

LAS ZEOLITAS



Jaws PDF Creator

EVALUATION

VALUTAZIONE

MINERAL DEL SIGLO XX

EVALUATION

ING. COSME CASALS CORELLA

EVALUACIÓN

EVALUATION

USOS Y APLICACIONES

INTRODUCCION

El siguiente material tiene como objetivo dar a conocer los múltiples usos y aplicaciones de la Zeolita, la cual, con razón, se le ha denominado el mineral del Siglo XX.

La existencia de yacimientos de zeolita en nuestra provincia abre el camino de su introducción en la práctica y que esta se revierta en sustitución de importaciones, ahorro de combustible, materiales y productos, mejor eficiencia y productividad, incremento de la producción, protección ambiental y también rubro de exportación, por lo cual reportará grandes beneficios a la Economía Nacional.

Ya en Holguín se estudiaron los yacimientos existentes y se trabaja en el proyecto para el montaje de una planta que consiste en un molino triturados con capacidad de 150 000 toneladas al año, pudiendo entregar, además, materias primas para diferentes usos.

Descubrimiento:

El descubrimiento de la zeolita se realizó en el año 1756 por el geólogo suizo Barón Axel Cronstedt, el cual observando una roca basáltica, se percibió que en el interior de las vesículas existían unos pequeños cristales bien definidos, los que, sometidos al calor, para su sorpresa, observó que desprendían el agua de hidratación o combinación en forma de vapor, de aquí que su nombre de piedra hirviente provenga de dos palabras griegas Zein (hervir) y Lithos (piedra).

Esta simple observación también trascendió en el campo de la química y la mineralogía, ya que dio lugar a que se determinara que las zeolitas constituyen los únicos silicatos naturales que hierven, al ser calentados a la llama con bórax en un tubo de ensayo abierto.

Definición:

Las zeolitas por definición, son aluminosilicatos de cationes alcalinos y alcalinos térreos (potásicos, cálcicos y sódicos).

Tanto el aluminio como el silicio se presentan entre otras formas en tetraedros de AlO_4 y SiO_4 unidos, que pueden ser representados por la fórmula: $R_n + 2/NO. Al_2 O_3 \cdot X SiO_2 \cdot YH_2 O$. La X en esta fórmula es generalmente mayor o igual que 2, debido a que el AlO_4 tetraédrico es unido solamente al SiO_4 tetraédrico; n es el catión de valencia.

La armazón contiene canales interconectados donde se encuentran los cationes de sodio, calcio, potasio, magnesio, etc., los cuales neutralizan las cargas negativas y moléculas de agua. Estos cationes son móviles y pueden intercambiarse en diferentes grados por otros cationes. Llamaremos Zeolita macroestructura y a los cationes intercambiables; representaremos de forma abreviada como $Ze-x$ a las Zeolitas.

Estructura:

Las Zeolitas poseen una estructura silicática tridimensional y cristalina peculiar, la que puede ser designada como cavernosa, por lo que todos los minerales pertenecientes al grupo zeolíticos están caracterizados por una red de canales o poros que conducen a cavidades centrales. La estructura cristalina de cada uno de los minerales miembros del grupo es única, por lo que cada uno de los minerales zeolíticos se caracterizan por canales, poros y cavidades o cavernas de dimensiones estrictamente determinadas (Fig. 1, 2 y 3). Las estructuras de muchas zeolitas han sido determinadas por análisis cristalográficos de difracción de rayos X.

Los enlaces de estos minerales son muy rígidos en todas las direcciones, por lo que cuando se sumergen en agua no se hinchan.

Los tamaños de los canales son importantes, pues en intercambio iónico se efectúa a través de ellos. Los iones demasiado grandes presentes en una disolución no podrán ser intercambiados por los canales móviles de la Zeolita. Así pues, la zeolita se asemeja a una malla iónica, por lo que puede discriminar entre diferentes iones basándose en su estructura y tamaños.

La mayoría de las zeolitas cristalizan en los sistemas morfo cónicos ortorrómbico, pero existen también zeolitas tetragonales, trigonales y cúbicas. En general, son incoloras o blancas, aunque pueden presentarse con diferentes tonalidades debido a su contenido de impureza, principalmente de óxido de hierro y de materia orgánica; presentan una dureza 3,5 a 5,3 un peso específico entre 2 y 2,4 y su peso volumétrico inferior al rango 1,7 – 1,8 g/cm³.

MINERALES ZEOLITICOS:

Actualmente existen alrededor de 40 minerales zeolíticos distintos, que han sido reconocidos y se han obtenido más de 100 artificiales siendo su origen volcánico.

En la literatura sobre el tema se refiere el nombre genérico de zeolitas para las obtenidas artificialmente y las naturales se le llama por su nombre específico (Tabla No. 1). Pero a la zeolita natural los especialistas la denominan local zeolítica. La piedra es de color verde, si predominan en su cuerpo elementos ferrosos y cambiará según su composición química.

A continuación se relacionan los nombres de 20 de estos minerales. (En la tabla No. 1 se relacionan las principales propiedades de los mismos).

Analsita	Ferjasita	Houlandita	Scolecita
Chabazita	Ferrieita	Ialunocita	Stilbita
Clinoptilotita	Gismondita	Wairakita	Thomsonita
Epistilbita	Gonnardita	Nacrolita	Wairakita
Erionita	Harmotona	Filipsita	Yugawaralita

En Cuba las más abundantes son la Clinoptilolita y la Mordenita, coincidiendo con ser la más importante a escala mundial por la consecutividad de sus apariciones, dimensión de los depósitos y diversidad de aplicaciones.

