EL CLORURO

Teoría

El ion cloruro se encuentra con frecuencia en las aguas naturales y residuales, en concentraciones que varían desde unos pocos ppm hasta varios gramos por litro. Este ion ingresa al agua en forma natural mediante el lavado que las aguas lluvias realizan sobre el suelo; sin embargo, como quiera que la superficie de contacto entre el agua y los materiales del suelo es relativamente baja en las aguas superficiales, la concentración de cloruros en estos cuerpos de agua tiende a ser también, relativamente baja, salvo que estas hayan sido afectadas por eventos antrópicos.

No obstante, en las aguas subterráneas, en donde la superficie de contacto entre el agua y los materiales del subsuelo es mucho mayor, la concentración de ion cloruro suele estar directamente relacionada con la litología predominante y/o con el tiempo de permanencia del agua en el acuífero.

Por otra parte, es bien sabido que las excretas humanas y en general las de todos los organismos superiores (la orina principalmente) poseen una concentración de cloruros que es aproximadamente igual a la que cabría esperar a partir del análisis de la dieta ingerida. Si se supone que una persona consume en promedio 2,5 gramos de ión cloruro, por día (g/persona/día) y que ésta persona ingiere a la vez aproximadamente 5 litros de agua al día, entonces la concentración de cloruros en la orina o el sudor, vendría a ser del orden de los 500 mg/l.

Ya que el ion cloruro es una sustancia altamente soluble y estable, y puesto que, con muy pocas excepciones, todos los seres humanos lo ingieren, con frecuencia se utiliza este ion como indicador de contaminación antrópica en los estudios de evaluación ambiental. Por extensión, las aguas residuales domésticas y en general, cualquier vertimiento que las contenga, posee "una huella característica que le identifica" y que posibilita su rastreo mediante mediciones de ion cloruro.

De acuerdo con la reglamentación vigente, la concentración máxima permisible para aguas de consumo humano es de 250 mg/l. No obstante, este límite debe tomarse con precaución ya que existen muchas regiones del país (Guajira, Córdoba, Sucre y San Andrés, entre otras) en donde la única fuente hídrica disponible puede poseer concentraciones de ion cloruro que superan ampliamente dicho límite. Por otra parte, muchos de los preparados alimenticios cotidianos, poseen concentraciones de ión cloruro que superan con creses los 250 mg/l.

INDICADORES Y TRAZADORES

Un indicador es una señal o aviso que antecede a un evento. Es una voz de alerta que tiene por objeto activar las medidas de control para evitar la ocurrencia del evento o para prevenir con suficiente antelación las consecuencias de su ocurrencia.

Así, por ejemplo, en trabajos de calidad de aguas los indicadores de contaminación antrópica rastrean mediante análisis en la composición del agua, cualquier indicio de afectación humana, no porque el indicio sea en sí mismo una afectación grave, sino porque éste indica la posible existencia de una afectación grave, inmediata o que esta por venir.

En rigor, parámetros como la demanda química de oxígeno (DQO) la demanda biológica de oxígeno (DBO), los cloruros y la conductividad eléctrica del agua, son pruebas indicadoras de contaminación, más no contaminantes en sí mismos para la salud humana. De hecho, todos los seres humanos consumen a diario bebidas (soluciones acuosas) que posen valores increíblemente altos en estos parámetros, sin perjuicio para su salud.

Una de las principales causas de confusión que se genera a partir de la información ambiental que se maneja en el lenguaje cotidiano, radica en la falta de claridad y precisión en la aplicación de los conceptos. Tal es el caso de los términos "contaminación", "indicador", "trazador", "vulnerabilidad", "contaminante" y "riesgo", para nombrar solo algunos. En el capítulo 20 de éste texto se presentan algunas definiciones técnicas relacionadas con ellos.

