



ALLIANCE™

(<https://debug.globalseafood.org>).

---



Health &  
Welfare

---

# El parámetro de calidad del agua a menudo ignorado: pH

23 January 2017

By Fernando Kubitza, Ph.D.

## Es importante mantener niveles de acidez deseables en estanques acuícolas



El pH del agua es un parámetro de calidad del agua a menudo inadvertido pero importante en los estanques acuícolas. Foto de Darryl Jory.

Los productores están conscientes de la importancia de monitorear los niveles de oxígeno disuelto en sus sistemas de producción y de proporcionar aireación suplementaria en estanques intensivos de peces y camarones. Sin embargo, otros parámetros de calidad del agua, por simples que parezcan, a menudo se pasan por alto. Uno de estos parámetros es el pH, que en química se refiere a una escala numérica utilizada para especificar la condición ácida o alcalina de una solución acuosa.

En un sentido práctico, el pH del agua puede variar de 0 a 14 y está relacionado con la concentración de ion hidrógeno (un ácido fuerte) en el agua del estanque. El agua del estanque puede ser ácida ( $\text{pH} < 7,0$ ), neutral ( $\text{pH} = 7,0$ ) o alcalina ( $\text{pH} > 7,0$ ). En general, los peces y los camarones cultivados presentan mejores resultados de producción y salud a niveles de pH de agua que oscilan entre 7,5 y 8,5, ya que estos valores coinciden con el pH de su sangre y hemolinfa (Figura 1).

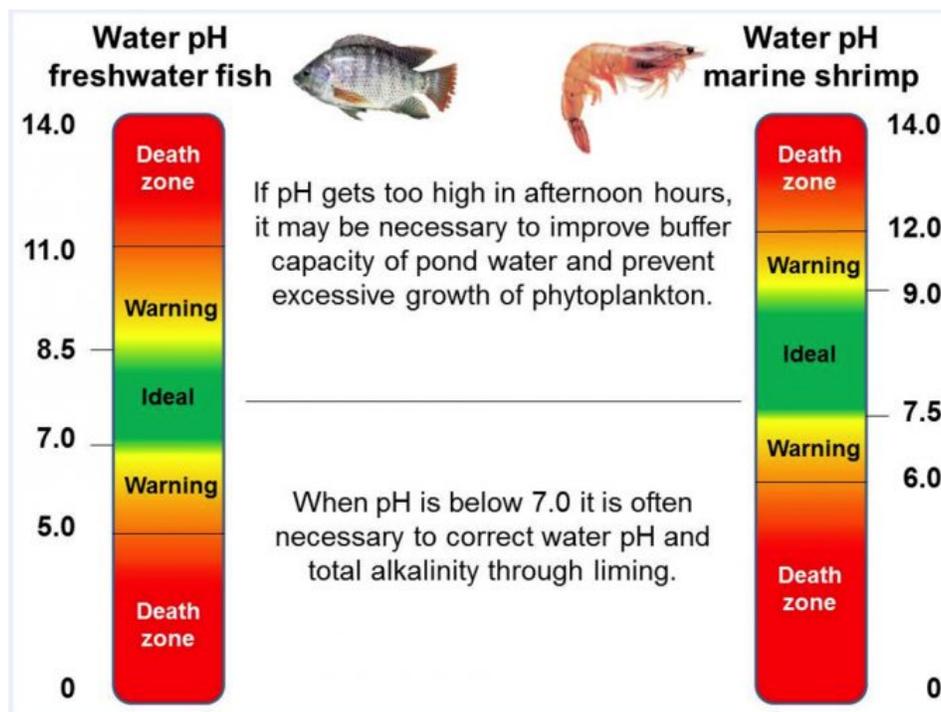


Fig. 1: Guía para el monitoreo del pH para peces de agua dulce y camarones marinos cultivados. Los intervalos “Warning (Advertencia)” indican posibles efectos nocivos sobre el crecimiento, FCR, inmunidad y supervivencia de los animales cultivados. Los productores deben rutinariamente controlar el pH del agua en sus estanques de producción.

