

Aprovechamiento de minerales industriales cubanos en producciones de alto valor agregado

Use of Cuban industrial minerals in productions of high added value

<http://opn.to/a/oTPSF>

Maylín Laurel Gómez ^{1*}, Martha Velázquez Garrido ¹, Emilio Montejo Serrano ¹,
Daniela Martín Hervé ¹, Yaysel Lozada García ¹, Eliecer Hidalgo Liriano ¹

RESUMEN: Se exponen los desarrollos alcanzados por el CIPIMM durante los últimos 5 años en el desarrollo de tecnologías y productos de alto valor agregado a partir de minerales industriales cubanos. Estos minerales incluyen entre otros zeolita, bentonita, paligorskita, turba, roca fosfórica, granate, etc. Estos resultados han permitido la transferencia de tecnología a empresas del grupo Geominsal por ejemplo de la tecnología para la obtención de Agromenas, producto fertilizante orgánico-mineral que involucra en su composición varios de estos minerales. La obtención de productos de alto valor agregado de zeolita ha permitido su introducción en el sector del turismo para diversos usos. Actualmente se cuenta con centros demostrativos en los que se muestran los resultados de la aplicación directa de los productos de zeolita, cuya función es promocionar y dar a conocer las bondades de este importante mineral.

Palabras clave: Zeolita, bentonita, paligorskita, turba, roca fosfórica, granate.

ABSTRACT: The growths reached by the CIPIMM in the development of technologies and products of high added value from Cuban industrial minerals during the last 5 years are exposed in this work. These minerals include, among others, zeolite, bentonite, paligorskite, peat, phosphate rock, garnet, etc. These results have allowed the transfer of technology to companies of the Geominsal group, for example, the technology for obtaining Agromenas, an organo-mineral fertilizer product that involves several of these minerals in its composition. Obtaining high added value products of zeolite has allowed its introduction in the tourism sector for various uses. Currently there are demonstration centers that show the results of the direct application of zeolite products, whose function is to promote and publicize the benefits of this important mineral.

Keywords: Zeolite, bentonite, paligorskite, peat, phosphate rock, garnet.

INTRODUCCIÓN

Los minerales industriales son aquellos que, en función de sus características físicas principalmente, se utilizan en la fabricación de productos, ya sea directamente o con un tratamiento previo.

En Cuba dentro del Programa de Desarrollo de los Minerales Industriales perteneciente al

Ministerio de Energía y Minas (MINEM), hasta el momento se han localizado en el país 22 tipos de minerales, los cuales cuentan con diferentes grados de estudio y prioridades diferentes en los programas y subprogramas con vista a elevar el valor agregado con la producción de nuevos productos en usos principales como la medicina, el medio ambiente, la química, etc.

Recibido: 05/11/2018

Aprobado en su forma original: 11/05/2020

¹Centro de Investigaciones para la Industria Minero Metalúrgica (CIPIMM), La Habana, Cuba.

*Correo electrónico: maylin@cipimm.minem.cu

Actualmente se explotan 9 minerales industriales y 6 de ellos por el MINEM y uno en estudio geológico detallado para entrar en explotación que alcanzarían la cantidad de 10, según referidos a continuación:

- Zeolita
- Magnesita
- Bentonita
- Carbonato de Calcio
- Cal
- Arena sílice
- Fosforita
- Abrasivos
- Piedras semipreciosas

La política de GEOMINSAL y del país es potenciar sus producciones y sustituir importaciones, de forma de satisfacer las necesidades de la economía y de la población.

El CIPIMM durante años ha desarrollado la producción de nuevos productos que pudieran emplearse en la economía nacional, local y por la población. Este trabajo tiene como objetivo fundamental, lograr alternativas de utilización de estos minerales antes mencionados debido a sus diferentes propiedades.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los métodos empleados fueron los empíricos histórico - lógico e inducción deducción. Se realizó una búsqueda bibliográfica detallada empleando informes de investigación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resultados de las Agromenas

El fertilizante Agromenas responde a una composición mineral de un 60-70% (zeolita, roca

fosfórica, arcillas, residuos industriales), siendo 20-30% M.O y un 10% máximo es químico soluble.

