

En este número:

Inconvenientes de la dosificación de biocida en plantas desaladoras
Página 22

SPMDs para el control de la contaminación en ecosistemas acuáticos
Página 28

Estimación de rendimientos en EDARs en función de las características del fango activado
Página 40

Técnicas de viabilidad celular para el control de procesos de cloración en fangos activados
Página 46

Control digital integrado en desaladoras
Página 52

Impulsión de aguas residuales conteniendo sólidos de tamaño significativo
Página 54

DOSSIER

El ozono como oxidante y desinfectante

Tecnología avanzada en la generación de ozono

Páginas 56/65

Entrevista a: Andrés del Campo, presidente de la FNCRE
Página 70

Avda. República Argentina, 21 B,
SEVILLA. ESPAÑA

Telf: 954 990 067 Fax: 954 990 132
e-mail: gdo@gdo.infonegocio.com

Cinclus21®

La herramienta más versátil para la gestión del suministro de agua



Gabinete de Diseño y Organización

Resumen

Se reportan los resultados adversos que se generan en la "Calidad Microbiológica" del agua de mar captada mediante un sistema de captación superficial abierta, u "Open Intake", que presenta alta contaminación microbiológica, cuando es sometido a dosificaciones intermitentes o de choque de un biocida oxidante como el hipoclorito de sodio- NaClO (KMnO_4 , O_3 , H_2O_2 , etc.), con el propósito de controlar el desarrollo microbiológico en el agua de proceso que contaminan las líneas de conducción, las unidades en las que se llevan a cabo los procesos y/o las operaciones unitarias, y en especial en el interior de los módulos de membranas utilizadas en las plantas potabilizadoras para desalinizar agua de mar y/o aguas salobres mediante la tecnología de la ósmosis inversa". Este descontrolado desarrollo microbiológico de una gran diversidad de microorganismos sobre la capa activa de las membranas provocan graves problemas de operación de este tipo de plantas potabilizadoras.

Palabras clave:

Hipoclorito sódico, ósmosis inversa, membrana, poliamida, dosificaciones químicas, pretratamiento, plantas potabilizadoras de agua de mar.

Abstract

The drawbacks of using intermittent doses of sodium hypochlorite as an oxidising biocide in the pre-treatment line of a reverse osmosis desalination plant

This article reports on the adverse effects on the microbiological quality of sea water with a high degree of biological contamination captured by an open intake system when it is subjected to intermittent, or shock treatment, doses of an oxidising biocide, such as sodium hypochlorite NaClO (KMnO_4 , O_3 , H_2O_2), even though the purpose is to control microbiological development in the process water that contaminates the conduits, the units in which the processes are carried out and/or the unit operations, especially inside the membrane modules used in potabilising plants to desalt sea water and/or brackish water by the reverse osmosis technique.

The uncontrolled development of a great diversity of microorganisms on the active layer of the membranes causes serious problems in the operation of this type of potabilising plant.

Keywords:

Reverse osmosis, membrane, polyamide, desalination, recovery and reutilization, desalinations plants.

Inconvenientes de realizar dosificación intermitente de hipoclorito de sodio (biocida oxidante), en línea de pretratamiento de una planta desaladora por ósmosis inversa

Por: **A. Muñoz Elguera** (EMALSA – SEMAI/ULPGC)^(*), **J. Alday Ansola** (EMALSA), **A. Gómez Gotor** (SEMAI / ULPGC), **S. O. Pérez Báez** (Dpto. Ing. de Procesos-ULPGC)

^(*) Sección de Medio Ambiente Industrial (SEMAI)
Departamento de Ingeniería de Procesos
Escuela Técnica y Superior de Ingenieros Industriales
Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC)
Tel.: 928 451 876 Fax: 928 458 975
E-mail: secrproc@cicei.ulpgc.es aldomunozes@yahoo.es

