



(<https://gsa.rakadev.com>).



 Responsibility

Conductividad eléctrica del agua, parte 1

16 October 2017

By Claude E. Boyd, Ph.D.

Profesor Boyd: Principios y medición de un importante parámetro de producción



La conductividad eléctrica del agua proporciona una evaluación de la concentración total de iones disueltos en el agua y es una propiedad importante del agua frecuentemente medida en los sistemas acuícolas.

La conductividad eléctrica del agua, usualmente llamada conductancia específica o simplemente conductividad, se puede medir rápidamente con medidores de laboratorio o medidores portátiles (Fig. 1) para proporcionar una evaluación de la concentración total de iones disueltos. La conductividad de las aguas acuícolas se mide frecuentemente, y me gustaría proporcionar una discusión relativamente simple de los principios básicos y la medición de esta propiedad del agua.

Conductividad en el agua: ley de Ohm

La ley de Ohm es la base para la medición de la conductividad en el agua. Esta ley define la resistencia al flujo de electricidad entre dos puntos en un circuito; una fuerza electromotriz (E) de 1 voltio hará que una corriente (I) de 1 amperio fluya contra una resistencia (R) de 1 ohm. La ecuación de la ley de Ohm es $E = I \cdot R$ o V (voltios) = $I \cdot R$. La cantidad de resistencia impuesta por el alambre en un circuito simple es directamente proporcional a la longitud (L) del alambre e inversamente proporcional al diámetro del alambre (A) o $R = L/A$. Diferentes sustancias, por ejemplo, alambres hechos de diferentes metales, tienen capacidades y características diferentes para resistir el flujo de electricidad. La resistencia característica de una sustancia se llama su resistencia específica (r); por lo tanto, $R = r (L/A)$. Debido a que r está en ohmios, R está en ohmios/cm. Las sustancias distintas al alambre también causan resistencia, y el agua misma es la resistencia con respecto al flujo de electricidad en el agua.

Una resistencia también es un conductor de electricidad, y la conductancia (K) es el recíproco de la resistencia o $K = 1/R$. Un conductor también tiene una conductancia específica (k), y $k = 1/r$ o $k = (1/r) (L/A)$. La unidad de medida para la conductancia es recíproca de ohms, o 1/ohms, pero para hacer una unidad más conveniente, ha sido tradicional referirse a 1/mhos como mhos – ohms deletreado hacia atrás.



Fig. 1: Un medidor de conductividad de banco de laboratorio (izquierda) y un medidor de conductividad portátil (derecha).

El agua conduce la electricidad a través de los iones disueltos en ella, y el agua pura es un conductor pobre de la electricidad. La mayoría de las aguas naturales, sin embargo, contienen iones disueltos, y como resultado, su conductividad aumenta con mayor concentración de iones totales.

Midiendo la conductividad

Un medidor de conductividad para uso en agua es una modificación del puente de Wheatstone tradicional usado para determinar la resistencia de un resistor de resistencia desconocida. En un medidor de conductividad para el agua, la resistencia desconocida es la del agua en la que se inserta la sonda del medidor. El componente puente de Wheatstone del medidor determina la resistencia a través de un cubo de agua de 1-cm^3 .

A diferencia de un puente de Wheatstone que muestra resistencia, un medidor de conductividad muestra la conductividad del agua en mhos/centímetro (mhos/cm). Este valor es un número muy pequeño en agua débilmente mineralizada, y para evitar puntos decimales engorrosos, los medidores de conductividad generalmente también aparecen en micromhos/centímetro (mmhos/cm). Hoy en día,

muchos medidores de conductividad se muestran en la unidad científica internacional (SI) de conductancia de los siemens. La lectura en unidades SI de microsiemens por centímetro (mS/cm) es para todos los propósitos prácticos equivalentes a los micromhos tradicionales por centímetro.

El cloruro de potasio (KCl) es el estándar utilizado en la medición de la conductividad. Las conductancias específicas de diferentes concentraciones acuosas de cloruro de potasio a 25 grados-C se proporcionan en la Tabla 1. Sin embargo, la conductancia específica varía con la temperatura. Por ejemplo, a 25 grados-C, una solución de cloruro de potasio 0,01 N tiene una conductancia específica de 1,413 mmhos/cm (Tabla 1), pero a 20 grados-C y 30 grados-C, los valores son 1,273 y 1,547 mmhos/cm, respectivamente. La mayoría de los medidores de conductividad tienen un compensador de temperatura, y muestran automáticamente la conductividad para 25 grados-C.