Sin embargo, al igual que con el oxígeno disuelto, los valores de pH del agua pueden experimentar grandes fluctuaciones durante el día en estanques de agua verde (Fig. 2). Los valores de pH cercanos o superiores a 9,0 son bastante comunes durante las horas de la tarde, debido a la intensa actividad de fotosíntesis de las microalgas (fitoplancton), incluso en estanques con aguas bien amortiguadas (es decir, aguas ricas en carbonatos y bicarbonatos y, por lo tanto, de alta titulación de alcalinidad total y capaces de mantener valores de pH más estables). El pH extremo, por sí solo, deprime la actividad alimentaria, reduce el crecimiento, afecta negativamente el FCR y suprime la respuesta inmune de los peces y camarones cultivados.

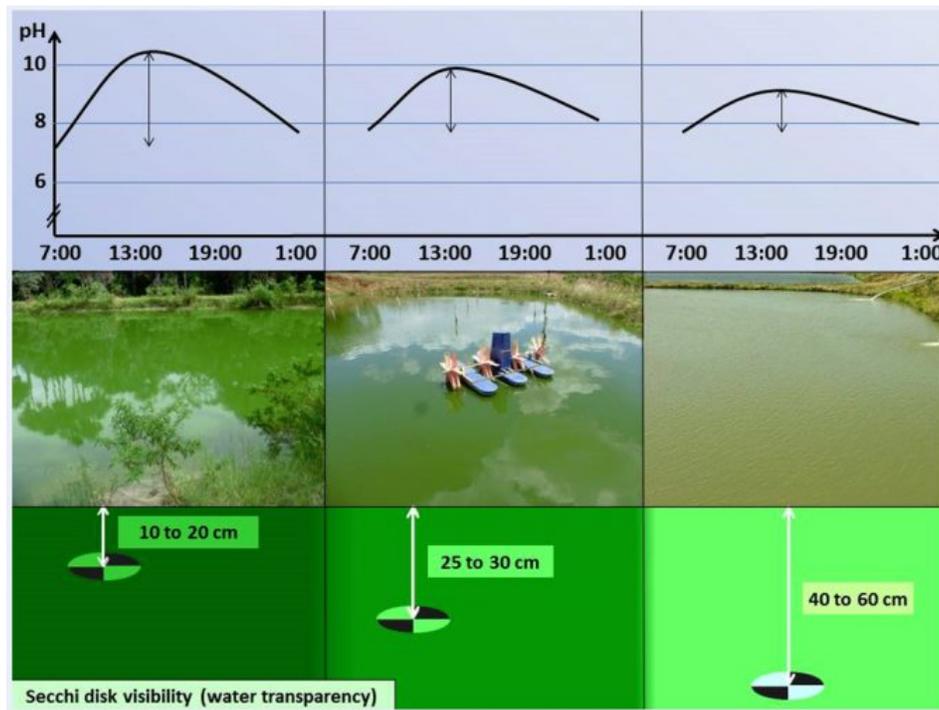


Fig. 2. Ilustración de la variación del pH durante el día según la abundancia de fitoplancton en el agua del estanque. La abundancia de fitoplancton puede ser evaluada indirectamente utilizando la visibilidad del Disco de Secchi. Cuanto más abundante es la población de microalgas, más amplia puede ser la fluctuación del pH durante el día.

## El pH del agua determina la toxicidad del amoníaco para los peces y los camarones

El pH del agua modula el riesgo de toxicidad del amoníaco. El amoníaco es un compuesto tóxico a menudo presente en el agua del estanque, un desecho metabólico excretado principalmente a través de las branquias de los peces y camarones, y también se genera a través de la degradación microbiana de la materia orgánica (microalgas en descomposición, heces, fertilizantes orgánicos y alimentos no consumidos). Algunos fertilizantes inorgánicos utilizados en la acuicultura también pueden ser fuentes de amoníaco. La concentración total de amoníaco en el agua del estanque se puede medir fácilmente usando un kit de prueba de calidad de agua confiable y disponible comercialmente. El amoníaco comprende  $\text{NH}_4^+$  (el ion amonio, la forma menos tóxica) y  $\text{NH}_3$  (la forma de amoníaco unida, gaseosa y más tóxica – a los animales acuáticos). El amoníaco total en los estanques de peces y camarones de manejo intensivo puede variar de casi cero a tan alto como de 8 a 12 ppm.

