

LAS ZEOLITAS NATURALES CUBANAS. SU EMPLEO EN AGRICULTURA Y GANADERÍA.

M. Sc. Luvys Jenny Rodríguez Alonso¹, M. Sc. Boris Galindo González²

1. Universidad de Matanzas, luvys.rodriguez@umcc.cu

2. *Consultores asociados S.A. (CONAS S.A.)*

Resumen

El presente trabajo constituye una revisión bibliográfica sobre el uso de las zeolitas naturales cubanas en la agricultura y la ganadería, así como las perspectivas para su aplicación a gran escala en Cuba y la exportación. Estos minerales presentan importantes propiedades como el intercambio catiónico, la adsorción y su capacidad de hidratación deshidratación, lo que permite su empleo de forma natural o como materia prima para dar lugar a productos de alto valor agregado, tanto para uso nacional como para la exportación. En la rama agropecuaria juegan un papel esencial para el desarrollo sostenible del país y la soberanía alimentaria, pues además de propiciar mayores rendimientos en las cosechas y la producción de carnes y otros alimentos, con ahorros sustanciales de recursos y sustitución de importaciones, su empleo contribuye al cuidado y protección del medio ambiente.

Palabras claves: Zeolita Natural; agricultura; ganadería; fertilizantes; exportación.

Desarrollo

El producto denominado comercialmente zeolita natural es en realidad una roca (roca zeolítica o zeolitita), cuyo componente principal es uno o varios minerales del grupo de las zeolitas en contenidos globales del 50% como mínimo. Para denominar con propiedad estas rocas debe utilizarse el término zeolitita o en su defecto, rocas zeolíticas y la denominación de zeolitas debe aplicarse sólo a los minerales que constituyen dichas rocas.

En Cuba, uno de los países que presenta mayores reservas en el mundo, las zeolitas formadoras de zeolititas son: clinoptilolita, mordenita y analcima. Excepcionalmente se encuentran rocas monozeolíticas; casi siempre coexisten dos o más zeolitas en ellas, en contenidos globales de 50 a 96% (Brito *et al.*, 2013). Esta materia prima mineral puede ser beneficiada, homogenizada, enriquecida y luego modificada sin alterar su estructura cristalina, o transformada en un nuevo material con propiedades físicas y químicas diferentes.

Su explotación comúnmente se basa en la extracción, molida, clasificación y envasado, lo que resulta en un producto de bajo valor agregado. Mientras que la modificación, en un material modificado resulta en un incremento sustancial de su valor y su adecuación para ser empleado en varias industrias nacionales como la farmacéutica, la agroindustria, materiales de la construcción y purificación doméstica del agua (Camacho, 2014).

Estas rocas zeolíticas fueron descubiertas en nuestro país en 1971 y de inmediato se comenzaron las experimentaciones para su evaluación como materia prima mineral para diferentes usos, donde prácticamente todas las aplicaciones dieron resultados satisfactorios o alentadores. Llegando a denominarse el mineral del siglo XX.

Se creó un programa de desarrollo de Zeolitas Naturales en Cuba, lo que permitió reorganizar la investigación y el trabajo en torno al mineral, llegando a producirse 600 000 t por año a principios de la década del 90 del pasado siglo, en los cuatro yacimientos en explotación en aquel entonces: Jaruco, Tasajeras, najasa y San Andrés. Sin embargo, al adentrarse la nación en el periodo especial los niveles de extracción disminuyeron de manera considerable, lo cual junto a la baja calidad del mineral recolectado, frenó la marcha de muchos proyectos que mostraban aportes plenamente comprobados. (Ávila, 2019)

Las Zeolitas Naturales

El término zeolita proviene de las palabras griegas zein (hierve) y lithos (piedra) que significa “piedra que hierve”, fue designado por el suizo Cronstedt en 1756. El término se aplica a un grupo de aluminosilicatos con estructura porosa, que presenta alta capacidad de retención de humedad y de intercambio catiónico, su origen es ígneo por enfriamiento de

lava basáltica (Ming y Mumpton, 1989; Carlino, 1998 y Qian *et al.*, 2001) citados por (Urbina *et al.*, 2011).

Cuba es uno de los países que presenta mayores reservas de Zeolita en el mundo, con un pronóstico de 13 700 millones de toneladas, encontrándose abundantes yacimientos de este mineral distribuidos en todo el país.

Las zeolitas naturales son minerales cuya estructura se encuentra atravesada por infinidad de canales que la convierten en un verdadero tamiz, lo que determina en gran medida sus propiedades más importantes como: el intercambio catiónico, la adsorción (como proceso físico) y su capacidad de hidratación-deshidratación. Son aluminosilicatos, del grupo de los tectosilicatos, cuya estructura tridimensional permite el intercambio iónico sin cambios en su estructura atómica (Osorio, 2014).

Al deshidratarse desarrollan, en el cristal ideal, una estructura porosa con diámetros de poro mínimos de 3 a 10 angstroms, que forman cavidades ocupadas por iones grandes y moléculas de agua con gran libertad de movimiento, lo que permite el intercambio iónico y la deshidratación reversible (Lobo, 2003).

A través de estudios de Márquez *et al.* (2000) se pudo conocer la composición química y mineralógica de las Zeolitas cubanas. Para ello estudiaron los yacimientos de Tasajera, Piojillo y San Andrés, ubicados en Santa Clara y Holguín, respectivamente, los cuales son representativos de los yacimientos cubanos.

