



ALLIANCE™

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



**Responsible
Seafood**
ADVOCATE



Health &
Welfare

Impacto de la calidad del agua en la salud y el rendimiento de peces y camarones, Parte 3: Los compuestos nitrogenados amoníaco, nitrito y nitrato

3 August 2026

By Fernando Kubitza, Ph.D.

El monitoreo y la gestión eficaces del amoníaco, el nitrito y el nitrato son esenciales en los sistemas de acuicultura intensiva, especialmente en estanques con bajo recambio de agua



La Parte 3 del impacto de la calidad del agua en la salud y el rendimiento de los peces y camarones de granja abarca los compuestos nitrogenados amoníaco, nitrito y nitrato. Aunque la calidad del agua es ampliamente reconocida como fundamental para el éxito de la acuicultura, muchos productores siguen subestimando los efectos perjudiciales de las condiciones marginales del agua. El monitoreo regular y la gestión adecuada de los parámetros clave de calidad del agua son esenciales para mantenerlos dentro de rangos adecuados para las especies cultivadas. Foto de Darryl Jory.

El amoníaco (NH_3), nitrito (NO_2^-), y nitrato (NO_3^-) pueden acumularse y alcanzar niveles que perjudican el rendimiento y la salud de los animales acuáticos, llegando incluso a causar intoxicación y muerte. Las concentraciones subletales de amoníaco y nitrito son comunes en la producción intensiva de peces y camarones. La toxicidad de estos compuestos depende de sus concentraciones, del tiempo de exposición y de las interacciones con factores ambientales como la salinidad, el pH, el oxígeno disuelto, la dureza y la alcalinidad. Comprender la sensibilidad específica de cada especie, monitorear la calidad del agua y aplicar prácticas de manejo adecuadas son claves para prevenir problemas asociados con estos compuestos nitrogenados.

Nota del editor: Para consultar las referencias mencionadas en el texto que no incluyen enlace, contacte directamente al autor. Para ver las otras partes de esta serie, consulte: ***Parte 1*** (<https://www.globalseafood.org/advocate/the-impact-of-water-quality-on-health-and-performance-of-farmed-fish-and-shrimp-part-1-dissolved-oxygen-and-carbon-dioxide/>) y ***Parte 2*** (<https://www.globalseafood.org/advocate/water-quality-impacts-on-health-and-performance-of-fish-and-shrimp-part-2-ph-carbon-dioxide-alkalinity-hardness-and-the-water-buffering-system/>).

Origen y reciclaje de amoníaco, nitrito y nitrato

Las principales fuentes de amoníaco en los estanques acuícolas son: a) la excreción fecal y el metabolismo de las proteínas (aminoácidos, llamados así por contener un grupo amino, $-NH_2$). Solo entre el 28 y el 34 por ciento de la proteína del alimento es retenida por los peces y camarones; las proteínas y aminoácidos no digeridos se excretan en las heces. Más de la mitad de los aminoácidos absorbidos se metabolizan para obtener energía, generando también amoníaco, el cual debe excretarse rápidamente de la sangre o hemolinfa, principalmente a través de las branquias; b) la descomposición de proteínas y aminoácidos presentes en desechos orgánicos, tales como microalgas en descomposición, alimento no consumido, heces, exoesqueletos de camarón, mucosidad corporal y fertilizantes orgánicos. La descomposición microbiana ocurre en los sedimentos de estanques y tanques; c) los fertilizantes nitrogenados que contienen amoníaco, urea o nitrato (Fig. 1).

