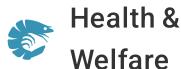




(<https://www.globalseafood.org>).



# **El impacto de la calidad del agua en la salud y el rendimiento de los peces y camarones de cultivo, Parte 1: oxígeno disuelto y dióxido de carbono**

9 June 2025

By Fernando Kubitz, Ph.D.

**A pesar del consenso general sobre la importancia de la calidad del agua, muchos acuacultores aún subestiman los impactos negativos de las condiciones hídricas marginales en los resultados de la acuacultura**



El oxígeno disuelto (OD) y el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) son parámetros clave para la calidad del agua en los sistemas de producción acuícola y pueden afectar significativamente la salud y el rendimiento de los peces y camarones de cultivo. Si bien existe un consenso general sobre la importancia de la calidad del agua, muchos acuacultores aún subestiman los impactos negativos de las condiciones hídricas marginales en los resultados de la acuacultura. Niveles adecuados de OD y  $\text{CO}_2$  en el agua en el cultivo de peces y camarones son esenciales, incluso para controlar las tasas de alimentación, la densidad del fitoplancton y otros parámetros clave. Foto: Fernando Kubitza.

Aunque existe un consenso general sobre la importancia de la calidad del agua, muchos acuacultores aún subestiman los impactos negativos de las condiciones hídricas marginales en los resultados de la acuacultura. En esta serie de artículos, analizaremos los parámetros clave de la calidad del agua y cómo impactan en la salud, el rendimiento y la economía de la producción de peces y camarones.

El oxígeno disuelto (OD) es esencial para la supervivencia de peces y camarones, así como para diversos procesos biológicos en ambientes acuáticos. Invariablemente, el OD es el primer factor limitante de la producción en sistemas de acuacultura intensiva. De ahí la importancia de la aireación para prevenir déficits de OD. El monitoreo diario de OD permite a los acuacultores pronosticar disminuciones de OD en los estanques y ajustar su manejo antes de que el rendimiento y la salud de los peces y camarones se vean afectados. El control del fitoplancton, la reducción de las tasas de alimentación, la cosecha parcial de los estanques, el intercambio parcial de agua, el uso de aireadores, entre otras estrategias, son importantes para evitar que el OD alcance concentraciones incómodas o letales.

A través de sus branquias, los peces y camarones realizan la respiración (Fig. 1). Cuanto mayor sea la concentración de oxígeno ( $\text{O}_2$ ) y menor la de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) en el agua, más fácil será la respiración. El dióxido de carbono tiene un efecto antagónico sobre el oxígeno, y su exceso en el agua puede causar asfixia en peces y camarones. Un alto nivel de  $\text{CO}_2$  en el agua eleva el  $\text{CO}_2$  en sangre, una

condición llamada hipercapnia, que interfiere con la capacidad de fijación de oxígeno de la hemoglobina (peces) y la hemocianina (camarones), lo que afecta la absorción y distribución de oxígeno en el cuerpo. La hipercapnia también puede causar una disminución del pH sanguíneo (acidosis respiratoria), lo que altera el metabolismo.

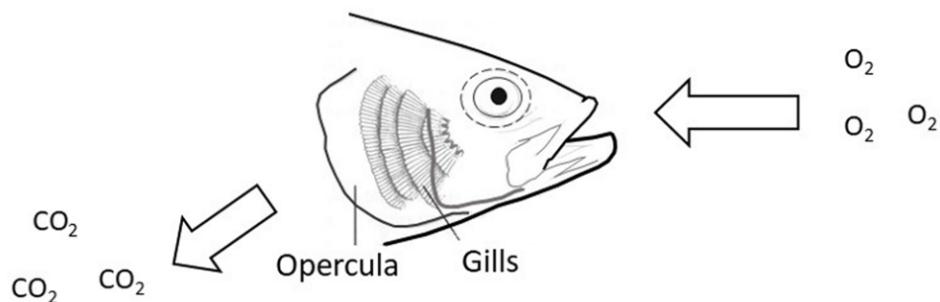


Fig. 1: Ilustración de la respiración en peces. Difusión de oxígeno ( $O_2$ ) y dióxido de carbono ( $CO_2$ ) a través de las láminas branquiales. En el camarón, la respiración funciona de la misma manera.