1. Introducción

En el campo de las aplicaciones de las tecnologías de membranas, en especial en la potabilización del agua de mar y las salobres mediante la desalación utilizando membranas de ósmosis inversa fabricadas a base de poliamida, la operación de la planta desaladora se realiza tradicionalmente dosificando hipoclorito de sodio- NaClO , KMnO_4 , O_3 , H_2O_2 , u otros similares, que básicamente son biocidas oxidantes, al agua de mar, en la fase de pretratamiento, con el propósito de controlar la proliferación descontrolada de la contaminación microbiológica en el agua de proceso y preservar las membranas de ósmosis inversa del ensuciamiento y atascamiento anormal por "Biofouling"; Pero contradictoriamente, poco antes de que el agua sea alimentada a las mencionadas membranas (específicamente las fabricadas a base de poliamida) se procede a dosificar metabisulfito sódico (reactivo químico fuertemente reductor) al agua de proceso, con

el propósito de neutralizar completamente el cloro residual que aún pudiera contener, debido a que el cloro residual oxida químicamente a la poliamida de la capa activa, degradándola de manera progresiva, por lo que la membrana pierde en el tiempo sus propiedades permselectivas.

Este trabajo de investigación se propone demostrar que este procedimiento, que forma parte de la filosofía tradicional de operar las plantas desaladoras por ósmosis inversa, es realmente contraproducente, ya que en lugar de mejorar la calidad microbiológica del agua de mar sometida a proceso, lo empeora muy severamente.

2. Antecedentes

La planta potabilizadora Las Palmas III, que desala agua de mar mediante la tecnología de ósmosis inversa, consta de 6 bastidores, cada uno de dos etapas (5:3). Puesta en servicio a finales de 1989, actualmente está explotada por la Empresa Mixta de Aguas de Las Palmas S.A.

(EMALSA), quienes manteniendo la práctica tradicional, acostumbraban aplicar directamente al agua de mar, en las cámaras de captación, una dosificación intermitente de aproximadamente 50 ppm de hipoclorito de sodio-NaClO (por ser más barato y de fácil manipuleo) durante las 2 primeras horas de cada turno, mientras que durante las 6 horas restantes se mantenía la misma dosificación en la línea de impulsión conjuntamente con los demás reactivos químicos dosificados, como parte del pretratamiento al que se sometía a dicha agua, antes de que sea alimentado a los bastidores. El propósito de la dosificación intermitente, según los responsables de la operación de la planta era el de controlar la proliferación excesiva de macroalgas y otros macroorganismos que supuestamente atascarían las rejillas finas que permitían el acceso del agua de mar hacia las cámaras de captación.

3. Procedimiento experimental

El procedimiento experimental fue llevado a cabo en dos etapas, las que fueron:

3.1. Primera etapa

Con el objeto de identificar el tipo de parámetros microbiológicos debíamos utilizar para efectuar el seguimiento de la evolución de la calidad del agua de mar a lo largo de toda la planta, desde su captación hasta su salida como salmuera de rechazo de los módulos de membranas, se decidió definir los siguientes puntos de muestreo:

- Muestra de agua del interior y exterior de la cámara de captación.
- Muestra de agua del tanque de homogenización y tranquilización.
- Muestra de agua del tanque de almacenamiento de agua filtrada.
- Muestra de agua a la salida de los filtros de precapa.
- Muestra de agua a la salida de los filtros de seguridad (antes de adición de metabisulfito sódico para la total neutralización del hipoclorito sódico).

Tabla 1	
Parámetros	Métodos utilizados
Coliformes totales	Siembra en Caldo Maconkey, con cultivo a 37°C durante 24 horas.
Coliformes fecales	Siembra en Caldo Maconkey, con cultivo a 44,5°C durante 24 horas.
Mohos y levaduras	Siembra en superficie de Agar Sabouraud, con cultivo a 37°C, durante 3 a 5 días.
Heterótrofos a 37°C	Siembra superficial en Plate Count Agar, con cultivo a 37°C, durante 24 horas.
Enterobacterias totales	Siembra en superficie de Agar V.R.B.G. con cultivo a 37°C, durante 24 horas.
Bacillus spp	Siembra en superficie de Agar para Bacillus, con cultivo a 37°C, durante 24 horas.
Recuento de anaerobios	Siembra en masa de Agar Reinforced, con cultivo a 37°C, durante 24 horas.
Bacterias sulfatorreductoras	Siembra en caldo Starkey, con cultivo a 37°C, durante 7 días.
C.O.T.	Por Oxidación Catalítica a 680°C y detección Infrarroja con (T.O.C.)
Color	Por Colorimetría
Identificación al microscopio óptico	Las muestras son observadas en fresco y con fijación sobre un porta-objetos, seguido de visualización al microscopio óptico.

