



**NOTA INFORMATIVA SOBRE  
TRATAMIENTO DE AGUAS DE CIRCUITOS  
DE TORRES DE REFRIGERACIÓN**

## Tratamiento de Aguas de Circuitos de Torres de Refrigeración

Los circuitos de refrigeración de las plantas industriales están sujetos a inconvenientes debido al ensuciamiento de la superficie de intercambio térmico y de las tuberías en general.

Los organismos presentes en las aguas de los circuitos (tanto agua de mar como agua dulce) se adaptan a nuevos hábitats adhiriéndose o depositándose sobre las paredes interiores de las tuberías y de los intercambiadores de calor. El desarrollo de estos organismos en el interior de los circuitos crea el denominado “fouling” (ensuciamiento) de los mismos circuitos. En general se habla de un “macro fouling” en el caso del desarrollo de crustáceos, moluscos y amebas, y de “micro fouling” en el caso del desarrollo de algas y bacterias.

El fenómeno del “fouling”, generalmente acompañado de depósitos de sedimentos y de procesos de precipitación de sales, representa un serio obstáculo para el buen funcionamiento y la eficiencia de los sistemas.

La acumulación de materiales obstruye las tuberías y en el caso de las centrales térmicas, disminuye la eficiencia de los intercambiadores aumentando los costes de producción.

El desarrollo del “fouling” en los circuitos depende de distintos factores:

- La calidad del agua utilizada para el enfriamiento.
- La temperatura que alcanza el agua en el interior del circuito.
- La disponibilidad de nutrientes.
- El material de las superficies internas.

La presencia del “fouling” provoca:

- Un aumento de las pérdidas de carga debidas a la rugosidad de las superficies recubiertas de sedimentos.
- Mayor velocidad del agua debida a la obstrucción de las tuberías.
- Un aumento de los costes de mantenimiento por operaciones de limpieza o de sustitución de los tubos y de los bajos de los depósitos deteriorados por la corrosión y sobrecalentamiento debido al menor intercambio térmico durante su funcionamiento.
- Un aumento de los costes de producción por la incapacidad de mantener el intercambio térmico y consecuentemente el grado de vacío o las temperaturas necesarias durante las fases de proceso.

El desarrollo del “biofouling” puede ser en parte prevenido durante la fase de proyecto, utilizando materiales idóneos (acero inox. AISI 316 o tratando la superficie con polímeros protectores) y dimensionando los conductos a modo de obtener una velocidad de flujo (>1m/s) que puedan obstaculizar la adhesión de estos organismos.

También el “fouling” puede ser controlado mediante medios mecánicos, que suelen ser costosos y muchas veces ineficaces, o con el empleo de biocidas, que suelen tener un tiempo de eficacia muy reducido, siendo necesaria su aplicación periódica, elevando así los costes de gestión y mantenimiento.

Los límites previstos para la calidad de las aguas vertidas y la necesidad de sistemas seguros en su operatividad han llevado a elegir como biocida en sistemas de enfriamiento de grandes plantas, el Dióxido de Cloro.

En efecto, el Hipoclorito de Sodio (Cloro liquido) y el cloro gas, aun siendo eficaces en el control del “fouling”, cuando se utilizan en aguas con contenido elevado de sustancias orgánicas, generan compuestos organoalogenados (en particular trialometanos) y cloraminas, que son productos muy perjudiciales para el medio ambiente. Además las cantidades de Hipoclorito o Cloro gas utilizadas en estas plantas suelen ser muy elevadas y es necesario dosificar algún producto reductor para eliminar el cloro residual en el agua de vertido y respetar los límites impuestos por la legislación actual.

Además en el caso de la utilización de Cloro gas, su almacenamiento y transporte representa siempre riesgos y peligros para las personas y el medioambiente.

### Tratamiento Antifouling con Hipoclorito y Dióxido De Cloro.

En unas pruebas realizadas por las industrias químicas Caffaro (Piazzale Marinotti, 1 - 33050 - Torviscosa (UD) – Italia), en colaboración con el departamento de biología de la universidad de Trieste (Italia), ha sido realizado simulación de laboratorio con el fin de evaluar y comparar la eficacia del Dióxido de Cloro y del Hipoclorito de Sodio (Cloro liquido) en el control del fenómeno del “fouling”. La planta en la cual se ha realizado la experimentación estaba constituida por cuatro depósitos alimentados con un flujo controlado de agua marina y un sistema de bombas que aseguraba el paso de las sustancias químicas examinadas. En el interior de los depósitos se instalaron unos paneles de control con el fin de evaluar en el tiempo la formación del “fouling”.

En los gráficos de las tablas A, B, C y D, pueden verse los resultados obtenidos respectivamente con:

- Ningún tratamiento (“blanco”)
- Agua Marina con 0,2 ppm de cloro liquido NaClO.
- Agua marina con 0,1 ppm de Dióxido de Cloro.
- Agua marina con 0,2 ppm de Dióxido de cloro.