A comprehensive solution for the wild seafood supply chain.

- Crew rights
- Food safety
- Environmental responsibility



Best  
Seafood  
Practices

LEARN MORE 

(<https://bspcertification.org/>).

## Dinámica del oxígeno y el dióxido de carbono en ambientes acuáticos

Las concentraciones de OD y  $CO_2$  en el agua se ven influenciadas por la temperatura, la salinidad, la altitud, la lluvia y el viento. Sin embargo, se ven significativamente más afectadas por factores de producción como la densidad del fitoplancton del estanque, la tasa de alimentación, la biomasa de peces y camarones, y la calidad del alimento, entre otros. Por ello, cada estanque o tanque tiene su propia dinámica de gases, lo que requiere un monitoreo individual. En la acuacultura intensiva en estanques, las fluctuaciones de OD y  $CO_2$  se deben principalmente a la fotosíntesis y la respiración de las microalgas.

En días soleados, los estanques de "agua verde" suelen sobresaturarse de oxígeno y agotar el  $CO_2$  libre por la tarde, cuando el pH normalmente supera los 8,3. Por la noche, sin fotosíntesis, la respiración de las microalgas, peces, camarones y otros organismos acuáticos consume oxígeno y libera  $CO_2$ , lo que a menudo resulta en una disminución del pH de OD y un aumento del  $CO_2$  por la mañana temprano. El exceso de fitoplancton amplifica las fluctuaciones diarias del OD, el  $CO_2$  y el pH del agua (Fig. 2). La aireación se aplica típicamente por la noche para mantener un nivel adecuado de oxígeno y controlar la acumulación de  $CO_2$ . Para minimizar la variación del pH, los agricultores deben reforzar el sistema de amortiguación mediante encalado y controlar el fitoplancton con intercambio parcial de agua, alguicidas, el uso de arcilla suspendida y macrófitos superficiales para el sombreado y la manipulación de nutrientes.

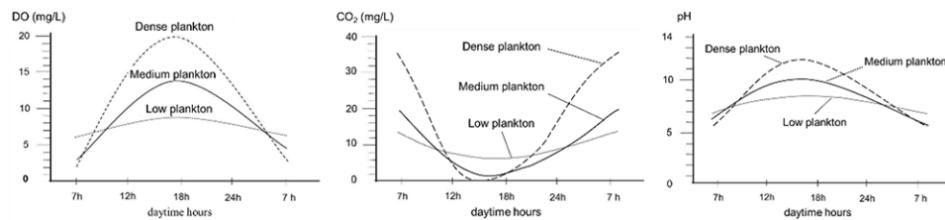


Fig. 2: Variación diaria del oxígeno disuelto (OD), el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y el pH en aguas con diferente abundancia de fitoplancton. El fitoplancton denso (agua de color verde intenso y baja transparencia) provoca grandes fluctuaciones diarias en el OD, el  $\text{CO}_2$  y el pH del agua. El OD y el  $\text{CO}_2$  varían de forma opuesta.

El agua del estanque puede estar saturada, subsaturada o sobresaturada de oxígeno (Fig. 3). El OD en agua saturada está en equilibrio con el  $\text{O}_2$  atmosférico. A 28 grados-C y a nivel del mar, el agua dulce está saturada con alrededor de 7,8 mg de oxígeno por litro (100 por ciento de saturación a 0 ppt de salinidad). En agua de mar con 40 g de sal por litro, la saturación de oxígeno disuelto (OD) se produce a aproximadamente 6,3 mg por litro (100 por ciento de saturación a una salinidad de 40 ppt). El uso de aireadores en agua sobresaturada provoca pérdida de oxígeno a la atmósfera.