Tabla 1. Métodos analíticos utilizados.

• Muestra del agua de alimentación a los bastidores (después de la adición de metabisulfito al agua efluente de los filtros de seguridad).

• Muestra de salmuera de rechazo general de los módulos de membranas.

• Muestras de material sólido adherido en el interior de los módulos.

• Muestras del agua de lavado básico y ácido de membranas.

3.2. Segunda etapa

Con el objeto de evaluar con mayor precisión el efecto que tienen las dosificaciones intermitentes de hipoclorito de sodio sobre la calidad microbiológica del agua, se decidió efectuar muestreos periódicos del agua de mar, tanto dentro como fuera de las cámaras de captación de la planta potabilizadora Las Palmas III. La primera toma de muestra de agua se realizó al término de las 2 horas de dosificación de 49 a 50 ppm de NaClO, y las restantes a

intervalos de 1 hora, durante las 6 horas siguientes, hasta que se reiniciaba una nueva dosificación del biocida.

3.3. Tercera etapa

Se finaliza el trabajo de investigación, suspendiendo definitivamente la dosificación por choque al agua de mar con 49 ppm de NaClO en la cámara de captación, pero manteniéndose la misma dosificación en la línea de impulsión hacia la planta, y realizando un seguimiento (durante 3 meses) de la evolución de la calidad microbiológica del agua a través de todos los puntos de muestreo establecidos en la primera fase y observando la evolución de las manifestaciones de la proliferación descontrolada de microorganismos, especialmente en el interior de los módulos de membranas y las tuberías de conducción de la planta.

Tabla 2

Parámetros	Exterior	Interior
Heterótrofos a 37°C (ufc/l)	1.000	150.000
Heterótrofos a 22°C (ufc/l)	3.500	165.000
Enterobacterias Totales (ufc/l)	250	8.750
Recuento de Anaerobios (ufc/l)	2.750	7.000
Bacillus spp (ufc/l)	2.000	100.000
Sulfatoredutoras (ufc/l)	Presencia	Presencia
Mohos y Levaduras (ufc/l)	250	18.750
Coliformes Totales (ufc/l)	Ausencia	Presencia
Coliformes Fecales (ufc/l)	Ausencia	Presencia

Tabla 2. Resultados analíticos dentro y fuera de la cámara de captación.**Tabla 3**

Parámetros	Lavado alcalino	Lavado ácido
Enterobacterias Totales (ufc/l)	Ausencia	Presencia
Recuento de Anaerobios (ufc/l)	Ausencia	Ausencia
Bacillus SPP (ufc/l)	Presencia	Presencia
Mohos y Levaduras (ufc/l)	Presencia	50.000
Sulfatorreductoras (ufc/l)	Ausencia	Ausencia

Tabla 3. Resultados analíticos de aguas de lavado individual de membranas.**Tabla 4**

Parámetros	Analíticos	Observados al microscopio
Enterobacterias Totales (ufc/l)	Presencia	
Bacillus SPP (ufc/l)	Presencia	
Mohos y Levaduras (ufc/l)	Presencia	
Nemátodos		Presencia
Microalgas		Presencia
Material Limoso Orgánico		Presencia

Tabla 4. Resultados analíticos de las muestras sólidas adheridas.

4. Métodos analíticos utilizados

Todas las muestras fueron tomadas en frascos perfectamente esterilizados de un litro, y entregadas inmediatamente a un laboratorio especializado de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (CAFMA), y sometidas a concentración mediante el empleo de un litro de muestra a analizar por filtración en membranas Millipore de 0.45 micras de poro-

sidad. Posteriormente, dichos filtros son sumergidos en un caldo nutritivo para realizar una posterior siembra en los distintos medios específicos de aislamiento que se detallan en la **Tabla 1**.

5. Análisis de los resultados experimentales obtenidos

A continuación se expondrán los resultados analíticos obtenidos en cada etapa del trabajo de investiga-

ción llevada a cabo en la planta potabilizadora Las Palmas III.