Propiedades:

Una característica singular de las zeolitas es que simultáneamente mediante diversos principios: absorción, intercambio iónico, tamiz molecular, etc.

Lo más importante de las zeolitas es su propiedad de servir de tamiz molecular. Debido a su estructura cavernosa asegura una enorme área en su interior, pero al paso a las mismas está limitado sólo a moléculas con un tamaño determinado que pueden pasar a través del tamiz. El volumen vacío en algunas zeolitas puede alcanzar valores tan altos como un 47% (Chabazitas), mientras que las dimensiones de los canales, en las distintas especies minerales de zeolitas, permiten el paso de moléculas con diámetros específicos efectivos de varios angstroms, las cuales son absorbidas en los espacios vacíos; esto explica el empleo de algunas zeolitas como adsorbentes industriales.

La aplicación de intercambio iónico es una de sus notables propiedades que han alcanzado la difusión de su empleo: oscila entre 0,5 y 3,70 meq/g.

El intercambio iónico está dado por poseer una geometría molecular bien definida, con poros generalmente llenos de agua y cuyos enlaces forman canales y cavidades que les permiten ganar y perder agua reversiblemente e intercambiar los cationes de su estructura, sin que ésta se altere.

Debido a esa conformación, las zeolitas presentan una estructura microporosa adecuada para la acción catalítica, lo que las convierte en un material ideal para muchos procesos químicos industriales. Esta propiedad le permitió específicamente el paso de algunas moléculas y no de otras que aprovechada en los años 1970 para introducirla comercialmente como catalizadores en los procesos industriales que lo requerían.

La propiedad absorbente le permite un sin número de posibilidades de uso, principalmente en la agricultura ya que al deshidratarse su volumen está constituido por hasta un 50% de espacio poroso, lo cual le confiere una alta capacidad de absorción a baja presión; la hidratación también es una propiedad de gran importancia, ya que la deshidratarse estos minerales no cambian su estructura, pudiendo llenarse con líquidos o gases repetidos.

La otra propiedad importante es su alto contenido sílice.

Por otra parte, son resistentes a la pulverización, tienen baja resistencia a la abrasión y no se aterronan. Presentan una gran resistencia térmica y a la acción de agentes químicos, así como una gran capacidad y selectividad para cationes de magnesio, calcio, amonio, cesio, estroncio, plata, cobre, níquel, zinc y otros cationes metálicos.

YACIMIENTOS CUBANOS:

En Cuba se conocen más de 25 yacimientos y manifestaciones de zeolitas naturales, distribuidas a todo lo largo y ancho del país.

Las primeras manifestaciones de tobas de zeolita en Cuba fueron halladas por el geólogo búlgaro B. Alexiev en un trabajo conjunto con los geólogos cubanos D. Coutín y A. Brito. Posteriormente a este descubrimiento, el Instituto de Geología de la ACC realizó estudios e investigaciones en coordinación con la Universidad de Sofía, a través de la Academia de Ciencias de Bulgaria.

Durante la época colonial la roca zeolita ya era utilizada como material de construcción en las edificaciones de la barriada del Vedado, como consecuencia de la crisis energética en la Segunda Guerra Mundial.

A partir de 1972 se acometió la elaboración de un proyecto técnico-económico de búsqueda y explotación de zeolita en Villa Clara y aunque a escala mundial no existía una metodología económica de evaluación de este tipo de yacimiento, en 1981 el colectivo de técnicos cubanos culminó el primer informe geológico sobre reservas industriales y los recursos pronóstico. Esta determinación de reservas industriales, como tales, fueron las primeras que se calcularon en todo el campo socialista.

Los yacimientos de zeolita cubanos son de alto rendimiento en clinoptilolita y modernita, llegando en algunos casos a más de 90%.

La diseminación de los yacimientos de zeolita por todo el país constituye un factor ventajoso para su utilización en las múltiples actividades en que se puede aprovechar, debido a que se abaratarían considerablemente los costos de transportación del mineral beneficiado.

Las principales localizaciones son:

Localidades

Bahía Honda
La Victoria, Peña Alta y Orisco
Carolina
Tasajera y Piojillo
Siguaney
Las Margaritas y Sur de Camagüey
Palmarito de Cauto - Almeida
San Andrés y Farallones de Moa

Provincias

Pinar del Río
La Habana
Cienfuegos
Villa Clara
Sancti Spiritus
Camagüey
Santiago de Cuba
Holguín

Actualmente sólo se encuentra en explotación el yacimiento de Tasajera, en Villa Clara, cuya reserva se estima en algo más de 120 M m³.

En estos momentos se trabaja en la ejecución de 5 proyectos de explotación que en el transcurso de 2 años ofrecerá la información de las reservas industriales para su ulterior

explotación en 13 yacimientos, entre los cuales se encuentran algunos de los anteriores mencionados, además de Las Calinas, San Cayetano y San del Chorrillo en Camagüey, el Sidrón de Guaimarillo en las Tunas, Liral de Lajas en Sagua de Tánamo, Yateras en Guantánamo.

CLINOPTILOTITA

Es el mineral que se encuentra de forma mayoritaria en las rocas zeolíticas. La clinoptilolita es una zeolita rica en silicio, con una relación de sílice – alúmina ($\text{SiO}_2 / \text{Al}_2\text{O}_3$) que fluctúa entre 8,5 y 10,5 y un diámetro de entrada en los poros de 4 Å.

La estabilidad técnica depende, en gran medida, en su composición química (350 -700 °C).

