de los suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados y sus indicadores de la llanura roja de la Habana". *Cultivos Tropicales*, (34): 45-51.
- Cáceres, R & Irta María. O. 2008. Los Organominerales y su Interés en el Mundo de la Fertilización. Publicaciones España.
- Cairo, Pedro, Machado de Armas, Joaquín, Rodríguez López, Oralía & Rodríguez Urrutia, Alianny. 2017. Efecto de abonos órgano-minerales sobre la calidad del suelo. *CEN. AZ*, vol.44 (no.4), versión impresa ISSN: 0253-.5777.
- Fraser, Teresa, A. Vantour, Marisol Morales & Mustelier A. Luz del Alba 2004. Efecto de la fertilización órgano-mineral en el rendimiento de una secuencia de tomate-maíz-tomate en suelos Ferralíticos Rojos. XIV Congreso Científico del INCA, San José de las Lajas, Cuba. pp. 22.
- García Tapia, Laura & Ronquillo Cedillo, Ildelfonso. 2019. "Fertilización mineral y orgánica en el cultivo intercalado maíz-frijol asociados y haba en un Andosol del Estado de México". September 2019 Producción Agropecuaria y Desarrollo Sostenible 7:29-40 DOI:10.5377/payds.v7i0.8412 License CC BY-NC 4.0.
- Hernández, A., Pérez, J. & Bosh, Castro, 2015 "La clasificación de suelos de Cuba: énfasis en la versión de 2015." *Revista Cultivos Tropicales* 40(1):1-31.
- Chaveli Chávez, P. 2019. "Fertilización organomineral en el manejo sostenible de tierras cultivadas con maíz (*Zea mays* L.)". *Revista Científica Agroecosistemas*, 7(3), 116-122. Recuperado de <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>.
- Paneque, V & Calaña, J. M. 2004. Abonos Orgánicos. Conceptos Prácticos para su Evaluación y Aplicación. ACTAF. La Habana. 54 p.
- Rizo Mustelier, M, Vuelta Lorenzo, D. & Lorenzo García, A. 2017. Agricultura, Desarrollo Sostenible, Medioambiente, Saber Campesino Y Universidad Ciencia en su PC. 2:106-120.
- Rós, A. B., Narita, N. & Hirata, A. C. 2014. "Produtividade de batata-doce e propriedades físicas e química de solo em função da adubação orgânica mineral". *Semina: Ciências Agrárias*, 35(1), 205-214. doi: 10.5433/1679-0359.2014v35n1p205 [Links].
- Vantour, A, Fraser, Teresa, Calero, B., Morales, Marisol, Font, Lisbet & Corrales, I. 2005. Tecnologías para producir y manejar los fertilizantes órgano-minerales en los agroecosistemas de viandas, granos y hortalizas. Informe Final del Proyecto de Investigación 11-08, La Habana: Instituto de Suelos, 55 p.