Muchos factores pueden influir en la concentración total de amoníaco en un estanque acuícola. Los más importantes son la tasa de alimentación, la calidad del alimento y la tasa de recambio de agua. El pH del agua determina el porcentaje de cada forma de amoníaco en el agua del estanque. A pH bajo, predomina la forma menos tóxica  $\text{NH}_4^+$  (Tabla 1). Sin embargo, a medida que el pH aumenta, el  $\text{NH}_4^+$  cambiará a la forma tóxica y aumentará la concentración de  $\text{NH}_3$  en el agua. En agua dulce, a pH 7,0,

sólo el 0,7 por ciento del amoníaco total estará en la forma tóxica de  $\text{NH}_3$ , mientras que a pH 9,0 este porcentaje aumenta hasta aproximadamente 42 por ciento, y más allá de 88 por ciento a pH 10 (Tabla 1).

Por lo tanto, un estanque de agua dulce con 6 ppm de amoníaco total y pH de agua 7,0 (0,7 por ciento de  $\text{NH}_3$ ) tendrá sólo 0,042 ppm de la forma tóxica de amoníaco ( $6 \text{ ppm} \times 0,7 / 100 = 0,042 \text{ ppm}$  de  $\text{NH}_3$ ). Sin embargo, en estanques de agua verde, el pH puede cambiar a 9,0 o más durante las horas de la tarde. A pH 9,0 ( $\text{NH}_3$  a 42%), un estanque con 6 ppm de amoníaco total tendrá 2,5 ppm de  $\text{NH}_3$  ( $6 \text{ ppm} \times 42/100 = 2,5 \text{ ppm}$  de  $\text{NH}_3$ ).

Registration	Early (June 30)	(July 1-Sept. 15)	Late (Sept. 16-Oct. 14)
Members	\$1,495	\$2,095	\$2,695
Non-Members	\$2,095	\$2,695	\$3,295
In-Country (India)	\$1,495	\$2,095	\$2,695
Social Guests	\$500	\$500	\$500

Los niveles de amoníaco tóxico por debajo de 0,2 ppm generalmente no causan daño a los animales cultivados. Sin embargo, los valores superiores a 1 ppm están en el rango estresante y letal (0,7 a 3 ppm de  $\text{NH}_3$ ) para muchas especies de peces y camarones. Por lo tanto, 0,3 ppm de  $\text{NH}_3$  debe ser adoptado como un "nivel de advertencia" y cambios en las prácticas de gestión deben ser implementados para evitar que el  $\text{NH}_3$  supere significativamente dicho valor. A un pH de 9,0, se alcanzará el nivel de advertencia de  $\text{NH}_3$  de 0,2 ppm con una concentración total de amoníaco de 0,5 ppm. A pH 7,0, el nivel de advertencia sólo ocurrirá con una concentración total de amoníaco de 28 ppm (34 ppm en agua salada), que es una concentración muy improbable en estanques de peces y camarones administrados de manera estándar. Sin embargo, algunas especies de peces y camarones en particular pueden ser más sensibles al amoníaco y los productores pueden tener que adoptar un nivel de advertencia más bajo.

Afortunadamente, los altos valores de pH que pueden potenciar la toxicidad del amoníaco para los peces y camarones se producen principalmente durante las horas del mediodía y de la tarde. En la noche, con el cese de la fotosíntesis y el aumento de la concentración de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), el pH del agua disminuye. La disminución nocturna del pH proporciona a los peces y camarones un alivio de la toxicidad del amoníaco por la tarde. No obstante, al día siguiente el pH aumentará y los animales volverán a estar expuestos a concentraciones tóxicas de amoníaco. Muchos productores de peces y camarones que intentan maximizar la producción al incrementar la densidad de siembra, la alimentación y la aireación terminan experimentando malos resultados de producción. Los peces y camarones expuestos repetidamente a niveles tóxicos de amoníaco presentarán una ingesta reducida de alimento, un crecimiento deficiente, un FCR ineficiente y una inmunidad deprimida.

Los brotes de enfermedades severas, la alta mortalidad y el aumento de los costos de producción pueden ser consecuencias de la exposición frecuente de peces y camarones al alto pH del agua de la tarde con concentraciones tóxicas de amoníaco. Por lo tanto, los productores no deben pasar por alto la importancia de monitorear el pH y el amoníaco total en sus estanques.