Los resultados de la composición química (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , Na_2O , K_2O) mostraron el alto contenido de sílice y aluminio propio de aluminosilicatos, presentando los tres tipos de Zeolita analizadas una alta relación molar $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ (8,6-11,6), típico de Zeolitas con un alto contenido de sílice.

Por su parte la capacidad de intercambio catiónico total, así como por cationes intercambiables (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{2+} y K^+), mostró la relativamente alta capacidad de intercambio iónico en estas Zeolitas naturales.

De la composición mineralógica (Clinoptilolita, Mordenita, Montmorillonita, Calcita, Cuarzo, Feldespato) se observó un elevado contenido de fase zeolítica (61- 83%), lo que indica sus potencialidades como absorbentes, predominando la Clinoptilolita y la Mordenita. De acuerdo con Casals (2014) los yacimientos de zeolita cubanos son de alto rendimiento en estas últimas, llegando en algunos casos a más de 90%.

De acuerdo con Rodríguez (2002) citado por Costafreda (2014), con la aplicación de las propiedades de adsorción e intercambiador catiónico de las zeolitas, los especialistas y científicos cubanos han elaborado y comercializado diferentes productos los que se citan a continuación:

- Zoad: utilizado en la mejora de los índices de conversión de alimentos, reducir los efectos tóxicos de las altas concentraciones de amoníaco en los fluidos ruminales, capta el amoníaco, el dióxido de carbono, el ácido sulfhídrico y el exceso de agua en las excretas, así como la total desodorización de estas últimas, favorece la adsorción intestinal de los nutrientes, etc.

- Lithopool: medio filtrante para controlar el nivel de acidez, alcalinidad, olor y sabor, color y turbidez, cloro libre, gérmenes y bacterias patógenas y estabilidad de la calidad del agua en general.

- Zook: como intercambiador de gases y absorbente de humedad, antiparasitario, abono organomineral en plantas ornamentales, etc. Se emplea en las empresas avícolas, para la construcción de lechos en la camada de aves de corral.

- Zeosem: para el almacenamiento y conservación de granos y semillas en cualquier localidad y clima, mediante el control de la propagación de insectos y hongos.

- Fertisol: sustituye a los fertilizantes con altas dosis de productos químicos, aumenta los contenidos de fosfatos solubles de las rocas fosfóricas y que sean asimilables por las plantas, reducción del contenido de nitratos en los frutos, control de la acidez del suelo.

- Lithofloc: para la eliminación de agentes patógenos en el agua, sustitución de los floculantes tradicionales, tales como el $Al_2(SO_4)_3$, eliminación de elementos contaminantes como el hierro y el manganeso.

- Lithosand: como lecho en los filtros de tratamiento de agua, para mejorar el olor y el sabor, mayor remoción de materia orgánica, disminución del fitoplancton, disminución del índice bacteriano.

Usos en la agricultura.

El uso de las rocas zeolíticas en la Rama Agropecuaria juega un papel esencial en el desarrollo sostenible presente y futuro del país, porque además de propiciar mayores rendimientos en las cosechas y la producción de carnes y otros alimentos, implicando paralelamente ahorros sustanciales de recursos y tiempo, su empleo contribuye al cuidado y protección del medio ambiente (Brito *et al.*, 2013).

Las zeolitas son enmiendas que mejoran las propiedades químicas de los suelos y son efectivas para incrementar la capacidad de intercambio catiónico (CIC) en la zona de las raíces y disminuir las aplicaciones de fertilizantes, reduciendo las pérdidas por volatilización y lixiviación de los mismos (Gholamhoseini *et al.*, 2013).

Meharkure *et al.* (2018) por su parte plantean que las zeolitas como enmiendas, mejoran las propiedades químicas, físicas y biológicas de los suelos.

Los microorganismos del suelo juegan un rol vital en la descomposición de la materia orgánica y la fertilidad del suelo. A mayores niveles de microorganismos en el suelo mayor es la descomposición de la materia orgánica en este. Investigaciones muestran que el número total de bacterias, de hongos microscópicos y bacterias nitrificantes se incrementan por la adición de 30% de zeolita al suelo tratado (Katai *et al.*, 2010) citado por (Meharkure *et al.*, 2018)

Las zeolitas son apropiadas para retener iones como el amonio (NH_4^+) y retrasar el proceso de nitrificación, además reducen la lixiviación de amonios y nitratos hacia aguas subterráneas gracias a su alta CIC del orden de 120 a 200 cmol (+) kg^{-1} . (Jha *et al.*, 2009) citado por (Soca, 2018)

Las zeolitas en la agricultura son utilizadas en la preparación de fertilizantes químicos que tras su aplicación en los suelos reservan importantes nutrientes para el crecimiento de las plantas, cuando se aplica en cultivos como arroz, sorgo, maíz, palma, banano, hortalizas, pastos, café, cacao, sábila y flores, con excelentes resultados; comprobándose que a través de la sustitución del 20 % de los fertilizantes tradicionales se han obtenido reducciones en los costos de fertilización hasta en un 11 % y mejoras en la productividad y calidad del producto final (Soca y Villareal, 2015).

