







Efecto de la ración alimentaria en la acumulación de amonio y supervivencia de *Dormitator latifrons*

Leonela Griselda Muñoz-Chumo^{1,2} ; Yanis Cruz-Quintana^{2*} 
Ana María Santana-Piñeros² ; Juan Carlos Vélez Chica² .

¹Universidad Técnica de Manabí (UTM), Instituto de Posgrado, Maestría de Investigación en Acuicultura, Bahía de Caráquez, Manabí, Ecuador.

²Universidad Técnica de Manabí (UTM). Facultad de Acuicultura y Ciencias del Mar. Departamento de Acuicultura, Pesca y Recursos Naturales Renovables. Grupo de Investigación en Sanidad Acuícola, Inocuidad y Salud Ambiental (SAISA). Bahía de Caráquez, Manabí, Ecuador.

*Correspondencia: cqyanis@gmail.com

Recibido: Enero 2023; Aceptado: Julio 2023; Publicado: Agosto 2023.

RESUMEN

Objetivos. Evaluar experimentalmente el efecto de la ración alimentaria en la acumulación de nitrógeno amoniacal total y la supervivencia de *D. latifrons*. **Materiales y métodos.** Se implementó un diseño experimental completamente aleatorizado, sin recambio de agua por 72 h, 10 peces por réplica y tres réplicas por tratamiento, con raciones de alimentación del 2, 4, 6 y 8% en relación con la biomasa y alimento balanceado para camarón al 35% proteína. Las variables de calidad del agua y supervivencia fueron registradas cada 24 h. **Resultados.** El amonio total varió entre 1.05 y 7.80 mg*L⁻¹, mientras que el amonio no ionizado varió entre 0.33 y 2.27 mg*L⁻¹. El nitrógeno amoniacal total (5.16±1.70 mg*L⁻¹) y amonio no ionizado (1.56±0.48 mg*L⁻¹) fueron significativamente (p<0.05) superiores en la ración al 2%; sin embargo, esta ración mostró las mayores supervivencias (56–100%). La supervivencia se redujo en todos los tratamientos; las raciones de 6 y 8% registraron mortalidad desde las 24 h. La DL50% a las 72 h se estimó con una ración de alimento del 5.54% con respecto a la biomasa. **Conclusiones.** *Dormitator latifrons* resiste concentraciones de amonio no ionizado superiores a 1 mg*L⁻¹. En cultivos intensivos de *D. latifrons* se debe emplear una ración alimentaria menor al 4% respecto a la biomasa, con recambios de agua al menos cada 48 h para evitar mortalidades.

Palabras clave: Acuicultura; amoniacal; Eleotridae; Ecuador; producción; toxicidad (*Fuente:* CAB).

ABSTRACT

Objectives. Evaluate experimentally the effect of the food ration on the accumulation of total ammonia nitrogen and the survival of *D. latifrons*. **Materials and methods.** A completely randomized experimental design was implemented, without 72 h water replacement, 10 fish per replicate and three replicates per treatment, with feed rations of 2, 4, 6 and 8% in relation to biomass and 35% protein balanced shrimp feed. Water quality variables and survival were recorded every 24 h. **Results.** Total ammonia varied between 1.05 and 7.80 mg*L⁻¹, while non-ionized ammonium varied between

Como citar (Vancouver).

Muñoz-Chumo LG, Cruz-Quintana Y, Santana-Piñeros AM, Vélez-Chica JC. Efecto de la ración alimentaria en la acumulación amonio y supervivencia de *Dormitator latifrons*. Rev MVZ Córdoba. 2023; 28(3):e3067. <https://doi.org/10.21897/rmvz.3067>



©El (los) autor (es) 2023. Este artículo se distribuye bajo los términos de la licencia internacional Creative Commons Attribution 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>), que permite a otros distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir de su obra de modo no comercial, siempre y cuando den crédito y licencien sus nuevas creaciones bajo las mismas condiciones.

0.33 and 2.27 mg*L⁻¹. Total ammoniacal nitrogen (5.16±1.70 mg*L⁻¹) and non-ionized ammonium (1.56±0.48 mg*L⁻¹) were significantly ($p<0.05$) higher in the 2% ration; however, this ration showed the highest survival (56–100%). Survival was reduced in all treatments; rations of 6 and 8% recorded mortality from 24 h. LD50% at 72 h was estimated with a food ration of 5.54% with respect to biomass. **Conclusions.** *Dormitator latifrons* resists concentrations of non-ionised ammonium above 1 mg*L⁻¹. In intensive cultures of *D. latifrons*, a food ration less than 4% of biomass should be used, with water replacements at least every 48 h to avoid mortalities.

Keywords: Aquaculture; ammoniac; Eleotridae; Ecuador; production toxicity (*Fuente: CAB*).

INTRODUCCIÓN

La producción acuícola depende en gran medida del suministro de alimentos balanceados, con el fin de proporcionar a los peces cultivados los aminoácidos y otros elementos nutritivos necesarios para obtener el mayor crecimiento en el menor tiempo y costo posible (1). La cantidad de alimento empleado en la actividad acuícola depende del tipo de cultivo (p. ej. semi-intensivo, intensivo, etc.), hábitos alimentarios de la especie objetivo, calidad del alimento y manejo, entre otros (1,2,3). Sin embargo, la alimentación genera un incremento de los desechos nitrogenados en los sistemas de cultivo; este incremento es causado por la acción de bacterias que descomponen las heces y el alimento no consumido, y por la excreción directa de los peces ya que el amonio es el principal producto del metabolismo de las proteínas, que aportan entre 60 y 80% del total del nitrógeno excretado en el agua (4).

La cantidad y calidad de las proteínas consumidas por los peces, asociada a la cantidad de energía requerida y al tamaño corporal de los organismos, son algunos factores que influyen en la cantidad de amonio no ionizado (NH₃) que se produce en el cuerpo de los peces y es excretado por las branquias (4,5). A su vez, el éxito de esta excreción depende de la cantidad de amonio no ionizado en el agua, la cual debe ser baja para que se genere un gradiente que permita la difusión pasiva de este gas soluble desde la sangre hacia el agua (4,6). La concentración de NH₃ en el agua está influenciada por la cantidad total de nitrógeno amoniaco (TAN), que está representado por la suma del amoniaco (gas, tóxico) y el ion amonio (ion, menos tóxico); así como, por el pH, la temperatura y en menor medida por la salinidad, factores que influyen en el porcentaje de la fracción tóxica (NH₃) respecto al nitrógeno amoniaco total (4,6,7).

