

El Agua como Mineral. Desalación. Mineralotecnía del Agua.

/ CARLOS DE LA FUENTE CULLELL (1)* / JUAN ANTONIO DE LA FUENTE BENCOMO (2)

(1) Instituto de Ciencias de la Tierra "Jaime Almera". C.S.I.C. Martí i Franqués, s/n. 08028 - Barcelona

(2) Instituto Tecnológico de Canarias. Departamento de Agua. Playa de Pozo Izquierdo. 35280 - Santa Lucía de Tirajana. Gran Canaria.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo analiza diversos aspectos de la tecnología mineral aplicada a la explotación del agua como recurso mineral, basándose en el criterio de que el agua es un mineral y el mar es el mayor de sus yacimientos.

A esta evidencia se suma el hecho de que el agua es un mineral industrial por su condición de materia prima indispensable en multitud de procesos industriales y productivos en general, y además es un mineral crítico y estratégico, por resultar imprescindible para usos esenciales y cuya obtención en cantidad, calidad y en momentos determinados puede ser incierta, lo que obliga a hacer una provisión anticipada del mismo.

La I.M.A. tiene reconocido como mineral al agua que, en su estado sólido, el hielo, es estable a temperaturas inferiores a 0º C y posee las siguientes características. Naturaleza química: H₂O (11,19 % de H y 88,81 % de O); Clase III "Oxidos" de la clasificación de Dana's; Cristaliza en el Hexagonal, clase piramidal ditrigonal; z = 4; a₀=4,46 Å, C₀=7,32 Å, C/a = 1,634, Cristales en forma de estrella, en forma maciza y granular. Cristales tabulares hexagonales, aciculares, esqueléticos y maclados. Sin exfoliación manifiesta. Frágil. Plástico por su fácil traslación por presión según (0001). Fractura conoide. Dureza: 1,5; Peso específico: 0,9175; Brillo vítreo. Incoloro. Blanco, azulado o verdoso. Es el mineral más difundido en la corteza terrestre.

Aceptada la naturaleza mineral del agua, aquí describimos el proceso mineralotécnico de su desalación que se lleva a cabo en la planta desaladora "Las Palmas III" en Jinámar (Las Palmas de Gran Canaria), los rendimientos del proceso, sus costes energéticos y económicos, y

la optimización de los resultados en la explotación de la paragénesis mineral constituida por las aguas marinas y sus sales en disolución.

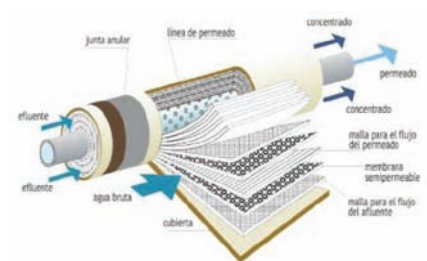


fig 1. Membranas de desalación.

MINERALOTECNIA DEL AGUA

La Mineralotecnía se ocupa del estudio y la gestión de las propiedades tecnológicas de los minerales. Se entiende por propiedad tecnológica aquella que propicia el beneficio del mineral mediante la aplicación de una determinada tecnología. Son estas propiedades las que permiten obtener un beneficio del mineral y que sea considerado como recurso económico.

Maurice Allais, ingeniero de minas, profesor de l'Ecole National Polytechnique y premio Nobel de Economía en 1987, define la Economía como la ciencia que se ocupa del estudio y la gestión de los recursos escasos. Como minero, Allais, indica que el mineral es siempre un recurso escaso con la única excepción del agua que, geológicamente es un recurso renovable, mientras que todos los demás minerales son recursos no renovables.

La Mineralotecnía está absolutamente condicionada por criterios económicos, ya que trata de obtener del mineral una rentabilidad mediante su explotación y tratamiento. De este mismo criterio surge la Mineralurgia que es la técnica del tratamiento primario de las menas con objeto de incrementar su valor neto. La explotación y tratamiento de

los recursos minerales marinos, del agua del mar y de las sales en ella disueltas no debe confundirse con el laboreo minero y tratamiento de menas de los fondos marinos, y se concreta en la separación del agua marina de los solutos que contiene.

Esta tecnología se conoce como desalación y es únicamente aplicable al agua. Se lleva a cabo en instalaciones industriales específicas llamadas plantas desaladoras o desalinizadoras.

DESALACIÓN DEL AGUA DEL MAR

La correcta evaluación de sus recursos hídricos es fundamental para el desarrollo de la economía, la agricultura y la industria de un país.

Cuando por razones climáticas, demográficas o por previsión de futuro desarrollo estos recursos son insuficientes, se acude a la explotación de ese inmenso yacimiento de agua que es el mar.

Como todo tratamiento mineralotécnico, la desalación del agua del mar ha experimentado profundas transformaciones y optimizaciones para disminuir sus costes de producción. Estos costes de producción van totalmente ligados a los costes energéticos y hacia su disminución van encaminados los estudios e investigaciones hoy en día.

Sistemáticamente, los procesos de desalación del agua del mar se pueden agrupar en dos tipos:

1) Procesos que implican un cambio del estado físico del agua. Aquí se incluyen los procesos en los que el agua pasa por una fase gaseosa (destilación), que pueden ser por compresión de gases, procesos térmicos de efecto múltiple y procesos térmicos multflash o de expansiones múltiples y los procesos en los que el agua pasa por una fase

sólida (congelación) o un proceso que sólo se practica en laboratorio como es la formación de hidratos.

2) Más económicos resultan los procesos en los que el agua no cambia de estado físico en los que se aplica la tecnología de membranas y que comprenden la electrodiálisis y el proceso más aplicado hoy en día: *Osmosis inversa*.