Combinada con los fertilizantes nitrogenados, mejora la utilización del nitrógeno, impide su pérdida por volatilización y lo libera, según los requerimientos de la planta. Debido a esto no sería necesario fraccionar la aplicación del fertilizante en varias etapas, lo que reduciría los costos por este concepto (Casals, 2014). Sirve, además, de vehículo para herbicidas, fungicidas e insecticidas y prolonga la presencia de sus principios activos.

Según Costafreda (2014) las zeolitas no actúan como fertilizantes sino como una enmienda que permite incrementar la eficiencia de estos, permitiendo una disponibilidad controlada de los cationes que son utilizados por las plantas en su nutrición. Tanto este autor como Soca (2012) resaltan, al analizar el intercambio catiónico de las zeolitas, que esta propiedad posee una gran gama de usos agrícolas, lo que permite la inclusión entre el 15 y 25% de zeolitas en los fertilizantes minerales NPK, lo que posibilita la disminución de los nutrientes que portan las diferentes fórmulas, sin que se produzca detrimento en los rendimientos agrícolas, por el contrario, en la mayoría de los casos se obtienen incrementos significativos de los mismos.

Tanto natural como enriquecida, la zeolita, puede ser utilizada para el mejoramiento químico de los suelos y el incremento del rendimiento en los cultivos. (Espinosa *et al.*, 2009)

Lo planteado por este autor coincide con Soca (2018) quien, al determinar la dosis porcentual de zeolita en los cultivos de plátano, caña de azúcar, arroz y café y su impacto en las propiedades químicas de los suelos, concluyó que la mejor variante fue la mezcla de un 25% de zeolita con fertilizantes químicos, para todos los cultivos; el uso de esta mezcla logró, además, incrementar el contenido de bases intercambiables, la concentración de nutrientes en los suelos y los rendimientos agrícolas de los mismos. Estos suelos se encontraban mejor abastecidos de Fósforo y Potasio con una disminución de su acidez.

Por su parte Díaz *et al.* (2019) al evaluar el efecto de diferentes combinaciones de zeolita natural con fertilizantes de fórmula completa, en la respuesta agronómica del cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Desirée; llegaron a la conclusión de que la adición de zeolita natural al 25 y 50% a la fórmula completa incrementó la altura de la planta. Además los componentes del rendimiento se vieron favorecidos con la aplicación de fertilizantes y zeolita, el tratamiento con 75% de fórmula completa y 25% de zeolita obtuvo rendimientos superiores con 29,46 t ha⁻¹.

EL Centro de Investigaciones para la Industria Minero-Metalúrgica (CIPIMM), dispone de una amplia variedad de productos fertilizantes minerales y/o órgano-minerales de liberación controlada de usos agrícolas específicos y generales, denominados Agromenas. (Velázquez M. *et al.*, 2002; Arias, E. *et al.*, 1990) citados por Velázquez *et al.*, 2013.

Estas tienen como componente mayoritario la zeolita natural, la cual se caracteriza por ser un enmendante del suelo natural por sí sola, descompacta, retiene humedad, intercambia con el suelo los nutrientes liberándolo lentamente, evita la toxicidad al intercambiar cationes tóxicos que retiene en su estructura y es un estabilizador del pH, posibilita un incremento en la capacidad de intercambio del suelo y en el aprovechamiento del agua útil.

Las ventajas de estos productos órgano minerales de liberación controlada (Agromenas) son referidos por Velázquez *et al.* (2011) estando dentro de ellos:

- La sustitución de importación de productos fertilizantes químicos.
- Se dispone de productos de mayor valor agregado que sus componentes minerales.
- El aprovechamiento óptimo de los recursos disponibles en el país.
- Mayor protección al suelo y el medio ambiente, minimizando el empleo de químicos y el grado de fertilización.
- Potencialidad de la eficiencia de la función de la materia orgánica en el suelo, como parte del sustrato esencial.
- Mayor disponibilidad de agua para los cultivos y a su vez ahorro en el consumo de agua en el riego.

- Mejores condiciones de manejo de la fertilización.
- Potente desarrollo foliar y radicular.
- Menor costo de fertilización.
- Incremento de los rendimientos.

Además estos productos por sus características en la composición, remueven metales pesados y tienen acción descontaminante sobre las sustancias tóxicas presentes en el suelo. Además pueden ser soporte de bacterias, ser amigables con el medio ambiente y compatible con herbicidas y fungicidas.

Velásquez *et al.* (2013) al hacer referencia a las alternativas de empleo de las Agromenas en la producción de alimentos, plantean que al evaluar las mismas en cultivos de alta exigencia nutricional se lograron respuestas agronómicas de calidad superior a los patrones comerciales de fertilización (Formulas NPK, producto comercial Agrosil-LR y fórmula para sistemas exigentes de fertiriego de la firma chilena SQM).

De acuerdo con estos autores los productos Agromenas formulados fueron aplicados en mejoramiento y conservación de césped de campos de golf (natural y artificial), jardinería en general, pastos, cultivo de tomate y pepino en casas techadas; cultivo de pimientos, remolachas, col, lechugas; en plantas medicinales, frutales y ornamentales; logrando incremento en los rendimientos y disminución de costos de fertilización.

El empleo de las mismas demostró ser una alternativa para sustituir los fertilizantes químicos NPK: 9-13-17 de alto costo, del orden de 800 USD//t, en un 50 % mínimo.