Boyd, conductividad, parte 1, Tabla 1

Normalidad de KCl	mg/L de KCl	Conductancia específica (u-mhos/cm)
0.0001	7.5	14.94
0.005	37.3	73.90
0.001	75	147.0
0.005	373	717.8
0.01	746	1,413
0.05	3,728	6,668
0.1	7,455	12,900
0.5	37,275	58,640

Tabla 1. Conductancias específicas de soluciones de cloruro de potasio de diferente normalidad a 25 grados Celsius.

Existe una relación definida entre el aumento de la concentración de cloruro de potasio y una mayor conductividad (Tabla 1). También hay una relación similar entre la concentración iónica y la conductancia específica entre las aguas naturales de diferentes fuentes, pero por lo general no es tan fuerte como la exhibida por las concentraciones de cloruro de potasio en la Tabla 1.

El aumento de la conductividad causado por 1 mg/L de diferentes especies de iones disueltos difiere entre las especies de iones como se ilustra en la Tabla 2 para los siete iones principales que son responsables de la mayor parte de la conductividad en aguas naturales. Por ejemplo, 1 mg/L de magnesio (Mg^{2+}) resulta en una conductividad más de cinco veces mayor que la de 1 mg/L de bicarbonato (HCO_3^-). Los valores de la Tabla 2 pueden utilizarse para calcular la conductividad de una solución a partir de sus concentraciones iónicas, pero los valores de conductancia equivalentes se aplican estrictamente sólo a las concentraciones iónicas a dilución infinita (concentración muy baja).

La conductividad medida será menor que la conductividad calculada con valores de conductancia equivalentes en la Tabla 2, debido a la formación de pares de iones y otros complejos iónicos en el agua. Estas asociaciones de iones no conducen electricidad apreciable, y reducen la conductividad sin

afectar las concentraciones de iones medidas. La discrepancia entre la conductividad medida y calculada aumenta con el aumento de la concentración total de iones, debido a que el grado de complejamiento iónico es mayor en soluciones más concentradas.

Boyd, conductividad, parte 1, Tabla 2

Cationes	u-mhos/cm por mg/L	Aniones	u-mhos/cm por mg/L
Potasio	1.88	Sulfato	1.66
Calcio	2.97	Cloruro	1.95
Magnesio	4.37	Bicarbonato	0.73
Sodio	2.18		

Tabla 2. La conductancia equivalente (contribuciones a la conductancia específica) de los diferentes iones principales.

Las conductividades de las diferentes especies de iones también difieren (Tabla 2). En el océano y en las áreas inferiores de los estuarios, las proporciones iónicas tienden a ser similares en todo el mundo, y persiste una relación bastante constante entre la concentración total de iones y la conductividad. Por el contrario, en agua dulce, las proporciones iónicas varían mucho entre las diferentes aguas. Como resultado, dos aguas con la misma concentración de iones totales rara vez tendrían la misma conductividad. Sin embargo, la conductancia específica suele ser un método bastante fiable para estimar el grado relativo de mineralización (concentración total de iones) de las aguas dulces.

El factor que debe multiplicarse por la conductancia específica para obtener la concentración total de iones varía de aproximadamente 0,55 a 0,8 a través de todas las aguas dulces. Este factor suele estar alrededor de 0,65 a 0,7 para las aguas oceánicas y el agua de las áreas más bajas de los estuarios. A pesar de la variación en la relación entre la conductividad y la concentración total de iones en diferentes aguas, la conductancia específica es un buen indicador del grado de mineralización de diferentes aguas oceánicas, estuarinas y de agua dulce.

Conductividad de diferentes aguas

La conductividad usual de algunos tipos diferentes de aguas sigue: agua destilada, < 2 mmhos/cm; agua de lluvia, < 50 mmhos/cm; aguas interiores en regiones húmedas, < 500 mmhos/cm; aguas interiores en regiones áridas, 500 a > 5.000 mmhos/cm; agua de mar, »50.000 mmhos/cm; estuarios, 1.500 a > 50.000 mmhos/cm. Las aguas potables de mejor calidad tienen una conductividad de 50-500 mmhos/cm, pero algunas pueden tener valores de hasta 1.000-1.500 mmhos/cm. Las aguas dulces no tendrán valores de conductancia específicos por encima de los 1.500 mmhos/cm. Todas las aguas interiores, obviamente, no son aguas dulces.

Author



CLAUDE E. BOYD, PH.D.

School of Fisheries, Aquaculture and Aquatic Sciences
Auburn University
Auburn, Alabama 36849 USA

boydce1@auburn.edu (<mailto:boydce1@auburn.edu>)

Copyright © 2023 Global Seafood Alliance

All rights reserved.