Sin embargo, encender los aireadores durante unas horas al mediodía para desplazar el agua superficial sobresaturada de OD hacia abajo es una forma eficiente de mezclar el agua del estanque y aumentar el  $\text{O}_2$  en la interfaz sedimento-agua. Los camarones tienden a permanecer cerca de los sedimentos del estanque, donde a menudo encuentran recursos alimenticios naturales, y se [benefician de esta mezcla](https://www.globalseafood.org/advocate/proper-water-circulation-in-aquaculture-ponds-part-2/) (<https://www.globalseafood.org/advocate/proper-water-circulation-in-aquaculture-ponds-part-2/>). Por lo tanto, el concepto de saturación de oxígeno es crucial para gestionar la aireación y la circulación del agua, determinando el momento adecuado para activar los aireadores. En sistemas intensivos (p. ej., RAS y BFT), los aireadores suelen funcionar continuamente debido a la alta demanda de oxígeno de los peces y camarones, así como de los microorganismos en biofiltros o en flóculos suspendidos.

El agua pura a 25 grados-C y al nivel del mar está saturada de  $\text{CO}_2$  a 0,46 mg por litro. En los estanques de acuacultura, el  $\text{CO}_2$  se produce principalmente por la respiración de algas, plantas acuáticas, peces, camarones, zooplancton, organismos bentónicos y microbios. A lo largo del ciclo de producción, la respiración puede superar la fotosíntesis, el principal mecanismo de eliminación de  $\text{CO}_2$ . Esto provoca una acumulación significativa de  $\text{CO}_2$ , que supera los 25 mg por litro. En los sistemas de biofloc es común observar concentraciones de  $\text{CO}_2$  superiores a 40 mg por litro. En el agua utilizada para el transporte de peces pueden presentarse concentraciones superiores a 60 mg por litro.

El dióxido de carbono se puede medir con precisión mediante titulación con kits de análisis de calidad del agua. Las pruebas de titulación química también se pueden utilizar para medir el OD. Sin embargo, el uso de medidores digitales de OD permite lecturas más rápidas de OD en diferentes estanques y tanques. Los medidores de oxígeno disuelto (OD) miden el oxígeno en miligramos por litro (mg por litro) o como porcentaje de saturación (porcentaje). En muchas granjas, el oxígeno se monitorea durante la noche y los aireadores se activan cuando los niveles bajan a 3-4 mg por litro, o alrededor del 40-50 por ciento de saturación. Algunos sistemas utilizan sensores de oxígeno en tiempo real ubicados en cada estanque (Fig. 4), que suelen estar integrados con paneles de control que activan los aireadores secuencialmente según los umbrales de oxígeno preestablecidos.

Fig. 3: Representación de las condiciones de saturación de oxígeno en el agua y la dirección de la difusión del oxígeno.

Fig. 4: Sensores de oxígeno en tiempo real que pueden activar los aireadores de forma remota cuando se alcanza un límite bajo de OD.

## Efecto del dióxido de carbono en peces y camarones marinos

Aunque es fácil de medir, el dióxido de carbono a menudo se pasa por alto en la acuacultura. Los niveles superiores a 10 mg por litro requieren medidas correctivas como: (a) encalado para aumentar la alcalinidad y la dureza, y por ende, el sistema de amortiguación; (b) control del fitoplancton para reducir la respiración nocturna; (c) reducción de las tasas de alimentación; y (d) aumento de la aireación. En sistemas intensivos de biofloc (BFT), los niveles de CO<sub>2</sub> suelen superar los 40 mg por litro, lo que causa estrés respiratorio en peces y camarones. Las estrategias clave para prevenir niveles altos de CO<sub>2</sub> y niveles bajos de oxígeno en BFT incluyen ajustes regulares del pH y la alcalinidad (con cal hidratada y bicarbonato de sodio), una mejor aireación y la eliminación del exceso de sólidos en suspensión.

