

Caracterización física y química del abono órgano mineral Agromena - G

Physical and Chemical Characterization of the Organ-Mineral Fertilizer Agromena - G



<https://cu-id.com/2177/v32n3e08>

[✉]Omar González-Cueto^{1*}, [✉]Rafael Alejandro Salcerio-Salaberry¹, [✉]Edith Aguila-Alcantara^{II},
[✉]Gardenis Merlán-Mesa^{III}, [✉]Elvis López-Bravo¹, [✉]Joaquín Machado-de Armas^{II}

¹Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas, Departamento de Ingeniería Agrícola, Santa Clara, Villa Clara, Cuba.

^{II}Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas, Departamento de Agronomía, Santa Clara, Villa Clara, Cuba.

^{III}Empresa Geominera del Centro, Villa Clara, Cuba.

RESUMEN: La falta de disponibilidad de fertilizantes químicos para obtener altos rendimientos en la agricultura cubana ha motivado el desarrollo de otros abonos órgano-minerales, como el Agromena - G, producido por la Empresa Geominera del Centro en Villa Clara. El objetivo de este trabajo fue caracterizar el abono órgano-mineral Agromena - G, a partir de la determinación de las principales propiedades físicas y químicas del abono para su aplicación mecanizada en el mejoramiento de suelos y aumento del rendimiento de los cultivos. La metodología incluyó la determinación de propiedades físicas como: granulometría, densidad aparente, humedad y ángulo de talud natural. Además, se determinaron propiedades químicas como pH, conductividad eléctrica, fósforo disponible y materia orgánica. Las propiedades físicas del abono órgano mineral Agromena - G, muestran que su granulometría (aproximadamente el 50% de los granos menores a 1 mm) favorece su uso ya que facilita su adquisición por las plantas. Las demás propiedades determinadas se comportan dentro de valores aceptables para los fertilizantes granulares más comunes. Las propiedades físicas de este abono favorecen su aplicación mecanizada tanto con máquinas de fertilización a voleo como con máquinas de fertilización localizada. Las propiedades químicas de este abono órgano-mineral demostraron su potencial uso como alternativa para el manejo de la nutrición vegetal aunque se recomienda la vigilancia de indicadores como conductividad eléctrica y concentraciones de cationes, especialmente Na⁺, en suelos arcillosos susceptibles a problemas de salinidad.

Palabras clave: aplicación mecanizada de fertilizante, granulometría, pH, fósforo disponible.

ABSTRACT: The unavailability of chemical fertilizers to obtain high yields in Cuban agriculture has led to the development of other organ-mineral fertilizers, such as Agromena - G, produced by the Empresa Geominera del Centro in Villa Clara. The objective of this work was to characterize the organ-mineral fertilizer Agromena - G, based on the determination of the main physical and chemical properties of the fertilizer for its mechanized application in the improvement of soils and the increasing of crops yield. The methodology included the determination of physical properties as granulometry, apparent density and humidity of the organ-mineral fertilizer. In addition, chemical properties such as pH, electrical conductivity, available phosphorus and organic matter were determined. The physical properties of the organ-mineral fertilizer Agromena - G, show that its granulometry (approximately 50% of the grains smaller than 1 mm) favors its use since it facilitates its acquisition by the plants. The other determined properties behave within acceptable values for the most common granular fertilizers. The physical properties of this fertilizer favor its mechanized application both by broadcast fertilizing machines and with machines for localized fertilization. The chemical properties of this organ-mineral fertilizer demonstrated its potential use as an alternative for managing plant nutrition although it is recommended the surveillance of indicators as electrical conductivity and cations concentrations, especially Na⁺, in clayed soils susceptible to salinity problems.

Keywords: Mechanized Fertilizer Application, Granulometry, pH, Available Phosphorus.

*Autor para correspondencia: Omar González-Cueto, e-mail: omar@uclv.edu.cu

Recibido: 19/12/2022

Aceptado: 24/06/2023

INTRODUCCIÓN

En Cuba, el Ministerio de la Agricultura, según el Decreto Ley 50 Sobre la Conservación, Mejoramiento y Manejo Sostenible de los Suelos y el uso de los Fertilizantes, debe exigir y controlar que los usuarios de los suelos que realizan actividades agropecuarias garanticen la nutrición de las plantas para el uso sostenible de los nutrientes del suelo, a su vez, los usuarios de los suelos deben realizar una fertilización integrada, que incluye el uso de fertilizantes minerales, orgánicos, órgano-minerales, biológicos, correctores, estimulantes y enmendantes para preservar e incrementar la fertilidad de los suelos ([Consejo de Estado República de Cuba, 2021](#)). Sin embargo, desde hace varios años, las limitaciones financieras para la compra de fertilizantes y energéticas para su fabricación, han impedido que este objetivo de sostenibilidad de los nutrientes del suelo se logre.