El amonio no ionizado o amoniaco, es uno de los principales compuestos tóxicos en sistemas

acuícolas, capaz de estresar a los organismos cultivados hasta ocasionar mortalidades (1,4). Por esta razón, en muchas especies de interés acuícola (p. ej. *Oncorhynchus mykiss*, *Oncorhynchus kisutch*, *Ictalurus punctatus*, *Dicentrarchus labrax*, *Opsanus tau*, *Cyprinus carpio*, *Odontesthes bonariensis*, *Hyphessobrycon callistus*, *Rachycentron canadum*, *Oreochromis niloticus*, *Piaractus mesopotamicus* y *Arapaima gigas*) se ha estudiado la tolerancia al amonio en diferentes temperaturas, y pH; así como, en diferentes estadios y sexo de organismos (8,9,10,11). También se han estudiado las consecuencias de la sobrealimentación (1) y el impacto del recambio de agua como medida de prevención o control de toxicidad por amonio (12,13), aspectos importantes para la acuicultura en sitios con limitado acceso al agua. Sin embargo, pese a la importancia de amonio como agente químico causante de toxicidad, en muchas especies de interés acuícolas o con potencial para la acuicultura como el caso de *D. latifrons*, se desconocen la tolerancia al amonio y las consecuencias fisiológicas de una intoxicación.

El chame (*D. latifrons*) es un pez dulce acuícola de la familia Eleotridae, con potencial para la acuicultura debido a su elevada tolerancia fisiológica ante la variabilidad ambiental, rápido crecimiento y bajos requerimientos nutricionales (14). Tan solo en Ecuador se realizan cultivos comerciales basados en sistemas extensivos y captura de semilla del medio natural, logrando exportar entre 800 y 1000 t de chame al año (15); pero tanto Ecuador como otros países de la región donde se distribuye *D. latifrons*, han incrementado su interés por el desarrollo de tecnología acuícola para esta especie (16,17), lo que ha forzado el desarrollo de investigaciones sobre temáticas nutricionales, de condiciones de cultivo y de enfermedades. Esto ha motivado que actualmente en Ecuador algunos productores hayan intensificado sus cultivos con densidades de siembra entre 25 a 35 organismos por m² y suministro continuo de alimento balanceado para camarón durante todo el período de engorde

(18), aunque densidades de siembra de 60 peces por m² y 80 peces por m³ también han sido utilizadas en condiciones experimentales (19,20). *D. latifrons* se ha adaptado a diferentes nichos ecológicos donde se reporta la tolerancia de niveles elevados de mercurio, cadmio y plomo, además de rangos de temperatura entre 21 y 30°C, niveles bajos de oxígeno disuelto hasta 0,4 mg*L⁻¹ y rangos de pH hasta 9,4 (17), lo que podría indicar una alta tolerancia de esta especie al amonio no ionizado. En ese sentido, este trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto de la ración alimentaria en la acumulación del amonio y la supervivencia de juveniles de *D. latifrons*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Colecta de organismos y aclimatación.

Alrededor de 700 juveniles de *Dormitator latifrons* con longitud total (LT) entre 7 y 15 cm y peso (P) entre 16 y 65 g, fueron seleccionados durante la fase de captura por pescadores artesanales en el sector Larrea, perteneciente al sistema de ríos Carrizal-Chone, hábitat natural de este pez en la provincia de Manabí, Ecuador (21). Los juveniles fueron trasladados al área de cultivo de peces de la carrera de Acuicultura de la UTM, Manabí, donde se les aplicó sal yodada al 1% en baño de corta duración (60 min) como medida profiláctica contra ectoparásitos (22). Debido a la variabilidad de talla de los ejemplares, previo al experimento fueron seleccionados 120 organismos con longitud total (LT) promedio de 14.28±1.03 cm y peso promedio de 35.30±7.19 g. Estos peces fueron aclimatados durante 7 días en dos tanques de 1 m³ de capacidad, con un volumen de agua dulce de 700 L, aireación constante, recambio de agua del 30 % diario y alimentados con balanceado comercial para camarón con 35% proteína. Se calculó la ración diaria equivalente al 2% de la biomasa, y se administró dos veces al día (09:00 y 16:00). Los peces fueron sometidos a un ayuno de 24 h previo al inicio del bioensayo.

Diseño experimental. Se utilizaron 12 acuarios de plástico rectangulares con un área de 0.11 m² (0.44 m x 0.25 m) cada uno, distribuidos completamente al azar (DCA). Los acuarios fueron llenados con un volumen de 15 L de agua dulce, el agua fue previamente tratada y mantenida en recirculación por 48 h en un tanque reservorio para la posterior distribución en los acuarios. En cada acuario se colocaron 10 peces (densidad=91 organismo/

m²) seleccionados de manera que no mostraran diferencias significativas de la talla y el peso entre los tratamientos (Tabla 1). Para el estudio se emplearon cuatro tratamientos con base a raciones diarias de alimentación del 2, 4, 6 y 8 % con respecto a la biomasa, administradas una vez al día. El experimento tuvo una duración de 72 h y fue realizado a temperatura ambiente (27.45±0.86°C), pH constante (8.65±0.22), oxígeno disuelto inicial de 4.33±0.19 mg*L⁻¹, y sin recambio de agua. Cada 12 h (08:00 y 16:00) se registró la temperatura, el pH y el oxígeno, utilizando una sonda multiparamétrica Hanna Hi 7850.

Tabla 1. Datos biométricos de *Dormitator latifrons* y calidad del agua al inicio del ensayo, según la ración de alimentación con balanceado comercial para camarón (35% proteína) con respecto a la biomasa de peces. Valores promedio (media aritmética ± desviación estándar) por tratamiento.

