

Cambios bioquímicos, microbiológicos y sensoriales en el chame *Dormitator latifrons* (Richardson, 1844) sometido a anhidrobiosis bajo dos ambientes climatizados

Biochemical, microbiological and sensory changes in the chame *Dormitator latifrons* (Richardson, 1844) subjected to anhidrobiosis under two climatized environments

Alexandra Elizabeth Bermúdez-Medranda^{1,3*}, Édgar Zapata-Vívenes², Ana Moncayo-Cuadros¹, Erika Maigón-Navia¹

RESUMEN

El chame *Dormitator latifrons* es una especie símbolo asociada a la acuicultura rural de regiones costeras del Pacífico Sudamericano. Su adaptación para mantenerse vivo fuera del agua (anhidrobiosis) durante días es beneficiosa para su almacenamiento y transporte a temperatura ambiental. El estudio tuvo como objetivo determinar la tolerancia del chame a condiciones de anhidrobiosis. Se trabajó con 60 chames distribuidos en recipientes y mantenidos en dos ambientes climatizados a 16 y 24 °C durante 96 h. Se monitoreó la supervivencia, niveles de malondialdehído, proteínas totales y pH en la musculatura y la actividad de lactato deshidrogenasa (LDH) en branquias. Adicionalmente, se monitoreó el comportamiento de los peces, así como el número total de microorganismos con una evaluación sensorial. El periodo crítico de la supervivencia se presentó a partir de 48 h, donde el pH descendió y los niveles de MDA incrementaron. El número de microorganismos incrementó en ambos ambientes y la evaluación sensorial demostró una pérdida de frescura a 24 °C. La actividad de LDH está vinculada con la activación del

¹ Grupo de Investigación en Sanidad Acuicola, Inocuidad y Salud Ambiental, Facultad de Acuicultura y Ciencias del Mar, Universidad Técnica de Manabí, Ecuador

² Grupo de Investigación en Biodiversidad y Ecología de Sistema Acuáticos, Facultad de Acuicultura y Ciencias del Mar, Universidad Técnica de Manabí, Ecuador

³ Escuela de Posgrado, Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima, Perú

* Autor correspondiente: Alexandra Bermúdez-Medranda; alexandra.bermudez@utm.edu.ec

Recibido: 10 de junio de 2024

Aceptado para publicación: 4 de enero de 2025

Publicado: 28 de febrero de 2025

©Los autores. Este artículo es publicado por la Rev Inv Vet Perú de la Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0) [<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>] que permite el uso, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada de su fuente original

metabolismo anaeróbico y es señal de un deterioro branquial. Los resultados de los análisis bioquímicos, microbiológicos y sensoriales indican que las primeras 48 h de exposición a la anhidrobiosis comprende el periodo de manutención de la frescura de *D. latifrons*, lo cual puede ser clave para su manejo postcosecha y expendio.

Palabras clave: frescura, temperatura, calidad, pescado, proteína.

ABSTRACT

The chame *Dormitator latifrons* is a symbolic species associated with rural aquaculture in coastal regions of the South American Pacific. Its adaptation to stay alive out of water (anhydrobiosis) for days is beneficial for its storage and transport at room temperature. The aim of the study was to determine the tolerance of chame to anhydrous conditions. Sixty chames were distributed in containers and kept in two climate-controlled environments at 16 and 24 °C for 96 h. Survival, malondialdehyde levels, total proteins and pH in the muscles and lactate dehydrogenase (LDH) activity in the gills were monitored. Additionally, the behaviour of the fish was monitored, as well as the total number of microorganisms with a sensory evaluation. The critical period of survival occurred after 48 h, where the pH decreased, and the MDA levels increased. The number of microorganisms increased in both environments and the sensory evaluation showed a loss of freshness at 24 °C. LDH activity is linked to the activation of anaerobic metabolism and is a sign of gill deterioration. The results of biochemical, microbiological and sensory analyses indicate that the first 48 h of exposure to anhydrobiosis comprise the period of maintenance of the freshness of *D. latifrons*, which may be key for its post-harvest handling and sale.

Keywords: freshness, temperature, quality, fish, protein

INTRODUCCIÓN

El pez *Dormitator latifrons* (Richardson, 1844), llamado comúnmente chame, popoyote o pocoyo dormilón, es originario del Pacífico centro oriental, y habita en ecosistemas de manglares, lagunas costeras y zonas estuarinas (Massay *et al.*, 1992; González-Martínez *et al.*, 2020). Su capacidad para tolerar un amplio rango de condiciones ambientales tales como temperatura (10 a 40 °C), salinidad (0 a 40‰) e hipoxia (~0.5 mg de O₂/L) permiten una mejor manipulación en cautiverio (Zapata *et al.*, 2019). Además, su cuerpo robusto, alta palatabilidad y bajos costos de producción lo potencian como una especie idónea para la acuicultura (Gómez *et al.*, 2021).

En Ecuador, la producción de chame es considerada incipiente, alcanzado apenas entre 800 a 1000 t/año (FAO, 2022). En este sentido, la información de su manejo a nivel poscosecha es escasa, particularmente la forma de expendio del producto en los mercados, ya que estos peces pueden ser conservados «vivos» fuera del agua (anhydrobiosis) durante varios días (Chang y Navas, 1984), lo cual puede alterar su frescura.