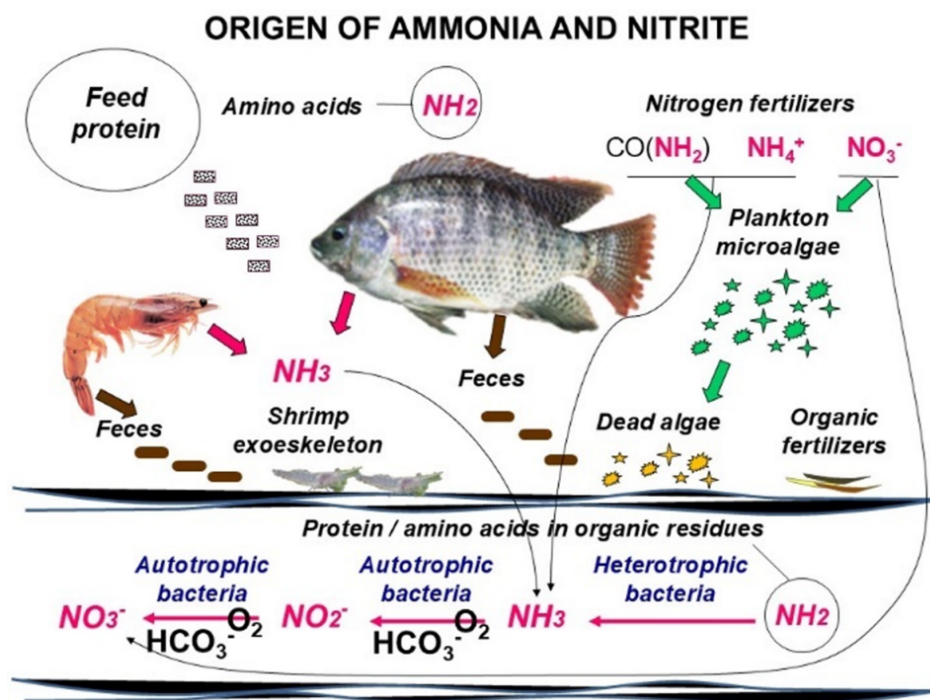


Fig. 1: Principales fuentes de amoníaco, nitrito y nitrato en el cultivo intensivo de peces y camarones.



Global Seafood ALLIANCE™

For the love of seafood.

BECOME A MEMBER



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

En estanques de “agua verde,” el fitoplancton asimila rápidamente el amoníaco. Una pequeña fracción es oxidada a nitrito y nitrato por bacterias. En estanques intensivos de peces y camarones con altas tasas de alimentación, la producción de amoníaco a menudo supera la capacidad de asimilación del fitoplancton y de las bacterias, lo que requiere la atención de los productores. En los sistemas de recirculación acuícola (RAS), el amoníaco proviene principalmente de la excreción metabólica y de la

descomposición de sólidos disueltos. Los biofiltros que contienen bacterias nitrificantes convierten el amoníaco en nitrito y, posteriormente, en nitrato. Aunque el nitrato es menos tóxico, concentraciones superiores a 200–900 ppm pueden perjudicar a los peces y camarones. Por lo tanto, los biofiltros deben diseñarse adecuadamente para gestionar la carga total de amoníaco o el aporte de alimento. En los sistemas de biofloc (BFT), los bioflocs – agregados de partículas orgánicas, bacterias adheridas y otros microorganismos – actúan de manera similar a los biofiltros de los sistemas RAS. Las bacterias heterótrofas degradan los desechos orgánicos y asimilan el amoníaco transformándolo en proteína microbiana, mientras que las bacterias autótrofas oxidan el amoníaco a nitrito y nitrato.

El pH del agua regula la toxicidad del amoníaco

Los kits de análisis miden el nitrógeno amoniacal total (TAN) en el agua, que es la suma del ion amonio (NH_4^+ , menos tóxico) y el amoníaco gaseoso (NH_3 , altamente tóxico). La proporción de NH_3 (forma tóxica) respecto al TAN aumenta a medida que se incrementa el pH del agua (Tabla 1). El amoníaco altera los impulsos nerviosos y la contracción muscular en peces y camarones. Los trastornos nerviosos, los espasmos musculares y la natación errática son signos comunes de intoxicación por amoníaco. Las branquias se irritan y los animales experimentan dificultades respiratorias, incluso cuando los niveles de oxígeno en el agua son adecuados.

Kubitza, Calidad del Agua, Tabla 1

Show

10

 entries

Search

	1por ciento amoníaco tóxico (NH_3) en TAN a 28 grados-C	
pH del agua	Agua dulce 0 ppt	Agua salada 36 ppt
6.5	0.22%	0.18%
7	0.71%	0.58%
7.5	2.2%	1.8%
8	6.6%	5.5%
8.5	18.4%	15.6%
9	41.7%	36.8%
9.5	69.2%	64.8%
10	87.7%	85.4%

Showing 1 to 9 of 9 entries

Previous

1

Next

Tabla 1: Porcentaje de amoníaco tóxico (NH_3) respecto al amoníaco total (TAN) en agua dulce (0 ppt) y en agua salada (36 ppt) a 28 grados-C y diferentes valores de pH del agua. 1Criterios de calidad del agua ambiental para amoníaco en agua salada - 1989, EPA 440/5-88-004.

