



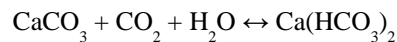
## Dureza

por Guerrero Hernán y Pujol Carlos

### 1. Generalidades

El término “dureza” se utiliza popularmente para designar al agua que no forma espuma con el jabón. Por el contrario, el agua “blanda” es aquella que forma una espuma más o menos abundante. Cuando el agua posee sales de calcio o magnesio, estas se combinan con los ácidos grasos presentes en el jabón, dando como resultado sustancias insolubles que precipitan, imposibilitando la formación de espuma. Cuantas más sales de calcio y magnesio contenga el agua, tanto mayor será su **dureza**, siempre y cuando esas sales estén disueltas. Por este motivo, el carbonato de calcio por ser bastante insoluble, no podrá endurecer el agua, mientras que el bicarbonato de calcio, treinta veces más soluble, sí lo hará.

Se denomina **dureza** temporaria o de carbonatos a la producida por el bicarbonato con las sales de calcio y magnesio pues varía con la **concentración** de dióxido de carbono.



Donde:  $\text{CaCO}_3$  es carbonato de calcio y  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  es el bicarbonato de calcio.

La fotosíntesis, llevada a cabo por las plantas del acuario, condiciona este efecto. La **dureza** del agua es algo mayor por la noche que durante el día, pues en la oscuridad las plantas no utilizan el dióxido de carbono y el mismo puede disolver más sales de calcio y magnesio según la ecuación anterior.

Siguiendo el mismo razonamiento, todo aquello que produzca un aumento en la **concentración** de  $\text{CO}_2$ , aumentará la **dureza** del agua (por ejemplo exceso de peces que al respirar produzcan  $\text{CO}_2$ ). Por el contrario, todo lo que produzca un descenso en la **concentración** de  $\text{CO}_2$ , disminuirá la **dureza** del agua (intensa fotosíntesis, agitación mecánica del agua por una aireación excesiva).

En contraposición a la **dureza** temporaria, está la **dureza** permanente, donde las sales de calcio y magnesio no están constituidas por carbonatos sino por sulfatos, cloruros y nitratos. A diferencia de lo expresado anteriormente, la solubilidad de estas sales no se modifica con la **concentración** de  $\text{CO}_2$ .

Si sumamos los valores de las durezas temporaria y permanente, obtenemos la **dureza** total.

$$\text{GH} = \text{KH} + \text{NKH}$$

Donde:

**GH:** Dureza total o general

**KH:** Dureza temporaria o de carbonatos

**NKH:** Dureza permanente

Cuanto mayor sea **KH**, más resistente será el agua a los cambios de **pH**.

### 2. Unidades de Dureza

La **dureza** del agua puede expresarse de distintas maneras. El grado alemán (dH) es uno de los más utilizados. En esta unidad, todos los componentes de la **dureza** del agua son determinados como CaO (óxido de calcio). De esta manera, 1 dH equivale a 10 mg/litro de CaO. Por otro lado, si nos referimos al grado francés, todos los componentes se expresan como  $\text{CaCO}_3$ , y en este caso, 10 mg/l de  $\text{CaCO}_3$  equivalen a 1 grado francés. Otra forma de expresar la **dureza** es en partes

---

por millón (ppm = mg/l), de carbonato de calcio u óxido de calcio.

Las equivalencias entre las distintas unidades se dan a continuación:

1 dH alemán = 1,25 grados ingleses = 1,78 grados franceses = 1,04 grados americanos = 17,9 ppm (17,9 mg/l) de carbonato de calcio = 10 ppm (10 mg/l) de óxido de calcio.

En base a los grados alemanes, por referirnos a una de las tantas formas de expresar la **dureza**, podemos clasificar las aguas de la siguiente manera:

dH	Clasificación
0 a 4	Muy blanda
5 a 8	Blanda
9 a 12	Semidura
13 a 18	Dura
19 a 30	Muy dura
Más de 30	Extremadamente dura

### 3. La **dureza** y los peces

Cuando decimos que el agua es blanda o dura, nos estamos refiriendo a la **dureza** total o general (GH) y no a la **dureza** de carbonatos (KH). Sin embargo, muchos kits comerciales miden la **dureza** temporaria (KH).

El agua adecuada para mantener peces en un acuario comunitario debe tener una **dureza** temporaria de 100 ppm de carbonato de calcio (equivalente a 5,5 dH). Por supuesto, esta condición es una **solución** de compromiso, pero puede no cumplir con las exigencias de algunos peces que requieren aguas duras (por ejemplo las Mollys) o aguas muy blandas (como los neones). Por lo general, los peces de las regiones templadas del planeta viven en aguas duras, mientras que los de las regiones tropicales se adaptan mucho mejor a las aguas blandas.

### 4. Ablandamiento del agua

El proceso más sencillo para ablandar el agua cuando esta es dura, es agregarle **agua destilada**, o con menor cantidad de sales disueltas (la mejor y más económica es el agua de lluvia recogida luego de 30 minutos de comenzada la precipitación pluvial, recogida directamente en envases limpios) la cual diluirá las sales presentes en el agua del acuario.

La ebullición es otro proceso para disminuir la **dureza** del agua, si bien en este proceso solo eliminamos la **dureza** temporaria o KH. La evaporación del agua libera dióxido de carbono transformando los bicarbonatos solubles en carbonatos insolubles (recordemos que solamente las sales disueltas en el agua contribuyen en la dureza). Los inconvenientes de usar este método son que por un lado incrementa la **concentración** salina por la evaporación, aumenta el pH del agua, y que al eliminar el dióxido de carbono, las plantas se ven perjudicadas por no contar con este gas, necesario para el proceso de fotosíntesis.

