



Formulação de agrominerais à base de zeólitos naturais e outros recursos minerais em Cuba.

Dr.C. Alain Carballo Peña, Universidade de Moa (UMoa), Cuba.

Dr.C. Gerardo A. Orozco Melgar, UMoA, Cuba

MSc. Giorvys R. Cuza Fernández, UMoA, Cuba

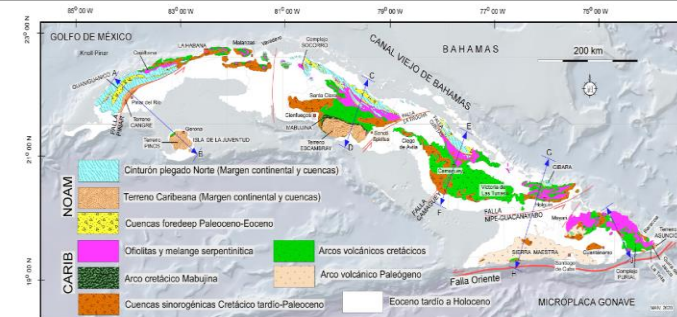
Luanda, 8 de agosto de 2023



Rochas e minerais industriais em Cuba

A natureza geológica do arquipélago cubano é constituída por um mosaico de estruturas de margem continental, arcos vulcânicos insulares e crosta oceânica, sobre o qual se depositaram sequências de rochas sedimentares e vulcano - sedimentares ao longo dos últimos 40 milhões de anos, num regime tectónico de plataforma.

Isso favoreceu a ocorrência de uma grande variedade de depósitos de rochas e minerais industriais (RMI), como argila, areia, arenito, areia de quartzo, amianto, andesito, barita, basalto, *bentonita*, *calcário*, quartzito, quartzo, caulim, cianita, *calcarenita*, feldspato, *fosforita*, granada, gabro, grafite, granitóides, *marga*, mármore, *magnesita*, mica, dunito, *paligorsquita*, pedras semipreciosas, salgema, serpentinitas, talco, *gesso e zeólitas*.





Produção de agrominerais em Cuba



Em Cuba, os agrominerais são produtos minerais industriais modificados com tecnologias próprias e que podem incorporar nutrientes químicos solúveis, com os quais se obtém um fertilizante mineral ou corretivo de solo de baixo custo e um aumento de rendimentos agrícolas, favorecendo o equilíbrio ambiental.

As principais rochas e minerais industriais (RMI) utilizados na produção de agrominerais e corretivos do solo em Cuba são zeólitas naturais, rochas fosfáticas, magnesita, dolomita, paligorsquita, tufo vítreo, turfa e argila bentonita. Alguns desses agrominerais podem ser aplicados diretamente ou usados em fertilizantes e corretivos do solo.



Características das zeólitas naturais

As zeólitas compreendem um grupo de aluminossilicatos cristalinos e hidratados (mordenita, heulandita, clinoptilolita, etc.) com cátions alcalinos e alcalino-terrosos, com arranjo tridimensional (tectossilicatos) onde predomina uma estrutura aberta, conferindo-lhes grande capacidade de incorporar e liberar água e cátions, sem alterações significativas na estrutura cristalina. Devido à sua capacidade de troca catiônica e sua alta porosidade molecular, é utilizado como meio filtrante, suporte para inseticidas e nutrientes.

As zeólitas naturais têm vantagens comprovadas como melhorador da qualidade do solo, aumentando a capacidade de retenção de água e nutrientes na área de cultivo, formulação de fertilizantes, ração animal, tratamento de resíduos e como substrato para cultivo de plantas ornamentais, frutíferas e hortaliças.





Zeólitas naturais em Cuba

Cuba possui 25 depósitos de zeólitas com recursos minerais estimados em mais de 300 milhões de toneladas, sendo os principais: "Castilla - La Pita", "Tasajeras", "San Andrés", "El Chorrillo", "Palmarito de Cauto" e "Caimanes". Além disso, possui quatro plantas de processamento localizadas nas províncias de Mayabeque, Villa Clara, Camagüey e Holguín.



Figura 1. Distribuição geográfica dos depósitos de zeólitos naturais em Cuba. Fuente: González-Rodríguez (2012).



Zeólitas naturais em Cuba

Segundo dados do Balanço Nacional de Recursos Minerais de Cuba (ONRM, 2022), Cuba possui cerca de 16 milhões de toneladas lavráveis de zeólitas naturais de alta qualidade nas categorias de Recursos Medidos e Indicados, que no atual ritmo de exploração, têm uma utilidade vida útil de 237,2 anos.