La comercialización del chame involucra desde la captura, transporte, almacenamiento, venta hasta su consumo final. Debido básicamente a razones económicas y a su tolerancia, el chame suele ser transportado dentro de recipientes sin agua hasta los centros de venta; no obstante, esta práctica conlleva

a condiciones estresantes asociadas a la exposición aérea, hipoxia, manipulación, incremento de la temperatura corporal, inanición e interacción con otros individuos (Corredor-Castillo *et al.*, 2019). *D. latifrons* es capaz de mantenerse bajo anhidrobiosis tras ejercer respiración aérea de manera facultativa, usando una protuberancia en la parte frontal de la cabeza que funciona como órgano de intercambio gaseoso, pudiendo reservar gases adicionalmente en la vejiga natatoria (Todd, 1973). Esta adaptación le permite sobrevivir fuera del agua durante 18 a 54 h, dependiendo de la humedad corporal. La tolerancia a la anhidrobiosis puede aumentar la tasa metabólica en estos peces, lo cual infiere un incremento en la producción de especies reactivas del oxígeno (EROs); radicales libres que pueden dañar moléculas fundamentales como los lípidos y proteínas (Bickler y Buck, 2007; Giraud-Billoud *et al.*, 2024).

La frescura y calidad del chame dependen principalmente de la temperatura a la cual sea conservado. Este parámetro organoléptico puede ser estimado a través de la evaluación sensorial (apariencia, olor, textura, color y aspecto de sus branquias), número de microorganismos asociados, así como su deterioro a través del incremento en los niveles de malondialdehído (MDA) (García, 2017; Vásquez-Sánchez *et al.*, 2020). Adicionalmente, la actividad de enzimas citosólicas como lactato deshidrogenasa (LDH) se usa comúnmente como marcador de lisis celular y señal de la activación del metabolismo anaeróbico (Morcillo *et al.*, 2016).

El estrés ocasionado bajo condiciones de anhidrobiosis y las temperaturas ambientales durante el transporte pueden conducir a un deterioro acumulativo de la calidad del chame, lo cual puede provocar cambios en su composición bioquímica y microorganismos asociados. En este sentido, el presente trabajo reporta la tolerancia del chame a condiciones de anhidrobiosis y cómo su frescura puede ser alterada.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ejemplares

Un total de 60 ejemplares de *Dormitator latifrons* adultos, de talla comercial (245 ± 23 g de peso y 24 ± 1 cm de longitud anteroposterior) sin distinción de sexo ni estadio reproductivo, fueron recolectados desde el humedal La Segua, ubicado en el Cantón Chone, provincia de Manabí, Ecuador. Los peces fueron transportados humedecidos en cestas plásticas, durante una hora, hasta el laboratorio.

Exposición a Anhidrobiosis

Se distribuyeron 30 peces en cubetas plásticas (25x35x45 cm), 5 chames por cubeta, mantenidos bajo una condición de anhidrobiosis en dos ambientes climatizados (16 y 24 °C), durante 96 h. Diariamente, se registró el comportamiento, movimiento opercular e irritabilidad de los peces (Cuadro 1). Adicionalmente, se estimó la supervivencia y tiempo letal medio (TL_{50}) de tolerancia a la anhidrobiosis.

Para mantener la humedad corporal, los peces fueron rociados cada 2 h con agua destilada y estéril con ayuda de un aspersor. Para realizar el análisis sensorial, se utilizaron peces sometidos a anhidrobiosis en periodos de 0, 12, 24, 48, 72 y 96 h, los cuales fueron seleccionados al azar. Una vez sacri-

Cuadro 1. Criterios para la evaluación del comportamiento de *Dormitator latifrons*

	Movimiento opercular	Irritabilidad
Normal	Normal	Normal
Desorientado	Incrementada	Incrementada
Agitado	Disminuida	Disminuida
Aparentemente muerto	Sin movimiento	Sin reacción

Fuente Modificado de Sneddon (2012).

ficados por choque térmico, se les diseccionó una porción de músculo de la región dorsal y de sus branquias, los cuales fueron almacenados a $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 2 días hasta el momento de la estimación de los parámetros bioquímicos. El pH, la concentración de proteínas y malondialdehído (MDA), y los análisis microbiológicos fueron determinados en músculo. La actividad de lactato deshidrogenasa fue determinada en branquias.

Análisis Bioquímicos

pH, proteínas y malondialdehído (MDA)

Los valores de pH se determinaron en un homogenizado de músculo (sin piel) del chame en agua destilada (500 mg/mL) a través del pHmetro Apera Instruments AI311 (ISO 2917:1999). Las proteínas fueron determinadas por el método colorimétrico de Biuret (Gornall *et al.*, 1949). La lectura fue obtenida a una absorbancia a 540 nm frente al blanco, usando como estándar albúmina de suero de bovino (1 mg/mL).

El malondialdehído (MDA) fue determinado colorimétricamente por el método de Ohkawa *et al.* (1979) como marcador de daño oxidativo de lípidos. Las absorbancias fueron leídas a una longitud de onda de 532 nm, y su concentración fue valorada usando un coeficiente de extinción molar $156.000\text{ M}^{-1}\text{ cm}^{-1}$.

Lactato deshidrogenasa (LDH, EC 1.1.1.27)

Las branquias (200 mg) fueron lavadas previamente con solución salina al 0.9%. Se homogeneizaron en 4 mL de tampón de fosfato sódico ($\text{NaH}_2\text{PO}_4/\text{Na}_2\text{HPO}_4$) 100 mmol/L pH 7.6, que contenía ácido etilen-diamino tetra-tetraacetato (EDTA) 1 mmol/L, sacarosa 500 mmol/L y KCl 150 mmol/L. Para la homogeneización se utilizó un homogeneizador IKA T25 Basic a revoluciones de $12\ 000\text{ min}^{-1}$, en un sistema frío ($4\text{ }^{\circ}\text{C}$). El extracto se centrifugó a 5000 g durante 20 min para obtener las muestras sobrenadantes

como fuente de enzima. La actividad enzimática se estimó en condiciones de temperatura controlada a $25 \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ en un espectrofotómetro Evolution 2220 UV/VIS. Los ensayos enzimáticos se realizaron en un volumen final de 1 mL.