Composición Química:

<u>Elementos</u>	<u>%</u>
SiO ₂	62,58
Al ₂ O ₃	13,00
Fe ₂ O ₃	2,00
FeO	0,42
CaO	6,2
MgO	1,50
Na ₂ O	5,4
K ₂ O	1,5
otros	6,3

Algunas propiedades Físico – Químicas:

<u>Propiedad</u>	<u>Valor</u>
Peso específico (gr/ cm ³)	2,18 – 2,22
Peso Volumétrico (gr/ cm ³)	0,8 – 1,2
Porosidad %	28,4 – 30,2
Resistencia Máxima A la tracción	340 45
Coefficiente de Dureza (según M.M Prodinlonov)	F = 3,4
Capacidad de humedad estática (%)	No menos de 60
Capacidad de humedad dinámica (gr/ cm ³)	40 – 50
Capacidad de intercambio iónico de NH ₄ (mg eq / 100 gr)	64,9
Capacidad dinámica: gr H ₂ O / 100 gr	2,73
gr CO ₂ / 100 gr	0,3

Condiciones de regeneración:

Calentamiento durante 3 horas
a 300 – 350 °C

Las singulares propiedades de la clinoptilolita, tales como la resistencia a altas temperaturas, medios corrosivos y a irradiación ionizante, su selectividad a cationes grandes de álcalis, tierra alcalina y algunos metales pesados, su capacidad absorbentes y el efecto de cribado por acción molecular, tanto en la industria como en la agricultura.

MORDENITA

Es el segundo mineral que compone las rocas zeolíticas.

A continuación exponemos el resultado de un análisis químico realizado a una muestra de Mordenita procedente de Palmarito, Santiago de Cuba.

Composición de Mordenita Natural Cubana:

<u>Oxido</u>	<u>%</u>
Si O ₂	66.92
Al ₂ O ₃	11.55
Fe ₂ O ₃	2.74
CaO	4.35
MgO	0.40
K ₂ O	1.83
agua	11.0
otros	0.02

ZEOLITAS SINTÉTICAS:

En el mundo hay más de 100 zeolitas sintéticas y por lo menos diez de ellas son catalizadores útiles, siendo el más versátil el llamado ZSM – 5 que se utiliza en diez procesos diferentes en las ramas de la industria de petróleo, química y producción de combustibles sintéticos (Tabla # 2).

En 1962 aparecieron los primeros craqueadores catalíticos para las refinerías de petróleo (Zeolita sintética) que aumentaron hasta un 40% la producción de gasolina. Actualmente, en países capitalistas, la producción de zeolita sintética para la refinación del petróleo se ha convertido en un negocio de 250 MM de dólares anuales.

Los países que tienen fábricas para la obtención de zeolita sintética son: URSS, Estados Unidos, RFA, RDA y Japón.

En la URSS se producen anualmente varios miles de toneladas de zeolita sintéticas que se utilizan, principalmente, en la industria del petróleo.

Actualmente, debido al alto costo de la energía, los precios de las zeolitas artificiales han aumentado notablemente, por lo que resulta de interés su sustitución por naturales en aquellos procesos donde ello sea factible.

Los principales yacimientos de zeolita se encuentran en la URSS, estados Unidos, Cuba, Hungría, Bulgaria, Checoslovaquia y México.

EMPLEOS INDUSTRIALES DE LAS ZEOLITAS EN FUNCIÓN DE SUS PROPIEDADES FISICO – QUIMICAS.

I. CAPACIDAD DE INTERCAMBIO IONICO

Esta es una de las propiedades de la zeolitas que han servido para la difusión de su empleo.

a) Componentes de la alimentación animal.

En este caso la capacidad de intercambio iónico de las zeolitas y su habilidad de actuar como tamiz molecular se complementa ya que, aparentemente, las zeolitas absorben ciertas cantidades de nutrientes en la alimentación reteniéndolos en los sistemas digestivos de los animales por mayor tiempo. A su vez, la capacidad de intercambio iónico de las zeolitas con iones de amonio sugiere que las mismas actúan también como depósitos de amonio en la alimentación de los rumiantes. Todo esto conduce a un uso más efectivo de los nutrientes contenidos en el alimento y la consiguiente reducción del total de alimentos requeridos.

Ejemplo de este son los experimentos llevados a cabo en Japón durante los últimos años, en los cuales hasta un 10% del peso de Clinoptilolita Modernita han sido añadidos a la dieta proteica normal de cerdos y pollos con incrementos significativos en el peso de los animales, así como reducciones concomitantes en las cantidades y costos de la alimentación. En una serie de experimentos, cerdos jóvenes y maduros fueron alimentados con una dieta que contenía 5% de clinoptilolita durante un período de once semanas. Al finalizar este período ambos grupos habían ganado un promedio de 16% más de peso que grupos patrones con animales con dietas normales (Kondo y Wagai, 1968). Resultados similares fueron alcanzados empleando pollos normales y cantidades variables de clinoptilolitas y modernita, en un período de 14 días (Onogi, 1966). Los pollos a prueba ganaron hasta un 8% más de peso que los normales, sin que se manifestaran reacciones negativas. En ambos casos, los experimentos animales fueron considerablemente menos odoríferos debido a la adsorción de zeolita en los desechos animales.