Esta alternativa de fertilización es un paliativo a la problemática de la carencia de fertilizantes que demanda la agricultura cubana, los problemas de compactación y degradación de los suelos, mejor aprovechamiento del fertilizante aplicado, la carencia de agua para el riego, mejores condiciones ambientales y permite responder a la estrategia planteada en los lineamientos económicos sobre la necesidad urgente de producción de alimentos frente a las limitaciones económicas del país para satisfacerla.

La zeolita también es empleada en la preparación de Zeofert, abono organomineral natural elaborado a partir de la mezcla de partículas de Roca Zeolítica Natural con estiércol vacuno fresco, en una proporción de 3:1 en base a peso fresco, de acuerdo con la metodología de Espinosa *et al.*, 2006; 2009, citado por Espinosa *et al.*, 2011.

Este último autor, estudió el efecto de la aplicación de Zeofert sobre el rendimiento en grano del frijól común y las propiedades químicas de un suelo Pardo Grisáceo; determinando que la aplicación del Zeofert al suelo, a razón de 25t.ha⁻¹, incrementó el rendimiento en grano del frijól en un 51% y además se produjo un incremento significativo

en los parámetros químicos del suelo, donde los contenidos de P_2O_5 , K_2O aumentaron en 17,38 y 12,14 mg/100g de suelo, respectivamente, con relación al tratamiento sin Zeofert; la Materia Orgánica de suelo superó a la del testigo en 1,7% y los valores de pH en el suelo se incrementaron en más de una unidad.

En agricultura protegida, la adopción de cultivo sin suelo, junto con las prácticas recientes de manejo, como la protección integral de los cultivos, fertirrigación, riego por goteo, y el control del microclima, aumenta el rendimiento, la eficiencia del uso del agua y agroquímicos.

Los minerales zeolíticos se están utilizando como sustratos para el cultivo de plantas, también como fertilizantes de liberación lenta o mejoradores de suelos (Li *et al.*, 2013).

Méndez (2016) plantea que la zeolita puede promover la absorción de nutrientes más eficientemente en la zona radicular y puede ser utilizada en la agricultura como un biofertilizante de lenta liberación iónica de elementos como K, Ca, Mg y N, que naturalmente contiene, y como sustrato para condiciones de agricultura protegida, ya que aporta nutrientes, pero además permite una buena aireación, así como un mejor suministro de agua y nutrientes a las plantas. Por lo tanto, la incorporación de zeolita al suelo o sustrato, puede promover una agricultura sostenible al reducir los volúmenes de riego y fertilizantes empleados para los cultivos.

León (2010) evaluó el efecto de la zeolita, como sustrato, en la calidad de los minitubérculos de papa, variedad Atlantic, durante la conservación y almacenamiento en frigorífico y condiciones naturales ambientales sin refrigeración. En el estudio se obtuvo un efecto positivo de la zeolita cargada, como sustrato, en el incremento de la calidad de los minitubérculos cosechados; disminuyeron las afectaciones por microorganismos y se alcanzó un mayor rendimiento de los minitubérculos producidos con este sustrato inorgánico. Además la zeolita disminuyó las pérdidas y mejoró la calidad de estos, durante la conservación tanto en frigorífico como en ambiente natural semicontrolado. Cuando fueron llevados a condiciones de campo lograron mayor supervivencia y rendimiento que los obtenidos a partir de la plantación de vitroplantas en campo.

Por su parte Rodríguez (2005) al hacer una evaluación del comportamiento de tres variedades de melón bajo condiciones de cultivos protegidos y usando como sustrato la zeolita, pudo apreciar que el mismo proporcionó un aumento en los rendimientos, al producirse frutos de mayor peso, diámetro y altura que los obtenidos sobre el sustrato suelo, lográndose 5.62 kg/m² de frutos sobre Zeolita en contraposición a los 3,83 kg/m² obtenidos sobre suelo. En los muestreos realizados al sustrato Zeolita se observó un grado cero de infestación por nematodos, a diferencia del grado 3 encontrado en el tratamiento suelo, lo que contribuyó a la elevación de dichos rendimientos, los cuales se incrementaron en un 46,73% respecto al suelo.

Usos en la Ganadería

Algunos de los posibles usos de las zeolitas naturales cubanas en la ganadería fueron planteados por Casals (2014), estando dentro de ellos los siguientes:

Porcino.

En el ganado porcino, usadas como aditivo en la alimentación, se obtienen mayores ganancias diarias de peso, debido a una mayor conversión de alimentos en carne, la reducción de la mortalidad, así como de la morbilidad ocasionada por problemas entéricos, principalmente en las crías.

Bovino

Con la utilización del 2 al 2,5% de zeolita como suplemento en la alimentación del ganado bovino se puede obtener hasta un 15% de ganancia en el peso de los animales de carne y 0,7 litros/vacas diarios en la producción de leche de las vacas de alto potencial y hasta 0,3 litros/vacas en las vacas de bajo potencial.

Por otra parte, en el ganado lechero, estabiliza el equilibrio ácido – básico cuando cambia el tipo de cereal en los piensos.

Avícola

Con la aplicación de 100 g/m² de zeolita natural en las instalaciones de gallinas criadas en jaula, se controla la humedad de las excretas, el desarrollo de gusanos y moscas y se elimina el mal olor y no inhabilita la excreta para el consumo animal, como sucede con las aplicaciones actualmente de cal e insecticidas.