Las estimaciones de pendiente se realizaron por seguimiento de la oxidación del Nicotinamina Adenina Dinucleótido reducido (NADH) por piruvato a 340 nm ($E = 6.22\text{ mM}\cdot\text{cm}^{-1}$) (Livingstone *et al.*, 1990) durante 3 min. La actividad específica se expresó como $\text{U mg proteína}^{-1}$, donde 1 U es la cantidad de enzima necesaria para catalizar 1 μmol de sustrato por minuto. Se determinó a $25\text{ }^{\circ}\text{C}$. La actividad de la LDH se expresó como actividad específica por microgramo de proteínas.

Análisis Microbiológicos

Se pesaron 10 g de la musculatura (libre de piel y espinas) de cada pez bajo condiciones asépticas en una bolsa de Stomacher para estimar el recuento de bacterias totales viables. Se añadió 90 mL de agua de peptona tamponada (0.1%) y se maceraron durante 4 min. Esta mezcla representó una concentración de 10^{-1} . Otras diluciones decimales fueron completadas hasta llegar a 10^{-8} . Posteriormente 0.1 mL de cada dilución fue pipeteado sobre la superficie de agar e incubadas a $37\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 48 h para recuento en placas por triplicado.

Evaluación Sensorial

De cinco a seis peces fueron usados para el análisis sensorial de cada una de las condiciones de almacenamientos en los tiempos establecidos. La evaluación sensorial se realizó utilizando el método del índice de calidad (QIM), el cual se basa en la observación de los cambios característicos que sufre el pez en ojos, piel, branquias y musculatura, evaluados mediante parámetros sensoriales como olor, color, aspecto y tacto. Las modificaciones que ocurren en cada uno de estos atributos fueron cuantificadas por un mínimo

de cinco panelistas previamente entrenados, a través de una escala de puntuación en mérito de 0 a 3 propuesta por Abaroa (2008).

Análisis Estadístico

Los datos se analizaron utilizando el programa Statgraphics 19 para Windows. Se realizó una prueba de análisis de varianza (ANOVA) de dos vías (temperatura de almacenaje y horas de exposición) con el objetivo de conocer si había diferencia significativa entre las variables estudiadas. Previamente, fueron corroboradas las pruebas de normalidad con test de Shapiro-Wilks y pruebas de Homocedasticidad (Levene). La prueba de Tukey fue utilizada como prueba *a posteriori*.

RESULTADOS

Supervivencia

Las curvas de supervivencias fueron similares en los chames expuestos a anhidrobiosis para ambas temperaturas, observándose una tolerancia máxima hasta 96 h. No obstante, su periodo crítico de supervivencia fue evidenciado a partir de las 48 h (Figura 1). El tiempo letal medio (TL_{50}) bajo anhidrobiosis para chames sometidos a un ambiente climatizado a 16 °C alcanzaron un TL_{50} de 85.2 h (IC 95%= 74.0-98.2 h) y para 24 °C a 71.1 h (IC 95%= 62.7-80.7 h).

Comportamiento

Los peces sometidos a anhidrobiosis, en ambos ambientes climatizados, presentaron un comportamiento considerado «normal» hasta las 48 h. Sin embargo, previo a las 72 h más del 50% de los peces estaban aparentemente muertos. Se encontraron diferencias significativas en el comportamiento del chame con respecto al tiempo de exposición ($F=4.40$; $p<0.05$) (Figura 2A). Se apreció un movimiento opercular disminuido a 24 °C. Esta res-

puesta en peces a 16 °C se mostró incrementada y/o sin movimiento (Figura 2B). No hubo diferencia significativa respecto al tiempo de exposición y temperatura ($F=0.49$; $p>0.05$). La sensibilidad al tocarlos, en 24 °C fue normal hasta las 24 h, observándose una sensibilidad disminuida hasta las 72 h (Figura 2C). Para todos los casos no hubo diferencias significativas ($F=1.50$; $p>0.05$).

Análisis Bioquímico

El pH en el músculo descendió a partir de las 24 h para los chames a 24 °C y a las 48 h para los chames sometidos a 16 °C en comparación con el pH inicial (Cuadro 2). Las concentraciones de proteínas no presentaron variaciones entre los tratamientos evaluados ($F=1.31$; $p>0.05$). El contenido de MDA en el músculo mostró un incremento significativo relacionado con los periodos de exposición a anhidrobiosis ($F=8.78$; $p<0.05$), con promedios que alcanzaron 3.31 nmol MDA/mg proteína a 24 °C en 72 h y 2.19 nmol MDA/mg proteína a 16 °C en 96 h (Cuadro 2). La actividad de LDH incrementó significativamente con relación al periodo de exposición, observándose una mayor actividad durante las 24 h en los peces conservados a 16 °C y a las 96 h en peces sometidos a anhidrobiosis a 24 °C (Cuadro 2).

Análisis Microbiológicos

Se observó un incremento en el número de microorganismos en los chames expuestos a anhidrobiosis en los ambientes climatizados durante 96 h, mostrando diferencias significativas entre los días de exposición ($F=30.20$; $p<0.05$), más no así entre los tratamientos 16 y 24 °C ($F=2.42$; $p>0.05$). A 16 °C se obtuvo una carga microbiana de $4.69 \pm 0.36 \text{ Log}_{10} \text{ UFC/g}$, que incrementó a $6.23 \pm 0.72 \text{ Log}_{10} \text{ UFC/g}$ luego de 96 h transcurridas. A 24 °C durante 96 h se obtuvo un promedio de $6.60 \pm 0.50 \text{ Log}_{10} \text{ UFC/g}$, mientras la carga de inicio fue de $4.69 \pm 0.36 \text{ Log}_{10} \text{ UFC/g}$ (Figura 3).