Este último empleo de las zeolitas para controlar la humedad y el olor del estiércol animal, está muy difundido en Japón. En Bulgaria se realizaron experimentos en este sentido, regando zeolita molida en los pisos de los establos, con lo cual se elimina el olor desagradable y se purifican las aguas albañales. Además, esto permite su recolección más fácilmente y el riego más efectivo del estiércol en su uso como abono orgánico.

b) **Fertilizantes y acondicionadores de suelo.**

De acuerdo a Minato (1968) por más de 100 años en Japón han añadido tobas zeolíticas a los suelos. Las tobas Zeolíticas aparentemente neutralizan los suelos volcánicos ácidos, controlando de una manera efectiva la liberación del amonio y de otros cationes fertilizantes.

La clinoptilita, procedente de varios yacimientos, se ha empleado como elemento aglutinante en los fertilizantes mezclados y la misma tiende también a retener en el suelo los cationes deseados por un período mayor de tiempo. No podemos incluir el que su alta capacidad de intercambio iónico y de absorción permitan que las zeolitas puedan ser empleadas como portadoras de pesticidas y fungicidas. Además, de su adición a los suelos aumenta el rendimiento de las cosechas (Tabla 3 y 4), la retención de humedad evita las enfermedades propias de las raíces de las plantas y sirve como fuente de macrocomponentes.

c) **Concentración y asimilación de iones radiactivos.**

Ya en 1959 - 1960 Ames demostró una preferencia específica de la clinoptilita por el cesio Cs (+) y el estroncio Sr (+ +) radiactivos en la presencia de altas concentraciones de iones rivales.

En años recientes, en el Instituto de Física de Bulgaria, la clinoptololita de yacimientos locales fue empleada para la limpieza de aguas de su contaminación radiactiva de cesio, plata, estroncio y cerio.

d) **Eliminación de iones amoniacales de las aguas albañales.**

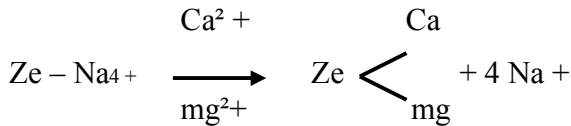
Esta propiedad de las zeolitas, que ya fue señalada en la alimentación animal para eliminar los malos olores, etc., fue demostrada igualmente por Ames, Merca y sus colaboradores. En 1970 una planta móvil fue probada en California, USA y la misma eliminó cerca de un 97% del amonio de la corriente de aguas albañales.

Sims, en 1972, demostró la utilidad de la clinoptilita en el tratamiento de albañal, alcanzándose hasta un 90% de nitrificación con la adición de 100 gramos de zeolita por litro de lodo.

e) **Empleo de la zeolita como medio filtrante en la purificación del agua potable e industrial.**

La zeolita se emplea para el ablandamiento y clarificación del agua, principalmente aquellas con contenidos elevados de calcio y magnesio (agua duras); además, estos elementos son malos conductores del calor por lo que al depositarse en las calderas de vapor elevarían el consumo de combustible. Con un tratamiento previo se acondiciona la zeolita. Frecuentemente se lleva a forma sólida (Ze - Na); cuando se filtra el agua a través de una capa de zeolita con una granulometría de 0.04 a 0.08 mm, tiene lugar el

intercambio iónico: el sodio contenido en ellas pasa a la disolución y quedan retenidos los cationes de calcio y magnesio, pudiéndose representar por:



Cuando la zeolita está saturada de los iones calcio y magnesio se detiene la corriente de agua y se hace pasar una corriente de disolución de cloruro de sodio (NaCl). Esta operación se conoce como regeneración.

La zeolita en forma ácida (Ze - H) también puede ser utilizada para los procesos de ablandamiento de agua.

Debido a que la zeolita tiene una elevada resistencia mecánica, estabilidad química y porosidad, pueden utilizarse como medio filtrante en sustitución de la arena sílice, la cual es muy deficitaria.

II. CAPACIDAD DE ABSORCIÓN Y COMORTAMIENTO MOLECULAR.

Esta propiedad de las zeolitas ya fue explicada detalladamente por lo que pasamos directamente a las aplicaciones que se derivan de ella:

a) Beneficios del aire con oxígeno.

El aire beneficiado hasta un 3% - 40% de oxígeno tiene aplicación en la metalúrgica, donde conduce a importantes resultados económicos positivos, además de colaborar en la lucha por la atmósfera más limpia. Esto se ha logrado mediante el empleo de zeolitas naturales en Bulgaria y Japón. En Bulgaria se ha empleado la Clinoptilolita, mientras que en Japón el proceso se ha basado en la absorción preferencial de nitrógeno por los palets deshidratados de Modernita. Una planta capaz de producir 500 m³ de gas con un 90% de O₂ está en operación en la unidad de Toyohashi. El oxígeno se emplea en la fundición de hierro en lingotes para el motor de automóviles.

Empleando este proceso puede obtenerse nitrógeno de una pureza hasta de un 99,95%.

b) Catalizador y limpieza de gases, aceites, etc.

El empleo de esta rama de la industria es muy amplio, depende, únicamente, de las dimensiones de los canales de las zeolitas y puede llegar a absorber moléculas de dimensiones tan grande como las de benceno y ciclo - hexeno.

III. HIDRATACIÓN Y DESHIDRATACIÓN

El secado profundo de los productos químicos con la ayuda de la zeolita fue utilizado en la R.P de Bulgaria para obtención de acetona seca, con un contenido de la humedad final

inferior al 0,5%, sustituyendo el compuesto químico P_2O_5 , reactivo muy caro y que no puede ser regenerado después de empleado. Este método puede emplearse igualmente para el secado profundo de otros diluentes orgánicos, como son: cloroformo, alcohol metílico, etc.

IV. COMPOSICIÓN SILICIA.

a) Como elemento puzolánico.