Variable	Ración alimentaria (%)			
	2	4	6	8
LT (cm)	14.25 ±1.06	14.21 ±1.04	14.20 ±1.03	14.24 ±1.04
Peso (g)	35.30 ±7.68	35.30 ±7.17	35.30 ±6.94	35.30 ±7.31
Temperatura (°C)	27.40 ±0.17	27.50 ±0.20	27.27 ±0.15	27.53 ±0.12
pH	8.70 ±0.10	8.67 ±0.21	8.73 ±0.15	8.70 ±0.10
O D (mg*L ⁻¹)	4.35 ±0.16	4.32 ±0.22	4.29 ±0.17	4.36 ±0.19
TAN (mg*L ⁻¹)	0.01 ±0.006	0.01 ±0.007	0.01 ±0.005	0.01 ±0.004
NH ₃ (mg*L ⁻¹)	0.002 ±0.0003	0.002 ±0.0003	0.002 ±0.0002	0.002 ±0.0001

Ninguna de las variables presentó diferencias significativas al inicio del ensayo.

La concentración total de nitrógeno amoniacal (TAN) fue registrada a las 24, 48 y 72 h, utilizando un fotómetro colorimétrico (YSI 9300). La concentración de amonio no ionizado (NH₃) fue estimada de acuerdo con la ecuación que establece el porcentaje de amonio no ionizado con base en el TAN, a una temperatura y pH específicos (23). Al inicio del bioensayo, se determinó la concentración de TAN y NH₃ en el agua de los acuarios antes de colocar los peces (Tabla 1). Los organismos muertos en cada tratamiento fueron contabilizados cada 24 h; esta condición fue determinada después de 15 minutos sin movimientos operculares visibles en los peces. El porcentaje de supervivencia fue determinado a las 24, 48 y 72 h mediante la siguiente fórmula:

$$S (\%) = (\text{N}^\circ \text{ de organismos final}) / (\text{N}^\circ \text{ de organismos inicial}) \times 100$$

Análisis de datos. Los resultados son presentados como la media aritmética \pm desviación estándar. Se utilizó un análisis de la varianza (ANOVA) de una vía (pruebas paramétricas) o Kruskal-Wallis (pruebas no paramétricas), previa comprobación de los supuestos de normalidad y homogeneidad de los residuos mediante la prueba de Shapiro-Wilk y la prueba de Levene, para comprobar la ausencia de diferencias significativas de las variables LT, peso, pH, temperatura y oxígeno, entre tratamientos al inicio del bioensayo. Las concentraciones de TAN y NH_3 fueron comparadas entre los tratamientos (2, 4, 6, 8%) y en función del tiempo (24, 48, 72 h) mediante ANOVA factorial. En los casos que mostraron diferencias significativas, se utilizó la prueba de comparaciones de medias múltiples HSD de Tukey. La supervivencia fue comparada entre los tratamientos a las 24, 48 y 72 h, mediante una prueba de Chi^2 (nivel de confianza = 95%) utilizando el programa estadístico Statistica V.8. La dosis letal media (LD50 %) de las raciones fue estimada a las 72 h con intervalo de confianza del 95%, mediante el paquete estadístico de R (24,25). Valores de $p < 0.05$ se consideraron estadísticamente significativos para todas las pruebas.

Aspectos éticos. El permiso de bioética para este estudio fue emitido por el Comité de Bioética Institucional de la Universidad Técnica de Manabí, y reposa en el tomo 022-01 folio 22-01-2.

RESULTADOS

Entre las 24 y las 72 h del ensayo, la temperatura, el pH y el oxígeno disuelto, no mostraron diferencias significativas entre tratamientos ($p > 0.05$), pero sí el TAN y el amonio no ionizado (Tabla 2). El TAN fue significativamente superior ($p < 0.05$) en el tratamiento al 2% respecto al resto, independientemente del tiempo (Figura 1A). El mismo comportamiento fue observado para el NH_3 , con valores significativamente superiores ($p < 0.05$) en el tratamiento al 2% respecto al resto (Figura 1B). El análisis de TAN en función del tiempo mostró valores

significativamente inferiores ($p < 0.05$) a las 72 h respecto a las 48 h (Figura 1C); mientras que el NH_3 no mostró diferencias significativas ($p > 0.05$) en relación con el tiempo, aunque sí una tendencia a valores más bajos a las 72 h (Figura 1D). El análisis factorial del TAN en función de la ración y el tiempo, no mostró diferencias significativas ($p > 0.05$) (Figura 1E); de manera similar el análisis factorial del NH_3 en función de la ración y el tiempo, tampoco mostró diferencias significativas ($p > 0.05$) (Figura 1F).

Tabla 2. Calidad del agua durante el ensayo, según la ración de alimentación con balanceado comercial para camarón (35% proteína) con respecto a la biomasa de *Dormitator latifrons*. Letras en superíndice representan diferencias significativas

Variables	Ración alimentaria (%)			
	2	4	6	8
Temperatura (°C)	27.30 ± 0.90	27.41 ± 0.97	27.31 ± 1.08	27.36 ± 0.87
pH	8.63 ± 0.22	8.62 ± 0.26	8.64 ± 0.23	8.63 ± 0.21
OD (mg*L ⁻¹)	2.04 ± 0.55	1.67 ± 0.15	1.66 ± 0.22	1.72 ± 0.24
TAN (mg*L ⁻¹)	5.16 $\pm 1.70^a$	3.10 $\pm 0.98^b$	2.03 $\pm 0.94^b$	2.72 $\pm 0.31^b$
NH_3 (mg*L ⁻¹)	1.56 $\pm 0.48^a$	0.96 $\pm 0.30^b$	0.62 $\pm 0.27^b$	0.83 $\pm 0.37^b$

A las 24 h no se observó mortalidad de peces en las raciones de alimento al 2 y 4%, pero sí en las raciones al 6 y 8% (Figura 2). La supervivencia no mostró diferencias significativas entre las raciones de 6 y 8% ($p > 0.05$), pero la supervivencia en estas raciones fue significativamente inferior a la supervivencia de las raciones de 2 y 4% ($p < 0.05$). A las 48 h se registró mortalidad en todos los tratamientos, pero solo se observó diferencias significativas entre la supervivencia de los tratamientos del 2 y 4% con respecto al 6% ($p < 0.05$). A las 72 h se incrementó la mortalidad en todos los tratamientos, pero solo la supervivencia de la ración al 2% fue significativamente mayor al tratamiento del 8% ($p < 0.05$) (Figura 2). La supervivencia no mostró diferencias significativas entre las 24 y las 48 h, pero sí entre las 24 y 48 h respecto a las 72 h para todos los tratamientos ($p < 0.05$).