Cuadro 2. Estimación de pH, proteínas totales (mg/g de masa húmeda), malondialdehído (MDA, nmol/mg de proteínas) y lactato deshidrogenasa (LDH) en *Dormitator latifrons* sometidos a anhidrobiosis bajo ambientes controlados de 16 y 24 °C

Tiempo (h)	pH		Proteínas (mg/g)		MDA (nmol/mg proteínas)		LDH (U/gmh)	
	16°C	24°C	16°C	24°C	16°C	24°C	16°C	24°C
0	6.96±0.12 ^a	6.96±0.11 ^a	64.1±36.4 ^a	64.1±36.4 ^a	0.70±0.29 ^a	0.70±0.28 ^a	25.26 ±8.59 ^a	37.66±18.72 ^a
24	6.95±0.09 ^a	6.86±0.39 ^a	58.8±28.9 ^a	48.8±13.6 ^a	0.78±0.6 ^a	0.55±0.19 ^a	75.83±29.12 ^b	20.67±12.15 ^a
48	6.65±0.12 ^a	6.87±0.12 ^a	42.7±10.8 ^a	55.4±6.7 ^a	2.17±0.98 ^a	0.53±0.15 ^a	36.74±17.88 ^a	65.68±34.42 ^b
72	6.64±0.11 ^b	6.56±0.14 ^b	39.6±12.5 ^b	36.4±10.6 ^b	1.58±0.64 ^b	3.31±1.28 ^b	50.52±11.08 ^b	50.53±14.46 ^b
96	6.58±0.12 ^c	6.70±0.13 ^c	36.9±15.4 ^c	41.8±6.1 ^c	2.19±1.05 ^c	2.6±0.64 ^c	55.12±21.96 ^b	73.49±22.33 ^c

Los resultados se expresan en promedios ± desviación estándar

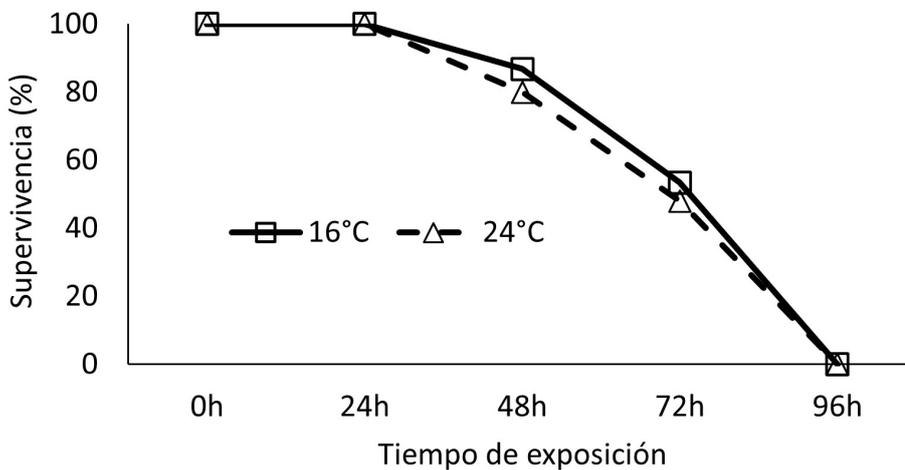


Figura 1. Porcentaje de supervivencia y tiempo letal medio (TL₅₀) del chame *Dormitator latifrons* expuesto a anhidrobiosis bajo dos ambientes climatizados (16 y 24 °C) durante 96 h

Evaluación Sensorial

Las puntuaciones de frescura obtenidas de *D. latifrons* almacenados bajo anhidrobiosis desde las 0 a 96 horas muestran la pérdida progresiva de la frescura en ambas condiciones de almacenamiento, con un incremento mayor, aunque no estadísticamente significativo, en los peces manteni-

dos a 24 °C (Figura 4). A 16 y 24 °C la evaluación denota una calidad de frescura buena durante 24 h (3 y 4 puntos), mientras que entre 48 y 72 h los peces presentaron una calidad regular de 12 y 8-14 puntos deméritos, respectivamente, siendo considerado el producto de mala calidad a 96 h (14 puntos a 16 °C y 15 puntos a 24 °C). Se obtuvo dife-