En el territorio nacional cada año en la campaña agrícola se siembran alrededor de 827 mil hectáreas de cultivos y unas 200 mil de caña de azúcar, pero solo se cubre con agroquímicos el 20% ([Martínez, 2020](#)). Este déficit en la nutrición de los suelos es una de las causas de los bajos rendimientos agrícolas que se obtienen en la mayoría de los cultivos en Cuba. El uso intensivo del suelo y la no aplicación de fertilización o mejoradores del suelo provocan su degradación y la disminución de su capacidad de producción.

Los abonos órgano minerales han sido ampliamente utilizados para mejorar las condiciones físicas y aumentar la capacidad de producción de los suelos. En Cuba han sido utilizadas en cultivos como la caña de azúcar, plátano, café, maíz, tomate y otros cultivos ([Ochoa et al., 2001](#); [Corrales et al., 2011](#); [Cairo et al., 2015](#); [Rodríguez et al., 2015](#); [Cairo et al., 2017](#); [Chaveli et al., 2019](#)).

El Centro de Investigaciones para la Industria Minero-Metalúrgica (CIPIMM) desarrolló un abono órgano mineral (Agromena) basado en el uso de materia orgánica (hulla) y minerales como el fósforo, zeolita, magnesio y otros que ha tenido buenos resultados en cuanto al mejoramiento de las propiedades físicas del suelo y al incremento de los rendimientos agrícolas de varios cultivos ([Velázquez et al., 2013](#)).

Las propiedades físicas de un fertilizante son de considerable importancia, tanto desde el punto de vista de su efectividad agronómica, como en lo relativo a sus satisfactorias condiciones de aplicación, transporte y almacenamiento. Una buena cantidad de problemas que se presentan con los fertilizantes, tales como la no uniforme aplicación, la compactación, segregación y excesiva higroscopicidad, son el resultado de inadecuadas propiedades físicas ([Guerrero, 2004](#)).

Las principales propiedades físicas de los fertilizantes y abonos son: la granulometría, densidad

aparente y humedad, entre otros. ([Riquelme y Varas, 2002](#); [Varas y Riquelme, 2002](#); [Guerrero, 2004](#); [Carciochi y Tourn, 2017](#)). Otras propiedades como el pH, el contenido de materia orgánica y la conductividad eléctrica también son importantes, dado que caracterizan la acción que realizan los fertilizantes sobre el suelo.

El presente trabajo tiene como objetivo caracterizar el abono órgano-mineral Agromena - G producido por la Empresa Geominera del Centro, para su aplicación mecanizada en el mejoramiento de los suelos y en el incremento del rendimiento agrícola de los cultivos, a partir de la determinación de las principales propiedades físicas y químicas del abono.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó durante el año 2022, en el Laboratorio de Suelos del Centro de Investigaciones Agropecuarias de la Facultad de Ciencias Agropecuarias en la Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas, Villa Clara. El abono órgano mineral utilizado fue Agromena - G producido por la Empresa Geominera del Centro.

Metodología para determinar propiedades físicas del abono órgano mineral Agromena - G.

Las propiedades físicas determinadas fueron la granulometría, la densidad aparente, la humedad y el ángulo de talud en reposo ([NC ISO 5690-1, 2004](#)).

Metodología para la determinación de la granulometría

Para determinar la granulometría se hizo pasar el material por cuatro tamices de entre 1 y 4 mm. Estos tamices permitieron separar el material en los siguientes intervalos

- > a 4 mm
- > 2 mm < 4 mm
- > 1 mm < 2 mm
- < 1 mm.

Metodología para la determinación de la densidad aparente y la humedad del abono órgano mineral

La densidad aparente se determinó como la relación entre el peso del abono (balanza de 1g de precisión) entre el volumen ocupado por este (probeta precisión 1 cc). Se expresó en kg/m³.

La humedad del abono se determinó por el método gravimétrico, se tomaron 3 muestras del abono y se pesaron en una balanza de precisión 1 g (peso suelo húmedo), posteriormente se secó en una estufa a temperatura de 105° C, cuando su peso permaneció constante se pesó y se obtuvo el peso del suelo seco. La humedad del suelo en porcentaje se determinó como el peso del agua entre el peso seco por 100.

Metodología para la determinación del ángulo de talud natural

Para determinar el ángulo de talud natural se tamizó el abono órgano-mineral a utilizar, posteriormente se colocó al sol para su secado y luego se pesó la muestra de Agromena - G, se vertió sobre una superficie plana y se midió la altura del cono. Se marcó el diámetro de la base del cono y se midió su longitud inclinada. Esta prueba se repitió tres veces y de los resultados obtenidos se tomó la media para calcular el ángulo.

Metodología para determinar propiedades químicas del abono órgano mineral Agromena - G.