El nitrito en el agua puede presentarse como HNO_2 o NO_2^- . A valores de pH superiores a 5,5, el HNO_2 está prácticamente ausente. En el cultivo de peces y camarones, donde el pH del agua suele oscilar entre 6,0 y 10,0, la toxicidad por nitritos se debe exclusivamente a la absorción de NO_2^- a través de las branquias. El nitrito se une a la hemoglobina y a la hemocianina, impidiendo que estas proteínas sanguíneas transporten oxígeno desde las branquias hacia otros tejidos.

Los kits de análisis comerciales para amoníaco, nitrito y nitrato emplean métodos colorimétricos (Fig. 2) con una precisión adecuada para la acuicultura. Cuando el color de la muestra analizada iguala o supera el valor más alto de la escala de colores del kit, la muestra debe diluirse con agua limpia (desionizada o incluso de lluvia) y volver a analizarse hasta que el color resultante se sitúe dentro del rango de la escala. Posteriormente, el resultado final debe multiplicarse por el factor de dilución correspondiente.



Fig. 2: Ejemplos de kits de análisis colorimétricos para amoníaco, nitrito y nitrato.

Concentraciones seguras y tóxicas de amoníaco, nitrito y nitrato para peces y camarones

Se han determinado las concentraciones letales de amoníaco, nitrito y nitrato que causan la muerte del 50 por ciento de los animales tras 96 horas de exposición continua (denominadas $\text{CL}_{50-96\text{h}}$) para diversas especies de peces y camarones (Tabla 2).

Kubitza, Calidad del Agua, Tabla 2

Especie	mg/L N-NH ₃	mg/L N-NO ₂ ⁻	mg/L N-NO ₃ ⁻
Tilapia del Nilo	1.4 - 2.6 (0.14)	8 - 338 (0.8) ⁽¹⁾	ND (500) ⁽⁴⁾
Bagre de canal	1.4 - 3.1 (0.14)	7.1 (0.7)	1,400 (140)
Carpa común	1.13 - 1.30 (0.11)	20.0 (2.0)	1,075 (107)
Trucha arcoíris	0.08 - 0.9 (0.008)	0.24 - 11 (0.024) ⁽¹⁾	ND (< 80) ⁽⁴⁾
Camarón blanco del Pacífico	0.6 - 2.8 (0.06)	5.7 - 15 (0.57) ⁽¹⁾	ND (220) ⁽⁴⁾
		76 - 321 (7.6) ⁽³⁾	
Camarón tigre negro	0.96 - 1.08 (0.10)	38 - 171 (3.8)	1,450-2,320 (145)

Tabla 2: Concentraciones letales ($\text{CL}_{50-96\text{h}}$) de amoníaco (N-NH_3), nitrito (N-NO_2^-) y nitrato (N-NO_3^-) para algunos peces de agua dulce y camarones marinos. Entre paréntesis se indican los valores de alerta

correspondientes al 10 por ciento de la CL50-96h.

(1) la tolerancia al nitrito aumenta a medida que se elevan los niveles de cloruro en el agua. Se observa una menor tolerancia en aguas con bajo contenido de cloruro;

(2) salinidades de 0,6 a 2 ppt. La tolerancia al nitrito aumenta al incrementarse la salinidad del agua;

(3) salinidades de 15 a 35 ppt. La tolerancia al nitrito aumenta al incrementarse la salinidad del agua;

(4) ND = valores de CL50-96h aún no determinados. Los valores de precaución indicados entre paréntesis se sugieren a partir de los resultados de experimentos de crecimiento con diferentes niveles de nitrato. Efecto del amoníaco en el rendimiento y la salud de los peces

Efecto del amoníaco en el rendimiento y la salud de los peces

Para la mayoría de los peces de aguas cálidas criados en cautividad, una concentración de NH₃ de 0,1 a 0,2 mg/L (el 10 por ciento del valor de la CL₅₀ a 96 horas) puede considerarse un nivel de alerta. Por encima de estos límites, pueden producirse irritación y daños en las branquias, así como alteraciones respiratorias y, en consecuencia, una reducción del crecimiento y de la inmunidad.

Fig. 3: Mortalidad de bagres debido a la toxicidad por amoníaco en el oeste de Alabama (EE. UU.). Las floraciones densas de fitoplancton elevan el pH del agua, lo que aumenta el porcentaje de amoníaco tóxico (NH₃) en la misma.

Una concentración de amoníaco tóxico de 0,1 mg/L redujo la ganancia de peso de la tilapia del Nilo en un 28 por ciento (Tabla 3). Aunque la tilapia puede tolerar concentraciones elevadas de amoníaco, como se observa en la Tabla 2, el nivel de amoníaco tóxico no debe superar los 0,05 mg de NH₃/L. A 28 grados-C, el valor de 0,05 mg de NH₃/L equivale a una concentración de amoníaco total de 7 mg/L a pH 7,0, 0,76 mg/L a pH 8,0 o 0,12 mg de NH₃/L a pH 9,0.