## Tilapia del Nilo

Hamad et al. (2023) (<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2023.739239>) descubrieron que la exposición diaria durante 12 horas a niveles altos de CO<sub>2</sub> (15 a 30 mg por litro), incluso manteniendo una saturación de oxígeno disuelto (OD) constante al 100 por ciento, redujo el crecimiento en un 38 por ciento y empeoró el índice de conversión alimenticia (ICA) en un 30 por ciento en tilapias del Nilo juveniles de 114 gramos, en comparación con peces mantenidos en niveles óptimos (saturación de OD al 100 por ciento, CO<sub>2</sub> < 3 mg por litro). Asimismo, las fluctuaciones diurnas de OD (saturación del 4 al 100 por ciento) y CO<sub>2</sub> (3 a 30 mg por litro), que imitan las condiciones de un estanque de agua verde, redujeron el crecimiento en un 61 % y empeoraron el índice de conversión alimenticia (ICA) en un 43 por ciento. Si bien la supervivencia no se vio afectada durante 35 días, tanto los niveles altos de CO<sub>2</sub> como los niveles bajos de OD, ya sean individuales o combinados, afectaron negativamente el apetito, el crecimiento y el FCR. Estos resultados resaltan la necesidad de mantener niveles adecuados de OD y CO<sub>2</sub>, especialmente durante la noche, incluso para especies resilientes como la tilapia del Nilo.

## Camarón marino

En un estudio RAS realizado por Casillas-Hernández et al. (2021) (<https://doi.org/10.1111/are.15198>), el camarón blanco del Pacífico (*Penaeus vannamei*) expuesto a altos niveles de CO<sub>2</sub> (36 mg por litro) mostró una menor supervivencia (58 por ciento frente a 92 por ciento), menor crecimiento (60 por ciento del grupo control) y una menor conversión alimenticia (FCR) (2,8 frente a 2,3) en comparación con el camarón expuesto a agua con bajo contenido de CO<sub>2</sub> (12 mg por litro). El agua con alto contenido de CO<sub>2</sub> presentó un pH más bajo (6,7 frente a 7,3), lo que podría haber generado estrés adicional para el camarón. Se observó daño histológico en los tejidos muscular, hepatopáncreas y branquiales del camarón expuesto a altos niveles de CO<sub>2</sub>.

## Kubitza, Calidad del Agua, Tabla 1

Show 8 entries

Search

Tratamientos	Control	OD bajo en la noche	CO2 alto de noche	OD bajo / CO2 alto en la noche
DO (% sat; horas/dia)	100%; 24h	4-40%; 12h	100%	4-40%; 12h
CO2 (mg/L; horas/dia)	< 3; 24h	< 3; 24h	15-30; 12h	3-30; 12h
Consumo de alimento (% BW/d)	2.00	1.98	1.61	1.12
Crecimiento (%/dia)	1.65	1.19	1.02	0.64
Crecimiento relativo (%)	100	72	62	39
FCR (Indice de conversión alimenticia)	1.24	1.68	1.61	1.77
Supervivencia (%)	100%	100%	100%	100%

Showing 1 to 7 of 7 entries

Previous 1 Next

Tabla 1: Efecto combinado del régimen de fluctuación diaria de oxígeno disuelto (OD) y CO<sub>2</sub> sobre el consumo de alimento, el crecimiento, el índice de conversión alimenticia (FCR) y la supervivencia de juveniles de tilapia del Nilo de 114 gramos durante un estudio de crecimiento de 35 días (adaptado de Hamad et al., 2023). BW: peso corporal.



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

La atención al pH, una escala numérica usada para especificar la condición ácida o alcalina de una solución acuosa, es muy importante. La reducción de la biomasa y de las tasas de alimentación junto con el control del fitoplancton y el encalado pueden mantener el pH en valores deseables.

 Global Seafood Alliance

0

## Efectos del oxígeno disuelto (OD) en el rendimiento y la salud de los peces

Los niveles de oxígeno disuelto (OD) de entre el 60 y el 70 por ciento (por encima de 4,5 mg por litro) son generalmente necesarios para una salud y un rendimiento óptimos en peces tropicales. La tolerancia a niveles bajos de OD varía según la especie y se ve influenciada por la temperatura, el CO<sub>2</sub>, el amoníaco y el nitrito. Si bien especies como la tilapia del Nilo, el tambaqué y la pirapitinga amazónicas pueden sobrevivir con niveles de OD casi nulos durante horas, la exposición prolongada reduce el crecimiento y la eficiencia alimentaria, y aumenta la susceptibilidad a enfermedades y el estrés por manejo.