Anhidrobiosis y calidad del chame

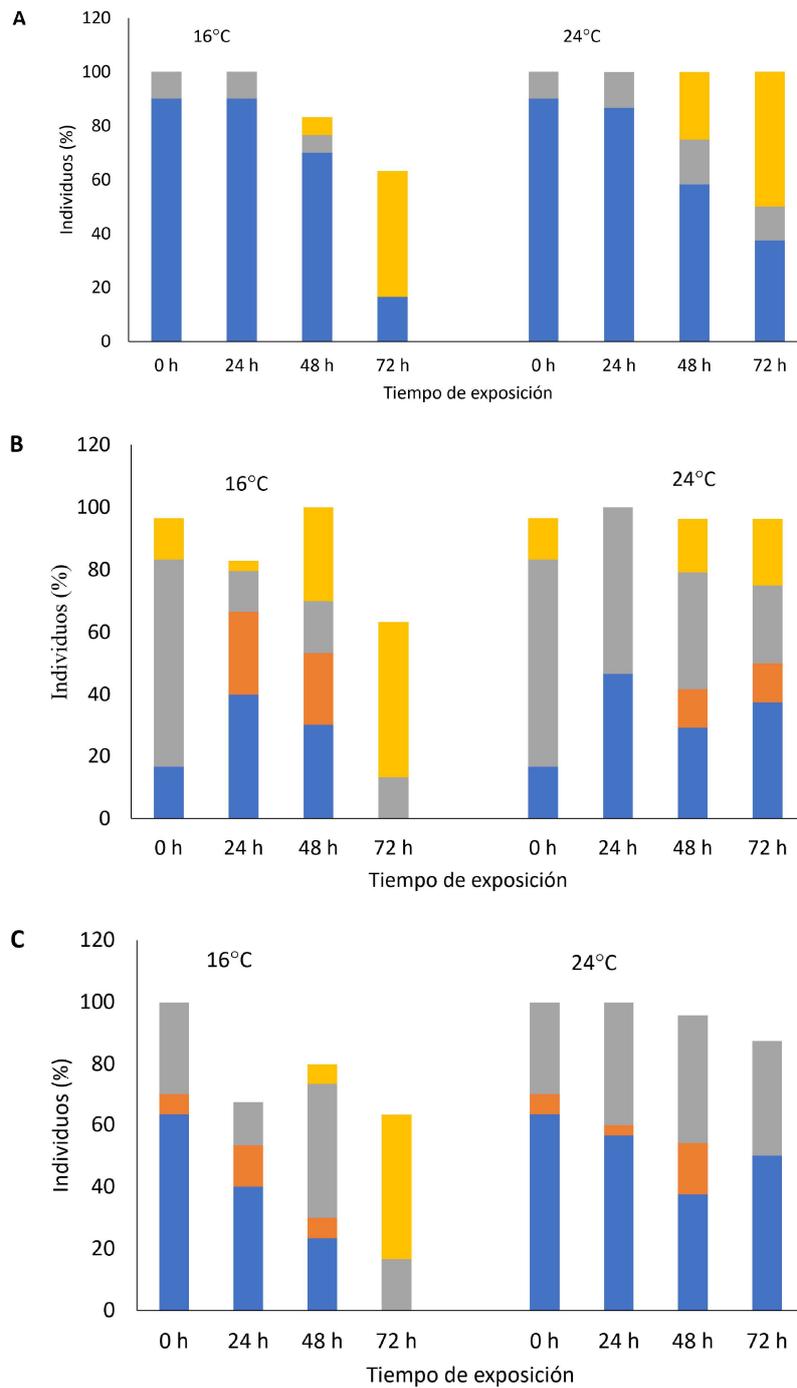


Figura 2. Comportamiento (A), movimiento opercular (B) e irritabilidad (C) de *Dormitator latifrons* expuesto a anhidrobiosis. Los resultados son expresados en porcentaje de individuos (%). Color azul (normal), gris (agitado/disminuido), amarillo (aparentemente muerto/sin movimiento/sin reacción), naranja (incrementado)

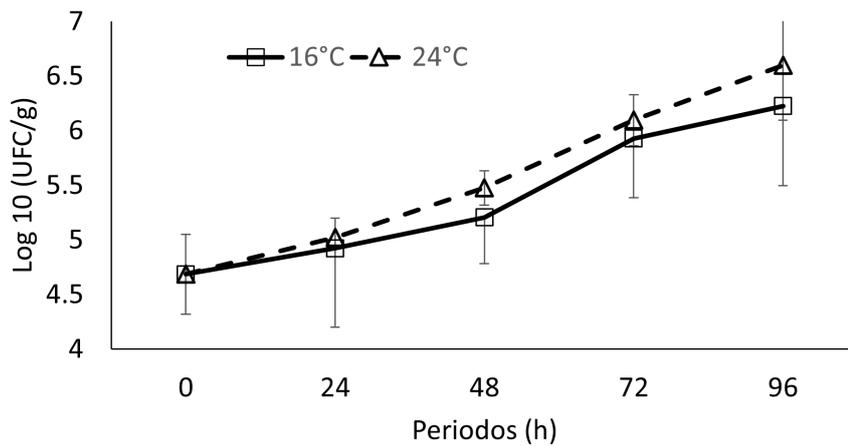


Figura 3. Recuento total de bacterias aerobios mesófilos (Log₁₀ UFC/g) en músculo de *Dormitator latifrons* sometido a anhidrobiosis bajo dos ambientes climatizados (16 y 24 °C)

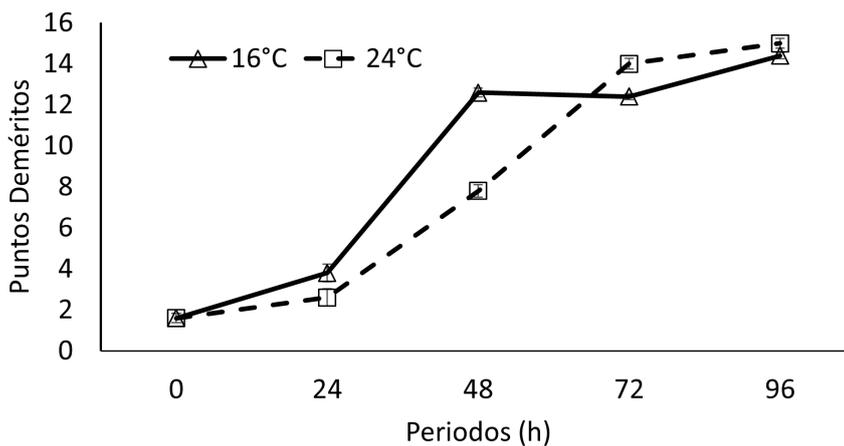


Figura 4. Análisis sensorial de *Dormitator latifrons* expuesto a anhidrobiosis bajo dos ambientes climatizados (16 y 24 °C)

rencias significativas en los periodos de exposición (F=49.27; p<0.001).