Estos productos se han venido aplicando en diferentes campos para la mejora del suelo, de las plantas, de los vegetales y frutas.

Este producto involucra gran parte de los minerales industriales cubanos entre los que se puede mencionar: zeolita, bentonita, turba, roca fosfórica, etc.

Resultados de la Paligorskita

Debido a sus propiedades esta arcilla ha sido aplicada en diferentes campos como lo son la filtración de aceites de transformadores y transporte, lechos de mascotas, como aditivo a dietas de animales, remoción de metales pesados, en la construcción, y otros.

Evaluación de la arcilla Paligorskita en la remoción de metales pesados en residuales

En la evaluación de la Paligorskita como posible material natural para tratar residuales con vista a su aplicación en los tratamientos medio ambientales para las salidas a las tecnologías limpias con tenores apropiados de vertimiento al medio, de acuerdo a las legislaciones vigentes. Se estudió su acción frente a metales pesados como Ni, Co, Cu y Pb inicialmente en un rango de concentraciones (25-100) ppm. Sin tratamientos costosos del mineral en la primera fase y de acuerdo a los resultados pasar a mayor complejidad tecnológica en el desarrollo por ello las condiciones valoradas en la etapa son las recogidas en la siguiente [tabla](#).

Como puede observarse en las gráficas anteriores la remoción de metales (Zn, Cu, Pb, Ni y Co) en concentraciones iniciales de 100 ppm con vista a uso en tratamiento de residuales para un vertimiento en los niveles de concentración

Tabla 1. Condiciones del estudio de remoción de metales en solución

Tiempo contacto, h	Relación Sol/ sólido	Granulometría mm	Concentración de metales.	
			Ppm Ni, Co, Cu, Zn y Pb,	Temp. °C TPN
Estático (72 horas)	5	-1,25 +0,6 mm, Palyg. -3,0+1.0 mm, zeolita	100,50 y 25	25
Dinámico 2m/min	20/1	Idem	Idem	25

adecuados, es de alta eficiencia con un mínimo de 98% para el níquel, lográndose un contenido en el sólido mínimo de 0,03% en el caso del cinc y máximo de 0,062% en el caso del níquel.

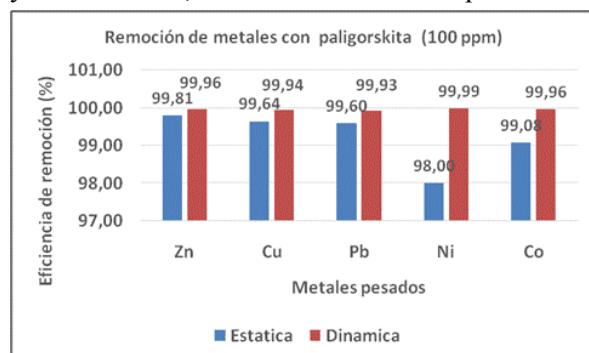


Figura 1. Eficiencia de remoción de metales en dinámico y estático con Palygorskita

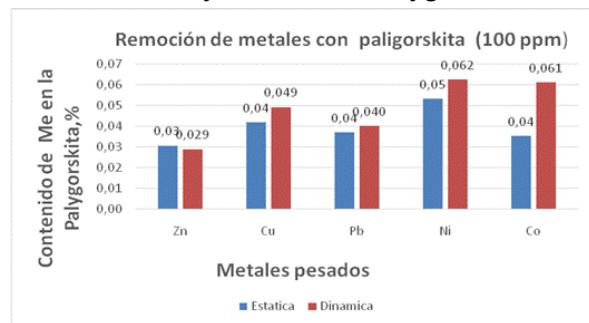


Figura 2. Contenido de los metales removidos en la Palygorskita para soluciones 100ppm

El orden de remoción de los metales presentes en igualdad de condiciones fue: Ni>Co>Cu>Pb>Zn.

Es significativo el hecho de la capacidad de intercambio de la arcilla Paligorskita comparada con la zeolita, si tenemos en cuenta que la capacidad de intercambio de las arcillas es prácticamente la mitad de la capacidad de intercambio de la zeolita natural.

