



ALLIANCE™

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



 Responsibility

Dinámica del oxígeno disuelto

4 September 2018

By Claude E. Boyd, Ph.D.

Prof. Boyd: La gestión adecuada del oxígeno disuelto el aspecto más importante de la gestión de la calidad del agua de los estanques acuícolas



La aireación mecánica en estanques puede evitar un déficit entre la difusión neta y la producción neta de oxígeno del fitoplancton. Foto de Darryl Jory.

La productividad del fitoplancton juega diferentes roles en el cultivo de peces y camarones. En los estanques extensivos, las floraciones de fitoplancton son la base de la red trófica que respalda la producción de animales de cultivo. En el cultivo semi-intensivo, el aumento de los alimentos naturales derivados de la dieta de fitoplancton complementa los alimentos manufacturados que se ofrecen a los animales de cultivo.

En estanques intensivos, los animales de cultivo obtienen sus requerimientos nutricionales casi por completo a partir de alimentos manufacturados, pero al principio del período de cultivo, los peces alevines y los camarones postlarvales se benefician de los organismos alimenticios naturales. En los sistemas de cultivo de biofloc, las floraciones de fitoplancton disminuyen a medida que son parcialmente o en gran parte reemplazadas por un flóculo bacteriano que puede servir como alimento complementario para los animales de cultivo.

El fitoplancton, incluidas las cianobacterias (conocidas más comúnmente como algas verdeazuladas) también son importantes en los estanques al producir oxígeno disuelto. La cantidad de carbono transformado en materia orgánica a través de la fotosíntesis es químicamente equivalente a la cantidad de oxígeno disuelto liberado en el agua.

Las floraciones densas de fitoplancton están asociadas con una baja concentración de oxígeno disuelto durante la noche, pero el fitoplancton es un productor neto de oxígeno. Esto es evidente por la existencia de biomasa de fitoplancton en sí. Esta biomasa no podría existir si el fitoplancton no fuera productor neto de oxígeno, ya que sería respirado por el propio fitoplancton. En los estanques acuícolas, las especies de cultivo, las bacterias que descomponen la materia orgánica (o realizan la nitrificación) y otros organismos no fotosintéticos también respiran.

El fertilizante aumenta la disponibilidad de nutrientes de la planta y los fertilizantes orgánicos son un insumo de nutrientes a través de la descomposición microbiana. La alimentación y las heces inagotables también son una entrada de materia orgánica, y la alimentación consumida por los animales de cultivo se usa para el crecimiento y como fuente de energía en la respiración de peces y camarones. Los animales de cultivo excretan nitrógeno, fósforo y otros nutrientes de plantas inorgánicas. Los insumos acuícolas aumentan directamente la carga de materia orgánica en los estanques, y son fuentes de nutrientes inorgánicos para el fitoplancton y otras plantas acuáticas que finalmente se convierten en materia orgánica muerta y aumentan la demanda de oxígeno.

Productividad del fitoplancton, producción de oxígeno disuelto

Una mayor productividad de fitoplancton aumenta la producción de oxígeno disuelto a través de la fotosíntesis, pero esta no es una panacea para el manejo del oxígeno disuelto. La fotosíntesis requiere luz y la intensidad de la luz fotosintéticamente disponible disminuye con la profundidad del agua. El fitoplancton está restringido a la zona fótica dentro de la cual hay luz suficiente para la fotosíntesis.

La captura es el espesor de la zona fótica en estanques y es principalmente una función de la densidad de floración de fitoplancton. Una floración más densa da como resultado una mayor turbidez y una menor penetración de luz en la columna de agua para la fotosíntesis. Mientras que más fitoplancton produce más oxígeno disuelto que menos fitoplancton, la profundidad (y el volumen) dentro de los cuales se produce la fotosíntesis se reduce a medida que las floraciones se vuelven más densas.

La tasa de fotosíntesis diurna excede la tasa de respiración total del estanque diurno y la concentración de oxígeno disuelto aumenta durante el día. Lo contrario ocurre por la noche, cuando la fotosíntesis se detiene y la respiración continúa, lo que causa un aumento y una disminución diarias de la concentración de oxígeno disuelto (Fig. 1). A medida que aumenta la intensidad de floración del fitoplancton, aumenta la diferencia en la concentración de oxígeno disuelto durante el día y la noche. El pico de la curva de oxígeno disuelto durante el día disminuye con la profundidad del agua debido a la disminución de la luz para la fotosíntesis. Las floraciones densas de fitoplancton aumentan en gran medida la frecuencia y la gravedad de la baja concentración de oxígeno disuelto.