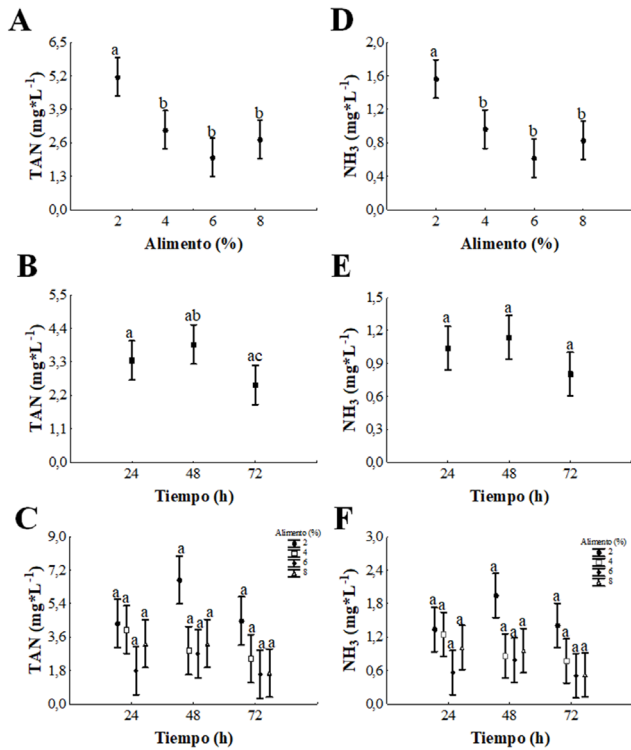


Figura 1. Comportamiento de nitrógeno amoniacal total (TAN) y amonio no ionizado (NH₃) en relación con la ración de alimento y tiempo de exposición de *Dormitator latifrons*. A) Concentración de TAN en relación con la ración de alimento. B) Concentración de NH₃ en relación con la ración de alimento. C) Concentración de TAN con relación al tiempo de exposición. D) Concentración de NH₃ con relación al tiempo de exposición. E) Interacción entre la concentración de TAN con relación a la ración de alimento y al tiempo de exposición. F) Interacción entre la concentración de NH₃ con relación a la ración de alimento y al tiempo de exposición.

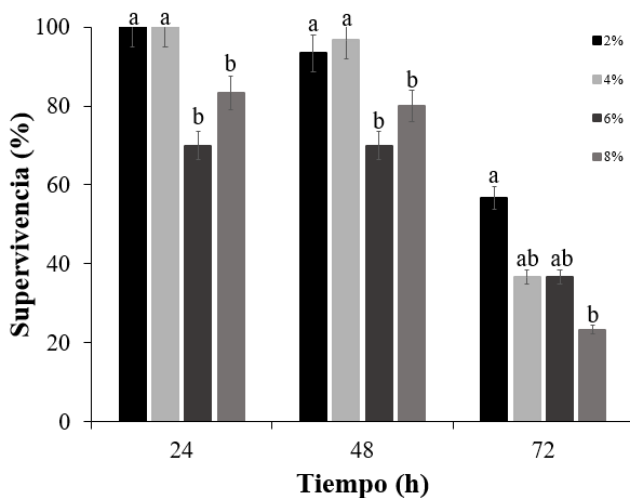


Figura 2. Supervivencia de *Dormitator latifrons* por tratamiento (ración de alimento en función de la biomasa) durante el periodo de estudio.

La ración de alimento en función de la biomasa, capaz de producir una mortalidad del 50% de los organismos (DL50%) a las 72 h sin recambio de agua, fue estimada en $5.54 \pm 1.06\%$ ($p=0.012$) (Figura 3), con un límite inferior de 3.45% y un límite superior de 7.63%.

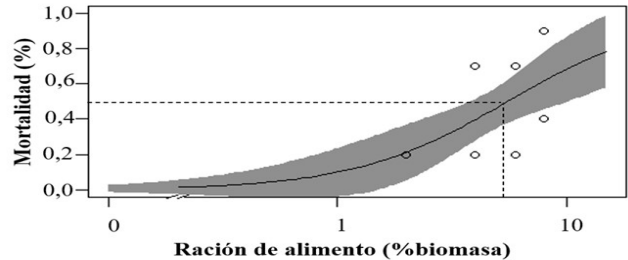


Figura 3. Estimación de la dosis letal media (DL50%) de la ración de alimento en función de la biomasa para *Dormitator latifrons* a las 72 h sin recambio de agua. La ración de alimento (eje X) se muestra en escala logarítmica. La zona sombreada representa los límites inferior y superior del modelo.

DISCUSIÓN

A pesar del creciente interés por desarrollar el cultivo de *D. latifrons* en países como México, Nicaragua y Ecuador (14), actualmente existe mucha dependencia de juveniles silvestres para engordarlos en sistemas de cultivos, porque no se ha podido cerrar el ciclo reproductivo de esta especie en cautiverio (16,17). En ese sentido, para este estudio se utilizaron organismos considerados juveniles, por presentar tallas y pesos por debajo de la talla de primera madurez reportada para el sistema Carrizal-Chone (21), donde los machos de *D. latifrons* se encuentran maduros y listos para desovar a los 15 cm LT y 60 g de peso, mientras que las hembras están listas para el desove a los 20.5 cm LT y 105 g de peso (21). En Ecuador, en los sistemas de engorda se emplean ejemplares con una alta variabilidad de tallas entre 7 y 15 cm de largo total (14), por lo que la obtención de ejemplares de *D. latifrons* con tallas y pesos homogéneos para estudios experimentales como este es complicado, porque depende de la captura de una gran cantidad de organismos silvestres para poder seleccionar la muestra requerida, lo que impacta negativamente a la población (16). Esta limitante para futuras investigaciones podrá resolverse una vez se logre reproducir esta especie en cautiverio y haya un suministro continuo de alevines y juveniles.