El pH se realizó por el método potenciométrico según la metodología de [Hesse \(1971\)](#) en una relación suelo: agua de 1:2,5 (peso:volumen). Para ello, se pesaron 10 g de suelo seco al aire y tamizado a 0.5 mm. El suelo tamizado se coloca en un Beaker de 50 ml y se le añade con una pipeta 25 ml de agua destilada para pH en agua ó 25 ml de KCl 0.1N para pH en KCl. Se agita con una varilla de cristal cada 15 min en el espacio de una hora. Finalmente, se lee en el potenciómetro.

Para la conductividad eléctrica (CE) se tomaron 40 g de suelo, también tamizados a 0.5 mm y secado al aire. Este se colocó en un erlenmeyer de 500 ml y se le agregaron 200 ml de agua destilada. Se agitó la mezcla de agua y suelo y se dejó en reposo hasta el día siguiente (24 horas). Se filtró la parte que sobrenada con papel de filtro semirápido. Del filtrado se tomaron 30 ml y se le midió la conductividad eléctrica en un conductímetro.

El fósforo (P) disponible fue extraído por el método de [Olsen et al. \(1954\)](#); usando 0.5 M (NaHCO₃) como solución extractora a pH 8.5 y para la solución reductora se disuelven 0.50 g de C₆H₈O₆ con solución de molibdato de amonio y se afora con la misma solución a 100 ml para lectura en espectrofotómetro a 882 nm.

La materia orgánica del suelo (MOS) fue determinada colorimétricamente por el método de [Walldey y Black \(1934\)](#).

Todos los análisis químicos se realizaron según la Norma Ramal 279 del [MINAGRI NRAG 279, \(1980\)](#).

Procesamiento estadístico

Para el procesamiento de los resultados se elaboró una base de datos en Excel 2013 sobre Windows 10. Se empleó el paquete estadístico STATGRAPHIC plus 5.1 para el análisis de los datos, realizándose una estadística descriptiva.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Determinación de las propiedades físicas del abono órgano mineral Agromena - G

Determinación de la granulometría

Los abonos con baja solubilidad al agua deben tener un tamaño de partícula fino para asegurar su disolución en el suelo ([Guerrero, 2004](#); [Navarro y Navarro, 2014](#)). La Agromena - G, se considera como de baja solubilidad dado que está compuesta por zeolita, fósforo, otros minerales y materia orgánica, los cuáles en unos casos no se disuelven en el suelo y en otros son de muy lenta dilución. La [Figura 1](#) muestra los resultados de la determinación de la granulometría. Como se aprecia el 90,77% de los granos son menores de 4 mm, por lo cual se considera que tiene un tamaño de partícula fino que facilita el aporte de nutrientes al suelo y a las plantas. El efecto del tamaño del grano del abono, sobre el nivel de aprovechamiento que hacen las plantas es variable y depende de factores como las propiedades del suelo, especie cultivada, naturaleza del fertilizante o abono y tecnología utilizada para su aplicación.

[Guerrero \(2004\)](#) considera que el material fertilizante es granulado cuando las partículas están constituidas por gránulos de diámetro variable que oscilan generalmente entre 2 y 4 mm. La Agromena - G, según los resultados obtenidos que se observan en la [Figura 1](#), no puede considerarse como un abono granulado, se considera como uno en polvo, dado que casi el 50% de las partículas tiene dimensiones inferiores a 1 mm. Este resultado se debe al proceso de obtención de los minerales incluidos, donde el tamaño de partícula se realiza por molinado lo cual da lugar a partículas compactadas de forma irregular y diferente finura.

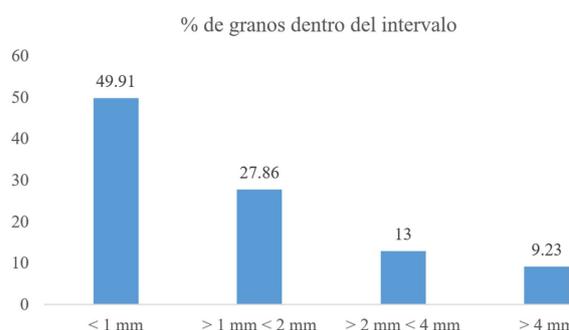


FIGURA 1. Distribución de tamaño de las partículas en abono órgano mineral Agromena - G.

Cuando el abono tiene una alta variación en la granulometría y es aplicado a voleo por máquinas fertilizadoras se produce una segregación o separación

por tamaño del grano que causa una distribución irregular de los nutrientes en el campo. De acuerdo a las dimensiones del grano, estos se organizan dentro de los depósitos, como aseguran [Carciochi y Tourn \(2017\)](#) la mayoría de las partículas más pequeñas tienden a acumularse en la parte central y superior de la pila de almacenamiento en el almacén, mientras que las partículas más grandes, lo hacen en la base y en la parte externa de la pila. La misma situación se da dentro de las tolvas, debido a las vibraciones producidas durante el transporte del fertilizante a granel.

La segregación es un problema cuando se preparan fertilizantes compuestos por mezcla física de fuentes con diferentes tamaños de grano y, por supuesto, con materiales que difieren en su composición química según [Guerrero \(2004\)](#), como es el caso de Agromena - G, que es una mezcla de minerales y materia orgánica. Sin embargo, durante la investigación y durante la aplicación mecanizada del fertilizante no se observó segregación del producto.