DISCUSIÓN

Los resultados de los análisis bioquímicos, microbiológicos y sensoriales indican que la frescura del chame *D. latifrons* bajo exposición a anhidrobiosis puede ser ideal has-

ta las 48 h. Este periodo crítico para la supervivencia de los chames fuera del agua probablemente se encuentre asociado a una condición de estrés ambiental que provoca el ajuste a la reducida disponibilidad para captar el oxígeno indispensable para los procesos metabólicos. *D. latifrons* puede sobrevivir fuera del agua por 5 días continuos, habiéndose observado una mortalidad de 50% de los organismos expuestos a hipoxia hasta 18 h

(Chang, 1984; Todd, 1973; Vega-Villasante *et al.*, 2021). Se conoce que el consumo de oxígeno es reducido en la mayoría de los organismos tolerante a la anhidrobiosis, lo que conlleva a una condición hipometabólica y comportamiento aletargado (Lefevre *et al.*, 2014). Se presume que la capacidad de respiración aérea facultativa de *D. latifrons* podría estar relacionada con adaptaciones específicas que le permiten afrontar condiciones extremas como la anhidrobiosis. Estudios más específicos podrían identificar adaptaciones bioquímicas y mecanismos fisiológicos de ajustes durante la anhidrobiosis, particularmente la composición de su piel y su relación con la pérdida de agua excesiva durante esta condición.

El comportamiento de los peces bajo anhidrobiosis fue considerado normal hasta las 48 h, para luego deprimirse a las 72 h, con movimientos operculares disminuidos, movimientos corporales intermitentes y poca sensibilidad, posiblemente destinados a para preservar la energía y activar los mecanismos de respiración aérea para incrementar la captación de oxígeno (Kramer, 1987). Agualsaca (2015) menciona que el chame, al soportar concentraciones bajas de oxígeno desde 0.5 ppm, sus branquias no colapsan cuando están fuera del agua, se mantienen húmedas y el intercambio gaseoso puede ser cutáneo. Esta adaptación le permite al chame vivir fuera del agua en ambiente húmedo de tres a cinco días asociado a una disminución de su tasa metabólica para reducir sus requerimientos de oxígeno y preservar la energía en condiciones de anoxia (Van Waversveld *et al.*, 1989).

La caída del pH en el músculo puede estar relacionado a una alteración ácido-base debido principalmente a la producción metabólica de H⁺ a través de la síntesis de lactato (Pelster *et al.*, 1988), inclusive ayudado por el posible incremento de bacterias ácido-lácticas favorecidas frente a las aerobias estrictas (Ayala *et al.*, 2010). La musculatura de los peces recién sacrificados tiene un pH cercano a la neutralidad y a partir de este momento, la ausencia de oxígeno origina la glucólisis anaerobia y la acumula-

ción de compuestos ácidos, lo que conlleva a la disminución del pH (Santaella-Pascual, 2015).

El porcentaje de proteína obtuvo un decrecimiento en los dos tratamientos; no obstante, el resultado fue más bajo a los 16 °C, del cual se refleja que a menor temperatura mayor degradación de proteína (Moreira-López, 2022). Adicionalmente, los valores de MDA incrementaron con el tiempo de exposición a anhidrobiosis. Piedrahita *et al.* (2015) determinaron que la oxidación lipídica en muestras de filetes de pescados de cachama (*Piaractus brachypomus*), bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y tilapia (*Oreochromis niloticus*) durante 0, 4, 8, 12, 16 y 20 h expuestos a 30 °C resultó en valores mayores a 1 mg MDA/kg a partir del cuarto día de almacenamiento. No obstante, el pescado de este estudio todavía puede ser consumido ya que los valores de MDA son inferiores a 5 nmol TBARS/mg (Jouki *et al.*, 2014).

La actividad de las enzimas LDH da referencia a la capacidad en el metabolismo anaeróbico que posee *D. latifrons* para tolerar los cambios ambientales en el ecosistema donde habita. El pez en condiciones fuera del agua es conducido a cambios metabólicos anaeróbicos incrementando la actividad LDH con la generación continua de energía bajo condiciones anaeróbicas provocada por una hipoxia inducida (Farhana y Lappin, 2024). Se ha considerado que la pérdida de la integridad de la membrana celular bajo procesos de apoptosis, necrosis u otras formas de deterioro pueden ser a causa de la liberación del LDH, llevando a consecuencias negativas en la salud del pez (Chan *et al.*, 2013, Kamiloglu *et al.*, 2020).

La carga de aerobios mesófilos al final de bioensayo sugiere que sobrepasa los requisitos de la norma NTE INEN (1896: 2013). Se considera que las temperaturas de 16 y 24 °C ayudan a mantener inhibido el crecimiento microbiano, ya que los aerobios mesófilos se desarrollan en presencia de oxí-

geno libre y a una temperatura comprendida entre 15 y 45 °C, siendo el rango óptimo entre 30 y 40 °C (Cáceres, 2018; Álvarez, 2021).

Con respecto a la evaluación sensorial, la puntuación de apariencia incrementó con el tiempo de exposición, lo que indica una pérdida progresiva de frescura en las dos temperaturas en estudio. Resultados similares fueron obtenidos por Özogul *et al.* (2005) en *Anguilla anguilla* almacenada en dos ambientes (con hielo y sin hielo) y en contraste con Burghi Echeverriarza *et al.* (2015) donde *Oreochromis niloticus* alcanzó el mayor nivel de frescura no apto para consumo hasta el día 16, en cámaras de 0-5 °C.