El rango de concentraciones estudiadas fue de 100,50 y 25 ppm y el comportamiento de la remoción es directamente proporcional a mayor

concentración mayor carga del metal tanto en las condiciones dinámicas como estáticas.

Las condiciones de remoción dinámicas garantizan eficiencias de remoción ligeramente superiores a las condiciones de carga estáticas.

Evaluación de la arcilla Paligorskita en la formulación de jabones rústicos

Se trabajó de conjunto con la Empresa Súchel en las formulaciones de jabón rústico para empleo en aseo en talleres mecánicos o en la industria en general.

El CIPIMM preparó por molienda fina 100 % bajo 200 mesh, la fracción residual del procesamiento del mineral Paligorskita en granulometría inferior a 0,6 mm con vista a utilizarla como relleno en la confección de jabones destinados a eliminación de grasas y suciedad.

Estos aspectos brindan una alternativa de empleo de este mineral con sus características y propiedades en la formulación de jabones y pastas limpiantes para usos que no exijan alta calidad y apariencia.

Se estudiaron las formulaciones sustituyendo el carbonato de calcio en un 5% con la arcilla. A continuación podemos apreciar el jabón obtenido con la Paligorskita molida con alto grado de detergencia y limpieza, útil para pastas de limpieza.

Empleo de la Paligorskita como aditivo a las dietas de animales (mascotas)

Las arcillas naturales son ampliamente utilizadas como base de desarrollo de productos secuestrantes de micotoxinas, empleados en la alimentación de diferentes especies animales, significando protección a la eclosión de bacterias en los alimentos almacenados por el calor y por su porosidad adsorber las toxinas generadas en la



Figura 3. Jabón elaborado con Paligorskita como material relleno sustituto del carbonato

descomposición de los alimentos en su proceso digestivo. Se emplean en las formulaciones de las dietas alimentarias en dosis de hasta 5%, logrando con ello abaratar la dieta, mejorar las condiciones del proceso digestivo en pH y tiempo de permanencia en el estómago para un mayor aprovechamiento de los nutrientes y vitaminas presentes en el alimento.

Combinar la masa verde rica en vitaminas y minerales de una planta conjuntamente con el mineral, representa un complemento nutricional como aditivo a la dieta normal que se les da a los animales, en este caso lo valoramos en mascotas.

Empleamos la planta Moringa Oleifera por su riqueza nutricional y el grado de estudio de la misma como fuente de alimento valioso en diferentes países desde tiempos remotos como en la India que aprovecha el árbol en su totalidad.

El procedimiento de formulación desarrollado con la Paligorskita micronizada 100% bajo 0,074 mm comprende su combinación con una planta verde portadora de nutrientes, vitaminas y compuestos de alto valor energético la moringa. El procedimiento consistió en secar por oíro la planta y pulverizarla, a partir de la cual se formuló el producto con un 50 % moringa y un 50 % de la arcilla, debidamente mezclada y homogenizada. A continuación se muestran imágenes del alimento con aditivo o sin él y de la mascota (canario).

Resultados de la evaluación en las dietas con canarios

Los canarios son pájaros muy activos, y con la aplicación del producto ningún dueño refiere haber alterado su forma diaria.

A los machos el alimento se les suministró poco a poco hasta alcanzar la dosis de 5% de la dieta diaria, según recomendaciones de los

dueños, debido a que un cambio o adición brusca de la comida implica que dejan de cantar y mudan fuera de temporada. De esta forma paulatina de incorporar el alimento se evitaron estas consecuencias, por lo que no se observaron.

El peso reportó cambios sustanciales, solos en un ejemplar cobre donde se ha visto un aumento ligero del peso pero en incremento.

La socialización con los demás pájaros es un parámetro relativo en la especie dado que entre los machos y hembras es normal el acercamiento no siendo así entre machos y machos, aunque en aquellos que están en una misma jaula no se observaron cambios.

En cuanto a la excreta sí se observa cambio de coloración de carmelita oscuro a carmelita-verde oscuro producto del color propio de la moringa. Las excretas se observaron, al inicio, más secas en tres de los 5 ejemplares.

Los pajaritos llevan consumiendo la formulación desde octubre de 2012 y hasta la fecha octubre del 2013 ninguno murió.