Determinación de la densidad aparente y de la humedad del abono órgano mineral Agromena - G

La densidad aparente del abono órgano mineral Agromena - G fue de 1290 kg/m³. Valor este algo superior a la de fertilizantes granulados, como los de tipo compuesto (NP, PK y NPK) que tienen densidades aparentes entre 0,90 y 1,20 kg/m³ ([Guerrero, 2004](#); [Márquez, 2011](#)). El volumen del abono incluye el espacio ocupado por el aire, entre poros. Si los granos del abono están más apretados entre sí su densidad aparente será mayor. La densidad aparente superior en la Agromena - G, se debe al proceso de obtención del abono, el cual es por molinado, donde se obtiene un producto en el que predominan partículas inferiores a 1 mm (\approx 50%), lo cual hace que este sea más denso debido a que hay menos espacio entre poros. En el caso de otros materiales utilizados como enmiendas del suelo y abonos minerales, los cuáles también se obtienen mediante el mismo proceso de producción, como es el caso de la roca fosfórica (1360 a 1520 kg/m³) o la cal (1280 a 1520 kg/m³) ([Guerrero, 2004](#)), tienen la densidad aparente similar a la de la Agromena - G.

Como plantea [Márquez \(2011\)](#) el fertilizante con menor densidad aparente es proyectado a menor distancia que el de mayor densidad, cuando es aplicado por una máquina para la aplicación de fertilizantes a voleo, este no es el caso de cuando la aplicación es localizada. Asimismo, la variación de la densidad aparente del abono influye en la cantidad (peso) que se aplica al suelo, por lo que habrá que hacer los cambios oportunos en la regulación de la máquina para asegurar la dosis establecida (kg/ha), esta consideración es válida para cualquier máquina fertilizadora.

La humedad gravimétrica del abono fue de 6,74% algo superior a la propuesta de 6% para la mayoría de los fertilizantes de producción nacional ([GEIQ, 2022](#)). La humedad existente en el abono no provocó el apelmazamiento ni la formación de grumos, debido a los componentes de este que son principalmente provenientes de origen mineral rocoso. El exceso de humedad en el abono es negativo, tanto durante el almacenamiento, como durante su distribución en el campo. La humedad en exceso favorece la formación de terrones difíciles de romper que afectan a la distribución.

Determinación del ángulo de talud natural

El ángulo de talud en reposo de materiales granulares se utiliza en el diseño de equipos para el procesamiento y transporte de partículas granulares. Por ejemplo, se utiliza en el diseño de silos de almacenamiento de granos o en el diseño de cintas transportadoras para materiales granulares. En el transporte marítimo de granos a granel tiene importancia porque está íntimamente relacionado con el posible desplazamiento de la carga que afecta la estabilidad transversal del buque.

El ángulo de talud natural o ángulo en reposo del material fue de 32,3°, valor que se acerca al del cloruro de potasio presentado por [DFGrup \(2022\)](#) que es de 30°. Agromena-G tiene una fluidez lateral intermedia, es decir, fluye aceptablemente según [Dionisi et al. \(2009\)](#), que asegura que con la tolva completamente llena, el fondo de la tolva siempre permanece lleno de material, por lo que no habrá interrupciones en la entrega o descarga del material.

El principal factor que afecta la calidad de la fertilización es la calidad del fertilizante. Actualmente no existe ninguna máquina fertilizadora que pueda garantizar una alta calidad de aplicación si el fertilizante es de mala calidad. La calidad del fertilizante está dada por la uniformidad del tamaño de partícula, por su contenido de polvo, dureza y humedad relativa crítica. Aunque existen otras características, estas son las que más inciden ([Tourn y Platz 2019](#)).

Estas características de los fertilizantes influyen en su manejo posterior y en la calidad de su aplicación, especialmente cuando se realizan aplicaciones mecanizadas. Por ejemplo, la densidad de partículas es una propiedad que afecta el ancho efectivo de trabajo de la aplicación, ya que las partículas más densas alcanzan una mayor distancia y se pueden aplicar con una mayor velocidad de rotación de las placas. Otras propiedades como la higroscopicidad y el contenido de humedad pueden afectar la calidad de su esparcimiento ya que a medida que aumentan se humedece más fácilmente y sus partículas se vuelven blandas y pegajosas ([Carciochi y Tourn 2017](#)).