El uso del 5% de zeolita como diluyente en dietas para ponedoras, reduce el gasto de pienso anual en 1,4 T/ 1000 gallinas, se incrementa en huevos anuales el mínimo de posturas promedio por gallinas y se ahorran 79 _ 102 g de pienso por decena de huevos producidos.

Según este mismo autor, además la zeolita previene, controla y favorece la recuperación de úlceras gástricas. Mejora la utilización de los nutrientes en la dieta animal, lo que permite ahorrar entre el 5 y el 10% de la materia prima de los piensos. Como aglutinante en la fabricación de piensos peletizados evita pérdidas de alimentos e inhibe el desarrollo de hongos productores de toxinas en los piensos almacenados.

Castro *et al.* (2014) utilizaron zeolita natural cubana del yacimiento San Andrés de la provincia de Holguín, para sustituir parte del pienso importado y determinar los índices reproductivos y de salud en 36 cerdas lactantes (Yorkshire x Landrace). Los mismos concluyeron que dicha zeolita fue efectiva en cuanto al comportamiento productivo de las crías destetadas y al mantenimiento de la condición corporal de las cerdas lactantes al

sustituir un 3 y 6 % del pienso importado en la dieta, aunque fue más eficaz el tratamiento del 6%. El empleo de zeolita natural en la dieta de las cerdas reproductoras lactantes, permitió la incorporación de los animales inmediatamente, según lo establecido biológicamente para la especie, al ciclo reproductivo.

Por otra parte la calidad de la leche en términos de contenido de grasa fue superior en las cerdas de los tratamientos que utilizaron la zeolita natural.

Mientras que las crías, al ser incorporadas al área de crecimiento o preceba con mayor peso al destete, fueron más resistentes al estrés y tuvieron mayor posibilidad de llegar con un peso superior a la próxima categoría. Se demostró que la eficiencia introducida por el empleo de la zeolita natural permite sustituir hasta el 6% del pienso importado en la alimentación de reproductoras lactantes porcinas, lo que permite ahorros considerables a la economía del país.

De acuerdo a una revisión realizada, respecto a la aplicación de Zeolita en la producción avícola, por Collazos (2010) donde cita a (Turan, 2007; Shariatmadari, 2008), existe evidencia sobre los beneficios de la Zeolita en la eficiencia alimenticia, la utilización de nutrientes, la prevención de la aflatoxicosis y la reducción de la humedad y olor en la cama de las aves

Perspectivas para la aplicación a gran escala en la agricultura nacional y la exportación, de las zeolitas naturales cubanas.

En Cuba se conocen más de 25 yacimientos y manifestaciones de zeolitas naturales, distribuidas a todo lo largo y ancho del país. (Casals, 2014). Siendo esta uno de los países que presenta mayores reservas en el mundo.

Según especialistas, las zeolitas naturales cubanas son de gran calidad y la holguinera es de las mejores del mundo, por su pureza y utilidad. Solamente en el yacimiento Loma Blanca, San Andrés se cuenta con reservas para aportar 75 000t anuales de zeolita durante 130 años. Esta entidad conocida también como Zeolita San Andrés, tiene como principales clientes nacionales las fábricas de fertilizantes: Rayonitro, en Matanzas y la de Cienfuegos, inaugurada recientemente. Esta última tiene capacidad para producir 300 mil toneladas al año, lo que la convierte en la mayor fábrica de su tipo en Cuba (Barcia, 2018). Los clientes internacionales están representados por compañías de Brasil, que la destinan a purificación de agua y mejoramiento de suelo; y compañías de Alemania donde se emplea para la fabricación de medicamentos. Además están Italia, Canadá y Guatemala (Rodríguez, 2020).

En la Unidad empresarial de base (UEB) Geominera de Holguín se producen más de 20 000 t anuales de derivados de la zeolita, lo cual aporta a la economía nacional cerca de 6 000 000 de pesos. El uso de la zeolita como materia prima para la producción de fertilizantes, purificación del agua, complemento para la alimentación animal posibilita que

encuentre un amplio mercado a nivel internacional sobre todo en países de América Latina y Europa (Peña y Moreira, 2017).

Por su parte la Unidad Empresarial de Base (UEB) Planta de Zeolita Tasajera, villa clara, perteneciente a la Geominera del Centro, incursiona en la fabricación de Agromenas, fertilizante-órgano mineral destinado a optimizar el rendimiento productivo de los suelos, el cual superó la fase de experimentación a finales de 2019. Dicho fertilizante se irá incorporando de forma paulatina a la producción agrícola del país y se prevé su inclusión en la cartera cubana de exportaciones. Para el año 2020 esta entidad tiene un plan de producción de 16 mil 500 t de derivados de la zeolita. Cuenta además dentro de sus producciones con tres productos líderes en el mercado nacional, de probada efectividad en el rendimiento agropecuario: Zoad, Fertisol y Zook (Soto, 2020)

En la V ronda de InCuba, primera incubadora de proyectos de innovación surgida en el país en 2015, a partir de una propuesta de la Universidad de La Habana (UH) y la Universidad de Humboldt de Berlín, se abrieron perspectivas para la utilización de los productos zeolíticos Nerea en la agricultura nacional a gran escala (Peláez, 2019).