Resultados de la Zeolita

Este mineral se ha utilizado en varias ramas en nuestro país, la zeolita natural y modificada ha brindado un amplio uso en las lavanderías, como polvo para huellas dactilares, conservación de flores y frutas, en fines médicos, descontaminación de residuales contaminados con Hg, Pb y otros metales, etc.

Evaluación de la zeolita natural como absorbente de etileno

Se estudió la efectividad de las mezclas del mineral zeolita proveniente de Tasajera (Villa Clara) en su forma natural, así como modificada con NaCl y HCl+KMnO₄ +K₂Cr₂O₇ respectivamente, como de la abertura, abscisión



Figura 4. Alimento alpiste, agregado de paligorskita+moringa, mascotas canarios

de flores y la abscisión de hojas durante su almacenamiento.

Nota: A las soluciones residuales de KMnO_4 y $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ se les añadió ZN para que fueran absorvidas, luego la zeolita cargada se sometió al secado ambiental para que perdiera la humedad y se resepcionó para utilizarla en futuras investigaciones.

Los resultados mostraron que la ZN; $\text{ZNa}^+ + \text{KMnO}_4$ y $\text{ZH}^+ + \text{KMnO}_4$; compiten con la muestra PATRÓN luego de transcurridas 72 horas, la ZN + KMnO_4 no mostró buenos resultados, ya que la flor sumergida en donde se encontraba esta mezcla, comenzó a abrirse a partir de las 48 horas.

En las [figuras 5, 6, y 7](#) se muestran las imágenes de las flores a las 24, 48 y 72 horas, observándose que las que mejores resultados presentaron en cuanto a no abrirse rápidamente, fueron las que estaban sumergidas con la mezcla de $\text{ZNa}^+ + \text{KMnO}_4$.



Figura 5. 24 horas



Figura 6. 48 horas



Figura 7. 72 horas

Modificación de la zeolita con Zn, Cu y Ag para su evaluación en las industrias médico-farmacéuticas

Se realizaron las modificaciones estructurales de la zeolita con los iones de Cu, Zn y Ag, según los procedimientos desarrollados en el CIPIMM.

La zeolita modificada fue enviada al Departamento de Investigaciones Médico Militares (DIMM), perteneciente al Hospital Militar Central "Dr. Luis Díaz Soto". De las muestras entregadas han sido evaluadas, para ensayos preclínicos, en el Centro de Estudios para las Investigaciones y Evaluaciones Biológicas (CEIEB) perteneciente al Instituto de Farmacia y Alimentos (IFAL) las zeolitas modificadas con cinc y cobre.

A las muestras de zeolita cinc se les evaluó la toxicidad dérmica aguda, irritabilidad oftálmica y efecto sensibilizante, los resultados indicaron que no es tóxica para la piel, siendo ligeramente irritante para los ojos. Además se le realizó el ensayo de cicatrización mostrando resultados negativos. A la zeolita cobre además de los ensayos mencionados anteriormente se le realizó fototoxicidad, toxicidad aguda oral, cicatrización y actividad hemostática mostrando en todos excelentes resultados.

Evaluación de la zeolita como polvo para huellas dactilares

Según los resultados emitidos por el Laboratorio de Criminalística, del empleo de los polvos de ciclón como polvo para detectar huellas dactilares, muestra ser un producto idóneo para este fin, ya que presenta las mencionadas características físicas que deben tener este tipo de polvos.

Este trabajo generó una patente conjunta entre el CIPIMM y el Laboratorio de Criminalística, ya que anterior a este estudio, la zeolita natural pulverizada, no se empleaba como polvo para detectar huellas dactilares.

Empleo de la zeolita modificada para el ablandamiento de agua

La zeolita natural es modificada a la forma sódica mediante el mecanismo de intercambio iónico con una solución de cloruro de sodio. Al ponerla en contacto con el agua dura, esta intercambia los iones sodio por el calcio y el magnesio presentes en el agua, lo que disminuye

su dureza considerablemente. El agua blanda obtenida puede ser utilizada por ejemplo, para el lavado doméstico de ropa, lo que garantiza una disminución en el consumo de detergente durante el lavado.

