

Técnicas inovativas: zeolita, micorriza y desechos metalúrgicos

Rocas zeolitas

En el contexto de un modelo de desarrollo y a medida que el interés aumenta en el reciclado y recuperación de materiales de desecho, se reconoce la necesidad de dar mayor importancia a las materias primas. Esto incluye las rocas zeolitas de origen volcánico usadas en sistemas de fitodepuración con el objetivo de incrementar su desempeño.

Existen enormes depósitos de rocas zeolita en Italia y hay estudios geo-mineralógicos de estas en los últimos cuarenta años.

Propiedades típicas

Gracias a su estructura y su natural cristalografía química, las rocas zeolitas tienen propiedades químico-físicas tales como:

- a) deshidratación reversiva;
- b) adsorción selectiva;
- c) habilidad aguda y selectiva al intercambio catiónico (siempre en reversa y no influenciado por la temperatura).

Dependiendo del tipo del sedimento original y su grado las rocas zeolitas producen:

- 1) consistencia lithoide;
- 2) textura con micro-porosidad, conectada a la naturaleza litológica (roca coherente) y estructural (hueca y con canales en las zeolitas);
- 3) peso específico, alrededor del doble de pumice, y menos de la mitad del cuarzo.

- d) La porosidad (de textura y estructural) es "real" ya que los poros se comunican unos con otros. Una zeolita seca y colada, absorbe agua hasta la saturación de los poros (=retención de agua), deja que el exceso de agua pase fácilmente (permeabilidad) y regrese, antes que la desecación, a su estado original sin ningún cambio estructural o de textura.
- e) Como la micro-porosidad estructural contiene agua (hasta 20% m/m) que está constantemente y perfectamente balanceado con la tensión externa de vapor, las zeolitas a altas temperaturas o ambientes secos pierden agua con la absorción de calor (reacción endotérmica) que recuperan cuando transfieren calor (reacción exotérmica) al volver a temperaturas menores o ambientes ligeramente húmedos (estos procesos de deshidratación e hidratación solo pueden tener lugar con los cambios de estación o cuando anochece).

En general las rocas zeolitas son incoloras o blanquecinas, sin embargo algunas ocasiones, debido a la presencia de pequeñas oclusiones de óxidos de hierro o sustancias orgánicas, pueden tener coloración

rojiza-café. Su brillo, aunque no es muy notorio, puede variar de cristaloso a madre perla, o sedoso en algunos tipos fibrosos.

El ácido concentrado hidrociorhídrico descompone las rocas zeolitas, con separación del silicio, llevándolo generalmente a un estado gelatinoso.

Las rocas zeolitas en el suelo mantienen un nivel de humedad y temperatura constante y distribuye este balance al ambiente alrededor de ellas.

Clasificación

Las zeolitas pueden ser divididas en tres grupos (tab. 1): “zeolitas fibrosas” tienen una estructura cristalosa caracterizada por anillos tetraédricos (Si, Al) O₄, unidos en cadenas alargadas lado a lado, “zeolitas tabulares” y zeolitas no incluidas en los dos grupos anteriores. Las diferencias entre los varios grupos son verificables en su organización interna, y las diferentes disposiciones estructurales de tetraedros influyen las características morfológicas y mineralógicas.

Tab. 1. Clasificación de zeolitas.

Zeolitas fibrosas	Zeolitas tabulares	Otras zeolitas
Natrolite	Heulandite	Phillipsite
Mesofite	Stilbite	Harmotomo
Scolecite	Epistilbite	Chabasite
Thomsonite		Gismondina
Mordent		Offretite
Laumonite		Erionite
Dachiardite		Gmelinite
Gonnardite		Faujasite
Edingtonite		

Las rocas zeolitas italianas contienen principalmente Chabasita, phillipsita y clinoptilolita (variedad rica en heulandita en silicio y alcali). Chabasita y phillipsita están presentes en rocas en Lazio y La Campania respectivamente entre 50-10%, la clinoptilolita está presente en las rocas de Cerdeña con un porcentaje entre 40-70%.

Uso de rocas zeolitas

Las zeolitas muestran consistencia litoide y –dado su génesis- generalmente toman una posición superficial, ocupan distancias considerables (decenas o centenas de km cuadrados) y son muy gruesas (50-100 m), por lo que son bastante baratas de extraer. Las zeolitas (también conocidas como “zeolitas naturales”) son muy atractivas para los sectores que necesitan vastas cantidades de material de alta calidad y de pureza constante a costos comerciales bajos: zootecnia (aditivos alimenticios animales, cereales, desechos líquidos y “compost”), acuicultura (purificación del agua en granjas de peces), purificación de aguas residuales civiles, industriales y de agricultura. También es necesario recordar que las zeolitas pueden ser usadas para remover el plomo, cromo y cadmio del agua, así como desinfectar estos materiales cuando son afectados por niveles concentrados de desechos líquidos concentrados.