Estos fueron creados y desarrollados desde 1984 por el Doctor en Ciencias Gerardo Rodríguez Fuentes y el ingeniero Lorenzo Armenio Rivero González, especialistas del Instituto de Ciencia y Tecnologías de Materiales (IMRE) de la UH. Se trata de una familia de fertilizantes y sustratos elaborados con una innovadora tecnología, mediante la cual es posible incorporarle al material zeolítico los nutrientes requeridos por las plantas en la cantidad y proporciones óptimas, fundamentalmente nitrógeno y fósforo.

Se comenzaron a utilizar estos sustratos para varios cultivos, con muy buenos resultados, en los llamados zeopónicos. El período especial frenó esta iniciativa, ante la falta de fertilizantes y la imposibilidad de cargar los sustratos zeopónicos, lo que dio paso entonces a los organopónicos, que en la actualidad siguen teniendo alrededor de 40% o 60% de zeolita más materia orgánica (Camacho, 2014)

En la referida V Ronda de la Iniciativa InCuba, se propuso establecer dos asociaciones científico-productivas destinadas a potenciar la fabricación e introducción de los productos Nerea en la agricultura cubana. Una formada por la Universidad de La Habana y el Ministerio de la Agricultura (MINAG), este los incorporó a su Programa de bioproductos, lo que fue ratificado en el I taller de Producción de Alimentos con más Ciencia (Rodríguez, 2019) y la otra integrada por la propia UH y la Industria Cubana de Zeolitas.

En entrevista al Doctor Gerardo Rodríguez, por el periódico Granma, este planteo que a partir de la fabricación e introducción de dichos productos en la agricultura cubana, el país debe estar en condiciones de dar respuesta a los problemas de disponibilidad de fertilizantes y sustratos existentes en la actualidad, agravados por la falta de liquidez y el recrudecimiento del bloqueo económico, comercial y financiero impuesto por el Gobierno de Estados Unidos; junto con la posibilidad de exportar los productos Nerea® a naciones

donde han sido evaluados, abrir nuevos mercados y generar ingresos adicionales por la transferencia hacia el exterior de la tecnología para su elaboración. Además que contar con producciones a gran escala industrial permitirá en el plano nacional extender las labores de fertilización a muchos cultivos excluidos hoy de esa práctica, y hacer un uso más eficiente de los nutrientes.

Otras propuestas que buscan fomentar el empleo de las zeolitas en el sector agrícola son la obtención de materiales encapsulados para su uso como fertilizantes de liberación controlada de nutrientes, retomar los cultivos zeopónicos en la producción de vegetales, y el diseño y puesta en marcha de novedosos proyectos que propicien desarrollar productos Nerea como sustrato para semilleros de tabaco, plaguicidas y bioestimuladores.

Cuba cuenta con una amplia gama de productos derivados de las zeolitas naturales que sustentan una alta calidad, pero para mantenerse en el mercado internacional, estos deben cumplir las más estrictas especificaciones de calidad que definan los usos a que van a ser destinados, de manera que puedan estar al nivel de los principales competidores mundiales.

Por este motivo, en el año 2011, fueron validados los procedimientos analíticos para evaluar la calidad durante la producción y exportación de los minerales de zeolitas. A partir de esta validación se elaboraron y publicaron por la Oficina Nacional de Normalización, ocho normas cubanas para este importante producto de la industria minera. En particular la Norma NC 625 fue la primera norma de especificaciones de zeolitas registrada por las organizaciones de normalización del mundo, lo que resultó de gran importancia económica para el país, ya que es el primer requisito a cumplimentar para certificación y obtención de marcas registradas para nuestras producciones de zeolitas (Cilano *et al.*, 2011).

Conclusiones

Las zeolitas naturales pueden ser empleadas de forma natural o como materia prima para dar lugar a productos de alto valor agregado, tanto para uso nacional como para la exportación. En la rama agropecuaria juegan un papel esencial para el desarrollo sostenible del país y la soberanía alimentaria, pues además de propiciar mayores rendimientos en las cosechas, mejoramiento de los suelos agrícolas y la producción de carnes y otros alimentos, con ahorros sustanciales de recursos y sustitución de importaciones, su empleo contribuye al cuidado y protección del medio ambiente.

Referencias bibliográficas



ÁVILA, L. La Zeolita: el mineral de los mil usos. CUBAHORA. 2019. [en línea]. Disponible en: <https://www.ipscuba.net/ipscuba-net/hemeroteca/ck43-reportajes/zeolita-el-mineral-de-los-mil-usos/>. [Consulta: julio, 19, 2020].

BRITO, A.; COUTÍN, D.P.; BATISTA, R. *Papel actual de las zeolititas para el desarrollo local en la rama agropecuaria*. V congreso cubano de minería (minería '2013). VI Taller de zeolitas naturales, usos y aplicaciones. MIN3-P5. V convención cubana de ciencias de la tierra, geociencias', 2013. Memorias en CD-Rom, la Habana, 1 al 5 de abril de 2013. ISSN 2307-499x. [en línea]. Disponible en: <http://www.redciencia.cu/geobiblio/paper/2013-Brito-Rojas-MIN-3-P5.pdf> [Consulta: julio, 20, 2020].

BARCIA, I. Concluyó en Cienfuegos montaje estructural de mayor fábrica de fertilizantes en Cuba. Cubadebate. 2018 [en línea]. Disponible en: <http://www.cubadebate.cu/noticias/2018/10/27/concluyo-en-cienfuegos-montaje-estructural-de-mayor-fabrica-de-fertilizantes-en-cuba/amp/>. [Consulta: julio, 19, 2020].