A nivel de lavado se realizó una cinética de ablandamiento de agua, que permitió realizar un escalado para obtener las dimensiones de una columna semindustrial para lo que se utilizaron criterios de escalado.

Las condiciones assumidas para el escalado se muestran en la tabla VIII.

Los resultados de las expresiones matemáticas del escalado son los siguientes:

(3) Bal=Bap	0,629
(4) Dcolumna (m)	0,101
(5) τ (h)	0,461
(6) $\rho_{zeolita} = Mz/Vz$ (kg/m^3)	1084,619
(7) $Hz=\tau*Bap$ (m)	0,2901
(8) $Vc=Hz*A_p$ (m^3)	0,0041
(9) HI (nueva altura del lecho) (m)	0,5221
(10) $H_{columna}$ industrial (m)	0,6265
(11) $Mzeolita$ industrial (kg)	4,5

Las dimensiones de la columna escalada se pueden observar en la [tabla 3](#).

En el funcionamiento de la columna se utilizó 5 kg de zeolita sódica como margen de error para garantizar la obtención del agua blanda. En la [figura 8](#) se muestra la instalación donde se obtuvieron 120 l de agua blanda.



Figura 8. Instalación para ablandamiento de agua escala semindustrial.

Tabla 2. Condiciones establecidas para el escalado

Flujo de entrada de agua a la columna (l/h)	5
Tiempo de saturación de la zeolita a escala semindustrial (h)	12h/día * 3 días = 36

Tabla 3. Principales resultados del escalado

Dimensiones columna semindustrial	Diámetro Interior (cm)	Altura de zeolita (cm)	Altura columna (cm)	Masa zeolita (kg)
	10	52	63	4,5

Se determinó la dureza del agua a la salida de la columna y en el tanque de almacenamiento. Los resultados aparecen en las [figuras 9](#) y [10](#) respectivamente.

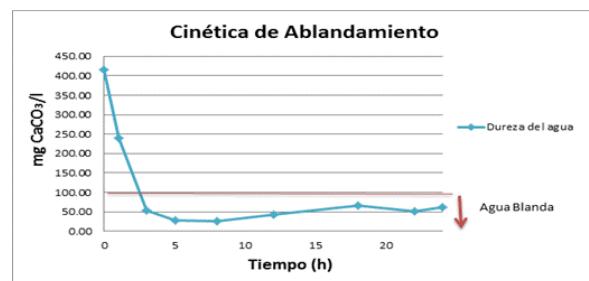


Figura 9. Cinética de ablandamiento de agua salida columna.

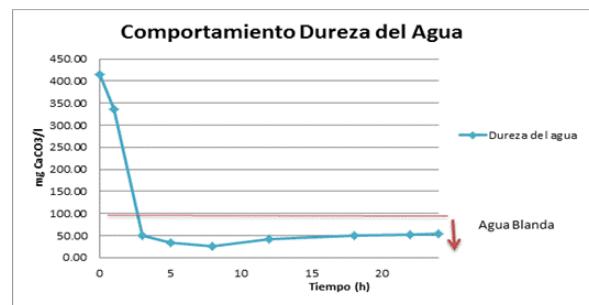


Figura 10. Cinética de ablandamiento de agua almacenada en tanque.

Se muestra cómo de una dureza inicial de aproximadamente 400 mgCaCO₃/l catalogada, según los criterios de clasificación del agua, como agua muy dura al cabo de las tres horas de iniciada la corrida se logra obtener un agua completamente blanda manteniendo la misma hasta que se detiene la prueba a las 26 horas operación.

Pruebas de lavado en lavandería

Se ejecutaron pruebas de lavado de ropa muy sucia en una lavandería particular en la que se lavaron 2 kg de ropa y se empleó un 60% de la dosis del detergente que normalmente emplea el propietario. El lavado se realizó en una lavadora automática con las siguientes condiciones de lavado.