Kubitza, Calidad de Agua, Tabla 3

Show

10

entries

Search

NH3 (mg/l) ⬆️	Peso final (g) ⬆️	Ganancia de peso (g/pez) ⬆️	Ganancia de peso relativa ⬆️
0.004	37.7	18.7	100%
0.01	37.2	18.2	97%
0.05	36.4	17.4	93%
0.1	32.5	13.5	72%
0.15	26.9	7.9	42%

Showing 1 to 5 of 5 entries

Previous

1

Next

Tabla 3: Efecto de la exposición continua a concentraciones crecientes de amoníaco tóxico (NH3 mg/l) sobre el peso final y la ganancia de peso de la tilapia del Nilo. Peso inicial de 19 g. Adaptado de El-Sherif y El-Feky (2008).

Farmer et al. (<https://doi.org/10.1080/08997659.2011.616836>) no observaron un aumento en la mortalidad de juveniles de bagre de canal expuestos a niveles subletales de amoníaco (0,43 mg N–NH₃/L) y desafiados con la bacteria *Flavobacterium columnare*; tampoco se observó dicho aumento en juveniles de tilapia del Nilo expuestos a 0,37 mg N–NH₃/L y desafiados con la bacteria *Streptococcus agalactiae* (según lo reportado por **Evans et al.** (<https://doi.org/10.1577/A05-032.1>), en comparación con los peces desafiados que no habían sido expuestos previamente al amoníaco. Sin embargo, es razonable suponer que los peces expuestos a niveles subletales de amoníaco podrían presentar una menor tolerancia a las enfermedades, dada la diversidad de especies de peces y patógenos presentes en las operaciones acuícolas.

Efectos del amoníaco sobre el rendimiento, la salud y la supervivencia de los camarones marinos

Los camarones marinos son más sensibles al amoníaco durante las primeras etapas de vida y en aguas de baja salinidad. **Cobo et al.** (<https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2012.03248.x>) (2012) determinaron la CL₅₀-24h del amoníaco para los estadios de Zoea 1 (0,6 mg NH₃/L), Zoea 2 (1,5 mg/L), Zoea 3 (2,4 mg/L), Mysis 1 (2,8 mg/L), Mysis 2 (2,5 mg/L), Mysis 3 (2,6 mg/L), PL-1d (1,9 mg/L) y PL-22 mm (2,8 mg/L). La CL₅₀-96h del amoníaco aumentó a medida que se incrementaba la salinidad. Para ejemplares de *Penaeus vannamei* de 22 mm, **Lin and Chen** ([https://doi.org/10.1016/S0022-0981\(01\)00227-1](https://doi.org/10.1016/S0022-0981(01)00227-1)) (2001) reportaron un valor de 1,2 mg NH₃/L a una salinidad de 15 ppt, y de aproximadamente 1,6 mg/L a salinidades de 25 y 35 ppt. Para ejemplares de *Litopenaeus schmitti* de 22 mm, **Barbieri** (<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2010.06.009>) (2010) registró valores de 0,7 mg de NH₃/L a 5 ppt, 0,9 a 20 ppt y 1,2 mg/L a 35 ppt.

Concentraciones de amoníaco tóxico a partir de valores cercanos a 0,1 mg/L provocaron una reducción en el crecimiento de *Penaeus chinensis* (Tabla 4). El crecimiento del camarón tras 10 días de exposición continua a 0,5 y 0,7 mg/L de amoníaco tóxico fue solo del 47 por ciento del observado en los animales del grupo control (sin amoníaco). Por consiguiente, para el camarón marino se recomienda establecer un límite umbral de 0,1 mg de NH₃/L.

Kubitza, Calidad de Agua, Tabla 4

Show

10

 entries

Search

Amoníaco total (TAN-mg/L)	Amoníaco tóxico (NH ₃ – mg/L) a pH 8.4	Crecimiento en longitud, 10-d (mm)	Crecimiento relativo (%)
Control	Nearly zero	11.5	100
0.6 to 2	0.07 to 0.22	7	61
5.0 a 7 mg/l	0.55 to 0.77	5.4	47
14.0 mg/l	1.5	2.6	23

Showing 1 to 4 of 4 entries

Previous

1

Next

Tabla 4: Crecimiento de *Penaeus chinensis* de 40 mm mantenidos durante 10 días bajo diferentes concentraciones de amoníaco en agua a pH 8,4 (Adaptado de Chien, 1992).