En un estudio de **Tsadik and Kutty (1987)** (<https://www.fao.org/4/ac168e/ac168e00.htm>), juveniles de tilapia del Nilo mantenidos en agua clara con una saturación de oxígeno del 90 por ciento (7,0 mg por litro) aumentaron de 4 a 14 veces más peso que aquellos con una saturación del 40 por ciento (3,4 mg por litro) o del 15 por ciento (1,2 mg por litro) (Tabla 2). Los niveles bajos de oxígeno redujeron el consumo de alimento y empeoraron la conversión alimenticia. Un cuarto grupo, mantenido en agua verde con fluctuaciones diarias de oxígeno de 3 a 16 mg por litro, presentó la mejor tasa de conversión alimenticia (0,96), probablemente debido al fitoplancton, pero logró solo el 37 por ciento de la ganancia de peso observada en peces mantenidos en agua clara con niveles altos y estables de oxígeno (7 mg por litro).

## Kubitz, Calidad del Agua, Tabla 2

Parámetros	Agua clara		Agua verde	
	OD Alto (7 mg/L)	OD med. (3.4 mg/L)	OD bajo (1.2 mg/L)	OD fluctúa (3 - 16 mg/L)
	Peso inicial (g)	8.6	8.2	8.3
Peso inicial (g)	7.8	14.0	9.8	15.6
Peso inicial (g)	19.5	5.4	1.6	7.3
Peso inicial (g)	29.3	12.7	8.7	6.9
FCR (Indice de conversión alimenticia)	1.51	2.35	5.52	0.96
Ganancia de peso relativa (%)	100	28	8	37

Tabla 2. Efecto del oxígeno disuelto (OD) en el crecimiento y la conversión alimenticia (CA) de la tilapia del Nilo en agua clara y verde (agua rica en fitoplancton). Adaptado de Tsadik y Kutty (1987).

En agua con una saturación de OD del 30 al 36 por ciento, la ganancia de peso del bagre de canal (*Ictalurus punctatus*) fue de solo el 41 al 45 por ciento, en comparación con los peces en agua con una saturación de OD cercana al 100 por ciento. Los peces mantenidos con una saturación de OD del 60 al 70 por ciento mostraron un crecimiento intermedio (Tabla 3).

## Kubitz, Calidad del Agua, Tabla 3

Andrews et al. (1973) *			Buentello et al. (2000)**		
OD Sat	GP	GP	OD Sat	GP	GP
	(g/pez)	relativa		(%)	relativa
100%	159	100%	100%	224	100%
60%	124	78%	70%	158	71%
36%	65	41%	30%	100	45%

Tabla 3: Efecto de la saturación de oxígeno disuelto (OD) en la ganancia de peso (GD) del bagre de canal, *Ictalurus punctatus*.

[https://doi.org/10.1577/1548-8659\(1973\)102%3C835:TIODOO%3E2.0.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8659(1973)102%3C835:TIODOO%3E2.0.CO;2)

[https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(99\)00274-4](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(99)00274-4)

**Evans et al.** (<http://dx.doi.org/10.1111/j.1749-7345.2006.00069.x>) informaron que juveniles de tilapia del Nilo expuestos durante 24 horas a una concentración de oxígeno disuelto cercana a 1 mg por litro y desafiados con *Streptococcus iniae* experimentaron una mortalidad del 27 al 80 por ciento, en comparación con el 0 por ciento en peces mantenidos con una concentración adecuada de OD antes del desafío. De manera similar, en un estudio de **Welker et al.** (<http://dx.doi.org/10.1111/j.1749-7345.2006.00069.x>), los bagres de canal expuestos a niveles bajos de oxígeno disuelto (OD) (2 mg por litro) durante dos horas presentaron una respuesta inmunitaria menor y una mayor mortalidad (36 por ciento) tras un desafío con *Edwardsiella ictaluri*, en comparación con una mortalidad del 12 por ciento para los peces mantenidos con OD de 6 mg por litro. Estos estudios demuestran que el bajo nivel de oxígeno afecta la respuesta inmunitaria y aumenta la susceptibilidad a los patógenos.