CAMACHO, L. Zeolita, un mineral que no deja de sorprendernos. Opciones. Semanario Económico y Financiero de Cuba. 2014 [en línea]. Disponible en: <http://www.opciones.cu/cuba/2014-15-05/zeolita-un-mineral-que-no-deja-de-sorprendernos/> [Consulta: julio, 20, 2020].

COSTAFREDA, J.L. Tectosilicatos con características especiales: las zeolitas naturales. Rocas y minerales industriales. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas y Energía. Universidad Politécnica de Madrid. Editorial Fundación Gómez Pardo: Madrid. 2014. 26p. [en línea]. Disponible en: http://www.oa.upm.es/32548/1/Tectosilicatos_Costafreda.pdf. [Consulta: julio, 22, 2020].

Casals, C. Las zeolitas. Mineral del siglo XX. Usos y aplicaciones. 2014 (monografía) [en línea]. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos-pdf2/las-zeolitas/las-zeolitas.pdf>. [Consulta: julio, 23, 2020].

CASTRO M.; AGÜERO, M.; MARTÍNEZ, M.; BOCOURT, R.; AYALA, L.; LY, J. Zeolita natural cubana (yacimiento San Andrés, Holguín) para cerdas lactantes y sus crías. Revista Computadorizada de Producción Porcina, no. 3; vol. 21, 2014, pp. 125-129. [en línea]. Disponible en: <http://www.iip.co.cu/RCP/213/213-artMCastro.pdf>. [Consulta: julio, 27, 2020].

COLLAZOS, H. La aplicación de Zeolita en la producción avícola: Revisión. Revista de Investigación Agraria y Ambiental. RIAA, no.1, vol.1, 2010, pp. 17-23.

CILANO, G.; ALONSO, J. A.; ALVAREZ, A.; ALVAREZ, M.; VEGA, V. Desarrollo de procedimientos analíticos para el control de la producción y la exportación de minerales de zeolitas. IV CONGRESO CUBANO DE MINERÍA (MINERÍA '2011). V Taller de zeolitas naturales, usos y aplicaciones .MIN6-O3. CUARTA CONVENCION CUBANA DE

CIENCIAS DE LA TIERRA, GEOCIENCIAS´2011. Memorias en CD-Rom, La Habana, 4 al 8 de abril de 2011. ISBN 978-959-7117-30-8. [en línea]. Disponible en: <http://www.redciencia.cu/geobiblio/paper/2011-Cilano-Campos-MIN6-03.pdf>. [Consulta: julio, 23, 2020].

DÍAZ, H. J.; LIRIANO, R.; ABREU, E. O. Evaluación agronómica de fertilizantes de fórmula completa mezclados con zeolita natural en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.). Centro Agrícola, no.1, vol. 46, 2019, pp. 24-30.

ESPINOSA, W.; FERNÁNDEZ J. M. Y CURBELO, N. Zeofert. Abono Orgánico y Mineral ACPA, vol. 4 2009, pp. 38-39.

ESPINOSA, W.; VALDÉS, N.; CURBELO, N. Abono. Zeofert: Fabricación y Uso. Agricultura Orgánica, 2010, vol.2, pp. 8-9.

ESPINOSA, W.; VERA, M.; VALDÉS, N. Efecto de la aplicación de zeolita mezclada con estiércol vacuno sobre el rendimiento en grano del frijól común y las propiedades químicas del suelo. Centro Agrícola, no.2, vol.38, 2011, pp. 73-75.

GHOLAMHOSEINI, M.; GHALAVAND, A.; KHODAEIJOGHAN, A.; DOLATABADIAN, A.; ZAKIKHANI, H.; FARMANBAR, E. Zeolite-amended cattle manure effects on sunflower yield, seed quality, water use efficiency and nutrient leaching. SoilTillage Res, Vol.126, 2013, pp. 193–202.

LOBO, R. F. Introduction to the structural chemistry of zeolites. Handbook of zeolite science and technology, 2003, pp. 65-89. [en línea]. Disponible en <http://WWW.naturalzeolite.eu/medical-application-of-zeolites.pdf>. [Consulta: julio, 21, 2020].

LI, Z., ZHANG, Y.; LI, Y. Zeolite as slow release fertilizer on spinach yields and quality in a greenhouse test. Journal of Plant Nutrition, vol.36, 2013, pp. 1496-1505. [en línea]. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/263234484-Zeolite-as-slow-release-fertilizer-on-spinach-yields-and-quality-in-a-greenhouse-test>. [Consulta: junio, 29, 2020]

LEÓN, M. Conservación y rendimiento de minitubérculos de papa (*Solanum tuberosum* L) producidos en casas de cultivo con zeolita. Villa Clara. Tesis en opción al título Máster en Ciencias Agrícolas. Universidad Central “Marta Abreu” de las villas. 2010.

MÉNDEZ, B.; LIRA, R. H.; VERA, I. Respuestas Fisiológicas de Plantas Cultivadas en Bioespacios por efecto de Nanofertilizantes y Zeolita. 2º Mini Simposio-Taller Agronano tecnología, 2016. [en línea]. Disponible en: <https://207.249.117.56/jspuiPDF/bitstream/1025/333/1/>. [Consulta: julio, 23, 2020]

MÁRQUEZ, E.; HERRERA, T. N.; GUTIÉRREZ N. M. ii-063-Características Físico-Químicas de las zeolitas naturales como medio filtrante. En: XXVII Congreso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental. ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2000. 10 p. [en línea]. Disponible en: <http://elaguapotable.com/ZEOLITAS-2550COMO-2550MEDIO-2550FILTRANTE.PDF>.