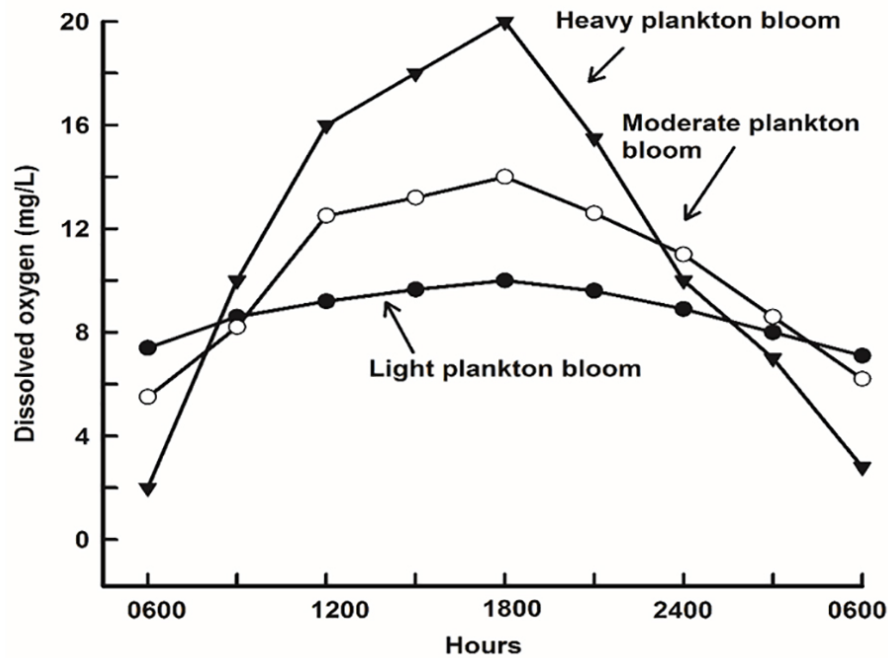


Fig. 1: Patrón diario de concentración de oxígeno disuelto (OD) en estanques con abundancia de fitoplancton baja, moderada y alta.

El oxígeno molecular se difunde a través de la interfaz aire-agua de los estanques. El agua contiene una concentración de equilibrio de oxígeno disuelto a una presión atmosférica, temperatura y salinidad (Tabla 1). A menos de la concentración de equilibrio, una mayor presión de oxígeno en el aire obliga al oxígeno al agua. Lo contrario ocurre cuando el agua tiene una concentración de oxígeno disuelto mayor que el equilibrio o está sobresaturada con oxígeno. Los estanques pierden oxígeno por difusión durante la mayor parte del día, pero durante la mayor parte de la noche obtienen oxígeno por difusión. La acción del viento aumenta la velocidad de difusión de oxígeno, pero la difusión neta diaria (ganancia diaria – pérdida nocturna) suele ser un pequeño componente del presupuesto de oxígeno disuelto de un estanque acuícola, incluso cuando hay viento. Sin embargo, cuando la concentración de oxígeno disuelto es baja, el oxígeno que se difunde del aire puede ser un salvavidas para los animales de cultivo.

Boyd, oxígeno disuelto, Tabla 1

| Temperatura (grados-C) | Salinidad 0 g/L | Salinidad 10 g/L | Salinidad 20 g/L | Salinidad 30 g/L | Salinidad 40 g/L |
|------------------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| 10 | 11.28 | 10.58 | 9.93 | 9.32 | 8.75 |
| 15 | 10.07 | 9.47 | 8.91 | 8.38 | 7.88 |
| 20 | 9.08 | 8.56 | 8.07 | 7.60 | 7.17 |
| 25 | 8.24 | 7.79 | 7.36 | 6.95 | 6.57 |
| 30 | 7.54 | 7.14 | 6.76 | 6.39 | 6.05 |
| 35 | 6.94 | 6.58 | 6.24 | 5.92 | 5.61 |

Tabla 1. Concentraciones de oxígeno disuelto de equilibrio o saturación (mg/L) para presión atmosférica estándar al nivel del mar, y diferentes temperaturas y salinidades del agua.

La profundidad de compensación es la profundidad a la que la producción diaria total de oxígeno por fotosíntesis es exactamente igual al uso diario de oxígeno disuelto por la respiración de los microorganismos que viven en la columna de agua: peces, camarones y otros organismos más grandes excluidos (Fig. 2). La cantidad por la cual el área de la región sombreada por encima de la profundidad de compensación en la Fig. 2 excede el área de la región sombreada debajo de ella es la cantidad de oxígeno disuelto disponible para las especies de cultivo y para el uso por organismos de fondo de estanque. Cuanto más el exceso de oxígeno disuelto por encima de la profundidad de compensación excede el déficit de oxígeno disuelto debajo de él (Fig. 2), es menos probable que haya una concentración baja de oxígeno disuelto, y especialmente durante la noche.

Fig. 2: Ilustración de la profundidad de compensación en un estanque.

