



Alliance

(<https://www.aquaculturealliance.org>).



ENVIRONMENTAL & SOCIAL RESPONSIBILITY (/ADVOCATE/CATEGORY/ENVIRONMENTAL-SOCIAL-RESPONSIBILITY).

## Salinidad en la acuicultura, Parte 2

Monday, 25 November 2019

By Claude E. Boyd, Ph.D.

### Diferentes métodos para medir este importante factor ambiental



En entornos acuícolas, la salinidad se puede medir adecuadamente con un refractómetro de salinidad de mano, suponiendo que el refractómetro esté funcionando correctamente. Foto de Kandschwar

[CC BY-SA 2.0 de (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.0/de/deed.en>)]

Hay varias formas de medir la salinidad común, incluyendo la conductividad eléctrica (conductancia específica), la densidad, la clorinidad y el índice de refracción. El propósito aquí es describir los diferentes métodos para medir la salinidad común del agua.

## Conductividad eléctrica

La capacidad del agua para conducir electricidad aumenta con una mayor salinidad porque la electricidad es conducida a través del agua por iones libres. Un medidor de conductividad (Fig. 1) es básicamente un puente de Wheatstone, tradicionalmente utilizado para medir la resistividad, modificado para medir el recíproco de resistividad o conductividad. La unidad de resistencia tradicionalmente era el ohm, pero para evitar el uso de  $1/\text{ohm}$  para la conductividad, se adoptó la unidad mho (ohm deletreado al revés). La unidad de siemen también se usa como unidad de conductividad, y 1 micromho/cm es lo mismo que 1 microsiemen/cm. La conductividad aumenta con una temperatura mayor, pero la mayoría de los medidores de conductividad modernos tienen compensación de temperatura para leer a 25 grados-C.

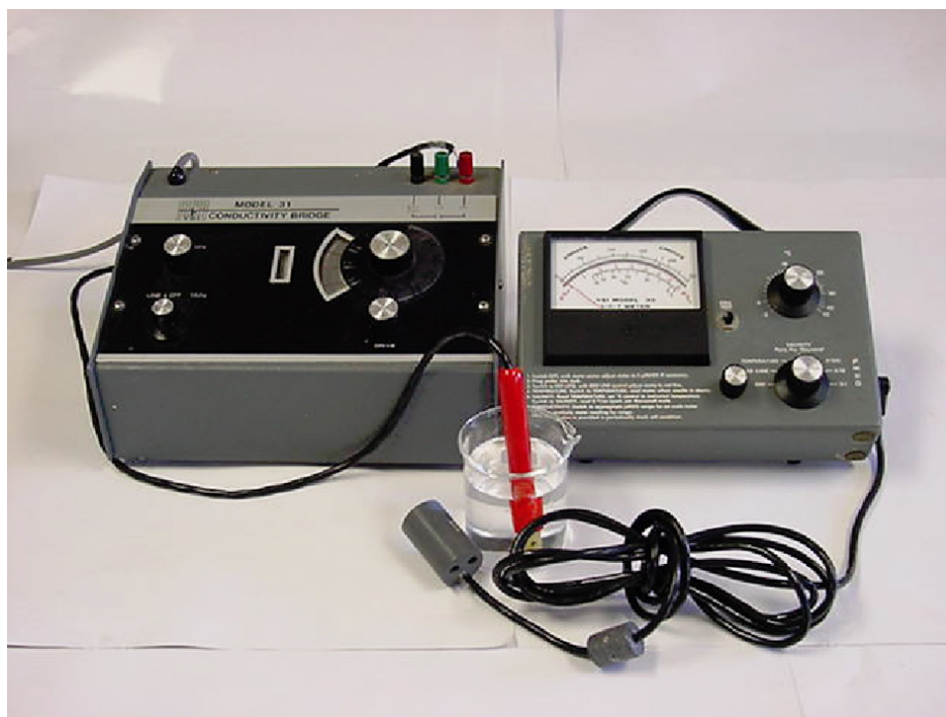


Fig. 1: Un medidor de conductividad.

Hay una relación lineal entre conductividad y salinidad. El agua de mar tiene una conductividad de aproximadamente 50,000 mmhos/cm, y el agua de mar de resistencia media (aproximadamente 17.25 ppt) tiene una conductividad de aproximadamente 25,000 mmhos/cm. La mayoría de los medidores de conductividad portátiles tienen una opción para leer la salinidad directamente.

## Salinidad en la acuicultura, Parte 1



El profesor Boyd discute las diversas definiciones de salinidad como un factor ambiental de importancia que, en entornos acuícolas, puede medirse fácilmente.



Global Aquaculture Alliance

## Clorinidad

La salinidad del agua de mar se estimó tradicionalmente a partir de la concentración de Cl por la ecuación de Knudsen:

$$\text{Salinidad} = 1.80655 \text{ Cl}^-$$

donde  $\text{Cl}^-$  (concentración de cloruro) está en gramos por litro. Hay disponibles kits que permiten medir la concentración de cloruro mediante la valoración de muestras de agua con nitrato mercúrico. La salinidad se puede estimar con precisión a partir de la clorinidad en el océano y en los estuarios, pero en aguas dulces y aguas salinas continentales, la proporción de  $\text{Cl}^-$  a las sustancias disueltas totales a menudo difiere mucho de la del agua de mar.