5.1. Resultados experimentales de la primera etapa

Los resultados analíticos obtenidos en esta etapa serán presentados en tablas:

- En la **Tabla 2** se muestran los resultados analíticos de muestras de agua tomadas (a las 10:30 a.m.) tanto dentro como fuera de la cámara de captación de la planta.

- En la **Tabla 3** se muestran los resultados analíticos de las aguas de lavado ácido (con ácido cítrico a Ph 1,2) y alcalino (con detergente a Ph 11,5) de las membranas individuales en la planta de verificación de LP3.

- En la **Tabla 4** se muestran los resultados analíticos de las muestras sólidas adheridas en el interior de los tubos de presión y sobre las membranas.

- Finalmente en la **Tabla 5** se resumen todos los resultados analíticos promedios (incluido determinaciones de C.O.T.) correspondientes a los puntos 1 a 7 de muestreo, realizados durante una semana.

5.2. Resultados experimentales de la segunda etapa

Los resultados analíticos promedio de esta etapa se muestran en la **Tabla 6**. Se debe resaltar que la dosificación por choque se inicia a las 7:00 de la mañana, y termina a las 9:00, y la siguiente dosificación por choque se repite a las 15:00 horas. Por ello las muestras de agua, tanto dentro como fuera de la cámara de captación, son tomados entre las 9:00 de la mañana y las 15:00 de la tarde.

5.3. Resultados experimentales de la tercera etapa

Durante esta etapa, luego de suspendido la dosificación de NaClO por choque en la cámara de capta-

Tabla 5

Parámetros		Pto. 1	Pto. 2	Pto. 3	Pto. 4	Pto. 5	Pto. 6	Pto. 7
Heterótrofos a 37°C	(ufc/l)	+	+	-	-	-	+	+
Enterobacterias Totales	(ufc/l)	+	+	+	+	+	+	+
Recuento / Anaerobios	(ufc/l)	+	-	-	+	-	+	+
Bacillus-spp	(ufc/l)	+	+	+	+	+	+	+
Mohos y Levaduras	(ufc/l)	+	+	+	-	+	+	+
Coliformes Totales	(ufc/l)	+	-	-	-	-	-	+
Coliformes Fecales	(ufc/l)	+	-	-	-	-	-	-
Carbono Orgán. Total	(mg C/l)	15,5	9,5	8,0	7,0	7,0	6,0	2,0

Tabla 5. Resultados analíticos promedio, de los 7 puntos de muestreo de agua. + = Presencia - = Ausencia.

Tabla 6

HORA	1ª Muestra (9:00)		2ª Muestra (10:00)		3ª Muestra (11:00)		4ª Muestra (12:00)		5ª Muestra (13:00)		6ª muestra (14:00)		7ª Muestra (15:00)	
Parámetros	FUERA	DENTRO	FUERA	DENTRO	FUERA	DENTRO	FUERA	DENTRO	FUERA	DENTRO	FUERA	DENTRO	FUERA	DENTRO
Heterótrofos a 37°C (ufc/100 ml)	47000	0	40000	1000	20000	14000	10000	26000	11000	30000	16000	3000	14000	4000
Enterobacterias Totales (ufc/100 ml)	120000	0	20000	100	80000	88000	50000	95000	95000	75000	85000	68000	40000	12000
Recuento Anaerobios (ufc/100 ml)	5500	0	300	100	800	1000	1000	2600	1800	3000	1500	5000	1000	300
Bacillus-spp (ufc/100 ml)	88000	0	60000	0	50000	95000	35000	75000	25000	24000	45000	55000	35000	15000
Coliformes Totales (ufc/100 ml)	2100	0	1500	160	1800	1100	890	2900	2750	2850	2100	2475	1950	1400
Coliformes Fecales (ufc/100 ml)	0	0	0	0	0	0	8	42	30	40	25	35	40	7
Carbono Orgánico Total (mg C/l)	2,621	2,041	1,052	1,726	0,95	1,241	0,424	0,549	0,683	0,648	0,466	0,673	0,816	1,68

Tabla 6. Resultados analíticos promedio, de los 7 puntos de muestreo de agua.

ción, se observan los siguientes resultados:

- La concentración de los diferentes microorganismos, progresivamente se van igualando tanto fuera como dentro de la cámara de captación.