Usando rocas zeolíticas en canales fito-absorbentes

La elección de usar rocas zeolíticas como medio en canales fito-absorbentes está basada en un tipo de zeolita con un alto contenido de Chatabasita, en oposición a la prevalencia de phillipsita. Esta preferencia está justificada por el hecho de que la phillipsita tiene una gran selectividad hacia NH_4^+ que puede hacerla competir por el crecimiento de las raíces de las plantas hidrofitas -que crecen en la cama del canal-. La chatabasita, por el otro lado es menos selectiva, tiene un buen intercambio de amonio con el agua y lentamente lo suministra a la planta. Este mecanismo tiene una doble ventaja, por un lado, la roca retiene el amonio del agua y lo hace disponible para las raíces de la planta, y por otro lado las raíces desarrollan un papel “regenerante” hacia los granos de zeolita, intercambiando amonio.

Desechos metalúrgicos

El sustrato adsorbente representa la solución más apropiada, en comparación a los depósitos de vegetación, fauna y micro-organismos, para retener el fósforo a la larga.

En agricultura, la interacción entre el fósforo y la tierra ha sido bastante estudiada, y se ha notado que la fijación de nutrientes en la tierra incluye tanto los fenómenos de adsorción como de precipitación, aunque el primero – a largo plazo – claramente tiene más importancia comparado con el segundo. Esta fijación es generalmente atribuida al Fe, Ca y óxidos de Al.

Un estudio australiano deduce que la remoción de fósforo de las aguas de desechos puede darse en algunos tipos de suelos, en materiales industriales (desechos metalúrgicos) y en materiales adsorbentes, como la zeolita, gracias a la presencia concentrada de Ca, Al y Fe en el sustrato.

De hecho, estudios recientes en desechos metalúrgicos, de los talleres de acero Lucchini en Piombino, muestran su significativa habilidad para remover el fósforo.

El uso de estos sub-productos descartados por la industria del acero y del hierro, hace necesaria una ley para el reutilizamiento de materiales no-peligrosos. El Decreto Ronchi (D.Lgs. 22/97) y sus siguientes

modificaciones representan una innovación relevante, porque no coloca mas los materiales de desecho en un lugar, sino que siempre que sea posible, apunta a su recuperación y re-utilización. Entre los decretos mas importantes está el DM 5/2/98 (procedimientos simplificados), donde se suministra una lista detallada de materiales no considerados peligrosos, que pueden ser recuperados y luego re-utilizados (su origen, características y actividades prácticas se especifican, y se clasifican en materias primas y por productos). El mismo decreto también contiene las directivas para validar las condiciones de la liberación del material, que no debe, en orden de ser re-usado exceder los valores pautados como regulación. La atención entonces se traslada a la contaminación potencial del suelo y sub-suelo, así como a las aguas superficiales y subterráneas, debido a las aguas que se percolan en el proceso.

Con el objetivo de determinar el máximo de adsorción, los desechos del horno fueron colocados en contacto con soluciones conteniendo grandes cantidades de fósforo. Los experimentos arrojaron los siguientes resultados concernientes a la adsorción: para la basura del horno [waste] 3659,5 mgs P/kg basura; para el desperdicio del horno [chaff] 22259,2 mgs P/kg desperdicio. La gran habilidad de adsorción hacia el fósforo es atribuida a la presencia de óxidos de Ca, Al y Fe que forman sales que precipitan, y se remueve el fósforo del agua.

Una segunda serie de pruebas verifica la habilidad de adsorción de concentraciones menores de fósforo.

Los resultados enfatizan el mayor potencial de la basura [waste] metálica para remover nutrientes, debido a su velocidad, comparado con los desperdicios [chaff].

Al incrementar la cantidad entrante de P, se observó una reducción del pH para ambos materiales y en algunos casos supero los límites permitidos¹.

Basados en los datos encontrados durante los experimentos, la excelente habilidad de absorber altas concentraciones sugieren el uso de materiales en presencia de un efluente de limitada capacidad y conteniendo vastas cantidades de fósforo para purificar, en lugar de usar filtros de purificación donde las capacidades son altas y las concentraciones bajas. El tiempo de saturación calculado para la basura [waste] es mas largo comparado al desperdicio [chaff], así que la regeneración de las tinajas es menos frecuente.