Tabela 1. Recursos zeólitos nas categorias de recursos medidos e indicados.

Materia Prima Mineral	Unidad de Medida	Recursos Minerales Medidos + Indicados	Explotación media anual (2019-2022); t/año	Vida Útil; años
Zeolita Natural	t	15 937 961	67 181	237,0

Fuente: ONRM. Balance Nacional de Recursos y Reservas Minerales de la Nación. La Habana, Cuba. 2022.



Dados atualizados do USGS colocam Cuba entre os principais países produtores de zeólitas naturais, acima da China, Rússia e dos próprios Estados Unidos da América.

Tabela 2. Produção anual estimada de zeólitas naturais em diferentes países em 2022.

País	Produção Mineira (10 ³ t/ano)
Eslováquia	150,0
Geórgia	130,0
Indonésia	130,0
Republica da Coreia	130,0
Cuba	100,0
Nova Zelândia	100,0
EUA	86,0
China	52,0
Türkiye	50,0
Rússia	35,0
Hungria	27,0
Jordânia	12,0
Outros países	6,0

Fuente: USGS: Mineral Commodity Summaries 2023.



FERTILIZANTE NPK

Aumento de preço de fertilizantes

- Aumento da demanda global por insumos desde o início da pandemia;
- Conflito de guerra entre a Rússia e a Ucrânia;
- Aumento do preço do combustível.

Evolución del precio internacional de los fertilizantes

Índice mensual tomando como referencia el valor nominal del dólar (2010=100)



Fuente: <https://www.newtral.es/subida-precio-fertilizantes-amenaza-cultivos/20221025/>



RMI utilizados na agricultura em Cuba

Tabela 3. Descrição das principais rochas e minerais industriais utilizados na agricultura e alimentação animal em Cuba.

Materia Prima Mineral	Descripción del Producto	Uso en la Agricultura y Alimentación Animal	Capacidad de Procesamiento
Zeolitas Naturales (Clinoptilolita, Heulandita y Mordenita)	Contenido de zeolita (mínimo): 80 – 60 – 40 %; Capacidad de Intercambio Catiónico Total (mínimo): 120-80-55 Meq/100 g	Agricultura: Formulación de agrominerales, substratos de cultivos intensivos y acondicionador de suelos; Ganadería: Fabricación de piensos, higiene animal y otros.	225.000 t/año
Calizas Fosfatizadas (Fluorcarbonatoapatito)	P ₂ O ₅ > 14,0 %; CaO = 18 %; SiO ₂ = 16 %; R ₂ O ₃ : 14 %	Corrector de suelos agrícolas, formulaciones de productos agrominerales, industria de fertilizantes y alimentación animal.	50,000 t/año
Dolomita [Ca,Mg (CO ₃) ₂]	Dolomita semicalcinada, pulverizada e hidratada. CaO: 40-45 %; MgO: 22-23 % Granulometría: - 2,0 mm	Corrector de suelos ácidos y deficitarios de magnesio, en la formulación de agrominerales y alimentación animal.	35,000 t/año
Magnesita Natural (MgCO ₃)	MgO: 30-38%; SiO ₂ : (7-13%); CaO (3,2 - 4,3%).	Corrector de suelos ácidos y deficitarios de magnesio, formulaciones de agrominerales y como materia prima para la producción de magnesita semicalcinada	20,000 t/año

Fuente: https://www.geominsal.cu/?page_id=46#productos

As rochas e minerais industriais utilizados como agrominerais requerem, no mínimo, os processos de britagem e moagem exigidos pelo tipo de produto.





Formulação de agrominerais em Cuba



Tabela 4. Principais produtos agrominerais cubanos baseados em zeólitas.