[Consulta: julio, 20, 2020]

MEHARKURE, M.; JENCYMOL TH.; K. ARUN, K.; BALKRISHNA, S. B.; SARESH, N.V.; SACHIN K. V.; SANJAT, K. S. Zeolite Farming: A Sustainable Agricultural Prospective. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, no. 5, vol.5, 2018, pp. 2912-2924. [en línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.705.340>. [C2018.onsulta: julio, 31, 2020]

OSORIO, N. W. Manejo de nutrientes en suelos del trópico. 2da Ed, Vieco L.S.A.S., Medellín, Colombia, 2014. 401 p.

PÉREZ, O. Utilización de productos de zeolitas en la cría no convencional de cerdos. IV Congreso cubano de minería (Minería'2011).V Taller de zeolitas naturales, usos y aplicaciones. Cuarta Convención Cubana de Ciencias de la Tierra, Geociencias'2011. La Habana, Cuba. 2011. ISBN 978-9597117-30-8.

PELÁEZ, O. ¿Productos Nerea® fertilizarán el renacer de la industria cubana de la zeolita? Granma, Julio, no.8, vol. 20, 2019.

PEÑA, L.; MOREIRA, A. Zeolitas para usar y exportar. Juventud Rebelde. 2017 [en línea]. Disponible en <https://www.jubentudrebelde.cu/cuba/2017-08-23/zeolita-para-usar-y-exportar>. [Consulta: julio, 20, 2020]

RODRÍGUEZ, N. Zeolita al rescate del boom. Juventud Rebelde. 2020 [en línea]. Disponible en <https://www.jubentudrebelde.cu/cuba/2020-01-02/zeolita-al-rescate-del-boom>. [Consulta: julio, 07, 2020]

RODRÍGUEZ, L. J. Comportamiento de tres variedades de Melón (*Cucumis melo*, Lin) usando como sustrato la Zeolita y determinación de las posibles ventajas de este sustrato sobre el suelo, bajo condiciones de casas de cultivos protegidos. Ciego de Ávila. Tesis en opción al título Máster en Ciencias Agrícolas. Universidad de Ciego de Ávila. 2005.

RODRÍGUEZ, G. Lograr alimentos con más ciencia. Discurso pronunciado por el ministro de la Agricultura de Cuba, Gustavo Rodríguez Rollero, en la apertura del taller “La producción de alimentos con más ciencia”, Cubadebate. 2019 [en línea] Disponible en: <http://www.cubadebate.cu/especiales/2019/06/07/gustavo-rodriguez-rollero-lograr-alimentos-con-mas-ciencia/amp/>. [Consulta: julio, 19, 2020]

SOCA, M. Zeolitas. Sus usos agropecuarios. Editorial Dirección de Ciencia y Técnica del Ministerio de la Agricultura, Cuba. 2012.165 p.

SOCA, M. y VILLAREAL, J. E. Influencia de Zeolita y roca fosfórica sobre el desarrollo de los cultivos sorgo y papa. Científica Agropecuaria, vol.23, 2015, pp. 60-74.

SOCA, M. Uso de la zeolita en cultivos de importancia económica. Infomin, no.1, vol. 10, 2018, pp. 46-56.

SOTO, R. Incursión a Villa Clara en la producción de fertilizantes. ACN Agencia cubana de noticias. 2020 [en línea]. Disponible en: <http://www.acn.cu/cuba/65600-incursiona-villa-clara-en-la-produccion-de-fertilizantes>. [Consulta: julio, 30, 2020]

URBINA E.; BACA G. A.; NUÑEZ R.; COLINAS M. T.; TIJERINA L.; TIRADO J. L. Zeolita como sustrato en el cultivo hidropónico de gerbera. Terra Latinoamericana, no.4, vol.29, 2011, pp. 387-394

VELÁZQUEZ, M.; Febles, J. A.; Alonso J. A.; Montejo, E. Alternativas ecológicas de fertilización para diversos cultivos. Artículos científicos. 2011, pp.32-42. ISSN: 1992 4092. [en línea] Disponible en: <https://www.cipimm.co.cu/revista-info/descargas/2-2011/pp.32-42>. Pdf. [Consulta: julio, 18, 2020]

VELÁZQUEZ, M.; MONTEJO, E.; ALFONSO, E.; ALONSO, A.; FIGUEREDO, V.; RODRÍGUEZ, A.; VILLAVICENCIO, B.; PUENTES, D.; FERNÁNDEZ, N.; ESTRADA, J. Alternativas de empleo de las agromenas en la producción de alimentos. X CONGRESO CUBANO DE GEOLOGÍA (GEOLOGIA 2013). GEO3-P13. Geología y Prospección de Minerales no Metálicos. V CONVENCIÓN CUBANA DE CIENCIAS DE LA TIERRA, GEOCIENCIAS 2013. Memorias en CD-Rom, La Habana, 1 al 5 de abril de 2013. ISSN 2307-499X. [en línea]. Disponible en <https://www.redciencia.cu/geobiblio/paper/2013-velazquez-Garrido-GEO3-P13.Pdf>. [Consulta: julio, 18, 2020]