Actualmente no existen dietas disponibles para *D. latifrons* (26), por lo que la fuente de alimento utilizada en este estudio fue balanceado comercial para camarón con 35% proteína, un alimento ampliamente utilizado en Ecuador dado que el chame es cultivado comúnmente en piscinas camaroneras bajo el régimen de alimentación de *Penaeus vannamei* (18). A pesar de que el chame ha sido clasificado como una especie omnívora detritívora (17,18) también se adapta fácilmente al consumo de alimento balanceado y una dieta con 30% de proteína ha demostrado ser suficiente para lograr un buen crecimiento (27). Otro aspecto poco abordado ha sido la ración alimenticia (14); en Ecuador se utiliza comúnmente una ración equivalente al 2% de la biomasa, pero estudios recientes han utilizado raciones más altas (4%) para evaluar el efecto de la densidad de siembra en los parámetros hematológicos (19) o en los parámetros zootécnicos con tecnología de Biofloc (20), sin considerar el efecto de la ración en la calidad del agua o la supervivencia. La utilización de raciones más altas (6 y 8%) podría generar sobrealimentación, acumulación de compuestos nitrogenados, y mortalidades, principalmente en sistemas intensivos (1), por lo que debe ser un tema prioritario para el desarrollo de tecnologías de cultivo de *D. latifrons*. Adicionalmente, se deben desarrollar estudios para evaluar la eficiencia del balanceado de camarón como alimento para chame, o priorizar estudios para diseñar una dieta que satisfaga los requerimientos de esta especie de pez a la vez que minimice la contaminación del agua.

La ración de alimento al 2% de la biomasa mostró valores de TAN y NH_3 significativamente superiores al resto de los tratamientos, lo cual es interesante porque se ha descrito que raciones a un mayor porcentaje de la biomasa generan una mayor concentración de TAN por la suma de lo que excretan los organismos y la degradación del balanceado no consumido (6). Para entender el resultado, hay que tener en cuenta que la descomposición del alimento no ingerido se produce en el sedimento o fondo de las piscinas mediante la acción de bacterias nitrificantes (28), y que estas bacterias requieren hasta cuatro semanas para colonizar un ambiente y generar una concentración capaz de descomponer el amonio en un cultivo (29). En ese sentido, consideramos que el aporte de TAN al agua de los acuarios por la descomposición del alimento no ingerido podría ser muy bajo o nulo dado que el ensayo solo tuvo una duración de 72 h y no tuvo un período de maduración previo

que permitiera la colonización de bacterias nitrificantes. Con base en esto, se asume que el TAN y por consiguiente el NH_3 , cuantificados en el agua de los acuarios provienen en su gran mayoría de la excreción de los peces (6), y que la diferencia entre tratamientos está relacionada con el consumo de alimento y metabolismo de las proteínas. Los niveles de amonio en el agua aumentan después de administrar la ración de alimento (30), como resultado de la excreción a través de branquias, piel y las heces por parte de los peces (1,31,32). Esto refleja una mayor producción asociada con la descomposición de la proteína ingerida mediante el catabolismo de los aminoácidos, y esto a su vez depende de la cantidad de proteína presente en el balanceado y la frecuencia de la alimentación (28). El porcentaje de proteínas del alimento balanceado utilizado en este estudio, así como, la frecuencia de alimentación, fueron constantes entre tratamientos variando únicamente la cantidad en la ración; en ese sentido, mayor producción de TAN y NH_3 en la ración al 2% de la biomasa estaría asociado a un consumo de alimento y una excreción de compuestos nitrogenados más sostenida en el tiempo respecto a los otros tratamientos. El incremento de TAN en el agua como resultado de la excreción alcanza su pico alrededor de 3 h después de la alimentación (30); lamentablemente en este estudio no se cuantificó el consumo de alimento y las mediciones cada 24 h no permiten observar si los niveles de amonio a las 3 horas post-alimentación son mayores en las raciones con mayor porcentaje respecto a la biomasa, como se esperaría.

Las mayores concentraciones de NH_3 en el tratamiento con la ración de alimentación al 2% de la biomasa es más sencillo de explicar; el TAN en el ambiente acuático es la suma del ion amonio (NH_4^+) y amoniaco (NH_3), los cuales están en un equilibrio y el porcentaje de cada uno dependerá del pH y la temperatura (6). Dado que el experimento se desarrolló en condiciones similares de pH y temperatura para los diferentes tratamientos, un mayor TAN en la ración de alimento al 2% de la biomasa, genera mayor porcentaje de NH_3 (1) y, por tanto, una mayor concentración de este compuesto en el agua.

El TAN y el NH_3 mostraron un comportamiento similar cuando se analizó la concentración en función al tiempo, con una reducción significativa a las 72 h en el caso del TAN y clara tendencia a disminuir en el caso del NH_3 , a pesar de que se administró alimento durante todo el ensayo, lo que podría estar asociado a la mortalidad y