Un estudio de estanques realizado en 1979 por investigadores del sur de EE. UU. demostró cómo el aumento de las tasas de siembra y alimentación afecta negativamente la calidad del agua, el rendimiento de los peces y la rentabilidad del cultivo de bagres de canal (Tabla 4). Los estanques sembrados con 5.000, 10.000 y 15.000 peces por hectárea recibieron 34, 56 y 78 kg de alimento/ha/día, respectivamente. Las tasas de alimentación más altas provocaron niveles más bajos de OD matutinos, generalmente acompañados de niveles elevados de CO<sub>2</sub>, exceso de nutrientes y acumulación de materia orgánica. Estas condiciones provocan floraciones excesivas de fitoplancton, que aumentan el pH del agua por la tarde y, por consiguiente, el riesgo de toxicidad por amoníaco para los peces. A pesar de la alimentación y la genética idénticas, la conversión alimenticia (1,3, 1,7, 2,5), el peso final promedio (604, 440, 390 gramos) y la supervivencia (99, 93, 83 por ciento) empeoraron con el aumento de la densidad de siembra, lo que vincula claramente la calidad del agua con el rendimiento y la salud de los peces.

En el mismo estudio, las estimaciones económicas indican la mayor rentabilidad con la menor tasa de siembra, lo que contradice la creencia común de que una mayor producción genera mayores beneficios. Una mejor conversión alimenticia (FCR), el crecimiento y la supervivencia con tasas de siembra y alimentación más bajas redujeron significativamente los costos de alimentación, alevines y producción general. El tiempo para alcanzar el tamaño mínimo de mercado del bagre de 1 libra también sería menor con la menor tasa de siembra. Muchos acuacultores pasan por alto la capacidad de carga de los estanques y operan con densidades insostenibles sin un monitoreo adecuado ni recursos como la aireación y el recambio de agua. Como demuestra este estudio, la mala calidad del agua conduce directamente a un crecimiento, una supervivencia, una conversión alimenticia (FCR) y unos rendimientos económicos deficientes.

## Kubitza, Calidad de Agua, Tabla 4

										Cost estimates (USD/kg fish) <sup>1</sup>	
DS peces/ha	FR	OD promedio	S%	FW (g)	GY (kg/ha)	FCR				Beneficio <sup>2</sup> (USD/ha)	
							Alimento	Juv.	Ostros		
5,000	34	4.5	99	604	2,990	1.3	0.72	0.33	0.47	1.52	2.93

Cost estimates (USD/kg fish) <sup>1</sup>										
10,000	56	3.1	93	440	4,100	1.7	0.94	0.49	0.45	1.88
15,000	78	2.1	83	390	4,860	2.5	1.38	0.62	0.42	2.42

Tabla 4: Efecto de la densidad de siembra (DS) y la tasa de alimentación (FR, kg/ha/día) sobre el OD promedio matutino (OD medio, mg/L) y su impacto en el peso final (FW), la supervivencia (S%), el rendimiento bruto (GY) y el índice de conversión alimenticia (FCR) del bagre de canal en estanques sin aireación y con bajo recambio de agua. Adaptado del original. Las estimaciones de costos de producción y ganancias fueron añadidas por Kubitza.

1 Valores en USD/kg de pez; Costo del alimento: USD 0,55/kg; Juveniles: USD 0,20/100 g de pez.

2 Precio de venta: USD 2,50/kg.

## Efecto del OD en el rendimiento y la salud del camarón

En el cultivo de camarón marino, se deben mantener niveles de OD superiores al 70 por ciento de saturación, lo que corresponde a 4,4 mg por litro a una salinidad de 40 ppt y 28 grados-C. La aireación es esencial en el cultivo intensivo de camarón. Un estudio realizado en 2011 por investigadores tailandeses demostró que el camarón blanco del Pacífico (*Litopenaeus vannamei*) expuesto a niveles bajos de oxígeno (<2 mg por litro) presentó una reducción en la supervivencia y el crecimiento (Tabla 5). Los camarones en agua con niveles de oxígeno disuelto superiores a 4 mg por litro crecieron más rápido y presentaron mayores tasas de supervivencia. Los camarones mantenidos en agua con bajo contenido de oxígeno presentaron un recuento reducido de hemocitos y una respuesta inmunitaria debilitada, mostrando una supervivencia cada vez menor tras un desafío con *Vibrio harveyi*.