## Alto pH y auto-intoxicación de amoníaco

Los peces y camarones catabolizan cualquier excedente de proteínas de la dieta (aminoácidos) para producir energía, glucosa y glicerol (un precursor de grasa). El producto final de tal catabolismo es amoníaco, que necesita ser rápidamente excretado de la sangre al agua. En general, cuanto mayor sea el contenido de proteínas (aminoácidos) en la alimentación, más amoníaco generarán los peces y camarones a través del catabolismo de los aminoácidos. La excreción de amoníaco por simple difusión de  $\text{NH}_3$  de la sangre al agua se logra fácilmente cuando el pH del agua es menor que el pH de la sangre (el pH sanguíneo de los peces de agua dulce varía de 7,4 a 7,8).

Sin embargo, cuando el pH del agua es mucho más alto que el pH de la sangre, la difusión de amoníaco a través de las branquias se ve afectada y el amoníaco se acumulará en la sangre de los peces, resultando en una condición conocida como "auto-intoxicación de amoníaco" (Fig. 3). Muchas especies de peces experimentan niveles más altos de amoníaco en su sangre cuando se exponen a pH del agua por encima de 9,0. La auto-intoxicación por amoníaco, aunque muy común en los peces, aún no se ha reportado en el camarón. Sin embargo, como los mecanismos de excreción de amoníaco en los peces y camarones son bastante similares, también es posible que el camarón pueda acumular amoníaco en su hemolinfa cuando es expuesto a un pH alto, y recomendamos nuevas investigaciones para abordar esta hipótesis.

Fig. 3: A valores de pH del agua inferiores o cercanos al pH de la sangre de peces (8,0 o menos), los peces excretan amoníaco fácilmente por simple difusión de  $\text{NH}_3$  de la sangre al agua. La mayor parte del amoníaco en la sangre de los peces está en forma de  $\text{NH}_4^+$ . Cuando llega a las branquias, el  $\text{NH}_4^+$  se convierte en  $\text{NH}_3$ , que es la forma de amoníaco capaz de transponer las membranas celulares de las branquias para alcanzar la capa límite de agua en las branquias. En la capa límite, el  $\text{NH}_3$  reacciona con  $\text{H}^+$  (un ión ácido) restaurando el  $\text{NH}_4^+$ . De esta manera, se mantiene un gradiente de concentración de  $\text{NH}_3$  positivo entre la sangre y la capa límite, permitiendo la difusión de más  $\text{NH}_3$  de la sangre al agua. Sin embargo, a pH de agua

alto (9,0 o superior), la difusión de  $\text{NH}_3$  a través de las membranas de las células branquiales se ve afectada, ya que el ion ácido  $\text{H}^+$  es neutralizado primero por una base fuerte  $\text{OH}^-$ , causando la acumulación de  $\text{NH}_3$  en la capa límite. Esto reducirá el gradiente de concentración de  $\text{NH}_3$  entre la sangre y el agua, resultando en la acumulación de amoníaco en la sangre de los peces. Este aumento en el amoníaco sanguíneo puede conducir a una condición conocida como "auto-intoxicación de amoníaco."

En los peces, la auto-intoxicación por amoníaco puede ocurrir independientemente de la presencia de amoníaco tóxico en el agua. Los peces pueden acumular niveles sub-letales o incluso letales de amoníaco en su sangre después de una secuencia de días o semanas expuestos a pH 9,0 o superior, una condición común en estanques de agua verde durante días de sol brillante. Las pérdidas masivas de peces debido a la auto-intoxicación de amoníaco son bastante comunes en estanques de criadero fuertemente fertilizados/alimentados con alta proteína. En estos estanques, los niveles de fitoplancton se vuelven excesivos y hacen que los niveles de pH del agua aumenten por encima de 9,5 durante las horas de la tarde.