Las mediciones de ion cloruro se utilizan, fundamentalmente, como "indicador" o "trazador" en las evaluaciones de calidad de aguas. Un "indicador de contaminación", puede definirse como una sustancia que se halla presente en la fuente contaminante, en concentraciones relativamente altas, generalmente mas altas que las del contaminante propiamente dicho y que cumple con las condiciones de ser muy soluble, inerte frente al medio en el que se mueve y relativamente fácil de medir. La figura 12.1, ilustra las bondades de varias sustancias comunes en lo referente a su aplicación como indicadores en estudios de calidad de aguas.

Un contaminante puede definirse como "cualquier sustancia ajena a un sistema, que como consecuencia de una actividad humana, ingresa a él y que por su naturaleza y/o concentración, ejerce directa o indirectamente un efecto adverso sobre los seres vivos, que dependen del sistema". También puede definirse un contaminante como "cualquier sustancia de origen antrópico capaz de romper el equilibrio natural de un ecosistema". Para el caso específico de contaminación de cuerpos de aguas, se aplican las siguientes definiciones conexas:

	Biodegradación		
Sorción & Retardo	**Insignificante**	**Lenta**	**Rápida**
Débil	**Cloruros, Cl$^-$** **Sulfatos, SO$_4^=$** **Nitratos, NO$_3^-$** **Sodio, Na$^+$** **Magnesio, Mg^{2+}**	**Proteínas** **Carbohidratos** **Triglicéridos** **Péptidos**	**Azúcares** **Lípidos** **Aminoácidos**
Medio	**Calcio, Ca^{2+}** **K$^+$** **Fe^{2+}** **NH$_4^+$** **SiO$_3^=$**	**Virus** **Bacterias** **Hongos** **Microorganismos**	**Proteínas** **Carbohidratos** **Triglicéridos** **Péptidos**
Fuerte	**Metales Pesados** **Aromáticos** **Organoclorados** **Pesticidas**	**H. Aromáticos** **Organoclorados** **NAPLs y DNPALs** **Celulosas** **Ligninas**	**Azúcares** **Péptidos** **Lípidos**

FIGURA 12.1 UTILIDAD DE ALGUNAS SUSTANCIAS COMO INDICADORES Y TRAZADORES. FUENTE: AUTOR

- Se dice que un cuerpo de aguas (un río, un lago, un aljibe, etc.) ha sido "impactado", cuando un indicador adecuado, que parte desde una fuente potencialmente contaminante, llega hasta él, y su presencia es detectable en cualquier concentración.

FORMAS DE MEDICION

Tal como sucede con la medición de cualquier parámetro, no existe un solo método de medida ni alguno en particular que sea infalible para cualquier tipo de muestras. Los métodos de análisis de cloruros más frecuentes en los laboratorios de calidad de aguas, son el método de medición por electrodo específico, el método de titulación con nitrato mercúrico y el método de titulación con nitrato de plata. En este texto se expone éste último, por ser uno de los más utilizados en la mayoría de los laboratorios y por ser el método que se ha implementado en el Laboratorio de Calidad de Aguas de la Facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales de la UDFJC.

El método se basa en la titulación de un volumen de muestra, con una solución patrón de nitrato de plata, generalmente en concentración de 0,05 N, utilizando cromato de potasio como indicador del punto final de la reacción:

Ag^+ + Cl^- ---------------- $AgCl_{(S)}$ Precipitado Blanco

Ag^+ + $CrO_4^=$ --------------- $Ag_2CrO_{4(S)}$ Precipitado Naranja

Ya que el cromato de plata, ($K_{PS} = 10^{-11,89}$), es mucho mas soluble que el cloruro de plata, ($K_{PS} = 10^{-9,75}$), mientras que exista ión cloruro en el medio, no se formará cromato de plata y en consecuencia el sistema reaccionante lucirá como un flock acuoso de color amarillo[1], hasta justo antes de alcanzar el punto de equivalencia.

Sin embargo, una vez que se agota el ion cloruro presente en la muestra, la siguiente gota de agente titulante producirá un precipitado de cromato de plata, que tiñe de color ladrillo la mezcla titulante. Así, el punto final de la titulación se alcanza justo cuando la mezcla adquiere el primer tinte marrón. Cualquier adición posterior de agente titulante implica error en la medida.