Rev Inv Vet Perú 2025; 36(2): e28555
https://doi.org/10.15381/rivep.v36i2.28555

Implicaciones de la variación individual en personalidad animal sobre el bienestar de *Oreocrhomis niloticus*

Implications of the individual variation in animal personality on the welfare of *Oreocrhomis niloticus*

Alex Ríos-Moreno[1], Joseph Grajales-Cedeño[2,4], Richard Mudarra[2], Reynaldo Vargas[2,3]*

Resumen

El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de la variación en personalidad animal sobre indicadores de comportamiento, estrés y desempeño productivo de *Oreochromis niloticus*. Se utilizaron 24 peces con peso y longitud total similar y distribuidos de acuerdo con su fenotipo de personalidad en dos tratamientos: Proactivo (P; n=12); Reactivo (R; n=12). El comportamiento se evaluó mediante la latencia para reasumir la alimentación después de una situación estresante. Esta se realizó inmediatamente después de tomar las medidas de peso y longitud total cada 15 días hasta completar cinco momentos. Además, al final del estudio se determinó la frecuencia ventilatoria, niveles de glucosa sanguínea y ganancia de peso. El análisis se realizó utilizando modelos lineales generales y pruebas no paramétricas. La latencia para reasumir la alimentación fue diferente entre tratamientos ($p<0.05$). Los P se habituaron en 92 y 58% de estos redujeron sus respuestas en el tiempo ($p<0.05$). Los R se habituaron en 75 y 33% redujeron sus respuestas en el tiempo ($p<0.05$). Los peces P mostraron niveles basales de glucosa menores que R ($p<0.05$). La frecuencia ventilatoria no difirió entre tratamientos ($p>0.05$). Al final del estudio los peces P tuvieron

[1] Departamento de Protección Vegetal, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Panamá, Panamá
[2] Departamento de Zootecnia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Panamá, Panamá
[3] Sistema Nacional de Investigación (SNI) SENACYT, Panamá
[4] Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, Jaboticabal, SP, Brasil
** Autor correspondiente: Reynaldo Vargas; reynaldo.vargas@up.ac.pa*

Recibido: 17 de julio de 2024
Aceptado para publicación: 20 de febrero de 2025
Publicado: 30 de abril 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

mayor ganancia de peso que R ($p<0.05$). Se concluye que los peces P reasumieron la alimentación más rápido, tuvieron mejores indicadores fisiológicos y de desempeño productivo. Además, un mayor porcentaje de P redujo consistentemente sus latencias para alimentarse en el tiempo.

Palabras clave: comportamiento, consistencia, peces, rentabilidad, sostenibilidad

Abstract

The aim of the study was to evaluate the effect of variation in animal personality on behavioural indicators, stress and productive performance of *Oreochromis nilo*ticus. Twenty-four fish with similar weight and total length were used and distributed according to their personality phenotype in two treatments: Proactive (P; n=12); Reactive (R; n=12). Behaviour was assessed by latency to resume feeding after a stressful situation. This was done immediately after taking weight and total length measurements every 15 days until completing five moments. In addition, at the end of the study, ventilatory frequency, blood glucose levels and weight gain were determined. The analysis was performed using general linear models and non-parametric tests. The latency to resume feeding was different between treatments ($p<0.05$). P were habituated in 92 and 58% of these reduced their responses over time ($p<0.05$). R fish were habituated in 75 and 33% reduced their responses over time ($p<0.05$). P fish showed lower basal glucose levels than R ($p<0.05$). Ventilatory frequency did not differ between treatments ($p>0.05$). At the end of the study, P fish had greater weight gain than R ($p<0.05$). It is concluded that P fish resumed feeding faster, had better physiological and productive performance indicators. In addition, a higher percentage of P consistently reduced their latencies to feed over time.

Keywords: behavior, consistency, fish, profitability, sustainability

Introducción

La industria acuícola mundial mantuvo un crecimiento constante en el año 2022, alcanzando la producción de 130.9 millones de toneladas que representan un valor de mercado de 312 800 millones de dólares estadounidenses (USD), lo que representa un incremento de US$ 34 200 millones comparado con el año 2020 (FAO, 2024). Dentro de esta industria, la tilapia del Nilo (*Oreochro-mis niloticus*) representa el segundo grupo de peces de mayor producción a nivel mundial, después de la carpa, y es una especie con gran potencial para incrementar los volúmenes de producción en el futuro (FAO, 2023).