El usar resinas de intercambio **iónico**, elimina los **iones** bivalentes de calcio ( $Ca^{++}$ ) y magnesio ( $Mg^{++}$ ) reemplazándolos por sodio lo cual hará que en los medidores disminuya la **dureza**, pero no disminuye la **concentración** salina.

Una opción de resultados excelentes es el uso de membranas de osmosis inversa (RO comúnmente llamadas) las cuales eliminan prácticamente los **iones** obteniéndose un agua extremadamente pura (siempre dependiendo de la membrana utilizada). El problema con esto es que el equipamiento de osmosis inversa es de costo elevado.

La turba, no sólo baja el pH sino que reduce la **dureza** temporaria intercambiando **iones** pero no modifica la **dureza** permanente. Las sustancias quelantes como el EDTA (*ácido etilendiaminotetracético*) que secuestran **iones** bivalentes, también se usan para este fin.

### 5. Aumento de la dureza

El procedimiento más empleado por los acuaristas, para aumentar la **dureza** del agua, consiste en colocar en el

fondo de la pecera rocas o elementos de naturaleza calcárea (caracoles, cochilla, cáscara de huevo triturada, etc.). Aunque el carbonato de calcio presente en estos elementos es poco soluble (0,014 g/l), en contacto con el ácido carbónico se transforma en bicarbonato de calcio muy soluble (0,42 g/l).

También, el aumento de la **dureza** permanente se consigue directamente agregando yeso (sulfato de calcio  $\text{CaSO}_4$ ) al agua.

## 6. Relación entre la **dureza** y el **pH**

No siempre agua dura implica un **pH** alcalino y agua blanda un **pH** ácido. Esto por lo general es correcto, pero tenemos que tener presente que los organismos que viven en el agua están alterando permanentemente el equilibrio entre el carbonato de calcio ( $\text{CO}_3\text{Ca}$ ) y el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ). En la siguiente tabla se representan todas las combinaciones posibles en base al estado de equilibrio de estas sustancias.

**Tabla 2:** Relación de la **dureza** y el **pH**. Las flechas indican aumento (↑) o descenso (↓) y las concentraciones relativas (cantidad de flechas) para cada sustancia.

$\text{CO}_2$	$\text{CaCO}_3$	Se Forma	pH	Agua
↑↑	↑↑	Sales Solubles	Alcalino	Dura
↓	↑↑↑	Pocas Sales Solubles	Alcalino	Blanda
↑↑↑	↓	Pocas Sales Solubles + Ácido Carbónico	Ácido	Blanda
↑↑↑↑	↑↑↑	Sales Solubles + Ácido Carbónico	Ácido	Dura

## 7. Glosario

**Agua destilada:** Agua sometida a un proceso de evaporación y recondensación. Este proceso produce un agua muy pura ya que todo sólido disuelto queda retenido en el primer paso.

**Concentración:** Cantidad de elementos en un determinado volumen o superficie y se expresa siempre como la cantidad de elementos por unidad de medida de espacio. En química, dice de la cantidad de una sustancia presente en una solución. Puede expresarse en muchas unidades distintas, explícitas como mg/L, g/L, mg/ml o por convención como % (porcentaje, una parte en cien, aclarando peso o volumen), ppm (una parte en un millón de partes, también aclarando peso o volumen), M (molar, un mol en un litro de solución).

**Dureza o GH:** Se define como dureza al contenido de iones de Calcio y Magnesio en agua. Históricamente se lo definió como dureza debido a que los jabones no formaban espuma en aguas duras. Los jabones son ácidos grasos de cadena larga cuyas sales de calcio y magnesio no son solubles en agua y precipitan. Se expresa habitualmente como mg/L de  $\text{CaCO}_3$ , aunque el calcio y el magnesio puedan provenir de cloruros, sulfatos, nitratos, etc. [Para más información sobre este término...](#)

**Dureza Temporal o KH:** Por definición es la concentración de bicarbonato de calcio presente en la solución. Los test de acuario para la medición de KH en realidad miden alcalinidad, la cual también es aportada por ejemplo por bicarbonatos de sodio. Se expresa en las mismas unidades que la dureza total. [Para más información sobre este término...](#)

**Ión:** partícula cargada eléctricamente. Solo puede existir en solución con un solvente capaz de autoionizarse. No todas las sustancias son capaces de ionizarse en agua, por ejemplo, el azúcar común se disuelve pero no se ioniza. Todos los ácidos, bases o sales se ionizan en mayor o menor medida.

**pH:** Forma de expresar la acidez, o sea la concentración de  $\text{H}_3\text{O}^+$ . En química se define el operador matemático “p” como “logaritmo de la inversa de”, en este caso aplicado a  $\text{H}_3\text{O}^+$ . Al ser una escala logarítmica el cambio de una unidad de pH equivale a un cambio de 10 unidades en la acidez. En la escala de pH neutro es 7, ácido valores menores a 7 y alcalino o básico valores mayores a 7. [Para más información sobre este término...](#)

**Solución:** Acción y efecto de resolver una duda o dificultad. En química dice de la mezcla homogénea de dos o más sustancias. Suele llamarse *soluta* al que esta en menor proporción y *solvente* al que esta en mayor, pero no siempre es así. El agua del acuario es una solución de numerosos solutos, siendo el agua el solvente.