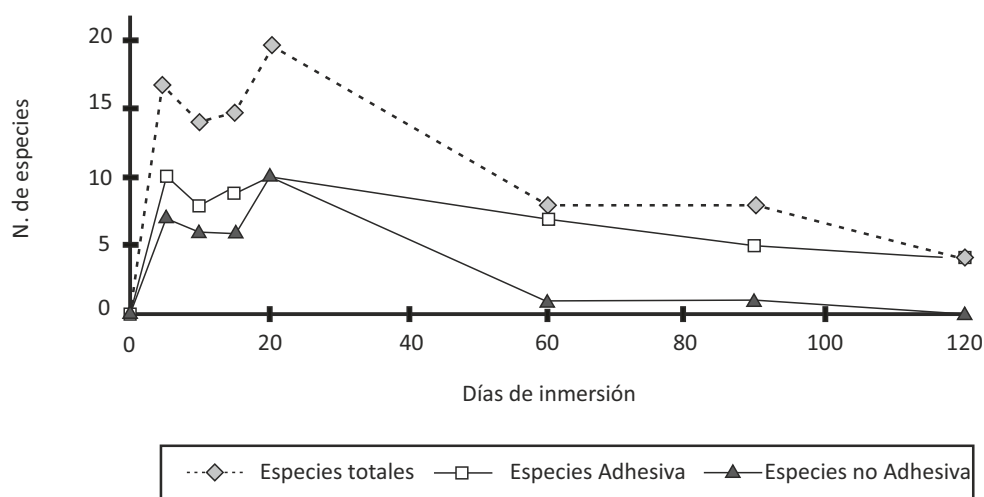


Tabla A: Desarrollo de las distintas especies de organismos en ausencia de tratamiento.

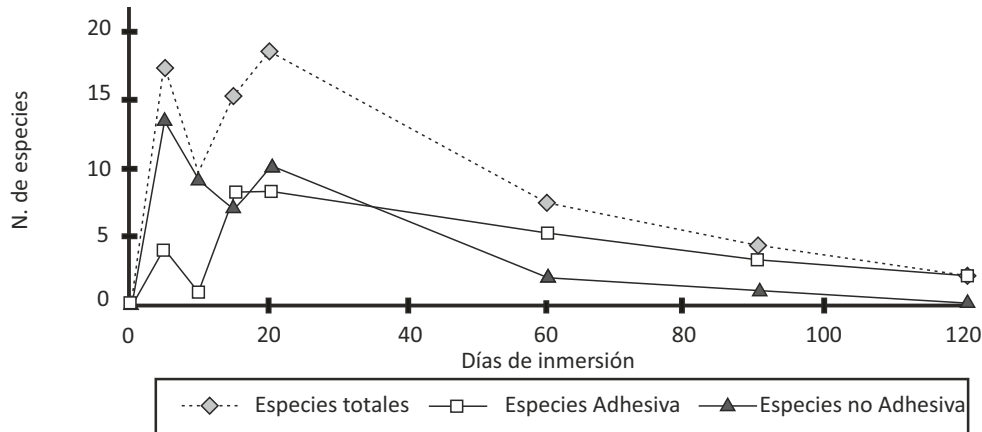


Tabla B: Desarrollo de las distintas especies de organismos en presencia de 0,2 ppm de Cloro

Se puede observar que las especies denominadas “adhesivas”, distinguibles de las planctónicas que por su capacidad de adherirse al sustrato, son relativamente más abundantes sobre paneles sumergidos en agua marina (Tabla A). Su presencia es inferior en los paneles sumergidos en el deposito tratado con 0,2 ppm de Cloro (Tabla B), donde, aun así, las especies están presentes de forma bastante elevada. Por el contrario, son muy escasas o prácticamente ausentes en el caso de tratamientos con Dióxido de Cloro (Tablas C y D), demostrando así la mayor selectividad del Dióxido de Cloro respecto al Cloro, para la eliminación de las especies adhesivas, responsables de la formación del primer estadio del “fouling” (primaryslime).