P. vannamei (9 gramos de peso) experimentó una reducción significativa en el recuento de hemocitos y en la actividad de las enzimas PO (fenoloxidasa) y SOD (superóxido dismutasa) al exponerse durante 48 horas a concentraciones tóxicas subletales de amoníaco de 0,1 o 0,5 mg N–NH₃/L (Tabla 5). Los hemocitos y las enzimas PO y SOD desempeñan un papel importante en los mecanismos de defensa y la resistencia a patógenos del camarón.

Kubitza, Calidad de Agua, Tabla 5

		Hemolinfa		Hepatopancreas		Supervivencia	
		(U/mg proteína)		(U/mg proteína)		(%)	
N-NH ₃	THC	PO	SOD	PO	SOD	5 ppt	30 ppt
0.001 mg/l	78	0.68	1.45	17.8	7.1	100%	100%
0.1 mg/l	43	0.46	0.95	10.4	4.7	100%	100%
0.5 mg/l	32	0.44	0.7	7.2	4	86%	95%

Tabla 5: Recuento total de hemocitos (THC), actividad de fenoloxidasa (PO) y superóxido dismutasa (SOD) en la hemolinfa y en el hepatopáncreas, y supervivencia de *P. vannamei* tras una exposición de 48 horas a diferentes concentraciones de amoníaco tóxico (expresadas en mg N-NH₃/L). Adaptado de Jia et al. (2017).

Los ejemplares de *P. vannamei* mantenidos en agua con concentraciones de amoníaco total de 5 a 22 mg/L (amoníaco tóxico de 0,28 a 1,14 mg N-NH₃/L) presentaron inmunosupresión y una mayor mortalidad (del 40 al 50 por ciento) tras una infección experimental con *Vibrio alginolyticus*, en comparación con una mortalidad del 20 al 23 por ciento en camarones mantenidos en agua con 0 a

0,06 mg N-NH₃/L. **Liu and Chen** ([https://doi.org/10.1016/S1050-4648\(03\)00113-X](https://doi.org/10.1016/S1050-4648(03)00113-X)). (2004) informaron que los camarones mantenidos a 22 mg/L de amoníaco total (1,14 mg N-NH₃/L) y no inyectados con *V. alginolyticus* no presentaron mortalidad.

En el cultivo intensivo de camarón en estanques, la concentración de amoníaco total rara vez supera los 3 mg/L. Sin embargo, en estanques con altas tasas de alimentación (superiores a 150-200 kg de alimento/ha/día) y baja renovación de agua, las concentraciones de amoníaco total pueden alcanzar entre 6 y 8 mg/L. A estas concentraciones, los camarones estarán inevitablemente expuestos a niveles de amoníaco tóxico de al menos 0,33 a 0,44 mg/L en agua salada con un pH de 8,0. Si el pH aumenta a 9,0 debido a la fotosíntesis, las concentraciones de amoníaco tóxico podrían superar los 2,3 mg/L. Niveles tan elevados de NH₃ no solo perjudican el crecimiento, sino que también pueden reducir la resistencia de los camarones a los patógenos e incluso provocar la muerte.

Efectos del nitrito en el rendimiento, la salud y la supervivencia de los peces

El nitrito que ingresa al torrente sanguíneo se une a la hemoglobina y oxida el hierro (Fe²⁺ → Fe³⁺), formando metahemoglobina. En los camarones, es probable que la hemocianina experimente una oxidación similar del cobre. Una vez unidas al nitrito, la hemoglobina y la hemocianina ya no pueden transportar oxígeno a los tejidos y órganos. La toxicidad por nitritos en los peces puede evaluarse mediante los niveles de metahemoglobina. Según Boyd (Boyd, C. E. 1990. Water Quality in Ponds for Aquaculture. Auburn, AL: Auburn University, Alabama Agricultural Experiment Station. 482 pp.), el bagre de canal (*Ictalurus punctatus*) expuesto durante 24 horas a 1 mg N-NO₂⁻/L presentó un 21 por ciento de metahemoglobina, cifra que aumentó al 60 por ciento con una concentración de 2,5 mg N-NO₂⁻/L. Puede producirse estrés respiratorio por encima del 5 por ciento de metahemoglobina, toxicidad evidente entre el 20 y el 30 por ciento, y mortalidad cuando los niveles superan el 50 por ciento, especialmente en condiciones de bajo oxígeno. La metahemoglobina también provoca la llamada “sangre de color chocolate,” visible en las branquias o en la sangre que brota de un corte en el pedúnculo caudal. En agua dulce, la exposición crónica a concentraciones de nitrito de 0,3 a 0,5 mg/L puede reducir el crecimiento de los peces y su resistencia a enfermedades. Los iones cloruro reducen la toxicidad del nitrito, por lo que la tolerancia aumenta con la salinidad. Los niveles tóxicos para la tilapia, otros peces de cultivo y camarones marinos se presentan en las Tablas 6 y 7.