- Desaparecen los malos olores en las tuberías de conducción de la planta, eran percibidos cuando se efectuaban trabajos de mantenimiento.

- Disminuyó los malos olores que se percibían cuando se habrían los tubos de presión de los bastidores para trabajos de mantenimiento.

- Desapareció la formación de depósitos de materia orgánica en el interior de los tubos de presión y sobre las membranas de ósmosis inversa.

- Las membranas (bastidores) que requerían lavados químicos

aproximadamente cada 15 a 20 días, pasaron a ser lavados cada 25 a 30 días.

6. Conclusiones

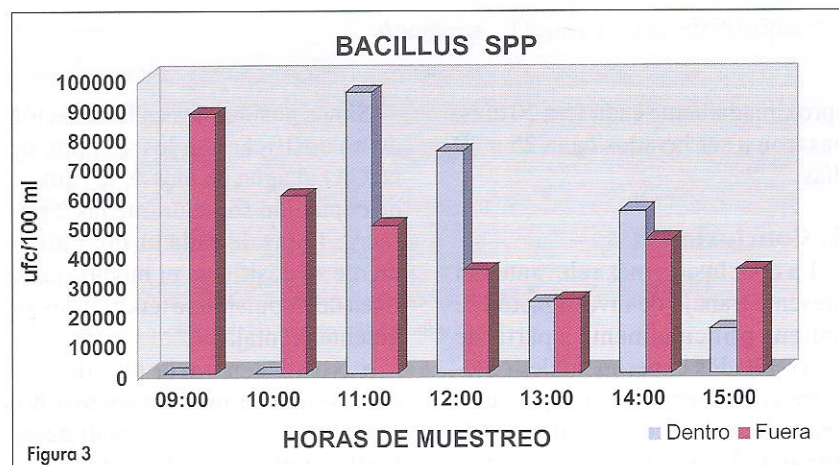
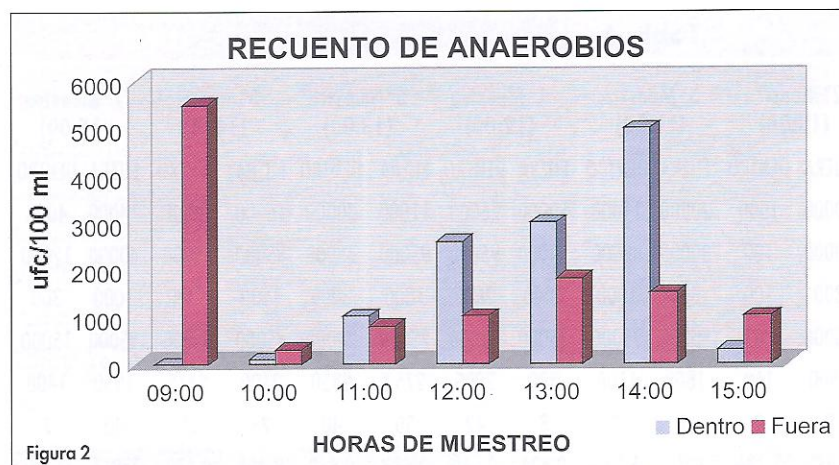
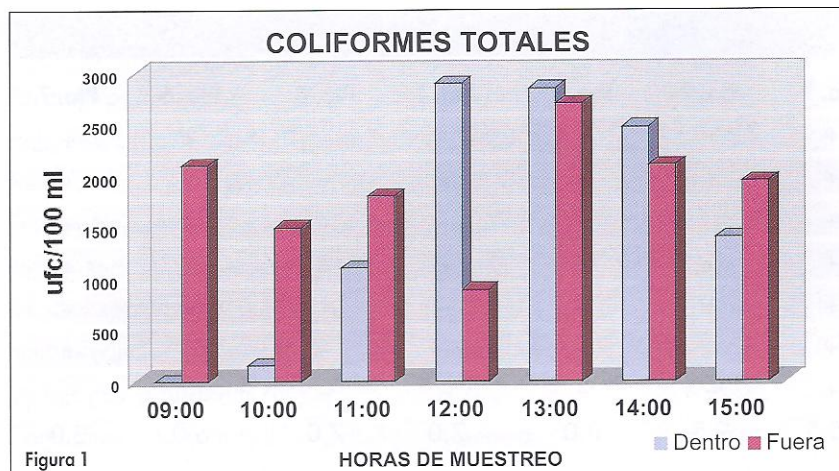
La conclusión más relevante del presente trabajo de investigación se obtiene principalmente a partir de los resultados experimentales obtenidos en la segunda etapa, para ello analizaremos algunas gráficas (Figuras 1, 2 y 3) correspondientes a dichos resultados.