Propiedades químicas del abono órgano mineral Agromena - G

Según [Minagri \(1984\)](#) el abono Agromena - G tiene un $pH_{(H_2O)}$ ligeramente alcalino, mientras que su $pH_{(KCl)}$ está en el rango de la neutralidad ([Tabla 1](#)). Esto se debe a que las zeolitas presentan en su composición cationes alcalinos (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+) lo cual influye en importantes propiedades como la CIC. Además, estos minerales tienen alta afinidad por cationes alcalinos como el amonio (NH_4^+). Esto influye en estas mismas propiedades en los suelos donde se aplica, ya que estos cationes son fácilmente intercambiados con otros iones de la solución del suelo, como los iones H^+ , conllevando a que el pH de los suelos se eleve y muestre valores alcalinos ([Méndez y Lira, 2019](#); [Torri et al., 2021](#)).

La conductividad eléctrica es una propiedad importante ya que las zeolitas y sus diferentes formas comerciales de presentación, como el Agromenas-G, se pueden emplear como sustratos o aplicarse al suelo como fertilizante órgano-mineral. En el caso de emplearse como sustrato se considera que valores de conductividad eléctrica (CE), medidas en el extracto de saturación, superiores a $3,5 \text{ dS m}^{-1}$ (a 25°C) son excesivos para la mayor parte de las especies cultivadas. La salinidad original del sustrato y su facilidad para acumular sales es un importante elemento a considerar porque pueden afectar negativamente al cultivo ya que la respuesta de las plantas varía ante las condiciones de salinidad ([Martínez y Roca, 2011](#)).

[Márquez et al. \(2021\)](#) caracterizaron a las zeolitas cubanas de tres yacimientos y las clasificaron como zeolitas cálcica-sódicas dado que, aunque sus composiciones mostraban variaciones, en todas dominaban los cationes Ca^{2+} y Na^+ . Además, en todos los casos en la composición mineralógica encontraron un elevado contenido de fase zeolítica (61- 83%), predominando la Clinoptilolita y la Mordenita en una relación que oscila entre 0.84 - 4.08. [Urbina et al. \(2006\)](#) señalan que la clinoptilolita contiene altos niveles de Na^+ , el cual es un elemento fitotóxico para las plantas y propone que sea tratada con una solución para intercambiar este elemento por otros cationes beneficiosos para el cultivo.

[Soca y Daza \(2016\)](#) encontraron que las aplicaciones de zeolita incrementaron el pH, los contenidos de bases intercambiables y CIC en tres

suelos cubanos (Pardo Grisáceo, Pardo con carbonatos y Húmico Sialítico), lo cual explican se debe al intercambio entre NH_4^+ y cationes, como Ca^{2+} y Na^+ , con la solución del suelo, y la consecuente liberación de iones OH^- . Estos autores encontraron que en el suelo Pardo Grisáceo el incremento de Mg^{2+} fue el mayor (61 %), mientras que en el suelo Pardo con carbonatos fueron superiores los incrementos de Ca^{2+} y Na^+ en el suelo (16 y 71 %, respectivamente). Además, señalan que las concentraciones de Na^+ aumentaron en todos los suelos por las aplicaciones del mineral zeolítico empleado, por lo que recomiendan evaluaciones periódicas sobre este elemento debido a sus efectos negativos sobre la estructura del suelo por sus propiedades dispersantes.

El contenido de fósforo asimilable puede evaluarse como alto según la escala empleada por [Chacón \(2014\)](#). La ficha técnica de Agromenas-G caracteriza este abono órgano-mineral como una fuente que aporta un 7 % de fósforo [Geominsal \(2018\)](#), un macronutriente esencial para el desarrollo de los cultivos, pero cuya disponibilidad se ve afectada por su baja solubilidad y el complejo conjunto de reacciones que disminuyen las concentraciones de sus formas disponibles para las plantas.

[Torri et al. \(2021\)](#) encontraron que al aplicar zeolita la disponibilidad de este elemento descendió a consecuencia de los incrementos de pH en el suelo, probablemente debido a la precipitación de estos en forma de fosfatos cálcicos y otros compuestos insolubles. Sin embargo, existen estudios donde se han empleado mezclas de zeolitas con roca fosfórica y se han encontrado que esta favorece la disolución del fósforo de la roca fosfórica y su liberación a la solución del suelo con resultados satisfactorios los rendimientos de cultivos como la papa y el sorgo [Soca y Villareal \(2015\)](#).

[Zheng et al. \(2022\)](#) encontraron que aplicaciones de zeolita en el cultivo del arroz con alternancia del riego no solo incrementaba la disponibilidad del fósforo en el suelo, sino que también influía en las diferentes fracciones de este elemento en el suelo y en su translocación en la planta con positivos efectos en los rendimientos del cultivo estudiado. Todo esto implica que, por la complejidad de este nutriente, en cuanto a sus reacciones en el suelo, deben continuarse profundizando en los estudios sobre el efecto de las zeolitas en su disponibilidad.

TABLA 1. Propiedades químicas del abono Agromenas - G

	pH		Cond. Elect.	P_2O_5	MO
	KCl	$\mu\text{S/cm}$	H_2O	mg/100g	%
X	7,12	1169	7,66	12,67	5,73
$\pm \text{DT}$	0,03	9,54	0,08	1,33	0,25

Leyenda: X indica promedio, DT indica desviación típica

Resalta en este abono su contenido de materia orgánica que, si bien está en el rango ideal que deben tener los suelos, se encuentra por debajo de lo que plantea la ficha técnica de Agromenas-G caracterizando a este abono órgano-mineral, en la cual se plantea que aporta un 14% de materia orgánica (Geominsal 2018).