La tilapia del Nilo es altamente tolerante al nitrito. En peces de 4 gramos, la CL₅₀-96h aumentó de 81 a 338 mg/L de N-NO₂⁻ al incrementarse la concentración de cloruro de 6 a 375 mg/L (Tabla 6), debido a que el cloruro compite con el nitrito por los receptores branquiales y reduce su absorción. En estanques de cultivo intensivo con altas tasas de alimentación y bajo recambio de agua, la adición de cloruro de sodio (sal marina) puede ayudar a prevenir la toxicidad. Las relaciones recomendadas entre Cl⁻ y NO₂⁻ son de 6–10:1 (algunos sugieren 20:1 por seguridad). La dosis de sal puede estimarse mediante la siguiente ecuación propuesta por Boyd (1991): Sal (g/m³) = [(6–10) × (NO₂⁻ mg/L – Cl⁻ mg/L)] ÷ 0,6. Por ejemplo, si los niveles de nitrito pueden alcanzar los 5 mg de NO₂⁻/L en agua dulce, se necesitan unos 83 g de sal por m³; un estanque de 1.500 m³ requeriría aproximadamente 125 kg de sal, lo que elevaría la salinidad en solo 0,08 ppt, cantidad suficiente para reducir el riesgo asociado al nitrito.

Kubitza, Calidad de Agua, Tabla 6

		LC ₅₀ -96h (mg/L)			
Especie	Wt. g	NO ₂ ⁻	N-NO ₂ ⁻	Cl ⁻	Referencias

		LC ₅₀ -96h (mg/L)			
Tilapia del Nilo	4.4	270	81	6	Atwood et al 2001
	90.7	27	8	ND	Atwood et al 2001
	4.4	1,127	338	375	Atwood et al 2001
	1.8	94	28.2	35	Yanbo et al 2006
	1.8	149	44.7	70	Yanbo et al 2006
Bagre de canal		24	7.1	ND	Palachek y Tomasso 1984
Lobina bocagrande		467	140.2	ND	Palachek y Tomasso 1984

Tabla 6: Concentraciones letales (CL₅₀-96h) de nitrito (en mg/L de NO₂⁻ o mg/L de N-NO₂⁻) para diferentes especies de peces cultivados. Concentraciones de cloruro en el agua (Cl⁻ en mg/L). Se considera concentración segura un valor equivalente al 10 por ciento de la CL₅₀ a 96 horas. Por ejemplo, para la tilapia del Nilo, este valor oscila entre 0,3 y 112 mg/L de NO₂⁻, dependiendo de la salinidad del agua. Para el Tambaquí, el nivel seguro es de 0,6 mg/L de NO₂⁻.

Efectos del nitrito en el rendimiento, la salud y la supervivencia del camarón

Para el camarón marino *L. vannamei*, los valores de CL₅₀-96h son inferiores a 12 mg N-NO₂⁻/L a una salinidad de 2 ppt y superiores a 75 mg N-NO₂⁻/L por encima de los 15 ppt de salinidad (Tabla 7). Tomando el 10 por ciento de la CL₅₀-96h como nivel seguro, los umbrales de alerta oscilan entre 0,6 mg N-NO₂⁻/L ($\leq$ 1 ppt) y 32 mg N-NO₂⁻/L (35 ppt). Las concentraciones más elevadas de cloruro reducen la absorción de nitrito, por lo que los problemas son poco frecuentes por encima de los 20 ppt, pero comunes en sistemas de baja salinidad, especialmente en estanques más profundos con sedimentos anaeróbicos y mala circulación, así como en sistemas RAS o BFT a 2–5 ppt.