CONCLUSIONES

- La frescura del pescado *Dormitator latifrons* expuesto a anhidrobiosis bajo dos ambientes climatizados (16 y 24 °C) fue conservada hasta las 48 h.
- La actividad de lactato deshidrogenasa (LDH) en branquias se incrementó asociada a los periodos de anhidrobiosis y temperaturas, lo cual vincula la activación del metabolismo anaeróbico.
- Las bacterias mesófilas incrementaron y el número de microorganismos aerobios se duplicó para ambos ambientes.
- El 50% de la supervivencia fue alcanzado a las 48 h en anhidrobiosis para ambas temperaturas y una máxima tolerancia hasta 72 h.
- La evaluación sensorial demuestra que a las 48 h se evidencia el deterioro la calidad organoléptica del chame cuando es mantenido «fuera del agua», teniendo una interacción directa con la temperatura ambiental de mantenimiento.

LITERATURA CITADA

1. **Abaroa MC, Pérez Villareal B, González de Zárate A, Boitiz X, Bald C, Riesco S, Picaza N. 2008.** Frescura del pescado: Guía visual para la evaluación sensorial. Azti Tecnalia; 69 p.
2. **Agualsaca-Ormaza J.G. 2015.** Adaptación de chame (*Dormitator latifrons*) sometido a cautiverio utilizando cuatro niveles de detritus y balanceado en su alimentación. Tesis de Pregrado. Santo Domingo, Ecuador: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. 91 p.
3. **Álvarez T. 2021.** Efectos de la congelación y ultracongelación en la estructura y textura de frutas y vegetales: Una revisión bibliográfica de datos publicados. Tesis de Pregrado. Ambato, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato. 58 p.
4. **Ayala MD, Abdel I, Santaella M, Martínez C, Periago MJ, Gil F, Blanco A, Albors OL. 2010.** Muscle tissue structural changes and texture development in sea bream, *Sparus aurata* L., during post-mortem storage. LWT - Food Sci Technol 43: 465-475. doi: 10.1016/j.lwt.2009.08.023
5. **Bickler PE, Buck LT. 2007.** Hypoxia tolerance in reptiles, amphibians, and fishes: life with variable oxygen availability. Annu Rev Physiology 69: 145-170. doi: 10.1146/annurev.physiol.-69.031905.162529
6. **Burghi-Echeverriarza JM, Montero Velázquez GI. 2015.** Evaluación sensorial de la frescura en tilapia (*Oreochromis niloticus*). Tesis Doctoral. Montevideo, Uruguay: Universidad de la República. 30 p.
7. **Cáceres M. 2018.** Determinación de la calidad microbiológica de cosméticos capilares elaborados a base de compuestos naturales comercializados en Lima Metropolitana. Tesis de Pregrado. Lima, Perú: Universidad Ricardo Palma. 70 p.
8. **Chang BD, Navas W. 1984.** Seasonal variations in growth, condition and gonads of *Dormitator latifrons* (Richardson) in the Chone River Basin, Ecuador. J Fish Biol 24: 637-648. doi: 10.1111/j.1095-8649.1984.tb04834.x
9. **Corredor-Castillo AS, Landines Parra MÁ. 2019.** Respuestas fisiológicas de *Piaractus brachypomus* suplementado

- con ácido ascórbico y sometido a estrés por hipoxia. *Rev Med Vet* 38: 29-40. doi: 10.19052/mv.voll.iss38.3
10. **Chan FKM, Moriwaki K, De Rosa MJ. 2013.** Detection of necrosis by release of lactate dehydrogenase activity. *Methods Mol Biol* 2013:979:65-70. doi: 10.1007/978-1-62703-290-2_7
 11. **Chang BD. 1984.** Tolerances to salinity and air exposure of *Dormitator latifrons* (Pisces: Eleotridae). *Rev Biol Trop* 32: 155-157.
 12. **[FAO] Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 2020.** El estado mundial de la pesca y la acuicultura. Roma, Italia: FAO. 274 p. doi: 10.4060/cc0461es
 13. **Farhana A, Lappin SL. 2024.** Biochemistry, lactate dehydrogenase. 2023 May 1. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; Jan-. PMID: 32491468.
 14. **García RC. 2017.** Acondicionado del pescado y marisco. INAJ0109. IC Editorial. 268 p.
 15. **Gómez JRJ, Sánchez EJS, De la Cruz Chicaiza M, Jácome-Gómez LR., Martínez-Sotelo MC. 2021.** Caracterización productiva del chame (*Dormitator latifrons*) bajo tratamientos de siembras sexados. *Dominio de las Ciencias* 7: 856-869. doi: 10.23857/dc.v7i5.-2286
 16. **González-Martínez A, López M, Molero HM, Rodríguez J, González M, Barba C, García A. 2020.** Morphometric and meristic characterization of native chame fish (*Dormitator latifrons*) in Ecuador using multivariate analysis. *Animals* 10): 1805. doi: 10.3390/ani10101805
 17. **Gornall AG, Bardawill CI, David MM. 1949.** Determination of serum proteins by means of the Biuret reaction. *J Biol Chem* 177: 751-766. Ddoi: 10.1016/S0021-9258(18)57021-6
 18. **Giraud-Billoud M, Moreira DC, Minari M, Andreyeva, A, Campos EG Carvajalino-Fernández JM, Istomina A, et al. 2024.** Review: evidence supporting the ‘preparation for oxidative stress’ (POS) strategy in animals in their natural environment. *Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol* 293:111626. doi: 10.1016/j.cbpa.2024.111626
 19. **[INEN] Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización. 2013.** Pescados frescos refrigerados o congelados de producción acuícola. Requisitos. Quito: Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización. NTE INEN 1896:2013 Primera revisión. [Internet]. Disponible en: <https://1library.co/document/q2g58wpy-pescado-fresco-refrigerado-y-congelado-requisitos.html>
 20. **International Standards Organization (ISO 2017:1999).** Meat and meat products – Measurement of pH - Reference method. Geneva, Switzerland: The International Organization for Standardization.
 21. **Jouki M, Yazdi F, Mortazavi S, Koocheki A, Khazaei N. 2014.** Effect of quince seed mucilage edible films incorporated with oregano or thyme essential oil on shelf-life extension of refrigerated rainbow trout fillets. *Int J Food Microbiol* 174: 88-97. doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2014.01.001
 22. **Kamiloglu S, Sari G, Ozdal T, Çapanođlu Güven, E. 2020.** Guidelines for cell viability assays. *Food Frontiers* 1: 332-349. doi: 10.1002/fft2.44
 23. **Kramer DL. 1987.** Dissolved oxygen and fish behavior. *Environ Biol Fishes* 18: 81-92. doi: 10.1007/bf00002597
 24. **Lefevre S, Wang T, Jensen A, Cong NV, Huong DTT, Phuong NT, Bayley M. 2014.** Air-breathing fishes in aquaculture. What can we learn from physiology? *J Fish Biol* 84: 705-731. doi: 10.1111/jfb.12302
 25. **Livingstone DR, Stickle WB, Kapper MA, Wang S, Zurburg W. 1990.** Further studies on the phylogenetic distribution of pyruvate oxidoreductase activities. *Comp Biochem Physiol (B)* 97: 661-666. doi: 10.1016/0305-0491(90)90104-2

