

## Dureza del agua

En el pasado, la dureza del agua se definía como una medida de la capacidad de una muestra de aguas para precipitar jabón. Hoy en día, la dureza total se define como la suma de las concentraciones de calcio y magnesio; ambas expresadas como mg CaCO<sub>3</sub>/L. No existen efectos perjudiciales para la salud por consumir agua dura o blanda, pero de la presencia de aguas duras resultan dos consecuencias económicamente importantes: (1) las aguas duras requieren considerablemente más cantidad de jabón para formar espuma y limpiar materiales en comparación con las aguas blandas, y (2) las aguas duras normalmente precipitan a los carbonatos en los sistemas de tuberías a temperaturas altas (fenómeno conocido como **sarro**). Los carbonatos de calcio y de magnesio son dos de las pocas sales comunes cuya solubilidad disminuye con el aumento de temperatura. La aparición de los detergentes sintéticos ha reducido significativamente los problemas asociados con el agua dura y con su incapacidad para la formación de espuma. Sin embargo, el depósito de sarro continúa siendo un problema.

El origen de una muestra de agua generalmente determina su dureza. Por ejemplo, las aguas superficiales comúnmente contienen menos dureza que las aguas subterráneas. La dureza del agua subterránea se puede explicar por las formaciones geológicas en donde surge el agua. La presencia de carbonatos en suelos superficiales y en sedimentos aumenta la dureza en el agua superficial. De manera similar, las formaciones de caliza en el subsuelo aumentan la dureza del agua subterránea. Los valores de dureza pueden variar desde unos pocos hasta cientos de mg CaCO<sub>3</sub>/L.

La dureza del agua proviene de sales de cationes metálicos divalentes. Estos iones son capaces de reaccionar con jabón y formar precipitados, o, en la presencia de aniones apropiados, formar sarro en tuberías de agua caliente. Los principales cationes causantes de dureza son los cationes de calcio y magnesio, aunque el estroncio, hierro y manganeso también pueden contribuir a la dureza del agua. Es común comparar el valor de la alcalinidad en una muestra de agua con su valor de dureza; ambos son expresados en mg CaCO<sub>3</sub>/L. En el caso en que el valor de la dureza del agua sea mayor que el valor de la alcalinidad total, el valor de dureza que es igual al de la alcalinidad se denomina “dureza de carbonatos” mientras que el exceso se conoce como la “**dureza de no-carbonatos**”. A su vez, cuando la dureza es igual a o menor que la alcalinidad total, toda la dureza es dureza de carbonatos y no habrá dureza de no-carbonatos en esa muestra.

Hay dos métodos para determinar la dureza del agua. El que se describe y se implementa aquí está basado en un método de titulación con un agente quelante. La base de este método es que, a valores específicos de pH, el ácido etilendiaminotetraacético, o EDTA, forma un complejo con cationes bivalentes. Entonces, titulando un volumen conocido de muestra con una solución de EDTA estandarizada (de concentración conocida) se puede medir la concentración de cationes divalentes en una muestra de agua. El punto final en esta titulación se observa con un indicador colorimétrico, negro de eriocromo T. En la ausencia de metales divalentes, el color del indicador es azul. Pero cuando se añade indicador a una muestra de agua dura de pH 10, el indicador forma un complejo de color rojo-vino con los cationes divalentes. Durante la titulación con EDTA, los cationes forman complejos con el EDTA, y, eventualmente hay un punto donde el EDTA ha formado complejos con todos los iones libres y el indicador regresa a su color azul, indicando que en el punto final de la titulación sólo hay complejos de EDTA con los iones de la dureza.

## Bibliografia.

Snoeyink, V.L. and D. Jenkins. Water Chemistry, John Wiley & Sons, New York, 1980.

Sawyer, C.N. and P.L. McCarty. Chemistry for Environmental Engineering (3<sup>rd</sup> Ed), McGraw-Hill Book Company, New York, 1978

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (18<sup>th</sup> Ed.), American Water Works Association, 1992.