La actividad acuícola genera una serie de impactos que se ven agravados por efecto del cambio climático, entre los que destacan el alto consumo de agua y la eutroficación (Ottinger *et al*., 2016; Petroski *et al*., 2024). El pienso es considerado uno de los factores más importantes en la rentabilidad y sostenibilidad ambiental de la actividad, ya que representa entre el 50 al 70% de los costos de producción (Martins *et al*., 2011b; Baki y Yüsel, 2017; Llanes-Iglesias y Arboleya-Arizabalaga, 2022).

El pienso no consumido genera concentraciones elevadas de materia orgánica, que se descompone en amoniaco (Li y Boyd, 2016), afectando la salud de los peces y la

calidad del efluente. A pesar de que desde inicio de este siglo se han desarrollado programas de selección para obtener fenotipos que presenten mejores rendimientos y reduzcan la producción de desechos (Nkrumah *et al*., 2006). Estos programas se basan principalmente en respuestas individuales en comportamiento y en estrés fisiológico (Silva *et al*., 2010). Los fenotipos seleccionados deben reunir algunas características, como variación individual (Toms *et al*., 2010) y la consistencia a lo largo del tiempo y en diferentes contextos (Budaev y Zworykin, 2002), conocida en la literatura como estilos de afrontamiento y personalidad animal (Koolhaas *et al*., 1999; Goslin, 2001).

En la literatura especializada se reconocen dos fenotipos por sus respuestas opuestas en comportamiento: proactivos y reactivos. Los proactivos, basado en adrenalina, se caracterizan por una respuesta de lucha-huida activa frente a los factores estresantes, además de una alta eficiencia alimentaria y motivación después de un cambio ambiental, dominio en encuentros agresivos y baja sensibilidad a los factores estresantes ambientales (Øverli *et al*., 2002). En contraste, los reactivos presentan un afrontamiento pasivo de conservación-retirada basado en el cortisol (Carere *et al*., 2005). Fisiológicamente, los peces proactivos exhiben rasgos como bajos niveles de cortisol basal y baja concentración de glucosa en sangre, en comparación con los reactivos (Leblanc *et al*., 2011; Balasch *et al*., 2019). Ante esto, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la variación en personalidad animal sobre indicadores de comportamiento, estrés y desempeño productivo de *Oreochromis niloticus.*

Materiales y Métodos

El estudio siguió los lineamientos del Comité Institucional de Bioética de la Universidad de Panamá, como parte de un proyecto mayor (CEIBA-UP-028-2021).

Ubicación y Animales Experimentales

El estudio se desarrolló en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Panamá, ubicada en Chiriquí, Panamá (8°23’18’’N; 82°19’50’’W), entre enero y abril de 2024. Se utilizaron 24 peces machos de tilapia del Nilo con peso inicial de 23.33 ± 1.29 g (media ± desviación estándar), previamente separados por la prueba de toma de riesgos en grupos, en tres fenotipos de comportamiento: proactivos (P), intermedios (I) y reactivos (R), adaptando la metodología propuesta por MacKenzie *et al.* (2009). El fenotipo I se descartó en este experimento. De esta manera, 12 peces proactivos (P) con peso inicial de 23.00 ± 1.22 g y 12 reactivos (R) con peso inicial de 23.65 ± 1.22 g formaron los tratamientos experimentales.

Parámetros Fisicoquímicos del Agua y Alimentación

Durante el experimento, la temperatura del agua se mantuvo en 28.06 ± 0.14 °C, oxígeno disuelto en 6.34 ± 1.26 mg/L y pH 6.87 ± 0.34. Las mediciones se realizaron diariamente con un equipo multiparámetro YSI 556 (HANNA®). Adicionalmente, se realizaron controles semanales de amoniaco, nitrito y nitrato empleando un fotómetro HI 83306 (HANNA®) obteniendo valores dentro de los rangos apropiados para la especie (Timmons y Ebeling, 2010). Los peces fueron alimentados durante la totalidad del experimento con un pienso comercial (EFICO Cromis 15, BioMar®) de 3 mm con 36% de proteína cruda a una tasa de 5% de su peso vivo.

Alojamiento e Identificación de los Peces

Se utilizaron dos tanques de 500 L con un volumen útil de 450 L. Ambos tanques fueron equipados con un sistema auxiliar de oxigenación, realizando un recambio semanal del tercio del volumen de agua. Se colocaron 6 peces P y 6 R por tanque. Los peces

fueron marcados con implantes visibles de elastómero (Northwest Marine Technology®), con color azul en la zona post orbital derecha para P e izquierda para R.