Producto	Características	Destino	Centro de Desarrollo y Producción
Instituto de Materiales y Reactivos (IMRE), Universidad de la Habana			
Nerea	Sustratos zeolíticos fertilizados con una solución de nutrientes (NPK < 2,0 %; O sea, en una proporción de 1/50) con liberación controlada	Empleado en sustratos para el cultivo intensivo de plantas, de tecnología superior a los hidropónicos, al disminuir significativamente el uso de agua y nutrientes con aumento de la productividad. Uso recomendado: 2Kg/Ha.	IMRE / UEB Producciones Mineras Holguín; Empresa Química de Cienfuegos, Ministerio de Industria
Grupo Empresarial Geominero Salinero (Geominsal)			
Fertisol (5 clases granulométricas)	Producto a base de zeolita con cinco formulaciones, según clases granulométricas (0,4 - 4,76 mm) Densidad aparente: 1,0 (g/cm³) pH: 7,4; Humedad: 12,0 %	Elaboración de fertilizantes NPK, agrominerales y correctores de suelos. Mejora las prioridades físico - químicas de los suelos, así como la eficiencia y conservación de los fertilizantes químicos y abonos orgánicos.	Empresas Geomineras Centro, Camagüey y Oriente
Centro Investigaciones para la Industria Minero - Metalúrgica (CIPIMM)			
Agromena-G	Agromineral a base de zeolita natural (mínimo 90,0 %), otros minerales industriales, materia orgánica y NPK: (máximo 10,0 %) Granulometría: Desde 0,4 - 4,76 mm CICT: 70 - 80 Meq/100 g; pH: 7,4; Densidad aparente: 1,0 g/cm³	Fertilizante agrícola y mejorador de suelos de liberación controlada y uso general.	CIPIMM / Empresa Minera de Occidente, Geominsal
"ZEOFERT-P". (Formulaciones I, II, III, IV y V)	Formulaciones de agrominerales a base de zeolita natural tipo calco - sódica, Granulometría: 1,0 - 3,0 mm; CICT: 157 Meq/100 g de zeolita; Rocas fosfóricas (P ₂ O ₅ : 7,0-10,0 %), carbonatos, tobas potásicas, residuos sólidos y arcillas	Fertilizante totalmente orgánico de liberación controlada, recomendado para una variedad de cultivos (frutas, hortalizas, granos y plantas ornamentales). También se puede emplear en diferentes tipos de suelo, incluyendo suelos ácidos y alcalinos.	CIPIMM
Universidad de Moa (UMoa), Cuba			
GeoZeol-N (Toba Zeolitizada + Tobas Vitroclásticas + Nutrientes)	Producto agromineral a base de tobas zeolitizadas y tobas vitroclásticas, enriquecidas con amonio y otros nutrientes Granulometría: 1,0 - 3,0 mm CICT 100 - 150 Meq/100 g de zeolita;	Mejora la estructura, las características físico- químicas y fertilidad de los suelos. Retiene la humedad, evita la salinización y reduce la pérdida de nutrientes por lixiviación. Uso recomendado en cultivos de organopónicos y para la rehabilitación de suelos lateríticos y otros degradados por la actividad minera.	Universidad de Moa



Experiência de formulação de agrominerais na Universidade de Moa, Cuba



O GeoZeol-N é um produto agromineral criado por uma equipe de pesquisadores da Universidade de Moa a partir de tufos zeolitizados da região de Moa, carregados com amônia de soluções residuais industriais.

Este produto agromineral tem capacidade de troca catiônica entre 120 - 150 Meq/100 gramas de zeólita e sua formulação personalizada melhora significativamente a estrutura e as características físico-químicas e a fertilidade do solo, retém a umidade, evita a salinização e permite o controle da ingestão de nutrientes do solo.

Tem sido aplicado com sucesso em cultivos organopônicos, combinado com substrato de matéria orgânica. Também é recomendado para a reabilitação de solos lateríticos e solos degradados pela atividade mineira.



Aplicação do agromineral "GeoZeol-N" na agricultura urbana

Cultivo de acelga no organopônico de Miraflores, Moa, Cuba.



Figura 2. a) Preparação de canteiros com matéria orgânica; b) Transplante de mudas e aplicação de agromineral; c) y d) atendimento agrícola e controle da evolução da lavoura.

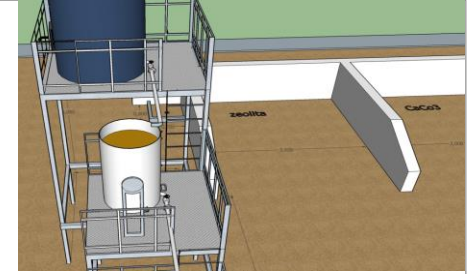


Aplicação do agromineral "GeoZeol-N" na agricultura urbana

Cultivo de acelga no organopônico de Miraflores, Moa, Cuba.



Figura 3. Colheita da acelga adubada com o agromineral "GeoSol" e sua comparação com as amostras testemunhas.