Como los estanques de criadero son a menudo someros y tienen tasas de respiración muy por debajo de la tasa de fotosíntesis, la condición de alto pH persiste durante la mayor parte de la noche, no proporcionando a los peces mucho alivio u oportunidad de reanudar la excreción normal de amoníaco. La auto-intoxicación por amoníaco se agrava aún más por la alimentación excesiva y/o el uso de alimentos ricos en proteínas, una práctica común en muchos criaderos de peces. Los productores rara vez relacionan tales mortalidades con la toxicidad del amoníaco, ya que el amoníaco está prácticamente ausente del agua del estanque debido a su rápida eliminación por las microalgas que lo utilizan como una fuente de nitrógeno. Las lecturas de amoníaco usando un kit de prueba a menudo muestran cero amoníaco total en el agua. Sin embargo, el amoníaco endógeno se acumula en la sangre de los peces, causando estrés y mortalidad.

Aunque menos común, la auto-intoxicación por amoníaco de peces también puede ocurrir en estanques de engorde. A medida que estos estanques son más profundos que los estanques de criaderos, los peces pueden encontrar algún alivio moviéndose a estratos de estanques más profundos si los niveles de oxígeno disuelto son adecuados. El agua del estanque más profunda generalmente tiene niveles de pH más bajos en comparación con las aguas superficiales concentradas en microalgas. Por lo tanto, este comportamiento de evitación del pH alto puede explicar la actividad alimentaria reducida que se observa a menudo en los estanques de engorde durante las horas de la tarde, incluso bajo oxígeno y temperatura adecuados, y "cero" amoníaco tóxico en el agua de superficie.

Los peces comienzan a alternar tardes de buenas y malas respuestas alimentarias, reduciendo su potencial de crecimiento y afectando la conversión alimenticia. Por lo tanto, la auto-intoxicación por amoníaco sub-letal actúa silenciosamente, deprimiendo el crecimiento y la eficiencia alimentaria (FCR), con un impacto significativo en el costo de producción y la rentabilidad de los productores. Los animales también se convierten en inmuno-suprimidos y más susceptibles a las enfermedades. Se debe esperar mortalidad crónica por infecciones bacterianas. El amoníaco sanguíneo puede alcanzar niveles letales, lo que lleva a muertes repentinas y masivas de peces en estanques acuícolas.

***Es probable que se produzcan pérdidas económicas significativas debido al retraso en el crecimiento, ciclos de producción más largos, empeoramiento del FCR, aumento de la incidencia de enfermedades bacterianas y muerte súbita y masiva debido a la intoxicación por amoníaco si los productores no prestan atención al pH del agua y el amoníaco en sus estanques.***

Los peces intoxicados con amoníaco presentan alteraciones neurotóxicas, nado errático o en círculos, espasmos musculares, aumento de la ventilación branquial y jadeo en la superficie del agua, como si mostraran signos de asfixia, incluso a niveles adecuados de oxígeno (la hiperplasia de las lamelas de las agallas está detrás de esta dificultad para respirar). Los peces intoxicados a menudo buscan entradas de agua, o estarán estacionarios en áreas sombreadas o debajo de las plantas en los bordes del estanque, probablemente buscando puntos con un pH algo más bajo que el del agua abierta del estanque. Los peces preferirán permanecer en los estratos más bajos si hay oxígeno disponible, encontrando una capa de agua con pH más bajo en un intento de aliviar la auto-intoxicación de amoníaco. Es bastante común encontrar pescados muertos con branquias cubiertas de barro, probablemente de un último intento de evitar la muerte.

Después de una repentina y masiva mortalidad de peces en estanques de crecimiento, es común observar la mayoría de los peces muertos en el área más profunda, porque justo antes de su muerte estaban luchando por sobrevivir en los estratos más profundos. Comprobar los niveles de amoníaco en la sangre de peces moribundos o recién muertos ayudará a determinar si la mortalidad fue causada por intoxicación con amoníaco.

Muchos productores suelen relacionar las mortalidades masivas de peces repentinas e inesperadas con una floración de “algas tóxicas,” ya que notan que los peces intoxicados nadan erráticamente y no son capaces de dirigirse hacia los aireadores del estanque, como hacen los peces normales en condiciones de bajo nivel de oxígeno. Los peces intoxicados con amoníaco también se comportan de

la misma manera, y muchos episodios de mortalidades masivas de peces consideradas como causadas por "algas tóxicas" son más probables debidas a intoxicación por amoníaco o auto-intoxicación.