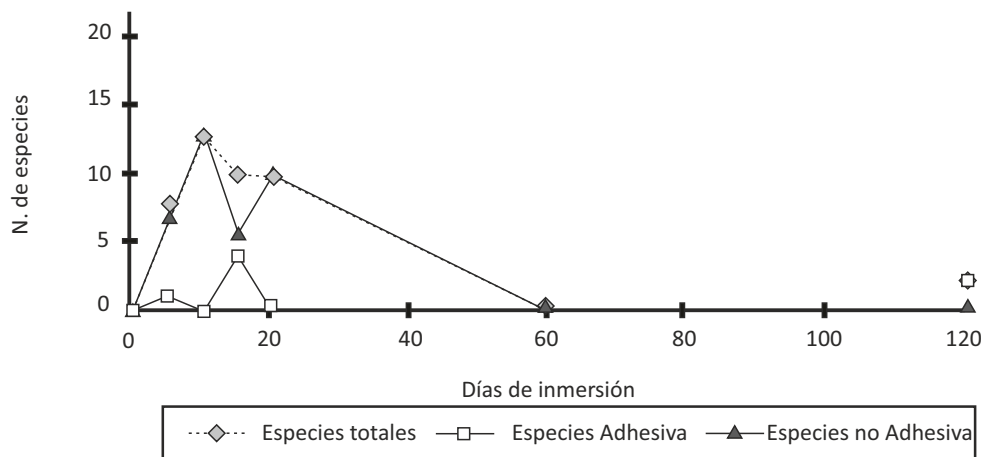


Tabla C: Desarrollo de las distintas especies de organismos en presencia de 0,1 ppm de Dióxido de Cloro.

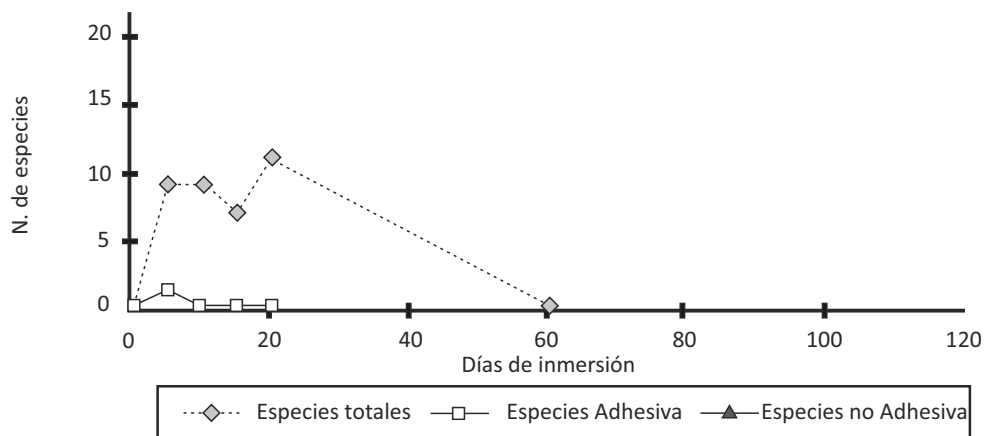


Tabla D: Desarrollo de las distintas especies de organismos en presencia de 0,2 ppm de Dióxido de Cloro.

## UTILIZACIÓN DEL DIOXIDO DE CLORO EN EL TRATAMIENTO ANTIFOULING DE LAS AGUAS MARINAS USADAS EN GRANDES CIRCUITOS DE REFRIGERACIÓN

### CASOA

En el IV Centro Siderúrgico de Taranto (Italia), se han tratado 120.000 m<sup>3</sup>/h de agua marina eutrófica, conteniendo una biomasa planctónica que genera un “fouling” (compuesto esencialmente por especies con cascara calcárea como “mitilidos”, “serpulidos” y “balanus”) de 65 Kg/m<sup>2</sup>/año. Después de una investigación preliminar, actualmente se emplea el Dióxido de Cloro para el control del crecimiento biológico en las aguas utilizadas para el enfriamiento de la planta.

Basándose en la experimentación, durante la cual se realizaba una dosificación en continuo de Dióxido de Cloro de 0,2 -0,4 ppm, se han llegado a las condiciones de ejercicio actuales, que contemplan una dosificación discontinua de Dióxido de Cloro (10 -14 h/día) con una cantidad variable desde 0,2 hasta 0,5 ppm, según las características del agua a tratar, que varían en función de la estacionalidad.

Tal tratamiento, además de ser eficaz, se ha podido confirmar que es compatible con los materiales del circuito de enfriamiento de la planta y con el medioambiente.

### CASOB

El Dióxido de Cloro se está utilizando para el control del “Macrofouling” (correspondiente a 25 Kg/m<sup>2</sup>/año) en las aguas de enfriamiento de una central termoeléctrica italiana. En este caso se utilizan 130.000 de agua marina. El tratamiento se realiza en continuo, dosificando entre 0,1 y 0,2 mg/l de Dióxido de Cloro, correspondiente a una media anual de 0,13 mg/l.

En esta planta se ha realizado una experimentación anterior dirigida a obtener indicaciones de la dosificación necesaria de Dióxido de Cloro. El crecimiento de las especies biológicas responsables del “fouling” ha sido controlado dosificando de forma continua una cantidad de 0,07 ppm de Dióxido de Cloro en los meses invernales (desde Diciembre hasta Abril) y de 0,18 ppm en los meses de temperaturas más elevadas (desde Mayo hasta Noviembre). Gracias a la muy pequeña formación de subproductos de degradación del Dióxido de Cloro (controlada durante todo el periodo de la fase experimental), el ClO<sub>2</sub> (Dióxido de Cloro) ha demostrado su elevada eficacia para el control del “fouling”.