Tabla 4. Condiciones del lavado de ropa a escala ampliada

CONDICIONES	PATRÓN	PRUEBA DE LAVADO
Cantidad de ropa	2 kg	2 kg
Cantidad de detergente	107 g	64 g
Tiempo de lavado	25 minutos	25 minutos
Volumen de agua de lavado	36 litros de agua común	36 litros de agua blanda

El enjuague de la ropa se realizó con agua común. En la [figura 11](#) se muestran imágenes de la ropa sucia empleada en el estudio y la ropa lavada, donde se observa el efecto del uso del agua blanda en el lavado de la misma.



Figura 11. Efecto del lavado de ropas con agua blanda.

La calidad del lavado se evaluó a partir de la experiencia del propietario en este tipo de trabajos. Como se aprecia en las imágenes anteriores, con la dosis de detergente empleada, se logra remover en gran medida la suciedad de

las ropas, demostrándose la posibilidad de la reducción de la cantidad de detergente cuando se emplea agua blanda.

Empleo de la zeolita en la formulación de pinturas

Se modificaron muestras de zeolita con sulfato de cobre y cinc para incorporarle dichos cationes metálicos. Estos cationes le confieren a la zeolita propiedades biocidas frente a diferentes microorganismos. Dichas zeolitas se pretenden utilizar para el desarrollo de pinturas antifúngicas.

Se enviaron muestras de zeolita cinc y cobre al Centro de Investigaciones del Petróleo (CEINPET) al laboratorio de microbiología con el objetivo de realizarle a las zeolitas varios ensayos: Esterilidad, actividad antifúngica y bactericida así como CMI y CMB. Los resultados obtenidos no fueron los esperados puesto que las zeolitas mostraron crecimiento elevado en la prueba de esterilidad, respecto a los demás análisis se obtuvo que la zeolita cobre sólo inhibe el crecimiento de las bacterias siendo la CMI de 20%, no es capaz de aniquilar las bacterias ni hongos. En el caso de la zeolita cinc se obtuvo que inhibe el desarrollo de las bacterias siendo la CMI de 1%, no elimina los hongos ni las bacterias.

A partir de esto se decidió esterilizar la zeolita siguiendo el procedimiento de esterilización de las zeolitas destinadas a uso médico y le fue entregado a la Empresa de Pinturas Vitral muestras de estas zeolitas para la obtención de dichas pinturas. Actualmente se realiza la formulación de las mismas para su posterior análisis de calidad.

Adicionalmente se realizaron pruebas de uso con pintura vinil suministrada por Vitral a la cual se le agregaron diferentes porciones de la zeolita modificada con los metales cobre, cinc y plata, en la [tabla V](#) se muestran las formulaciones aplicadas. Estas pruebas consistieron en pintar

una pared contaminada con moho a la cual se le retiró el moho antes de pintarla, con el objetivo de evaluar en el tiempo el efecto antifúngico de las pinturas, como referencia se pintó una franja con el vinil convencional sin la zeolita. En la [figura 12](#) se observa la imagen de la pared antes de pintar y luego de aplicada la pintura con fecha 27 de diciembre de 2015. Se le realizó seguimiento por un año y en la [figura 13](#) se observan los resultados.

Tabla 5. Formulaciones de pinturas aplicadas a la pared contaminada

Franja	Formulación
1	V-Blanco
2	ZZn-3%
3	ZZn-5%
4	Zcu-3%
5	Zcu-5%
6	Zag-3%
7	Zag-5%
8	ZNat-5% (sin preparar pared)
9	ZNat-3% (sin preparar pared)

19/2/16

Los resultados de este estudio muestran que la zeolita modificada con plata (franjas 6 y 7) muestra un resultado óptimo, al no observarse crecimiento de microorganismos a simple vista en la pared. La zeolita cinc (franjas 2 y 3) muestran un pequeño crecimiento aunque inferior al observado en las franjas con zeolita cobre (3 y 4). Comparando con la coloración negra de la franja 1 que es el patrón, se observa que la zeolita modificada incorporada a la pintura mantiene un efecto inhibitorio del crecimiento de hongos en la pared.

Las franjas 8 y 9 tienen incorporada zeolita natural y se observa crecimiento microbiano en la

parte baja, lo que demuestra la necesidad de modificar la zeolita con metales para lograr el efecto antifúngico.