## Acciones preventivas

Los productores acuícolas no deben pasar por alto la importancia de monitorear el pH y el amoníaco total en sus estanques. El análisis semanal del pH y el amoníaco del agua de la tarde debe realizarse en estanques estáticos que reciban más de 100 kg de alimento/ha/día. Los productores deben actuar cuando el pH se está volviendo demasiado alto y/o los niveles de amoníaco tóxicos se aproximan a 0,2 ppm, el "nivel de advertencia" sugerido en este artículo.

La reducción de la tasa de alimentación (para reducir los aportes de amoníaco y nutrientes), el aumento de la aireación y de la circulación del agua (para acelerar la oxidación del amoníaco) y el recambio parcial de agua (para diluir el amoníaco y otros nutrientes y al mismo tiempo también reducir el fitoplancton) son las primeras medidas de manejo que deben ser consideradas. Los gerentes de criaderos deben evitar la fertilización excesiva de los estanques de incubación, la sobre-alimentación de los peces y el uso de dietas de arranque con niveles de proteína demasiado altos. Una monitorización más frecuente del pH del agua de la tarde y del nivel total de amoníaco ayudará a anticipar cualquier problema de pH/amoníaco que pueda conducir a mortalidad de los peces.

Como el pH tiene un profundo impacto en la concentración de amoníaco tóxico en un estanque, la forma más efectiva de disminuir el impacto de  $\text{NH}_3$  en la salud y el rendimiento de los peces y los camarones es prevenir picos en el pH del agua. Por lo tanto, el control del fitoplancton y el aumento de la capacidad de amortiguamiento del agua del estanque (a través del encalado, cuando sea necesario) son prácticas de manejo importantes para prevenir la toxicidad del amoníaco. Los productores deben revisar los estanques de agua verde fuertemente alimentados para su pH del agua en la tarde (15:00 a 16:00 h) en los días de sol brillante y a la mañana siguiente (7:00 h). Si la variación del pH en un estanque excede dos o más unidades, significa que la capacidad de amortiguación del agua es demasiado baja, o que el fitoplancton es demasiado excesivo (fotosíntesis intensa y respiración).

La alcalinidad total se debe verificar más y el estanque debe ser encalado si los valores están por debajo de 30 mg/L de  $\text{CaCO}_3$  equivalente. Si la alcalinidad total parece adecuada (por encima de 30 mg/L), los productores deben empezar a controlar el fitoplancton. La reducción de las tasas de alimentación, el recambio parcial de agua, la remoción física de las algas superficiales, el uso de algicidas, la manipulación de nutrientes, el aumento de la turbidez del agua con arcillas o tintes, la circulación del agua del estanque a través de los humedales, el control biológico por peces, zooplancton y/o moluscos filtradores, el sombreado y la competencia por nutrientes por las macrófitas acuáticas, y otras medidas son algunas de las herramientas que los productores pueden considerar para luchar contra las concentraciones excesivas de fitoplancton.

## Observaciones finales

Buscando maximizar la producción, los productores de peces y camarones a menudo aumentan las tasas de aireación, alimentación y de siembra. Tales condiciones probablemente aumentarán los problemas relacionados con el pH alto y la toxicidad del amoníaco, principalmente en estanques donde el recambio de agua es limitado. Es probable que se produzcan pérdidas económicas significativas debido al retraso en el crecimiento, ciclos de producción más largos, aumento del FCR, aumento de la incidencia de enfermedades bacterianas, y muerte súbita y masiva debido a la intoxicación por amonio si los productores no prestan atención al pH del agua y el amoníaco en sus estanques.

En muchos casos, limitar la biomasa y la tasa de alimentación a niveles seguros mejorará la calidad del agua, el crecimiento, el FCR y la supervivencia, reduciendo los costos de producción y aumentando la rentabilidad de la granja. Esta atención a la interconexión del pH y la intoxicación por amoníaco puede reducir los riesgos de producción y mejorar la sostenibilidad comercial de muchas granjas de peces y camarones.

## Author

---



**FERNANDO KUBITZA, PH.D.**

Acqua Imagem Serviços Ltda.  
Rua Evangelina Soares de Camargo  
115 Jardim Estádio – Jundiaí/SP – CEP 13203-560 Brasil

[fernando@acquaimagem.com.br](mailto:fernando@acquaimagem.com.br) (<mailto:fernando@acquaimagem.com.br>)

Copyright © 2023 Global Seafood Alliance

All rights reserved.