## Densidad

La densidad del agua dulce es de aproximadamente 1 g/ml. Los iones disueltos son más densos que el agua y 1 gramo de iones desplaza menos de 1 ml de agua. Como resultado, la densidad aumenta con una mayor salinidad (Tabla 1). La densidad del agua se puede medir con un hidrómetro (Fig. 2). Un hidrómetro tradicional es un bulbo cilíndrico lleno de aire, en forma de cono en su parte inferior con un vástago graduado que sobresale de su parte superior. La bombilla contiene lastre, lo que hace que el hidrómetro flote verticalmente. La distancia que el tallo se extiende sobre la superficie depende de la densidad del agua, y cuanto mayor es la densidad, más alto se eleva el tallo sobre la superficie.

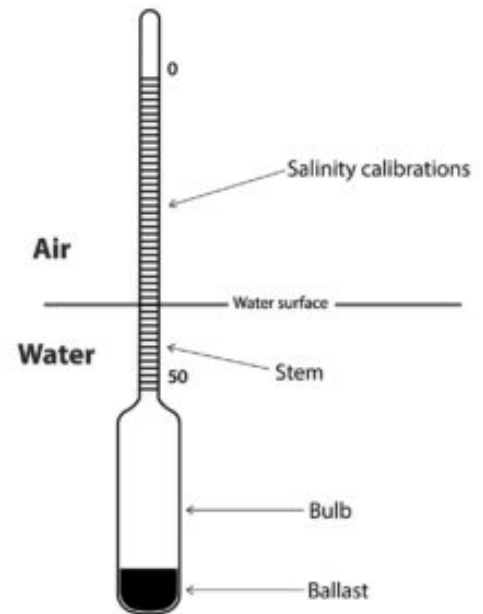


Fig. 2: Un hidrómetro de densidad.

## Boyd, salinidad pt. 2, Table 1

Grados-C	Salinidad (0 g/L)	Salinidad (10 g/L)	Salinidad (20 g/L)	Salinidad (30 g/L)	Salinidad (40 g/L)
0	0.99984	1.0080	1.0160	1.0241	1.0321
5	0.99997	1.0079	1.0158	1.0237	1.0316
10	0.00070	1.0075	1.0153	1.0231	1.0309
15	0.99910	1.0068	1.0144	1.0221	1.0298
20	0.99821	1.0058	1.0134	1.0210	1.0286
25	0.99705	1.0046	1.0121	1.0196	1.0271
30	0.99565	1.0031	1.0105	1.0180	1.0255
35	0.99403	1.0014	1.0088	1.0162	1.0237
40	0.99222	0.9996	1.0069	1.0143	1.0217

Tabla 1. La densidad del agua (g/cm<sup>3</sup>) de diferentes salinidades a temperaturas seleccionadas entre 0 y 40 grados-C.

## Índice de refracción

La luz viaja más rápido a través de algunos medios que a través de otros. De acuerdo con la ley de Snell, si el primer medio es menos denso que el segundo, la luz disminuye en velocidad al ingresar al segundo medio, lo que hace que se refracte hacia lo normal. Lo contrario ocurre cuando la luz viaja más rápido en el segundo medio que en el primero. El índice de refracción es la relación entre la velocidad de la luz en el vacío y la velocidad de la luz en un segundo medio. La refracción de la luz por el agua es evidente cuando uno ve desde el costado una cánula para beber colocada en un recipiente transparente de agua (Fig. 3).

El índice de refracción del agua aumenta en función de la densidad, y también está influenciado por la longitud de onda de medición, la presión atmosférica y la temperatura. Los refractómetros de salinidad portátiles y de buena calidad (Fig. 4) miden salinidades de 1 a 60 mg/L con un decimal. Son ampliamente utilizados para medir la salinidad en instalaciones acuícolas abastecidas con aguas continentales, salinas, estuarinas o marinas.



Fig. 3: Evidencia visual de que la luz es refractada por el agua.

## Salinidad y acuicultura

Algunas especies acuícolas como el bagre ictalurido, el pangasius y la carpa común crecen mejor a salinidades de <5 g/L; especies como el salmón del Atlántico, la tilapia y la trucha arcoíris crecen bien hasta 20 g/L de salinidad; las especies estuarinas como el camarón peneido crecen bien a salinidades de 2 a 40 g/L. Las especies marinas y estuarinas pueden cultivarse en aguas salinas continentales, pero es posible que no sobrevivan y crezcan bien a pesar de la salinidad adecuada. Esto resulta del desequilibrio iónico causado por bajas concentraciones de  $K^+$ ,  $Mg^{2+}$  y  $Ca^{2+}$  o una combinación de estos cationes. Los suplementos minerales se aplican para aumentar las concentraciones de iones principales.



Fig. 4. Un refractómetro de salinidad portátil.

## Boyd, salinidad Pt. 2, Table 2

Salinidad	Energía alimentaria recuperada como crecimiento en peces (%)
0.5	33.4
2.5	31.8
4.5	22.2
6.5	20.1
8.5	10.4
10.5	-1.0

Tabla 2. Efecto de la salinidad en la recuperación de energía alimentaria como crecimiento en la carpa común.  
Fuente: Wang et al. (1997).

Algunas aguas dulces tienen concentraciones muy bajas de iones disueltos (baja salinidad), pero la concentración de iones se puede aumentar encalando y agregando ciertas sales minerales. La única forma práctica de reducir la salinidad es agregando agua de menor salinidad a los sistemas de cultivo. Esto a veces se hace en estanques en regiones áridas o durante sequías prolongadas. En los criaderos de peces y camarones es posible regular la salinidad agregando mezclas de sales marinas de sales específicas disponibles comercialmente. Se han agregado soluciones de salmuera concentrada de estanques costeros de evaporación de agua de mar al agua dulce para permitir el cultivo tierra adentro de especies marinas.

*Referencias disponibles del autor.*

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

Copyright © 2016–2019 Global Aquaculture Alliance

All rights reserved.