Kubitza, Calidad de Agua, Tabla 7

Sal (ppt)	Peso (g)	LC ₅₀ -96h mg N-NO ₂ ⁻ /L	Límite de atención mg N-NO ₂ ⁻ /L	Referencias
0.6	4.4	5.7	0.6	Ramírez-Rochín et al 2017
1	4.4	7	0.7	
2	4.4	12.4	1.2	
10	0.7	8.4	0.8	Sowers et al 2004
2	0.2	8.9	0.9	Gross et al 2004
3	0.6	15.2	1.5	Wang et al 2006
15	3.9	76.5	7.6	Lin y Chen (2003)

Tabla 7: Concentraciones letales de nitrito (CL50-96h) y límites de atención (considerados aquí como el 10 por ciento de la CL50-96h) para el camarón blanco del Pacífico (*P. vannamei*) de diferentes pesos y a distintas salinidades del agua (salinidad en ppt o g/L).

Furtado et al. (<https://doi.org/10.1080/10236244.2016.1163837>) (2016) informaron que concentraciones subletales de nitrito pueden provocar una reducción significativa en el crecimiento y la supervivencia del camarón marino. Según **Tseng and Chen** (<https://doi.org/10.1016/j.fsi.2004.04.010>) (2004), en agua con concentraciones de N-NO₂⁻ iguales o superiores a 5 mg/L, *P. vannamei* presentó recuentos de hemocitos y niveles de fenoloxidasas (PO) – dos componentes clave de la respuesta inmunitaria – más bajos en comparación con los camarones expuestos a 1 mg de N-NO₂⁻/L o menos. En el mismo estudio, los camarones inyectados con *Vibrio alginolyticus* y transferidos a tanques con 5 mg/L o más de N-NO₂⁻ registraron una mayor mortalidad acumulada tras la infección que aquellos transferidos a agua con hasta 1 mg/L de N-NO₂⁻.

Efectos del nitrato en el rendimiento, la salud y la supervivencia de peces y camarones

El nitrato (NO₃⁻) es mucho menos tóxico que el amoníaco o el nitrito. Para la mayoría de los peces y crustáceos, una concentración ≤25 mg N-NO₃⁻/L se considera aceptable, mientras que niveles >100 mg N-NO₃⁻/L requieren atención. La tilapia del Nilo es muy tolerante al nitrato; sin embargo, los juveniles expuestos a 1.000 mg N-NO₃⁻/L mostraron una ganancia de peso un 29 por ciento menor y una eficiencia alimentaria un 56 por ciento inferior, además de niveles elevados de nitrito y metahemoglobina en sangre, en comparación con peces criados a concentraciones ≤500 mg/L. Los investigadores concluyeron que, en sistemas intensivos de recirculación (RAS) para tilapia, los niveles de nitrato deben mantenerse por debajo de 500 mg N-NO₃⁻/L. En la Tabla 2 se presentan los niveles seguros y letales para peces y camarones. Las truchas arcoíris criadas a concentraciones de 80–100 mg de N-NO₃⁻/L no mostraron una reducción en el crecimiento, pero sí presentaron un comportamiento de natación anómalo en comparación con los peces mantenidos a 30 mg/L.

Los camarones blancos del Pacífico expuestos a concentraciones de 400–900 mg de N-NO₃⁻/L mostraron menor crecimiento y supervivencia, acortamiento de las antenas, lesiones en el hepatopáncreas y anomalías branquiales (Tabla 8). El aumento de la salinidad de 2 a 18 ppt redujo los efectos del nitrato a una concentración de 440 mg/L. De manera similar, concentraciones de 150–600 mg de N-NO₃⁻/L en sistemas de tecnología de biofloc (BFT) provocaron daños en las branquias y el hepatopáncreas, además de reducir el crecimiento, la eficiencia alimentaria y la supervivencia de *P. vannamei* (Tabla 9).

Kubitza, Calidad de Agua, Tabla 8

Show

10 ▾

 entries

Search

mg/l N-NO ₃ ⁻ ▴ ▾	Supervivencia (%) ▴ ▾	Peso final (g) ▴ ▾	Longitud de antena (cm)
35	87	9.3	8.5
220	87	8.7	7.2

435	64	7.5	5.1
910	15	5	2

Showing 1 to 4 of 4 entries

Previous1Next

Tabla 8: Supervivencia, peso promedio final y longitud de las antenas del camarón marino *P. vannamei* criado durante 42 días en un sistema de biofloc con una salinidad de 11 ppt bajo diferentes concentraciones de nitrato (Kuhn et al. 2010).