por tanto a una menor producción y excreción de amonio por parte de los sobrevivientes. Este resultado también refuerza la hipótesis de que se reduce el consumo de balanceado y con ello la producción y liberación de NH_3 a través de las branquias, piel y heces hacia el agua (1,31,32) como mecanismo de defensa. El amoniaco es un gas soluble que difunde fácilmente desde el organismo hacia el medio por diferencias de concentración (1). Cuando los niveles de amoniaco son elevados en el medio, la diferencia de gradiente se reduce afectando la expulsión, por lo que los peces reducen el consumo de alimentos como mecanismo compensatorio (4) para evitar intoxicaciones por la acumulación de este compuesto en el cuerpo. Esta reducción de los niveles de excreción también evita que el amonio se siga acumulando en agua (1) y contribuya más a la reducción del gradiente. Sin embargo, esta reducción del consumo y la excreción no parece haber sido homogénea en los diferentes tratamientos, ya que el análisis factorial del TAN en función de la ración y el tiempo, aunque no mostró diferencias significativas, permite observar que mientras los tratamientos con raciones al 4, 6 y 8% de la biomasa mostraron un incremento de TAN y NH_3 a las 24 h para luego descender a las 48 y 72 h, la ración al 2% de la biomasa continuó incrementando la concentración de estos compuestos hasta las 48 h, para luego comenzar a descender a las 72 h. Este resultado sugiere que la concentración de TAN y NH_3 debió incrementarse rápidamente en los tratamientos con raciones al 4, 6 y 8% de la biomasa, en las primeras 12 horas posterior a la alimentación, desencadenando una respuesta compensatoria para reducir la ingesta y el catabolismo de las proteínas. Aunque este tipo de mecanismos no han sido descritos en *D. latifrons*, se ha reportado un umbral en la concentración de amonio, a partir del cual algunas especies dejan de consumir alimento y de metabolizar proteínas, para reducir la producción de amonio y evitar intoxicaciones (1). En este estudio no se cuantificó el consumo de alimento debido a que la porción no ingerida se desintegró y mezcló con el agua dificultando su recolección y cuantificación; sin embargo, se observó que los tratamientos con raciones más altas en función de la biomasa (6 y 8%) mostraron más residuos de alimento y una peor apariencia del agua en cuanto al color y turbidez, indicando una reducción del consumo por parte de los peces. La reducción del consumo o inanición para reducir la excreción de amonio (1,33) deberá ser considerado en estudios posteriores sobre alimentación y exposición al

amonio en *D. latifrons*, por su importancia para el desarrollo de técnicas de cultivo en chames no solo en términos de salud de los peces sino también en términos económicos considerando que la sobrealimentación solo contribuye al deterioro de la calidad de agua (6).

Las raciones de alimento al 6 y 8% de la biomasa causaron mortalidades desde las 24 h, pero en general la supervivencia se redujo considerablemente a las 72 h en todos los tratamientos, probablemente por los efectos tóxicos de la acumulación de amonio en tejidos y órganos, incluso después de reducir el consumo. Cuando el NH_3 se incrementa el agua y se reduce el gradiente de excreción de NH_3 entre la sangre y el agua (1), muchas especies de peces utilizan rutas metabólicas alternativas para realizar la conversión de amonio en compuestos menos tóxicos como la glutamina o la urea (1,34) y en especies con respiración aérea facultativa, como es el caso de *D. latifrons*, llegan a realizar la excreción de NH_3 al aire por volatilización (32). Estudios de tolerancia donde se han desafiado algunas especies como *Oncorhynchus mykiss* y *O. clarki henshawi* a pH superiores a 9, han evidenciado una inhibición de la excreción branquial de NH_3 y un aumento en la producción de urea y niveles NH_3 en el plasma sanguíneo, acciones que conducen a mortalidades de los organismos relacionadas con una combinación de toxicidad por amoniaco y falla ionorreguladora (35) asociado a un gasto energético alto en el empleo de rutas metabólicas alternativas para disminuir el NH_3 (1). La excreción de NH_3 a través de la respiración aérea y la utilización de rutas metabólicas alternativas para la remoción o reducción de NH_3 en *D. latifrons*, deberán ser estudiados en el futuro, para entender los mecanismos adaptativos de esta especie y aplicarlos en el desarrollo de tecnologías de cultivo.

D. latifrons mostró tolerancia a niveles elevados de amonio no ionizado en las condiciones del bioensayo (temperatura $27.45 \pm 0.86^\circ\text{C}$ y pH 8.65 ± 0.22), una característica deseable para la acuicultura (36) y descrita en otras especies de peces, que como el chame, tienen capacidad de respiración aérea facultativa (35). Cuando se produce un desequilibrio en los compuestos que conforman el amonio ($\text{NH}_4^+ - \text{NH}_3$), la fracción no ionizada puede alcanzar hasta el 66.9% del total de amoniaco (21) incrementando drásticamente su toxicidad (6). Sin embargo, se ha documentado que algunas especies de

peces tropicales con respiración aérea facultativa tienen la particularidad de desintoxicar o minimizar el amonio producido por las funciones fisiológicas a través de la exposición aérea (34). Actualmente no existe información disponible sobre la producción y excreción de amonio en chames, pero la especie es resistente a altos niveles de pH (9,4) y temperatura (30°C) (17), combinación que genera un alto porcentaje de amonio no ionizado respecto al TAN presente en el agua (21); también habita sitios con bajos niveles de oxígeno (0,4 mg*L⁻¹) (17), situaciones que solventa flotando y exteriorizando la parte dorsal de la cabeza para realizar intercambio gaseoso directamente al aire y reducir la exposición a sustancias tóxicas presentes en el medio acuático (37).

Conocer el límite de tolerancia al amonio en relación con la calidad de agua (e.j. temperatura, pH) y el manejo, es un requisito para cualquier sistema de cultivo (2,4,13). En ese sentido, administrar una ración adecuada que cubra los requerimientos de la especie en cultivo y genere un buen crecimiento en el menor tiempo posible, es un punto crucial para desarrollar el cultivo de cualquier especie dado que la alimentación aporta entre el 60 y 80% del TAN (4). Los resultados de la estimación de la DL50 % indican que una ración de alimentación al 5.54% de la biomasa con balanceado de camarón al 35% de proteínas, produce un 50% de mortalidad a las 72 h en un sistema sin recambio de agua. Considerando que alimentar en exceso no solo incurre en gastos innecesarios, sino que deteriora el agua y por tanto el bienestar y la inmunocompetencia de los peces cultivados (6); para *D. latifrons* cultivado en condiciones tropicales, con temperaturas elevadas (27–30°C), pH superior a 8, y densidades de siembra elevadas (>25 peces/m²), es recomendable administrar una ración de alimentación entre el 2 y 4% con balanceado comercial para camarón al 35% de proteínas, siempre que se realicen recambios de agua parcial (30%) al menos cada

48 h si se comienza a elevar el amonio; en sitios con escasez de agua, se podría implementar el uso de bacterias nitrificantes para mantener bajos niveles de los compuestos nitrogenados en los sistemas de cultivos.

Conflicto de interés

Sin conflicto de intereses según declaración de los autores.