El empleo de tobas puzolánicas para la producción de cemento y hormigones en la construcción de carreteras, acueductos y edificios, se remota a la época de los romanos, los cuales empleaban preferentemente las tobas volcánicas de Pozzouli en el sur de Italia. En los tiempos modernos, puzolanas ricas en clinoptilolita fueron empleadas en 1912 en la construcción del acueducto de Los Ángeles, con una longitud de 240 millas llegando a sustituirse hasta un 25% del cemento Portland necesario, lo que representó un ahorro de alrededor de un millón de dólares en la inversión.

Alpa en cemento, un alto contenido silíceo de las zeolitas les permite reaccionar con el agua libre, produciendo durante el frague del hormigón.

b) Elementos de sillería u ornamentales.

El empleo de la zeolita para otros usos se remota hasta el año 600 a.n.e en todas partes del mundo: edificios asociados a las pirámides Mayas de Monte Albán en el Sur de México, la estructura de Eudaira en Orya, Japón, la cual fue excavada en un solo estrato de una toba de clinoptilolita. Aún hoy, en distintos países, se pueden ver construcciones hechas con sillería de rocas zeolíticas caracterizadas por su bajo peso volumétrico, alta porosidad y textura masiva.

c) Agregados ligeros.

La obtención de pallets por medio de la calcinación a altas temperaturas de rocas zeolíticas fue demostrada por el yugoslavo Stoianovich en 1972, quien, por medio de la calcinación de tobas de clinoptilolita a una temperatura de 1 200 a 1 400 °C, obtuvo palletes con una densidad inferior a 0.8 g/cm^3 y porosidad de cerca de un 65%.

d) Relleno de la industria del papel.

El empleo de las zeolitas en la industria del papel puede ser ejemplificado por las 3 000 toneladas de clinoptilolita extraídas en un año en Italia, Japón, para su empleo como aditivo de alta brillantes en esa industria.

POSIBLES USOS Y APLICACIONES DE LAS ZEOLITAS NATURALES EN CUBA.

A continuación se relacionan los posibles usos de las zeolitas naturales, según las investigaciones y la práctica conocida, tanto nacional como internacionalmente; estos usos pueden ser:

Ganadería

1. Como aditivo en la alimentación del ganado porcino 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.
2. Utilizando 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/vaca en las vacas de bajo potencial.
3. Estabiliza el equilibrio ácido – básico en el ganado lechero cuando cambia el tipo de cereal en los piensos.
4. Al aplicar 100 g/m² de zeolita natural en las instalaciones de gallinas crada 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.
5. El uso del 5% de zeolita como diluyente en dietas para ponedoras, reduce el gasto de pienso anual en 14 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.
6. Previene, controla y favorece la recuperación de úlceras gástricas.
7. La adición de zeolita a la alimentación se considera en Japón como prometedora del crecimiento animal.
8. Mejora la utilización de los nutrientes en la dieta animal, lo que permite ahorrar del 5 al 10% de la materia prima de los piensos.
9. Como aglutinante en la fabricación de piensos peletizados evita pérdidas de alimentos.
10. Inhibe el desarrollo de hongos productores de toxinas en los piensos almacenados.

Agricultura

11. Evita el endurecimiento de los fertilizantes almacenados.
12. Combinada con los fertilizantes nitrogenados mejora la utilización del nitrógeno, impide su pérdida por volatilización y lo libera, según lo requiera la planta. Debido a esto no sería necesario fraccionar la aplicación del fertilizante en varias etapas, lo que reduciría los costos por este concepto.
Esta función ha sido demostrada en la URSS en el cultivo del trigo en invierno:
“... el uso de la zeolita, en combinación con los fertilizantes minerales, aumenta el contenido de los elementos nutritivos del trigo de invierno en la fase de formación de

espiga y propicia una mayor asimilación de ellos por la planta en los períodos críticos en que lo necesita, por lo que incrementa la eficacia de la actividad fertilizadora.”

I.S Iskenderov Namenova – Academis de Ciencias Azerbaijan SSR, URSS.

13. Agregada al estiércol de bovinos, la zeolita enriquece este valioso abono orgánico (Meter Van Straaten, Tanzania).
14. En la granulación de semillas, en su preparación para la siembra automática, evita la aglomeración de aquellas.
15. Sirve de vehículo para herbicidas, fungicidas e insecticidas y prolonga la presencia de sus principios activos.
16. En las instalaciones de hidropónicos se utiliza gravilla para retener el agua, debiendo hacerse tres o cuatro aplicaciones de riego. Sustituyendo la gravilla por zeolita, estas aplicaciones se reducen a una sola (zeopónicos) también las zeolitas tratadas previamente con las sustancias nutritivas hacen innecesario añadírselas posteriormente.

Mejoramiento de los suelos.

7. Como acondicionador de suelos erosionados, salinizados y ácidos mejora el pH. La avidéz de la zeolita por el sodio (Na) propicia el mejoramiento de los suelos con alto contenido de sales, mediante el intercambio iónico con calcio (Ca).

Descontaminación Ambiental.

18. Es útil en la purificación de aguas residuales y abasiales por su efecto de absorbente del amonio, níquel, cobre, cobalto, etc.
19. Se utiliza en la descontaminación de los residuales radiactivos de las plantas nucleares.

Pesca.

20. Su adición en los criaderos de peces permite una concentración hasta dos veces más peces por m³ de agua, debido a que facilita proveer los sistemas acuícolas de aire enriquecido de oxígeno y evita la intoxicación de los peces con sus propias excretas.