El contenido de materia orgánica es un indicador de gran relevancia porque influye significativamente en las propiedades del abono órgano-mineral. Eifediyi *et al.* (2013) explican que la utilización de este tipo de abonos tiene efectos positivos sobre la actividad biológica de los microorganismos del suelo, la formación de agregados y la disponibilidad de los nutrientes, con el consecuente incremento del rendimiento de los cultivos, Los compuestos orgánicos promueven la liberación de nutrientes y sustancias que mejoran la calidad del suelo y los rendimientos de los cultivos, así como también influyen en el control de hongos fitopatógenos del suelo (Nunes *et al.*, 2013). Debe señalarse que el aporte de nutrientes varía y depende de diversos factores como el porcentaje y de la calidad de la materia orgánica presente, de la textura del suelo, de la temperatura y condiciones de humedad existentes, entre otros factores (Palma-López *et al.*, 2004; Cairo *et al.*, 2017).

A medida que aumenta el contenido de materia orgánica se favorece la porosidad total y la dureza de las partículas, la cual está relacionada con la densidad de las partículas y la higroscopicidad y contenido de agua de estas partículas. Por el contrario, la densidad aparente del abono, la densidad de las partículas y su distribución disminuirán cuando se incrementa el contenido de materia orgánica en el material órgano-mineral (Paré *et al.*, 2009).

CONCLUSIONES

Las propiedades físicas del abono orgánico mineral Agromena - G, muestran que su granulometría (aproximadamente el 50% de los granos menores a 1 mm) favorece su uso ya que facilita su adquisición por las plantas. Las demás propiedades determinadas se comportan dentro de valores aceptables para los fertilizantes granulares más comunes. Las propiedades físicas de este abono favorecen su aplicación mecanizada tanto con máquinas de fertilización a voleo como con máquinas de fertilización localizada. Las propiedades químicas de este abono órgano-mineral demostraron su potencial uso como alternativa para el manejo de la nutrición vegetal aunque se recomienda la vigilancia de indicadores como conductividad eléctrica y concentraciones de cationes, especialmente Na^+ , en suelos arcillosos susceptibles a problemas de salinidad.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Sociedad de Interfaz de Ciencia y Tecnología de la Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas, así como a la Empresa Geominera del Centro por el financiamiento y apoyo brindado a esta investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CAIRO, P.; DÁVILA, A.; DÍAZ, B.; COLÁS, A.: "Efectos de abonos órgano minerales sobre las propiedades físico-químicas en un Inceptisol de la Región Central de Cuba ", *Agronomía Tropical*, 65(1-2): 81-89, 2015.
- CAIRO, P.; MACHADO, J.; RODRÍGUEZ, O.; RODRÍGUEZ, A.: "Efecto de abonos órgano-minerales sobre la calidad del suelo, impacto en el rendimiento de la caña de azúcar ", *Centro Azúcar*, 44(4): 12-20, 2017.
- CARCIOCHI, W.; TOURN, S.: "Características físicas de los fertilizantes y calibración de fertilizadoras", *Archivo Agronómico*, 16: 1-10, 2017.
- CHACÓN, A. Vis/NIR spectroscopic measurement of selected fertility parameters of Cuban agricultural soils. Tesis de doctorado. Universidad Católica de Lobaina, Bélgica. 164 p. 2014.
- CHAVELI, P.; I. CORRALES; R. DE VARONA; L. FONT: "Fertilización organomineral en el manejo sostenible de tierras cultivadas con maíz (*Zea Mays* L.)", *Agroecosistemas| Revista para la transformación agraria sostenible*, 7(3): 116-122, 2019.
- CONSEJO DE ESTADO REPÚBLICA DE CUBA, *DECRETO-LEY No. 50. SOBRE LA CONSERVACIÓN, MEJORAMIENTO Y MANEJO SOSTENIBLE DE LOS SUELOS Y EL USO DE LOS FERTILIZANTES*, La Habana, Consejo de Estado, República de Cuba, pp. 2021.
- CORRALES, I.; FONT, L.; CHAVELI, P.: "La aplicación de abono órgano mineral: una alternativa en la fertilización del plátano", *Agrisost*, 17(1): 47-51, 2011.
- DFGRUPO. (2022). Convencionales. Retrieved from <https://www.dfggrupo.com/convencionales/>
- DIONISI, R., ALOÉ, J. M., y TORIBIO, M. (2009). Propiedades y Aspectos de la Manipulación de Fertilizantes Sólidos a Granel. *Investigación y Desarrollo, Profertil*, 15, 1-8.
- EIFEDIYI, E., MOHAMMED, K., AND REMISON, S., Influence of Organomineral fertilizer (OMF) on