Variables de Bienestar

La estimación de las variables de comportamiento, fisiológicas y de desempeño fueron realizadas por el mismo evaluador.

Variables de comportamiento

(a) Latencia para reasumir la alimentación

- Se utilizó un tanque de 100 L (61 x 39 x 42 cm, largo, ancho, altura). El lado opuesto y los lados laterales al observador se cubrieron con papel adhesivo azul.
- El procedimiento de alimentación se realizó de forma individual, inmediatamente después de tomar las medidas de peso y longitud total, lo cual se hizo cada 15 días hasta completar cinco momentos. Para esto, se colocó el pez en el tanque de prueba con cinco pellets de la misma marca y tamaño del usado en la alimentación diaria. Se evaluó la latencia para reasumir el comportamiento de alimentación después de una situación estresante (Moretz *et al*., 2007; Martins *et al*., 2011a). La latencia para reasumir la alimentación se definió como el tiempo que el pez tarda en capturar el primer pellet. La prueba tuvo una duración de 1200 segundos. Al final de la prueba se cambió la totalidad del agua para evitar que señales químicas interfieran con el comportamiento del siguiente individuo. Los peces fueron evaluados cada 15 días hasta completar cinco mediciones, realizadas visualmente en un horario entre las 08.00 y las 11.00 h.

Variables fisiológicas

(a)Frecuencia ventilatoria

Se realizó 15 días después de finalizada la última evaluación morfométrica en el mismo horario y tanque descrito en la prueba de comportamiento alimenticio. Para esto, el pez fue introducido al tanque de prueba evaluando el tiempo necesario para 20 movimientos operculares o bucales (Calderer, 2001; Silva *et al*., 2010), con una duración máxima de 60 segundos.

(b) Niveles basales de glucosa

Se tomó una muestra de sangre (0.5 mL) vía punción en la vena caudal. El procedimiento se realizó de forma rápida para generar el mínimo estrés y sin la aplicación de anestésico. La evaluación se realizó 15 días posteriores a la última evaluación morfométrica en ayunas en un horario similar al utilizado en la prueba de comportamiento alimenticio. Los niveles de glucosa en sangre se determinaron con el kit Easy Touch® GCHb.

Variables de desempeño

(a) Ganancia de peso

Se determinó la ganancia de peso según la fórmula GP (g)= PF (g)-PI (g), donde PG (g) es la ganancia de peso en gramos, PF (g) es el peso final en gramos y PI (g) es el peso inicial en gramos. Las evaluaciones se realizaron con una balanza eléctrica OHAUS® con capacidad de 1.5 kg y precisión de 0.01 g.

(b) Longitud total

Se determinó de acuerdo con el criterio de Doria-González (2021), medido desde el extremo anterior de la mandíbula hasta el extremo distal del radio más largo de la aleta caudal, empleando un ictiómetro PENTAIR® de 23 cm.

Análisis Estadístico

Los análisis estadísticos se realizaron utilizando el software R con el entorno de desarrollo integrado RStudio (v. R 4.4.0, RStudio Inc). En todas las pruebas se consideraron diferencias significativas cuando $p<0.05$. La normalidad y la homogeneidad de varianzas se verificaron mediante la prueba

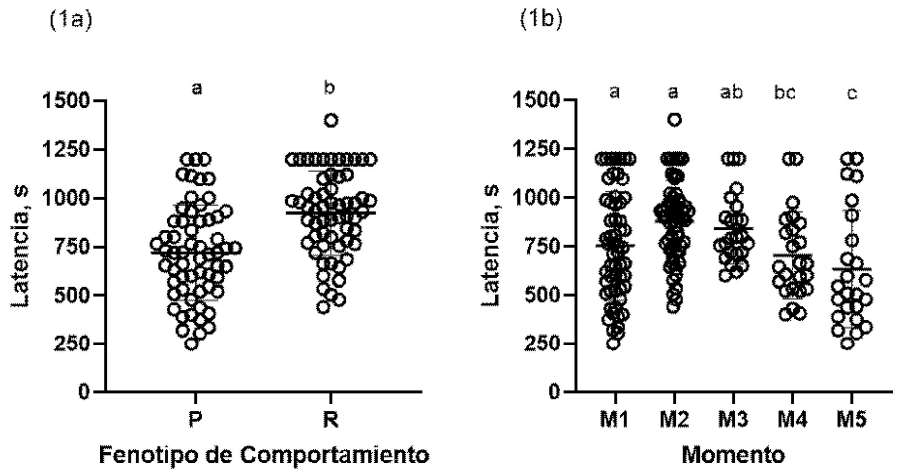

Figura 1. Media ± DE de la latencia para reasumir la alimentación después de una situación estresante (1a) de los tratamientos (P = proactivo, R = reactivo; y momento (1b) en los momentos M1 hasta M5. El símbolo ° indica la variación individual y letras diferentes indican diferencia significativa entre tratamientos y entre momentos ($p<0.05$)