Industria

21. Puede sustituir la zeolita sintética 13 X (que se adquiere en Gran Bretaña) para la separación del nitrógeno en las fábricas productoras de oxígeno.
22. Servirá para recuperar los residuos de la planta de níquel Comandante René Ramos Latour (Nicar). Mediante el intercambio iónico del licor residual se puede recuperar un tonelaje adicional de níquel y, además, contribuir a la descontaminación de la Bahía de Nipe.
23. Elimina la dureza de las aguas, con lo que se evita la incrustación de sales en las calderas.

24. En la fabricación de cemento aumenta el volumen de producción hasta un 10% y mejora su calidad. Resiste la corrosión del mar, por lo que se puede construir embarcaciones y espigones o muelles sin necesidad de utilizar resinas de importación.
25. Sustituye el talco en la fabricación de pinturas.
26. Las zeolitas blancas contienen poco cuarzo son recomendadas para sustituir el caolín en la producción de papel.
27. Se hacen estudios para utilizar la zeolita en el desarrollo de unidades de refrigeración solar.
28. Como clarificador y en filtrado, la zeolita puede sustituir productos importados como el agar y la tierra de infusorios. En otros filtrados sustituye la arena sílice.
29. Para la purificación de gases que contengan sulfhídrico y otros compuestos sulfurados.
30. En la extracción de petróleo y como catalizador en su refinación.
31. En la producción de detergentes, cosméticos, desodorantes.

Otros usos.

32. Se ha probado las ventajas de la zeolita en el funcionamiento de sistema de purificación de proteínas precipitadas, sueros inmunológicos, helados de yogurt, faloproteína, sangre, solución de acetosa, leche y café.
33. Al igual que con las zeolitas sintética, se ha probado que las zeolitas cubanas pueden producir y mantener bajas presiones, por lo que se puede utilizar en los termos de nitrógeno líquido para mantener el vacío entre las paredes del mismo.
34. En el secado de gases que no se absorben en la zeolita a altas temperaturas del proceso.
35. Para la absorción de anhídrido de carbono y otros gases, en procesos donde estos no sean deseables.
36. Como catalizador en la producción de etileno a partir del etanol.
37. Mediante un proceso de síntesis en soluciones básicas se puede obtener zeolitas sintéticas del tipo X.

Es conveniente advertir que la relación anterior no agota las posibilidades de utilización las zeolitas, llamadas con razón el “Mineral del Siglo”. En la Tabla #5 se ofrecen las granulometrías de utilización de las zeolitas de acuerdo a sus diferentes usos o aplicaciones.

ALGUNOS MÉTODOS DE APLICACIÓN DE LA ZEOLITA

Alimentación Avícola. Método de aplicación

La clinoptilolita se adiciona a la dieta avícola en una proporción de 3 – 5 % del peso, es decir, 30 – 50 gramos por cada 970 – 950 gramos de alimento, mezclándose bien para distribuirla uniformemente. Cuando se mezcla con alimento líquido sólo debe prepararse la cantidad de alimentos que pueda ingerirse en un término de 40 -50 minutos.

Como aditivo dietético de la alimentación animal. Método de aplicación.

En la alimentación animal se utiliza zeolita de un tamaño granular de 0,2 – 1,0 mm. La misma se añade a la dieta en una proporción de 3, 5, 8 y 10 % en dependencia del tipo y la edad de los animales. Una vez añadida la zeolita, se mezclan bien con los alimentos para obtener una distribución uniforme.

En los invernaderos. Método de aplicación.

La zeolita se aplica en los invernaderos con un espesor de 2,5 – 3 cm (tomando en consideración la subsiguiente reducción del volumen del 25 – 30 %). La zeolita también se emplea como componente del medio nutriente, de acuerdo a las siguientes relaciones:

Zeolita – 50%, estiércol – 20%, turba – 20%
Zeolita – 60%, estiércol – 30%, aserrín – 10%

El empleo de zeolitas en invernaderos, haciendo la función de tierra de acción prolongada, produce un aumento en el rendimiento de las cosechas hasta un 2 y 100%, en dependencia al tipo de planta (Tabla 3 y 4). Las cosechas de tomates y pepinos en invernaderos aumenta de un 20 a un 25% además de aumentar el contenido de vitamina C en los tomates de un 30%.

Como lecho de granjas avícolas. Método de aplicación.

Como material de lecho en granjas avícolas se utiliza en una proporción de 3 – 4 Kg / m². El rociado de zeolita sobre la superficie de los excrementos acumulados en los cubos cada 3 días, utilizando 150 g / m².

El mezclado de los excrementos acumulados en la fosa deberá hacerse según la porción de 200gr de zeolita por kilogramo de excremento, sobre la superficie de los excrementos se rocía una capa uniforme de 1,6 Kg / m².

Para el mejoramiento de los suelos. Método de aplicación.

La zeolita se emplea para acondicionar y mejorar suelos áridos, de inundación, volcánicos y tobáceos.

Su adición a los suelos constituye el acondicionamiento de estos y aumenta el rendimiento de las cosechas con un ahorro sustancial en el uso de fertilizantes minerales. (Tabla 3 y 4)

La aplicación de 0,5 – 2 toneladas de clinoptilolitas / 4 hectáreas de tierra, unido al cumplimiento de reglas agroecológicas correctas, producen el siguiente incremento en las cosechas:

Zanahorias – 63%; berenjena – 55%, trigo – 15% ; manzanas – 28%; maíz – 103%; arroz – 35 a 45%; tomates y pimientos – hasta 33%.

Antes de aplicarse la zeolita se mezcla bien la tierra de la superficie, adicionándole posteriormente 1 tonelada de zeolita / 1000 m².