Este es el procesado aplicado en la planta "Las Palmas III" que hemos referenciado en este trabajo.

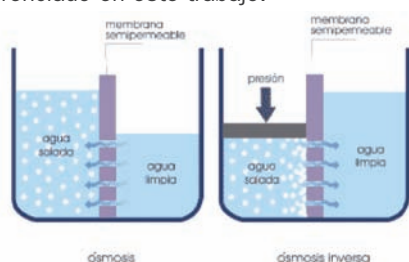


fig 2. Proceso de ósmosis inversa

OSMOSIS INVERSA

Dos soluciones con distinta concentración de sales, separadas por una membrana semipermeable, tienden a equilibrarse, diluyendo la de menor concentración a la de mayor concentración. El aumento de nivel en la solución de mayor concentración se llama *presión osmótica*.

Si una solución con sales disueltas la sometemos a presión contra una membrana semipermeable se pueden concentrar las sales a un lado de la membrana y obtener el disolvente al otro lado. En esto consiste la *ósmosis inversa*.

La EDAM de Jinámar tiene una capacidad de producción máxima de 65.000 m³/día, tras su ampliación.

DATOS ANALÍTICOS

El análisis de una muestra de salmuera vertida al mar, mediante métodos volumétricos clásicos y valoraciones potenciométricas cuantitativas, utilizando un analizador multiparámetro "WaterLab" de Radiometer Analítico y un pHmetro digital "MeterLab", expresados en gramos/litro son: Ca (1.10); Mg (2.60); Na (21.04); K (0.62); Sílice (0.015); Sulfatos (4.4); Bicarbonatos (0.226); Cloruros (39.52); Nitratos (0.24); Bromuros (0.176); Bromatos (0.170); Fluoruros (0.019); pH (7.8); TDS (70.728).

La concentración de sales en la salmuera (agua-rechazo) es aproximadamente el doble que en el agua del mar (35 g/l). Da

la medida de la eficiencia productiva del proceso de desalación con ósmosis inversa. Razón de trabajo: 45/55. Las membranas utilizadas son el modelo "Filmtec AD 8040F" fabricadas por Dow Chemical Co. Cada una de ellas tiene una superficie de 34,8 m², una capacidad de permeado de 20,8 m³/día y resisten una presión máxima de 83 atmósferas, con un rechazo salino del 99.6 %.

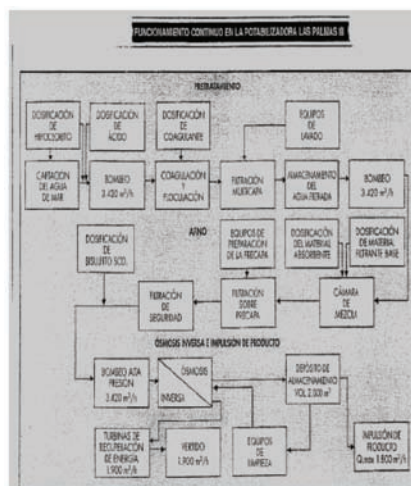


fig 3. Diagrama de flujo de la planta desaladora de Jinámar

CONCLUSIONES

- La desalinización es un proceso mineralotécnico que pretende el beneficio de un inmenso yacimiento como es el agua del mar.
- Como todo proceso industrial, es objeto de continuas optimizaciones, que actualmente en Canarias se centran en la desalación mediante energías renovables, básicamente la eólica.
- La utilización de esta energía y el desarrollo de las tecnologías de membrana, ha conseguido que en Gran Canaria, el coste del agua desalada se sitúe en 0,34 euros/m³.
- Este coste podría disminuir si en la EDAM de Jinámar, se abordase el beneficio de las magnesitas marinas para obtención de magnesia (OMg) y Mg²⁺.
- El 78 % del agua de consumo en Gran Canaria procede de una EDAM.
- La extensión de este trabajo no permite abarcar la problemática medio ambiental que plantea el vertido de las salmueras al mar, aunque en el caso de esta EDAM este impacto es mínimo como lo demuestra el hecho de que la "Posidonia oceánica", que no soporta una salinidad por encima de los 40 g./litro, no se ve afectada.
- Las diferencias de salinidad de las aguas marinas son irrelevantes por lo que una EDAM para su beneficio se puede establecer en la costa donde se precise, aunque por razones energéticas no es rentable su instalación en cotas

por encima de los 350 m sobre nivel del mar.

Conclusión general

- El agua del mar es una paragénesis mineral y, como tal, puede tener un tratamiento mineralotécnico específico: la desalinización.

REFERENCIAS

Anne, C.O., Trebouet, D., Jauen, P. & Quemene, R.F. (2001): Nanofiltration of seawater fractionation of mono- and multivalent cations. *Desalination*, 14, 287-295.

De la Fuente Bencomo, J.A. (2004): Desalación por ósmosis inversa y su impacto en el medio marino. *Pub Universitas Miguel Hernández. Elche*

- (2012): ITC activity in RE powered desalination from the lab to the land. PV-RO units in Tunisia and Morocco. *Acts. International Conference on Renewable Energy Desalination. Gammarth. Tunis. Tunisia.*

Grant Cross, M. (1971): *Oceanography*. Ed. C.E. Merrill Publishing Co. Columbus.

Mujeriego, R. (2006): *Agua: recursos alternativos. "Desalación y reutilización de aguas residuales"*. Public. Suez Environnement, S.A. Paris.

Sadhvani, J. (1988): "Seis años de funcionamiento continuo en la potabilizadora Las Palmas III". *Ingeniería Civil* nº 110. pp. 93-99.

-, Veza, J.M. & Santana, C. (2005): *Case studies on environmental impact of seawater desalination.. Desalination*, 185. pp 1-9.