Kubitza, Calidad de Agua, Tabla 9

Show10▼entries

Search

mg/L N-NO ₃ ⁻ ▼	Supervivencia (%) ▼	Peso final (g) ▼	FCR ▼	Longitud de antena (cm)
75	100	6.07	1.5	5.68
150	87	5.97	1.6	4.86
300	77	4.89	3	2.52
600	71	3.94	4.34	2.03

Showing 1 to 4 of 4 entries

Previous1Next

Tabla 9: Supervivencia, peso promedio final, conversión alimenticia y longitud de las antenas del camarón marino *P. vannamei* criado durante 42 días en agua con diferentes concentraciones de nitrato. Sistema de biofloc, salinidad de 23 ppt, peso promedio inicial de 1,3 g (adaptado de Furtado et al. 2015).

Prácticas de manejo para prevenir problemas con compuestos nitrogenados

El amoníaco, el nitrito y el nitrato deben monitorearse estrechamente en sistemas intensivos de cultivo de peces y camarones. En estanques intensivos con altas tasas de alimentación, se deben realizar análisis de amoníaco y nitrito semanalmente. En sistemas de recirculación acuícola (RAS) y tecnología de biofloc (BFT), estos parámetros deben verificarse en días alternos hasta alcanzar la estabilidad y, posteriormente, una o dos veces por semana. El nitrato debe medirse semanalmente. En los RAS, se recomienda realizar análisis antes y después del biofiltro o de los lechos de plantas para evaluar la eficiencia de la nitrificación.

Las prácticas generales de prevención incluyen: utilizar alimentos digestibles y de alta calidad, evitando la sobrealimentación; monitorear y corregir la alcalinidad del agua; asegurar una aireación y circulación del agua adecuadas; y aumentar la concentración de cloruro mediante la adición de sal, cuando sea posible, para reducir la toxicidad del nitrito.

En estanques intensivos: mantener la biomasa y la alimentación dentro de límites seguros compatibles con la capacidad de aireación mecánica y de recambio de agua; controlar las floraciones de fitoplancton (especialmente cianobacterias) para evitar aumentos de pH y déficits de oxígeno. Mantener la aireación nocturna y la circulación diurna del agua utilizando aireadores mecánicos. En estanques de agua dulce con bajo recambio, añadir sal para aumentar el cloruro y limitar el uso de fertilizantes nitrogenados o estiércol.

En RAS: respetar las tasas de alimentación seguras; asegurar una eliminación eficiente de sólidos; diseñar biofiltros con suficiente área superficial para oxidar todo el amoníaco; mantener niveles adecuados de oxígeno, pH y alcalinidad para las bacterias nitrificantes; añadir cloruro (sal o cloruro de calcio) para prevenir la toxicidad del nitrito; y mantener el nitrato por debajo de 100 mg NO₃⁻-N/L mediante recambio de agua, desnitrificación o el uso de plantas acuáticas.

En los sistemas BFT: añada fuentes de carbono (p. ej., melaza, azúcar, salvado de arroz, harina de trigo) según sea necesario para estimular la formación inicial de biofloc y reducir el TAN; permita que las comunidades microbianas maduren antes de iniciar la alimentación completa; mantenga los flóculos en suspensión; monitoree y corrija la alcalinidad y el pH; controle el exceso de sólidos mediante tanques de sedimentación; reutilice agua madura para garantizar la estabilidad; aumente los niveles de cloruro para prevenir la toxicidad por nitritos; y mantenga los nitratos por debajo de 100–200 mg NO₃⁻-N/L mediante recambios de agua, desnitrificación o absorción por plantas.

Fig. 4: Sistema de biofloc: el monitoreo regular del amoníaco y el uso de fuentes de carbono, como melaza, azúcar cristalino o salvado de arroz, ayudan a estimular la formación de flóculos y a reducir el nitrógeno amoniacal total.

Perspectivas

El monitoreo y la gestión eficaces del amoníaco, el nitrito y el nitrato son fundamentales en los sistemas de acuicultura intensiva, especialmente en estanques con bajo recambio de agua y en sistemas RAS o BFT. Mantener una calidad de agua adecuada evita pérdidas en el crecimiento, una menor eficiencia alimentaria, brotes de enfermedades y la mortalidad asociada a niveles elevados de compuestos nitrogenados.

Author

**FERNANDO KUBITZA, PH.D.**

Jundiaí, São Paulo, Brasil

El Dr. Fernando Kubitza es un especialista brasileño en acuicultura, fundador y director de Acqua Imagem Services in Aquaculture (www.acquaimagem.com.br), una empresa con 26 años de trayectoria líder en proyectos de acuicultura, capacitación y asistencia técnica en Brasil.

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

Copyright © 2026 Global Seafood Alliance

All rights reserved.