Aireación

La aireación mecánica en estanques puede evitar un déficit entre la difusión neta y la producción neta de oxígeno del fitoplancton, y los aireadores tienen una demanda de oxígeno. La aireación transfiere más oxígeno disuelto al agua en proporción directa a la cantidad de aireación aplicada. Una forma confiable de calcular la cantidad de aireación requerida en un estanque acuícola como la disponible en el tratamiento de aguas residuales con aireación no está disponible. La tasa de aireación en los estanques debe ajustarse con la ayuda del monitoreo de oxígeno disuelto.

La difusión también es el principio por el cual funcionan los aireadores mecánicos. Los aireadores de superficie comúnmente utilizados en los estanques salpican agua en el aire para aumentar el área de la superficie entre el aire y el agua para una mayor difusión. Los aireadores son desoxigenantes en el día en que los estanques están sobresaturados con oxígeno disuelto. La aireación se aplica

principalmente por la noche en el cultivo de peces, pero en el cultivo de camarón, la aireación diurna hace circular el agua del estanque y mueve el agua oxigenada por el fondo donde normalmente se alojan los camarones.

El suelo del fondo es un componente importante de la dinámica del oxígeno en los estanques. El fertilizante orgánico, el alimento no consumido, las heces y el plancton muerto se depositan en el fondo y son descompuestos por las bacterias, creando una demanda de oxígeno. Dependiendo de la intensidad del cultivo, el consumo diario de oxígeno por el sedimento puede variar desde menos de 1 mg/L hasta tanto como 10 mg/L (equivalente de columna de agua).

En la Tabla 2 se presenta un presupuesto de oxígeno nocturno típico para un estanque de bagre de canal. Por supuesto, en cualquier noche dada puede haber una variación considerable en el oxígeno disuelto disponible, y la demanda de oxígeno por todos los componentes del presupuesto de oxígeno varía entre estanques. Sin embargo, el presupuesto revela el papel crítico de la aireación mecánica para evitar la baja concentración de oxígeno disuelto.

Boyd, oxígeno disuelto, Tabla 2

| Componente de presupuesto | Oxígeno disponible o requerido (kg/ha/noche) |
|--|--|
| Oxígeno disponible: columna de agua al atardecer | 100 |
| Oxígeno disponible: Difusión desde el aire | 10 |
| Total de oxígeno disponible | 110 |
| Demanda de oxígeno para la respiración: pescado | 60 |
| Demanda de oxígeno para la respiración: columna de agua (plancton) | 120 |
| Demanda de oxígeno para la respiración: organismos en sedimentos | 42 |
| Demanda total de oxígeno para la respiración | 222 |
| Oxígeno requerido de aireación mecánica | 112 |

Tabla 2. Presupuesto de oxígeno disuelto en la noche (noche de 12 horas) en un estanque de bagre de canal con una biomasa de peces de 15,000 kg por hectárea.

Depleción de oxígeno disuelto

Varios factores además de las floraciones densas de fitoplancton y la alta demanda de oxígeno pueden causar la disminución del oxígeno disuelto. Períodos extendidos de cielos nublados resultan en menos fotosíntesis. La respiración generalmente no se ve afectada en gran medida por el clima nublado, y las concentraciones nocturnas de oxígeno disuelto disminuyen más de lo normal durante los días con más luz solar.

Las floraciones de fitoplancton pueden volverse senescentes o pueden experimentar una mortalidad repentina (muertes). Después de la extinción del fitoplancton, hay menos fotosíntesis durante hasta una semana, mientras que la floración se recupera.

Alguicidas, herbicidas y algunas otras sustancias químicas a veces se aplican a los estanques. Estos tratamientos pueden matar suficientes algas para que su descomposición de como resultado una baja concentración de oxígeno disuelto.

El agua más caliente aumenta la actividad biológica, y también disminuye el oxígeno disuelto en la saturación. La concentración de equilibrio (saturación) para el oxígeno disuelto (Tabla 1) es 9.28 por ciento mayor a 25 grados-C que a 30 grados-C en agua dulce. El requisito de mayor oxígeno por respiración en un momento en que el agua contiene menos oxígeno disuelto puede dar como resultado una concentración de oxígeno disuelto peligrosamente baja.

Perspectivas

El manejo del oxígeno disuelto es el aspecto más importante de la gestión de la calidad del agua de los estanques acuícolas. La concentración de oxígeno disuelto por debajo de 3 mg/L es estresante para los camarones y la mayoría de los peces de aguas cálidas y da como resultado una menor supervivencia y producción.

Las concentraciones por debajo de 1.0-1.5 mg/L durante algunas horas pueden matar a animales de aguas cálidas. Las especies de agua fría requieren 2-3 mg/L más de oxígeno disuelto que las especies de agua cálidas.

Author



CLAUDE E. BOYD, PH.D.

School of Fisheries, Aquaculture and Aquatic Sciences
Auburn University
Auburn, AL 36830 USA

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

Copyright © 2023 Global Seafood Alliance

All rights reserved.