de Shapiro wilk y Levene respectivamente. La latencia para reasumir la alimentación se analizó mediante modelos lineales generales considerando los fenotipos, momentos e interacciones como efectos fijos. Las comparaciones múltiples entre los momentos fueron evaluadas con la prueba de Bonferroni.

Las mediciones repetidas de comportamiento se utilizaron para evaluar los cambios individuales en el tiempo, mediante la realización de un modelo de regresión lineal para cada animal. Los coeficientes de regresión (*b*) se utilizaron además como medida individual para clasificar los peces como habituados (coeficientes *b* negativos), neutrales (coeficientes *b* iguales a cero) o sensibilizados (coeficientes *b* positivos), conforme descrito previamente (Paranhos da Costa *et al*., 2021).

Los valores basales de glucosa y la frecuencia ventilatoria fueron analizadas a través de la prueba de t de Student. La ganancia de peso fue evaluada con la prueba no paramétrica de Mann-Whitney.

Resultados

Latencia para reasumir la alimentación

La latencia para reasumir la alimentación mostró diferencias significativas entre los tratamientos ($p<0.001$; Figura 1a) y entre los momentos ($p<0.001$; Figura 1b), pero no por la interacción fenotipo de comportamiento y momento de evaluación – cada 15 días ($p>0.05$).

En los peces P ~92% se habituaron (11 de 12, Figura 2a) y 7 de 12 (~58%) fueron consistentes en sus respuestas $R^2>0.80$; $p<0.05$. Por otro lado, 75% los peces R se habituaron (9 de 12, Figura 2b), de estos 3 de 12 (~33%) fueron consistentes en sus respuestas $R^2>0.80$; $p<0.05$.

Frecuencia ventilatoria

Los fenotipos de comportamiento no fueron significativamente diferentes en la frecuencia ventilatoria ($p>0.05$).

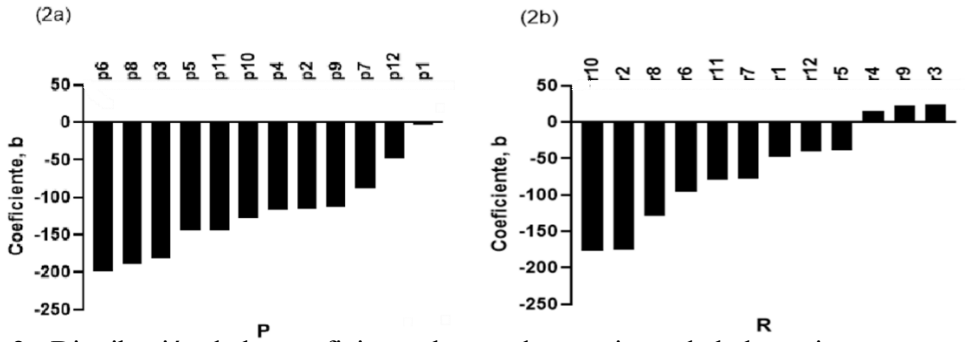

Figura 2. Distribución de los coeficientes b en orden creciente de la latencia para reasumir la alimentación después de una situación estresante. (2a) P= proactivo (2b) R= reactivo en los cinco momentos (cada 15 días)

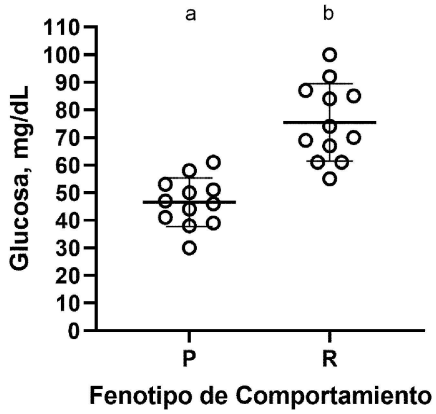

Figura 3. Media ± DE de los niveles basales de glucosa de los tratamientos (P = proactivo, R = reactivo). El símbolo ° indica la variación individual y letras diferentes indican una diferencia entre los tratamientos($p<0.05$)

Niveles basales de glucosa

Los niveles basales de glucosa fueron influenciados por el fenotipo de comportamiento ($p<0.001$, Figura 3).