## Kubitza, Calidad del Agua, Tabla 5

Show  entries

Search

Parámetros	OD (mg/L)	> 4	2 to 4	< 2
Peso final (g)		28.2	25.0	25.9
Supervivencia (%)		92	81	57
Recuento total de hemocitos (x 10 <sup>5</sup> /mL)		201	199	161
Fagocitosis (%)		37.3	37.0	26.3
Actividad de PO		299	289	268
SOD (unidades/mL)		47.9	45.1	36.0
Supervivencia a infección de <i>Vibrio harveyi</i> (%)		56	40	26

Showing 1 to 8 of 8 entries

Previous  Next

Tabla 5: Efecto del oxígeno disuelto (OD) (mg por litro) en el peso final, la supervivencia, la respuesta inmunitaria y la tolerancia a la infección por *Vibrio harveyi* en camarones blancos del Pacífico (adaptado del original). La profenoloxidasa (PO), un importante sistema de defensa innato en invertebrados, es la melanización de patógenos y tejidos dañados. La superóxido dismutasa (SOD) es una enzima antioxidante necesaria para la vida en todas las células que metabolizan el oxígeno.

Un estudio sobre cultivos combinados de camarones blancos del Pacífico y camarones azules del Pacífico (*Litopenaeus stylirostris*) evaluó el momento óptimo de oxígeno disuelto para iniciar la aireación (Tabla 6). Activar los aireadores con una saturación de oxígeno disuelto del 65 por ciento resultó en una mejor supervivencia, producción y conversión alimenticia, en comparación con un inicio tardío de la aireación con una saturación de oxígeno disuelto del 40 o del 15 por ciento. Si bien la aireación temprana incrementó los costos de energía, condujo a mayores tasas de supervivencia, mejor eficiencia alimentaria y mayor ganancia neta por hectárea.

## Kubitz, Calidad del Agua, Tabla 6

Inicio de aireación a:	GY	<i>L. vannamei</i> S%	<i>L. stylirostris</i> S%	FCR	Uso de energía	Beneficio neto (USD/ha)
	kg/ha				kW.h/kg	
15% sat (1.1 mg/L)	2,976	42%	24%	2.64	1.15	20,147
40% sat (2.8 mg/L)	3,631	55%	32%	2.21	1.37	24,545
65% sat (4.6 mg/L)	3,975	61%	47%	1.96	2.27	26,696

Tabla 6: Efecto de la saturación de OD al inicio de la aireación sobre el rendimiento bruto (GY), la supervivencia (S%), la tasa de conversión alimenticia (FCR), el uso de energía y la rentabilidad neta en la producción combinada de camarón blanco y azul del Pacífico en estanques (de McGraw et al., 2001).

## Conclusiones finales

Mantener niveles adecuados de OD y CO<sub>2</sub> en el agua durante el cultivo de peces y camarones es esencial. Mejorar la alcalinidad y la dureza del agua (el sistema amortiguador del agua) mediante el encalado y el control de las tasas de alimentación y la densidad del fitoplancton son estrategias para reducir los problemas de niveles altos de CO<sub>2</sub>. El control del fitoplancton, las tasas de alimentación y siembra, y la aireación suplementaria son clave para prevenir niveles bajos de OD.

## Author

---



**FERNANDO KUBITZA, PH.D.**

Jundiaí, São Paulo, Brasil

El Dr. Fernando Kubitza es un especialista en acuacultura Brasileño, fundador y director de Acqua Imagem Servicios en Acuicultura ([www.acquaimagem.com.br](http://www.acquaimagem.com.br)), una empresa con 26 años de antigüedad líder en proyectos de acuacultura, capacitación y soporte técnico en Brasil.

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

Copyright © 2025 Global Seafood Alliance

All rights reserved.