Jaws PDF Creator

EVALUATION
VALUTAZIONE
EVALUATION
EVALUACIÓN
EVALUATION

TABLA No 1 FORMULAS Y PROPIEDADES FÍSICAS DE ALGUNAS ZEOLITAS NATURALES.

Nombre	Fórmula (1)	Sistema Cristalino (2)	Volumen Vario % (1)	Dimensiones de los canales principales (Angstroms) (1)	Estabilidad Térmica
Analcima	$\text{Na}_{16}(\text{Al}_{16}\text{Si}_{32}\text{O}_{96}) \cdot 13\text{H}_2\text{O}$	C	18	2.6	Alta
Clinoptilolita	$(\text{Na}_4\text{K}_4)(\text{Al}_{12}\text{Si}_{40}\text{O}_{96}) \cdot 24\text{H}_2\text{O}$	M	39	?	„
Chabazita	$(\text{Ca}, \text{Na})_6(\text{Al}_{12}\text{Si}_{24}) \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	H	17	3.6-3.7	„
No se que dice	$(\text{Na}, \text{K}, \text{Ca})_6(\text{Al}_{19}\text{Si}_{27}\text{O}_{72}) \cdot 27\text{H}_2\text{O}$	H	35	3.6-5.2	„
Ferrierita	$(\text{Na}_2\text{Mg}_2)(\text{Al}_6\text{Si}_{30}\text{O}_{72}) \cdot 18\text{H}_2\text{O}$	O	-	4.3-5.5 (eje - c) 3.4-4.8 (eje - b)	„
Natrolita	$\text{Na}_{16}(\text{Al}_{16}\text{Si}_{24}\text{O}_{80}) \cdot 16\text{H}_2\text{O}$	O	23	2.6-3.9	Baja
Heulandita	$\text{Ca}_4(\text{Al}_8\text{Si}_{28}\text{O}_{72}) \cdot 24\text{H}_2\text{O}$	M	19	3.9-5.4 (eje - a) 4.2-7.1 (eje - c)	„
Mordenita	$\text{Na}_8(\text{Al}_8\text{Si}_{40}\text{O}_{96}) \cdot 24\text{H}_2\text{O}$	O	28	6.7-7.0 (eje - c) 2.9-5.7 (eje - b)	Alta
Laumontita	$\text{Ca}_4(\text{Al}_8\text{Si}_{16}\text{O}_{48}) \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	M	--	4.0-5.6	Baja
Phillipsita	$(\text{Na}, \text{K})_{10}(\text{Al}_{10}\text{Si}_{12}\text{O}_{64}) \cdot 11\text{H}_2\text{O}$	O	31	4.2-4.4	„
stilbita	$\text{Ca}_2(\text{Al}_{10}\text{Si}_{20}\text{O}_{72}) \cdot 28\text{H}_2\text{O}$	M	39	4.1-6.2 (eje - a)	„

Continuación de la Tabla No. 1

(1) A partir de Breck (1964, (1971) y Meire y Olson (1971)

(2) C – cúbicos; H – hexagonal; O – ortorrómbico; M – monoclíneo

(*) Excepto la Ferrierita, todos los demás minerales son abundantes en las rocas sedimentarias.

(Tomado de la referencia 4)

TABLA No. 2.

FORMULAS Y PROPIEDADES FISICAS DE ALGUNAS ZEOLITAS SINTÉTICAS

Nombre	Formula (1)	Sistema Cristalino (2)	Volumen Vacio % (1)	Dimensiones de los canales principales (Angstroms) (1)	Estabilidad Térmica
Linde A	$\text{Na}_{12}(\text{Al}_{12}\text{Si}_{12}\text{O}_{48} \cdot 27\text{H}_2\text{O})$	Cúbico	47	4.2	Alta
Linde X	$\text{Na}_{86}(\text{Al}_{86}\text{Si}_{106}\text{O}_{348} \cdot 26\text{H}_2\text{O})$	Cúbico	50	7.4	Alta
Linde Y	$\text{Na}_{56}(\text{Al}_{56}\text{Si}_{136}\text{O}_{384} \cdot 264\text{H}_2\text{O})$	Cúbico	49	7.4	Alta

(Tomado de la referencia 4)

TABLA No. 3

RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DE ZEOLITAS ACULTIVOS DE ARROZ, BERENJENAS Y ZANAHORIAS.

Cultivo	Dosis de Zeolita (T/ha)	Aumento del Rendimiento %
Arroz	0.125	3
	0.25	3
Berenjena	0.25	55
	0.5	19
Zanahoria	0.25	63

TABLA No 4.

RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DE CLINOPTILOLITAS A CULTIVOS DE PAPAS Y MAIZ

Dosis de Clinoptilolitas (T/ha)	PAPA		MAIZ	
	Rendimiento (T/ha)	Aumento %	Rendimiento (T/ha)	Aumento %
0	20.6	-	35.5	-
2.5	23.0	12	42.1	18
5.0	25.5	23	48.4	36
7.5	26.7	26	50.8	43
10.0	28.0	36	52.0	46

(Tomado de la referencia 5)

TABLA No 5.