26. **Massay S, Mosquera R. 1992.** Presence of chame *Dormitator latifrons* (Richardson, 1844) (Pisces: Eleotridae), in the Galapagos Islands, Ecuador. *J Fish Biol* 40: 815-816. doi: 10.1111/j.1095-8649.1992.tb02627.x
27. **Moreira-López JJ. 2022.** Incidencia del tiempo y temperatura de almacenamiento en la calidad microbiológica y estabilidad de la textura en carne de chame (*Dormitator latifrons*). Tesis de Maestría. Calceta, Ecuador: Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí. 57 p.
28. **Morcillo P, Esteban M, Cuesta A. 2016.** Heavy metals produce toxicity, oxidative stress and apoptosis in the marine teleost fish SAF-1 cell line. *Chemosphere* 144: 225-233.
29. **Ohkawa H, Ohishi N, Yaki K. 1979.** Assays for lipid peroxides in animal tissue by thiobarbituric acid reaction. *Anal Biochem* 95: 331-358. doi: 10.1016/0003-2697(79)90738-3
30. **Özogul Y, Özyurt G, Özogul F, Kuley E, Polat A. 2005.** Freshness assessment of European eel (*Anguilla anguilla*) by sensory, chemical and microbiological methods. *Food Chemistry* 92: 745-751. doi: 10.1016/j.foodchem.2004.08.035
31. **Pelster B, Bridges CR, Grieshaber MK. 1988.** Physiological adaptations of the intertidal rockpool teleost *Blennius pholis* L., to aerial exposure. *Resp Physiol* 71: 355-373.
32. **Piedrahita-Márquez DG, Suárez Mahecha H, Vargas-López JH. 2015.** Control de la oxidación lipídica en filetes de pescado utilizando recubrimientos comestibles a base de aceite de naranja. Uso de biomoléculas en películas comestibles y desarrollo de nuevos productos para la generación de valor y competitividad. Tesis de Maestría. Palmira, Colombia. Universidad Nacional de Colombia. 95 p.
33. **Santaella-Pascual M. 2015.** Nuevas presentaciones comerciales de dorada (*Sparus aurata* L.) de acuicultura: evaluación de la calidad y seguridad alimentaria. Tesis Doctoral. Murcia, España: Universidad de Murcia. 120 p.
34. **Sneddon LU. 2012.** Clinical anesthesia and analgesia in fish. *J Exotic Pet Med* 21: 32-43. doi: 10.1053/j.jepm.2011.11.009
35. **Todd ES. 1973.** Positive buoyancy and air-breathing: a new piscine gas bladder function. *Copeia* 3: 461-464. doi: 10.2307/1443110
36. **Van Waversveld J, Addink ADF, Van den Thillart GE. 1989.** The anaerobic energy metabolism of goldfish determined by simultaneous direct and indirect calorimetry during anoxia and hypoxia. *J Comp Physiol B* 159: 263-268. doi: 10.1007/BF00691503
37. **Vásquez-Sánchez D, García EES, Galvão JA. 2020.** Quality index method (QIM) scheme developed for whole Nile tilapias (*Oreochromis niloticus*) ice stored under refrigeration and correlation with physicochemical and microbiological quality parameters. *J Aquatic Food Prod Technol* 29: 307-319. doi: 10.1080/10498850.2020.1724222
38. **Vega-Villasante F, Ruiz-González LE, Chong-Carrillo O, Basto-Rosales MER, Palma-Cancino DJ, Tintos-Gómez A, Montoya-Martínez CE, et al. 2021.** Biology and use of the Pacific fat sleeper *Dormitator latifrons* (Richardson, 1844): state of the art review. *Latin Am J Aquatic Res* 49: 391-403. doi: 10.3856/vol49-issue3-fulltext-2637
39. **Zapata AA, Vega-Villasante F, Chong-Carrillo O. 2019.** Effect of salinity on the gill ventilation frequency of *Dormitator latifrons* (Richardson, 1984). *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 6: 601-607. doi: 10.19136/era.a6n18.2179