Como podemos observar, la consecuencia clara de la dosificación intermitente es el fuerte incremento de las diferentes poblaciones de microorganismos en el agua de mar al interior de la cámara de captación, pero así mismo se observa que se favorece un muy apreciable incremento de las mismas en el exterior.

Si nos pudiéramos en la situación de no dosificar con los 49 ppm. de NaClO al agua de mar de la cámara de captación sólo durante las 2 primeras horas de cada turno, y solamente se dosificara el biocida en la línea de impulsión se tendrían las siguientes ventajas:

- No se generaría el caldo de cultivo que en las últimas seis horas de cada turno induce el desarrollo explosivo y descontrolado que alcanza los máximos niveles, luego de 3 a 4 h, de todos y cada uno de los diversos grupos de microorganismos que se hallan presentes en el agua de mar.

- Al tener mucha menor concentración de microorganismos en la masa de agua a procesar, se tendría que dosificar una cantidad apreciablemente menor de Hipoclorito só-



dico reduciendo así mismo la cantidad de metabisulfito requerido para neutralizarlo, con lo que se generaría una importante reducciones en los costos de operación.

Finalmente, al llegar menos nutrientes, ocasionado por la muerte de los microorganismo sensibles al NaClO, a los módulos de membranas,

se evitaría que se produzca un acelerado atascamiento de las mismas, y de esta manera operarían mejor.

7. Bibliografía

[1] MITTLEMAN, M. W., 1991, "Bacterial grown and Biofouling control in Purified water Systems", Springer-Verlag, Berlin.

- [2] LE CHEVALIER M. W., 1991, "Biocides and the Current Status of Biofouling Control in Water systems", Springer-Verlag, Berlin.
- [3] FLEMMING, H. C., "Biofouling in Water Treatment", Springer-Verlag, Berlin.
- [4] PAYMENT, P., 1989, "Bacterial Colonization of Domestic Reverse Osmosis Water Filtration Units", Can. J. Microbiol.
- [5] MINDLER, A. B., AND S. T. BATEMAN, 1980, "Pilot Plant Study on Marine Microorganisms and Organic Matter in Seawater Desalination by Reverse Osmosis", Office of Water Research and Technology, Washington, D.C.
- [6] WINTERS H., I. ISQUISH, W. A. Arthur, and A. Mindler, 1983, "Control of Biological Fouling in Seawater Reverse Osmosis Desalination", Desalination 47
- [7] ZEIHNER, E. H., C.C. PIERCE, AND D. WOODS, 1991, "Biofouling of Reverse Osmosis systems: Three Case studies", Ultrapure Water 8.
- [8] RIDGWAY, H. F., 1987, "Microbial Fouling of Reverse Osmosis Membranes: Genesis and Control", Water Micro Associates, San Diego, California.
- [9] DURHAM, L., 1989, "Biological Growth Control Problem in Reverse Osmosis Systems", Ultrapure Water 6.
- [10] Manual de Tratamiento de Aguas para Consumo Humano, Serie: Desinfección, CEPIS/Organización Panamericana de la Salud, Oficina regional de la Organización Mundial de la Salud, Lima-Perú, 1995.
- [11] AWWA, LDA, WRCSA, "Tratamiento de Aguas por Procesos de membranas: Principios, Procesos y aplicaciones", 1999, Editorial Mc Graw Hill.
- [12] Manual Técnico del Agua, 1979, Degremont.
- [13] Manual del Agua: Su naturaleza, Tratamiento, y Aplicaciones, 1993, Nalco, Editorial Mc Graw Hill.