Adsorción de vapores de yodo en zeolita

La zeolita-yodo es utilizada en la rama médica como un apósito para aplicar en las heridas cuya función es detener la hemorragia, acelerar la cicatrización y evitar la contaminación bacteriana.

Se realizaron varios ensayos de adsorción de yodo en zeolita siguiendo un procedimiento patentado, el mejor resultado obtenido fue la que alcanzó un 10% en peso de yodo. Este producto está pendiente para ser evaluado en animales de laboratorio.

Productos de alto valor agregado de zeolita

Zeohorses-T

Producto de zeolita micronizado al que se le incorpora la trementina por sus propiedades desinfectantes, este producto se aplica en los cascos de los caballos para su limpieza, ha sido probado en equinos del Club Ecuestre de La Habana con excelentes resultados.

Zeogreen

Este producto se desarrolla a partir de la fracción fina generada en la producción destinada para la producción de fertilizantes mezclados y se le incorpora una carga nutricional de NPK. Está destinado al mejoramiento y conservación de césped y jardinería especial.

Existen dos productos:

- El producto Zeogreen-GN presenta una composición granular fina (0.5 - 1.0mm) con una coloración verde.

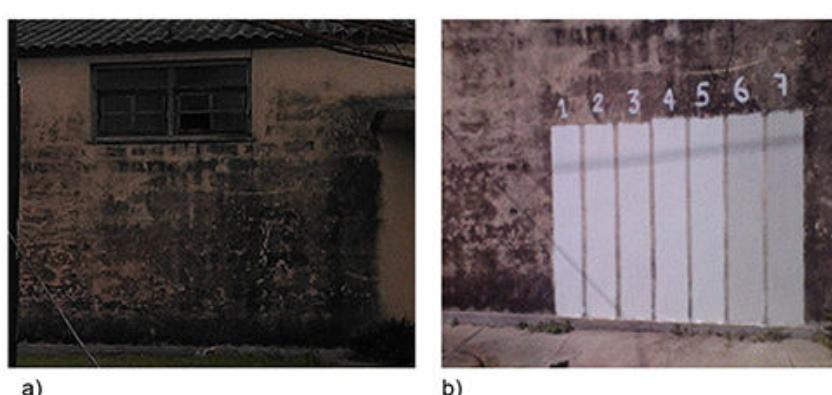


Figura 12. Imagen de las pruebas de uso con pintura modificada. a) antes de pintar y b) después de aplicada la pintura.



Figura 13. Seguimiento del crecimiento de microorganismos en pared pintada.

- El segundo producto responde al nombre Zeogreen-FN con granulometría 100 bajo 0.5 mm del mismo color.

Ambos productos le imprimen al suelo demás de la coloración verde y la uniformidad en la apariencia, nutrientes para elevar su fertilidad, le incrementan la retención del agua y optimizan el aprovechamiento del nivel nutricional que se le haya aplicado a partir de fórmulas soluble o

materia orgánica su vez limitan el acceso de plagas. En la [figura 15](#) se muestran los resultados de la aplicación del producto en el green del Club de Golf Habana.

Resultados del granate

El granate por ser un mineral con propiedades abrasivas, fue estudiado para su empleo en el pulido de las estructuras metálicas de prótesis dentales.

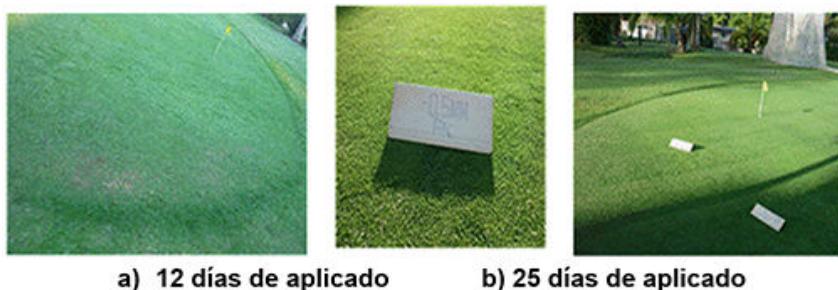


Figura 14. Imagen de la aplicación del producto zeogreen en el Club de Golf Habana



Figura 15. Estructura metálica de una prótesis dental antes (1) y después (2) de ser pulida con el concentrado de granate

CONCLUSIONES

Durante los últimos cinco años se han realizado investigaciones relacionadas con los minerales industriales fundamentalmente zeolita, paligorskita y granate, lo que ha permitido diversificar el uso de estos en diferentes ramas de industria nacional.