- the performance of Jute Mallow (*Corchorous olerius*) in North Central Nigeria., Nigerian Journal of Agriculture, Food and Environment, Vol. 9, No. 3, 2013, pp. 54-58.
- GEIQ: *Catálogo. Productos y servicios*. La Habana: Grupo Empresarial de la Industria Química, pp. 2022.
- GEOMINSAL. Ficha técnica Agromenas-G. 2018. Disponible en: <https://www.geominsal.cu/wp-content/uploads/2018/02/Agromenas.pdf>, Consultado: 20/01/2023, 3 pm.
- GUERRERO, R.: *Propiedades generales de los fertilizantes sólidos. Manual Técnico*, Monómeros Colombo Venezolanos S.A., Bogotá, 2004.
- HESSE P. R. *A Textbook of Soil Chemical Analysis*. John Murray Ltd, London, 520 p., 1971.
- MÁRQUEZ, L.: "La tecnología en las abonadoras de proyección. Parte 1.- La uniformidad de distribución", *Agrotécnica*, (Marzo): 38-44, 2011.
- MARTÍNEZ, L.: *Más que producir alimentos, lograr la soberanía alimentaria y nutricional.*, [en línea] Disponible en: <https://www.presidencia.gob.cu/es/noticias/mas-que-producir-alimentos-lograr-la-soberania-alimentaria-y-nutricional/> [Consulta: 18 de marzo de 2022].2020
- MARTÍNEZ, P.F., ROCA, D. 2011. Sustratos para el cultivo sin suelo. Materiales, propiedades y manejo. En: Flórez R., V.J. (Ed.). *Sustratos, manejo del clima, automatización y control en sistemas de cultivo sin suelo*. Bogotá: Editorial Universidad Nacional de Colombia. pp. 37-77.
- MÉNDEZ-ARGÜELLO, B. Y LIRA-SALDIVAR, R. H. Uso potencial de la zeolita en la agricultura sustentable de la nueva revolución verde. Zeolita en agricultura sustentable Ecosist. Recur. Agropec. 6(17):191-193. 2019.
- MINAGRI. Manual de interpretación de los índices físico-químicos y morfológicos de los suelos cubanos. Ciudad Habana: Editorial Científico Técnica. 1984.
- NAVARRO, G.; NAVARRO, S. *Fertilizantes, química y acción*, Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España, 2014.
- NC ISO 5690-1: *Máquinas agrícolas y forestales. Equipamiento para la distribución de fertilizantes. Métodos de ensayo. Parte 1: Distribuidores de fertilizantes a voleo (ISO 5690-1:1984, idt)* Oficina Cubana de Normalización, La Habana, 2004.
- NRAG 279. Suelos. Análisis Químico. Dirección de Normalización, Metrología y Control de la Calidad (DNMCC). MINAGRI, Ciudad de La Habana, Cuba. 1980.
- NUNES BARCELOS, M., DE CAMARGO, R., QUINTÃO LANA, R. M., DO AMARAL, U., COELHO DE ARAUJO, L., CARVALHO MINHOTO TEIXEIRA FILHO, M., RODRIGUES NOGUEIRA, T. A. Use of organo-mineral fertilizers in grain sorghum as reverse logistics of organic residues. *Journal of Agricultural Science*, Vol. 11, No. 2: 435-444, 2019.
- OCHOA, M.; R. RIVERA; C. BUSTAMANTE; M. I. RODRÍGUEZ: "La fertilización fosfórica del *Coffea arabica* L. en suelo ferrítico rojo oscuro. Parte ii. fertilización órgano-mineral", *Cultivos tropicales*, 22(2): 53-58, 2001.
- OLSEN, J.K.; COLE, C.V.; WATANABE, F.S.; DEAN, L.A. Estimation of Available Phosphorus in Soils by Extraction with Sodium Bicarbonate. USDA. Circ. 939. US Gov. Print. Office. Washington, D.C. 1954.
- PALMA-LÓPEZ, D.J.; PASTRANA-APONTE, L.; ARREOLA-ENRIQUEZ, J.; JUÁREZ-LÓPEZ, J.F.; SALGADO-GARCÍA, S.; CAMACHO-CHIUI, W.; OBRADOR-OLÁN, J.J.: "Evaluación de abono órgano-mineral de cachaza en la producción y calidad de la caña de azúcar", *Terra Latinoamericana*, 22(3): 351-357, 2004, ISSN: 2395-8030, Publisher: Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, AC.
- PARE, M.C., ALLAIRE, S.E., KHIARA, L., NDUWAMUNGU, C. Physical properties of organo-mineral fertilizers - Short Communication. *Canadian Biosystems Engineering/Le génie des biosystèmes au Canada* 51: 3.21-3.27, 2009.
- RIQUELME, J.; VARAS, E.: "Maquinaria para la distribución de fertilizantes", *Tierra Adentro*, 46(Septiembre-Octubre): 18-21, 2002.
- RODRÍGUEZ, A.; RIERA, M. C.; RAMOS, L.; BORRERO, Y.; PABLOS, P. D.; ROJAS, O.; MORALES, E.: "Alternativa organo-mineral para la producción de tomate (*Solanum Lycopersicum* L.) en suelos pardos sialíticos del municipio Palma Soriano", *Agrotecnia de Cuba*, 39(1): 35-46, 2015.
- SOCA, M.; DAZA, M. C. Evaluación de fracciones granulométricas y dosis de zeolita para la agricultura. *Agrociencia*, vol. 50, núm. 8, noviembre-diciembre, pp. 965-976, 2016.
- SOCA, M., VILLAREAL, J. E. Influencia de zeolita y roca fosfórica sobre el desarrollo de los cultivos de sorgo y papa. *Ciencia Agropecuaria* No. 23:60-74. 2015.
- TORRI, S. I., AMATURO J. I., SÁNCHEZ L. Y PACHECO-RUDZ, E. O. Efecto de las zeolitas sobre ciertas propiedades de un suelo enmendado con biosólidos. *Rev. Int. Contam. Ambie.* 37, 419-430. 2021.
- TOURN, S. N., y PLATZ, P. (2019). Fertilizadoras: algo más que la dosis justa. *Horizonte Digital*. Disponible en: <https://horizonteadigital.com/fertilizadoras-algo-mas-que-la-dosis-justa/>