GRANULOMERJAS RECOMENDADAS PARA LA ZEOLITA DE ACUERDO CON SU USO:

No	USOS	GRANULOMETRÍA (mm)
1.	Limpieza de gases naturales en Varadero	1-3
2.	Recuperación del Níquel de las aguas residuales de la planta de Nicaro.	3
3.	Tercio para nitrógeno líquido	1
4.	Catalizador en producción de amileno.	1-2
5.	Cama para animales domésticos.	3-6
6.	Lofilizador de absorción.	1-2
7.	Alimentación de vacunos, aves y porcino	0.08
8.	Suscripción del carbono activado en los medios de protección contra gases industriales (amoníaco, CO ₂ , etc.)	0.5-2
9.	Limpieza de H ₂ O y CO ₂ en planta de oxígeno.	3-6
10.	Producción de zeolita sintética a partir de la zeolita natural.	0.08
11.	Descontaminación de residuos radiactivos líquidos de baja concentración.	0.1-0.2
12.	Clarificación de vinos.	0.04-0.08
13.	Desmante de los guantes de los moldes.	0.04-0.08
14.	Filtrado de glucosa.	0.04-0.08
15.	Mejoramiento y desalinización de los suelos.	0.08
16.	Separación del O ₂ y N ₂ .	3-6
17.	Relleno de papel.	0.04
18.	Fabricación de pinturas.	0.04
19.	Fabricación de detergente.	0.04
20.	Fabricación de cosméticos y desodorantes.	0.04

No	USOS	GRANULOMETRÍA (mm)
21.	Fabricación de botas de goma.	0.04
22.	Fertilizantes	0.04-0.08
23.	Refrigeración	3-6
24.	Purificación de agua albañales.	1-3
25.	Zeopónicos.	-
26.	Clarificador y filtrante donde se utilice el carbón activado o Diatom.	0.04-0.08
27.	Piscicultura.	0.04-0.08
28.	En ganadería: como desodorante en granjas y antidiarético.	0.08
29.	En agricultura: tratamiento de frutos, secado de granos, portador de pesticidas.	0.08-1
30.	Clarificador de aguas potables e industriales.	0.04-0.08

Nota:

En la mayoría de los casos existen usos que requieren de lavado y tratamiento térmico o químico.

(Tomado de la referencia 6)

BIBLIOGRAFIA

1. Autié Pérez, Lic. Miguel, Cromatografías en Zeolitas naturales cubanas. Revista Tecnología Vol. XVI, mayo, 1986, serie Geológica No. 2, Pág. 43-97.
2. Beltrán Meñego, Isaura. Las Zeolitas, Revista Juventud Técnica #184, febrero 1983. Pág. 22-25.
3. Brito Rojas, Amelia, Coutín Correa, Denis F. las Rocas Zeolíticas en Cuba Occidental. Revista Tecnología. Vol. XV, junio 1985. Serie Geología # 1, Pág. 61-68.
4. González Valdéz, José Luís. Las Zeolitas, sus propiedades y uso. Revista La Minería en Cuba. Año 2, No. 2. abril – junio 1976. Pág. 33-40.
5. Parey Domínguez, Carlos. Las Zeolitas: sus usos agrícolas. Boletín Técnica, Suelo y Agroquímica. C. D. M. I. A. T., No 4 diciembre 1987.
6. Programa de desarrollo de las Zeolitas Naturales en 1986 - 9. Ministerio de la Industria Básica. Sep. 1986
7. Zeolitas Naturales. Clinoptilolita y sus usos (folletos traducidos). Proyectos Comerciales de la República Socialista Soviética de Georgia. 31/10/1987.

EVALUATION

VALUTAZIONE

EVALUATION

EVALUACIÓN

EVALUATION

Datos del Autor:



Nombre: Cosme

Apellidos: Casals Corella.

Fecha de Nacimiento: 23 de Agosto de 1956.

Dirección Particular:

Calle: Pedro Rogena # 7 (Altos).

Entre: Ave. Los Libertadores y Eugenio González.

Reparto La Aduana. Holguín. Cuba.

Teléfono.53 - 52237248.

Apartado Postal # 246. CP. 80 100.

Holguín. Cuba.

Email: cosme_casals@yahoo.es

Profesión: Ingeniero Geólogo.

Lugar de Trabajo: Centro Nacional de Producción de Animales de Laboratorio. (CIN ALA 3)
Dirección: Finca Mirabeque Km. 2. Carretera Cacahuat. Bejuco. La Habana.
Teléfono y fax. 07 633 90 8 y 07 633 90 58.

Organismo: Ministerio de Ciencias, Tecnología y Medio Ambiente.

Libros Publicados.

- 1988. **La Zeolita Mineral del Siglo XXI. Uso y Aplicaciones.** Ediciones Publicigraf.
- 1992. **Bariay.** Ed. Holguín. Publicigraf. Holguín.
- 1995. **La Costa Noroeste de Holguín.** Ed. Holguín. Publicigraf. Holguín. 48 p.
- 2002. **Cristóbal Colón 1492.** Ed. Cuadernos del Papel. Serie Documentos Colombinos. Holguín.
- 2005 y 2006. **El primer viaje de Cristóbal Colón a Cuba.** Editado por Casa Editora Abril y Ediciones Boloña de la Oficina del Historiador de la Ciudad de La Habana, presentado en la Semana de la Cultura de Holguín el 19 de Enero del 2005 y en la 15 FERIA Internacional del Libro en la Ciudad de Holguín 10 de marzo 2007.
- 2006. **Derrotero de Cristóbal Colón por la Costa de Holguín.1492.** Ediciones Holguín. Colección Comunidad. Presentado en la 14 FERIA Internacional del Libro en la Ciudad de Holguín.
- 2007. **BIOTUR 2006. Parque Natural Cristóbal Colón.** Editorial. GRAFINOVA, S.A. Santiago de Compostela. Subvencionado por la Junta de Turismo de Galicia. España.