Declaración de buenas prácticas en el uso de animales

El Comité Institucional de la Universidad Técnica de Manabí emitió el permiso de bioética para la manipulación de los peces en este estudio, asentado el tomo 022-01 folio 22-01-2.

Agradecimientos

Agradecemos a la Universidad Técnica de Manabí, al Centro de Sanidad Acuícola del Departamento de Acuicultura, Pesca y Recursos Naturales Renovables de la UTM, y Al Biol. Juan José Bernal Zambrano, docente de la UTM, por el apoyo logístico. A los estudiantes de grado de la UTM, Cindy Demera, Victoria Demera, Viviana Calderón, Kerly Demera, Luigi Zambrano, Dayana Meneses; y a los ingenieros Byron Reyes Mero y Alexander Basurto, estudiantes de posgrado de la UTM, por el apoyo durante la fase experimental y el procesamiento de muestras.

Financiación

Esta investigación es resultado de la tesis de maestría de LGMC y forma parte del proyecto de investigación titulado "Aspectos biológicos del chame (*Dormitator latifrons*) en ambientes naturales y de producción", identificado con el código PYTBEC613-2018-FCV0012. Fue financiado por la Universidad Técnica de Manabí y no recibió fondos externos.

REFERENCIAS

1. Bucking C. A broader look at ammonia production, excretion, and transport in fish: a review of impacts of feeding and the environment. *J Comp Physiol.* 2017; 187(1):1-18. <https://doi.org/10.1007/s00360-016-1026-9>
2. Parvathy A, Das B, Jifiriya M, Varghese T, Pillai D, Rejish Kumar V. Ammonia induced toxico-physiological responses in fish and management interventions. *Rev Aquac.* 2022; 1:1-28. <https://doi.org/10.1111/raq.12730>

3. Tacon A, Metian M. Feed Matters: Satisfying the Feed Demand of Aquaculture. *Rev Fish Sci Aquac.* 2015; 23(1):1-10. <https://doi.org/10.1080/23308249.2014.987209>
4. Xu Z, Cao J, Qin X, Qiu W, Mei J, Xie J. Toxic Effects on Bioaccumulation, Hematological Parameters, Oxidative Stress, Immune Responses and Tissue Structure in Fish Exposed to Ammonia Nitrogen: A Review. *Animals.* 2021; 11(3304):1-19. <https://doi.org/10.3390/ani11113304>
5. Rahimnejad S, Dabrowski K, Izquierdo M, Malinovskyi O, Kolářová J, Policar T. Effects of Dietary Protein and Lipid Levels on Growth, Body Composition, Blood Biochemistry, Antioxidant Capacity and Ammonia Excretion of European Grayling (*Thymallus thymallus*). *Front Mar Sci.* 2021; 8(715636):1-14. <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.715636>
6. Chatvijitkul S, Boyd C, Davis D. Nitrogen, Phosphorus, and Carbon Concentrations in Some Common Aquaculture Feeds. *J World Aquacult Soc.* 2018; 49:477-483. <https://doi.org/10.1111/jwas.12443>
7. Zarantoniello M, Bortoletti M, Olivotto I, Ratti S, Poltronieri C, Negrato E, (et al). Salinity, Temperature and Ammonia Acute Stress Response in Seabream (*Sparus aurata*) Juveniles: A Multidisciplinary Study. *Animals.* 2021; 11(97):1-15. <https://doi.org/10.3390/ani11010097>
8. Al-Zaidan A. The Acute Effects of Un-ionized Ammonia on Zebrafish (*Danio rerio*). *Fish Aquac J.* 2017; 8(03):1-10. <https://doi.org/10.4172/2150-3508.1000212>
9. Barbieri E, Bondioli A. Acute toxicity of ammonia in Pacu fish (*Piaractus mesopotamicus*, Holmberg, 1887) at different temperatures levels. *Aquac Res.* 2015; 46(3):565-571. <https://doi.org/10.1111/are.12203>
10. Yang Q, Ma Z, Qin J, Yang R, Zhou S, Hu J, (et al). Effect of Acute Ammonia Stress on Antioxidant Enzymes and Digestive Enzymes in Barramundi Lates calcarifer Larvae. *Isr J Aquac - Bamidgeh.* 2018; 70(20930):1-12. <https://doi.org/10.46989/001c.20930>
11. Zeitoun M, EL-Azrak K, Zaki M, Nemat-Allah B, Mehana E. Effects of ammonia toxicity on growth performance, cortisol, glucose and hematological response of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aceh J Anim Sci.* 2016; 1(1):21-28. <https://doi.org/10.13170/ajas.1.1.4077>
12. Sriyasak P, Chitmanat C, Whangchai N, Promya J, Lebel L. Effect of water de-stratification on dissolved oxygen and ammonia in tilapia ponds in Northern Thailand. *Int Aquat Res.* 2015; 7(4):287-299. <https://doi.org/10.1007/s40071-015-0113-y>
13. Tumwesigye Z, Tumwesigye W, Opio F, Kemigabo C, Mujuni B. The Effect of Water Quality on Aquaculture Productivity in Ibanda District, Uganda. *Aquac J.* 2022; 2(1):23-36. <https://doi.org/10.3390/aquacj2010003>
14. Vega-Villasante F, Ruiz-González L, Chong-Carrillo O, Basto-Rosales M, Palma-Cancino D, Tintos-Gómez A, (et al). Biology and use of the Pacific fat sleeper *Dormitator latifrons* (Richardson, 1844): state of the art review. *Lat Am J Aquat Res.* 2021; 49(3):391-403. <https://doi.org/10.3856/vol49-issue3-fulltext-2637>
15. Reyes-Mero B, Santana-Piñeros A, Muñoz-Chumo L, Cruz-Quintana Y, Gisbert E. Yolk Absorption Rate and Mouth Development in Larvae of *Dormitator latifrons* (Perciformes: Eleotridae). *Fishes.* 2022; 7(375):1-9. <https://doi.org/10.3390/fishes7060375>
16. Gomes-Paim F, Nirchio M, Oliveira C, Rossi AR. Sex Chromosomes and Internal Telomeric Sequences in *Dormitator latifrons* (Richardson 1844) (Eleotridae: Eleotrinae): An Insight into their Origin in the Genus. *Genes.* 2020; 11(659):1-11. <https://doi.org/10.3390/genes11060659>
17. Flores-Nava A, Brown, A. Peces nativos de agua dulce de América del Sur de interés para la acuicultura: Una síntesis del estado de desarrollo tecnológico de su cultivo. Serie Acuicultura en Latinoamérica (FAO). Roma; 2010. <http://www.fao.org/docrep/014/i1773s/i1773s.pdf>