BIBLIOGRAFÍA

- Armas, R. P. and A.C. Ramírez. 1995. "Onicomicosis: resultados preliminares del tratamiento clínico quirúrgico en un grupo de pacientes." Revista Cubana de Medicina General Integral.
- Bellotti N., Bogdan S., Deyá C. & Amo B. ed. 2011. "Evaluación de la actividad antifúngica de una sal de amonio cuaternario para su aplicación en pinturas". 3er Congreso Iberoamericano y XI Jornada de Técnicas de Restauración y Conservación del Patrimonio. Tópico 3 No. 15:9.
- Bellotti N., Bogdan S., Deyá C. & Amo B. ed. 2011. "Evaluación de extractos vegetales como agentes antifúngicos para pinturas". 3er Congreso Iberoamericano y XI Jornada de Técnicas de Restauración y Conservación del Patrimonio: 7.
- Bogdan S., Deyá C., Romagnoli R. 2015. "Evaluación de timol para el control antifúngico sobre películas de pintura". Revista Matéria V. 20, No. 3: 6.
- Garrido, V. M. 2013. *Informe final del proyecto innovación tecnológica de las Agromenas 2013*. Informe de Investigación, No. 150, La Habana: Centro de Investigacionesparala Industria Minero Metalúrgica.
- Garrido, V. M. 2014. *Informe final del proyecto paligorskita pontezuela afloración Indira. Diversificación de aplicaciones*. Informe de Investigación, No. 177, La Habana: Centro de Investigacionesparala Industria Minero Metalúrgica.
- Gómez, L. M. 2013. *Influencia de la bentonita como agente aglomerante en la formulación de cama de mascotas base paligorskita*. Informe de Investigación, No. 163, La Habana: Centro de Investigacionesparala Industria Minero Metalúrgica.
- González, R.B.; Correa, D. P. C. & otros. 2011. Valoración del potencial de las rocas y minerales industriales para el desarrollo municipal en la República de Cuba. La Habana, Centro Nacional de Información Geológica.
- INEN. 1982. Agentes tensoactivos. Determinación del nivel de espuma. Ecuador.
- López, I. P.; Verdé, A. C. & otros. 1998. "Unguento ZZ, antiséptico elaborado con una zeolita natural modificada." Revista Cubana de Farmacia 32(3): 169-173.

- Mormul, L.A. 2014. "Desarrollo de nuevos productos base zeolitas". Enero 2014.
- Núñez, H. H.; Martínez, Y. Z. & otros. 2016. "Alternativa para el tratamiento de residuales galvánicos con zeolitas naturales". III Congreso Internacional de Minería y Metalurgia, MINEMETAL 2016, Varadero, Cuba Centro de Convenciones Plaza América: Centro de Investigaciones para la Industria Minero Metalúrgica.
- ONN. 2010. Calidad del agua. Determinación de la suma de calcio y magnesio. Método por valoración con EDTA. no. NC-ISO 6059, Cuba.
- Ottewill R.H., en Surfactants; (Th.F. Tadros; Ed). 1983. Academic Press, London, pág 1.
- Pereyra A.M., Machado G.E. & Rosato V.G. 2015. "Evaluación de la capacidad antifúngica de pinturas de base acuosa formuladas con aditivos biocidas basados en cationes metálicos estabilizados en matrices zeolíticas". IV Congreso Iberoamericano y Jornada XII Jornada De Técnicas de Reparación y Conservación del Patrimonio, La Plata: 8.
- Prado, V.; Vidala, R. & otros. 2012. "Aplicación de la capacidad bactericida del cobre en la práctica médica." Rev Med Chile: 1325-1332.
- Reynolds, J. P.; Jeris, J. S. & Theodore, L. 2002. Handbook of Chemical and Environmental Engineering Calculations, 1^a ed. EUA: Wiley-Interscience.

Los autores de este trabajo declaran no presentar conflicto de intereses.
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/)