Plantas micorrizas

La vegetación terrestre tiene una parte aérea, especializada en actividades de fijación fotosintéticas del carbón, intercambio gaseoso y evaporación-transpiración; al mismo tiempo que entra en el subsuelo con el

¹ De acuerdo con el Decreto Ministerial del 5 de Febrero de 1998 los límites permitidos de concentración para algunos elementos contaminantes son: 50 mg/L NO₃; Fluoruro 1,5 mg/L F; COD mg; pH 5,5-12,0.

objetivo de anclarse, así como de mediar en las relaciones químicas, físicas y biológicas con los componentes bióticos y abióticos del suelo.

El sistema de raíces

La extensión del sistema de raíces es el resultado de dos procesos fundamentales: crecimiento y ramificación. Son simultáneos, no independientes e influenciados por diferentes factores: presencia de hormonas, concentración de sales, densidad del suelo, presencia de micro-organismos (por ejemplo hongos micorriza).

La rizosfera

Al área de contacto entre la tierra y el sistema de raíces se le llama rizosfera, y básicamente se divide en 3 áreas:

- 1) la endorizosfera que se extiende desde la superficie de las raíces hasta las primeras capas celulares internas.
- 2) El rizoplasma o superficie externa de las raíces y parte de la tierra donde se da la absorción de sustancias nutritivas.
- 3) La ectorizosfera que es el volumen de tierra en contacto inmediato con las raíces de varios tamaños de acuerdo con el tipo de planta e interacción relativa con los componentes microbióticos de la tierra.

El modelo de la rizosfera puede ser representado simplemente por una “familia biológica” con los siguientes elementos esenciales:

- Plantas
- Hongos
- Bacterias

En esta cadena, las sustancias nutritivas (sales minerales) pasan por una descomposición primaria por bacterias, mientras que los hongos las transportan a las raíces a través de las cuales las plantas absorben su alimento.

En esta asociación mutua con el sistema de raíces, los hongos y las bacterias alcanzan un flujo constante de sustancias carbónicas de la planta.

Micorriza

Las micorrizas pueden ser definidas como una clase clásica de ‘simbiosis mutua’ entre algunos hongos y raíces de plantas – dos seres vivos que se complementan en el uso de recursos y mutuamente se

benefician del intercambio de azúcares producidos por la planta y los elementos nutritivos absorbidos por los hongos.

La micorrización es una técnica, con el objetivo de mejorar o inducir, la habilidad de asimilar nutrientes de las plantas.

Es el tipo más común de simbiosis en la naturaleza – más del 90% de las especies vegetales en condiciones naturales está micorrizado.

Incluso se han encontrado remanentes de fósiles confirmando la existencia de endomicorrizas hace 450 millones de años, al mismo tiempo que las plantas aparecían sobre la tierra. Hoy en día en los ambientes antropológicos (campos de agricultura y zonas verdes urbanas) las micorrizas están casi o completamente ausentes, probablemente debido a la contaminación química de los suelos.

Las micorrizas tienen un tipo de cubierta o capa, en forma de un acoplamiento de hifas, que incluye o cubre las puntas de las raíces.

Bacteria

La tierra está compuesta por arena, limo, arcilla, sustancias orgánicas en putrefacción, aire, agua y un enorme número de organismos vivos, estimados en alrededor de 10 millones por gramo en tierra sin contaminar.

Dentro de la “micorrizosfera” (el ambiente alrededor de la micorriza), diferentes micro-organismos interactúan ya sea directamente o indirectamente, influenciados por la planta y factores abióticos.

La definición ‘Promotor del Crecimiento de la Planta’ (PGP, por sus siglas en inglés), indica bacterias de la rizosfera (*Bacillus*, *Pseudomonas*, *Frankia*, *Streptomyces*) que pueden incrementar el crecimiento de las plantas e inhibir el desarrollo de algunos fitopatógenos. Estos son micro-organismos normalmente presentes en ambientes agrarios y forestales que han pertenecido al plano de la evolución de las plantas por 600 millones de años.

La enorme variabilidad genética junto con una fácil adaptabilidad de bacteria y rizosfera, permite entonces atacar y metabolizar cualquier sustancia. Algunas de estas (Bacteria de Ayuda Micorrizal) son capaces de estimular el crecimiento de las plantas al producir fitohormonas u otros compuestos antibióticos que limitan el crecimiento de micro-organismos antagonistas.

Sin embargo también existen bacterias que inhiben la micorrización.

Los fijadores de nitrógeno y las bacterias fosfo-líticas también interactúan con los procesos micorrizadores y alteran los nutrientes minerales disponibles en la tierra.