18. González-Martínez A, López M, Molero HM, Rodríguez J, González M, Barba C, (et al). Morphometric and Meristic Characterization of Native Chame Fish (*Dormitator latifrons*) in Ecuador Using Multivariate Analysis. *Animals*. 2020; 10(1805):1-16. <https://www.mdpi.com/2076-2615/10/10/1805>
19. Badillo-Zapata D, Tafoya-Sánchez D, Vargas-Ceballos M, Ruiz-Gonzalez L, Rodríguez-Montes de Oca G, Palma-Cancino D, et al. Efecto de la densidad de siembra sobre el crecimiento y parámetros sanguíneos de *Dormitator latifrons* (Richardson, 1844). *Ecosist Recur Agropec*. 2022; 9(3): 1-9. <https://doi.org/10.19136/era.a9n3.3310>
20. Machuca C, Rodríguez J. Crecimiento de chame (*Dormitator latifrons*) bajo tres densidades de siembra, con tecnología biofloc. *UTEQ* 2022; 87. <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/6783>
21. Chang B, Navas W. Seasonal variations in growth, condition and gonads of *Dormitator latifrons* (Richardson) in the Chone River Basin, Ecuador. *J Fish Biol*. 1984; 24(6):637-648. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1984.tb04834.x>
22. Demska-Zakęś K, Gomułka P, Pożyński M, Zakęś Z. Effect of a short-term sodium chloride bath on juvenile pikeperch (*Sander lucioperca*) welfare. *Aquac Rep*. 2021; 19(100569):1-9. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2020.100569>
23. Emerson K, Russo R, Lund R, Thurston R. Aqueous Ammonia Equilibrium Calculations: Effect of pH and Temperature. *J Fish Res Board Can*. 1975; 32(12):2379-2383. <https://doi.org/10.1139/f75-274>
24. Ritz C, Baty F, Streibig JC, Gerhard D. Dose-Response Analysis Using R. *PLOS ONE*. 2015; 10(12):1-13. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0146021>
25. Ritz C, Jensen SM, Gerhard D, Streibig JC. Dose-response analysis using R. CRC Press; 2019. <https://doi.org/10.1201/b21966>
26. López-Huerta JM, Vega-Villasante F, Viana MT, Carrillo-Farnés O, Badillo-Zapata D. First report of nutritional quality of the native fish *Dormitator latifrons* (Richardson, 1844) (Perciformes: Eleotridae). *Lat Am J Aquat Res*. 2018; 46(4):849–854. <https://doi.org/10.3856/vol46-issue4-fulltext-24>
27. Badillo-Zapata D, Zaragoza F, Vega-Villasante F, López-Huerta J, Herrera-Resendiz S, Cueto-Cortés L, (et al). Requerimiento de proteína y lípidos para el crecimiento de juveniles del pez nativo *Dormitator latifrons* (Richardson, 1844). *Ecosistemas Recur Agropecu*. 2018; 5(14):345-351. <https://doi.org/10.19136/era.a5n14.1554>
28. Mustapha M, Akinshola F. Ammonia Concentrations in Different Aquaculture Holding Tanks. *West Afr J Appl Ecol*. 2016; 24(1):1-8. <https://doi.org/10.4314/wajae.v24i1>
29. Burut-Archanai S, Ubertino D, Chumtong P, Mhuantong W, Powtongsook S, Piyapattanakorn S. Dynamics of Microbial Community During Nitrification Biofilter Acclimation with Low and High Ammonia. *Mar Biotechnol (NY)*. 2021; 23(4):671-681. <https://doi.org/10.1007/s10126-021-10056-1>
30. Obirikorang P, Campion B, Edziyie R, Duodu C, Adjei-Boateng D. Effects of oilseed meals on pellet characteristics, faecal matter production, postprandial ammonia and phosphorus excretion rates in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *J Appl Anim Res*. 2020; 48(1):525-533. <https://doi.org/10.1080/09712119.2020.1840382>
31. Cong M, Wu H, Cao T, Ji C, Lv J. Effects of ammonia nitrogen on gill mitochondria in clam *Ruditapes philippinarum*. *Environ Toxicol Pharmacol*. 2019; 65:46-52. <https://doi.org/10.1016/j.etap.2018.12.003>
32. Glover CN, Bucking C, Wood CM. The skin of fish as a transport epithelium: a review. *J Comp Physiol*. 2013; 183(7):877-891. <https://doi.org/10.1007/s00360-013-0761-4>

33. Diricx M, Sinha AK, Liew H, Mauro N, Blust R, De Boeck G. Compensatory responses in common carp (*Cyprinus carpio*) under ammonia exposure: Additional effects of feeding and exercise. *Aquat Toxicol.* 2013; 142–143:123-37. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2013.08.007>
34. Ip Y, Chew S. Air-breathing and excretory nitrogen metabolism in fishes. *Acta Histochem.* 2018; 120(7):680-690. <https://doi.org/10.1016/j.acthis.2018.08.013>
35. Brett J, Zala C. Daily Pattern of Nitrogen Excretion and Oxygen Consumption of Sockeye Salmon (*Oncorhynchus nerka*) under Controlled Conditions. *J Fish Res Board Can.* 1975; 32(12):2479-2486. <https://doi.org/10.1139/f75-285>
36. Lefevre S, Wang T, Jensen A, Cong N, Huong D, Phuong N, (et al). Air-breathing fishes in aquaculture. What can we learn from physiology? *J Fish Biol.* 2014; 84(3):705-731. <https://doi.org/10.1111/jfb.12302>
37. Chew S, Ip Y. Excretory nitrogen metabolism and defence against ammonia toxicity in air-breathing fishes. *J Fish Biol.* 2014; 84(3):603-638. <https://doi.org/10.1111/jfb.12279>