Formulação do agromineral GeoZeol-N

1. Preparação mecânica de tufos zeolitizados e tufos vitroclásticos;
2. Troca catiônica dos tufos zeolitizados e do resíduo amoniacoal;
3. Processo de secagem natural dos tufos zeolitizados carregados;
4. Mistura a granel dos tufos zeolitizados e dos tufos vitroclásticos na proporção de 50 x 50 %;
5. Adição de outros nutrientes (carbonatos, rocha fosfática, etc.), de acordo com as necessidades do solo;
6. Embalagem de produto agromineral GeoZeol-N (20 Kg).



Características gerais dos agrominerais cubanos

1. Beneficiam-se da alta capacidade das zeólitas naturais de reter e liberar água e nutrientes de forma controlada, melhorar a permeabilidade do solo e a possibilidade de utilizá-la em misturas físicas com outros minerais industriais e fertilizantes.
2. Os agrominerais “*Nerea*” e “*Agromena-G*” incorporam uma quantidade mínima de nutrientes químicos para reduzir o custo do fertilizante NPK e aumentar o rendimento agrícola;
3. Os agrominerais “*ZEOFERT-P*” e “*GeoZeol-N*” utilizam a zeólita natural combinada com outros minerais industriais e nutrientes para obtenção de um fertilizante agrícola sem o uso de fertilizantes químicos;
4. Constituem uma variedade de produtos agrominerais com possibilidade de atender as demandas do mercado nacional e as exigências de clientes internacionais específicos.





Conclusões:

- 1) Cuba tem um elevado potencial para a produção de agrominerais à base de zeólitas e outros minerais industriais, podendo satisfazer as necessidades nacionais e estrangeiras;
- 2) Os produtos agrominerais cubanos utilizam uma formulação à base de zeólitas e outros minerais industriais como fosforita, dolomita e magnesita, e apenas dois produtos incorporam pequenas quantidades de nutrientes químicos solúveis, em harmonia com o meio ambiente;
- 3) A variedade de produtos agrominerais à base de zeólita pode satisfazer as exigências nutricionais de diferentes tipos de solos e culturas, mantendo os níveis de umidade, acidez e outros parâmetros em níveis adequados.



Recomendações:

Investigar variantes de cooperação em termos de programas e projectos conjuntos entre a Universidade de Moa e instituições públicas e privadas angolanas, interessados em:

- a. Projectos de aproveitamento integral dos agrominerais em cada território de acordo com os tipos de solos e cultivos necessários;
- b. Projectos de prospecção de água e aproveitamento de energias renováveis (eólica e solar) para garantir uma agricultura sustentável;
- c. Projectos de inovação e transferência de tecnologia para a produção de agrominerais em Angola.



BIBLIOGRAFÍA

- 1) Céspedes-Ortiz, M. C.; Rodríguez-Iznaga, I. *et al.* Zeolitas naturales de diferentes yacimientos cubanos: composición y estabilidad química y térmica. Revista Cubana de Química, vol. XXIII, núm. 1, 2011, pp. 80-88 Universidad de Oriente Santiago de Cuba, Cuba.
- 2) Costafreda-Mustelier, J. L. *et al.*, Las zeolitas naturales de Cuba. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas y Energía Universidad Politécnica de Madrid España. 2018.
- 3) Cuza-Fernández, G. R., Factibilidad técnico - económica de la producción de un agromineral de tobas zeolitizadas y residual amoniaco del proceso CARON y su aplicación en la agricultura de Moa, Holguín, Cuba.
- 4) MINEM. IGP-SGC. Los Recursos Minerales de Cuba. Resumen Técnico. La Habana, 2015.
- 5) ONRM. Resumen del Balance Nacional de Recursos y Reservas Minerales de la Nación. La Habana, Cuba. 1ro de noviembre de 2022.
- 6) Rizo R., Crespo E., Galán Z. Informe sobre los trabajos de Exploración Orientativa y Detallada a escala 1: 2000 del yacimiento de zeolitas Caimanes. Provincia Holguín, Cuba. ONRM 3882.1990^a.
- 7) U.S. Geological Survey, 2023, Mineral commodity summaries 2023: U.S. Geological Survey, 210 p., <https://doi.org/10.3133/mcs2023>.
- 8) Velázquez-Garrido, M. *et al.* Alternativas de empleo de las agrominas en la producción de alimentos. X Congreso Cubano de Geología. La Habana, Cuba, 2013.



Formulação de agrominerais à base de zeólitas naturais e outros recursos minerais em Cuba.

Dr. Alain Carballo Peña
Universidade de Moa, Cuba.
E-Mail: alain.carballo2013@gmail.com
WhatsApp: +5355996404