- URBINA SÁNCHEZ, E.; BACA CASTILLO, G. A.; NÚÑEZ ESCOBAR, R.; COLINAS LEÓN, M. T.; TIJERINA CHÁVEZ, L.; TIRADO TORRES, J. L. Cultivo hidropónico de plántulas de jitomate en zeolita cargada con K^+ , Ca^{2+} o Mg^{2+} y diferente granulometría. *Agrociencia* 40 (4): 419-429. 2006.
- VARAS, E.; RIQUELME, J.: "Propiedades físicas de los fertilizantes y su uso en máquinas fertilizadoras", *Tierra Adentro*, 46: 22-24, 2006.
- VELÁZQUEZ, M.; MONTEJO, E.; ALFONSO, E.; ALONSO J. A.; FIGUEREDO, V.; RODRÍGUEZ, A.; VILLAVICENCIO, B.; PUENTES, D.; FERNÁNDEZ, N.; ESTRADA, J.: "Alternativas de empleo de las agromenas en la producción de alimentos ". En: X CONGRESO CUBANO DE GEOLOGÍA, pp., La Habana, 2013.
- WALLDEY, A.; BLACK, I.: "Estimation of soil organic carbon by the chromic acid titration method", *Soil Sci*, 47: 29-38, 1934.
- ZHENG, J.; LIU, G.; AGUIRRE, S.C.A.; ACOSTA, G.; ALVARADO, T.C.; CHEN, Y.; SIDDIQUE, K.H.; CHI, D.: "Zeolite enhances phosphorus accumulation, translocation, and partitioning in rice under alternate wetting and drying", *Field Crops Research*, 286: 108632, 2022, ISSN: 0378-4290, Publisher: Elsevier.

Omar González-Cueto. Dr. y Profesor Titular, Departamento de Ingeniería Agrícola, Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas, Cuba, e-mail: omar@uclv.edu.cu

Rafael Alejandro Salcerio-Salaberry, Ing. Profesor, Recién Graduado en Preparación. Departamento de Ingeniería Agrícola, Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas, Cuba, e-mail: rsalcerio@uclv.edu.cu.

Edith Aguila-Alcantara, Dra. y Profesor Titular, Departamento de Agronomía, Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas, Cuba, e-mail: editha@uclv.edu.cu.

Gardenis Merlán-Mesa. Ingeniera, Empresa Geominera del Centro, Villa Clara, Cuba, e-mail: gmerlan@gmc.gms.minem.cu.

Elvis López-Bravo, Dr. y Profesor Titular, Departamento de Ingeniería Agrícola, Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas, Cuba, e-mail: elvislb@uclv.edu.cu.

Joaquín Machado-de Armas, Dr y Profesor Titular, Departamento de Agronomía, Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas, Cuba, e-mail: joaquinma@uclv.edu.cu.

The authors of this work declare no conflict of interests.

AUTHOR CONTRIBUTIONS: Conceptualization: O. González. Data curation: J. Machado y E. Aguila. Formal analysis: O. González, E. López. Investigation: R.A. Salcerio, G. Merlán. Methodology: O. González and E. Aguila. Supervision: O. González. Validation: E. López, E. Aguila. Roles/Writing, original draft: O. González, E. Aguila. Writing, review & editing: O. González, E. Aguila.

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

La mención de marcas comerciales de equipos, instrumentos o materiales específicos obedece a propósitos de identificación, no existiendo ningún compromiso promocional con relación a los mismos, ni por los autores ni por el editor.