Ganancia de peso

Los peces P mostraron una mayor y significativa ganancia de peso que los peces R ($p<0.01$, Figura 4).

No se encontraron diferencias significativas entre los fenotipos de comportamiento en la longitud total ($p>0.05$).

Longitud total

No se encontraron diferencias significativas entre los fenotipos de comportamiento en la longitud total ($p>0.05$).

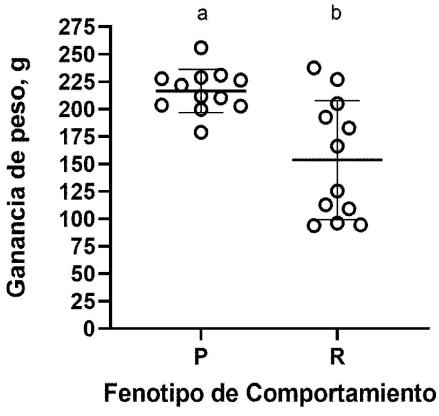

Figura 4. Media ± DE de la ganancia de peso de los tratamientos (P = proactivo, R = reactivo). El símbolo ° indica la variación individual y letras diferentes indican una diferencia entre los tratamientos($p<0.05$)

Discusión

Latencia para reasumir la alimentación

La latencia para reasumir la alimentación fue diferente entre los fenotipos de personalidad animal y entre los momentos evaluados. En el caso de los peces proactivos que mostraron menores latencias puede estar relacionado con la alta motivación para alimentarse después de ser transferidos a un nuevo ambiente (Øverli *et al*., 2007). Asimismo, a pesar de los esfuerzos por estandarizar las condiciones ambientales y horarios de evaluación, el mayor tiempo observado en individuos reactivos para reasumir la alimentación podría estar asociado a la plasticidad que muestra este fenotipo siendo más perceptivo a pequeñas variaciones propias del ensayo o cambios ambientales (Ruiz-Gomez *et al*., 2011).

Estos hallazgos son importantes considerando que la alimentación representa el mayor porcentaje de los costos de producción y en donde la selección por fenotipos de comportamiento puede mejorar la ingesta y eficiencia de utilización de los piensos y reducir la producción de residuos asociados al alimento no consumido. En este sentido, Martins *et al*. (2011b) indicaron que las diferencias en la ingesta de alimento en tilapias del Nilo alimentados *ad libitum* en aislamiento podrían explicar el 81% de las diferencias en crecimiento. De igual forma, Barreto y Volpato (2011) indican que individuos con estilos de afrontamiento proactivo se alimentan más rápido después de un periodo de aislamiento.

Las diferencias motivacionales para reanudar la alimentación después de una situación estresante pueden estar asociadas a patrones metabólicos diferenciales entre proactivos y reactivos. Skov *et al*. (2019) en un estudio con larvas de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), separadas en fenotipos de comportamiento por el tiempo de eclosión, observaron que individuos proactivos presentaban tasas metabólicas rutinarias más altas, lo que sugiere que estos peces necesitan procesar más alimento. Además, indicaron que las tasas metabólicas de rutina se asocian con el costo metabólico de la actividad voluntaria, lo que puede reflejar el costo metabólico de la personalidad.

En este experimento, más del 80% de los peces de ambos fenotipos se habituaron en la prueba de alimentación; sin embargo, es importante tomar en cuenta las diferencias entre fenotipos, ya que los peces proactivos se habituaron en más del 90%, mientras que los reactivos en un 75%. Estas diferencias pueden ayudar a gestionar mejor la producción acuícola, seleccionando fenotipos que, tras situaciones estresantes, reasuman la alimentación más rápido incrementando la rentabilidad y manteniendo la sostenibilidad de la actividad.

Otro aspecto importante es la variación individual en las respuestas de comportamiento, fenómeno que se ha documentado en peces (Budaev *et al*., 2015). En el estudio, los tratamientos mostraron variación individual en la habitación, donde siete de los peces proactivos y tres de los reactivos redujeron sus respuestas consistentemente durante el tiempo de evaluación. Este resultado destaca la relevancia de considerar la variación individual para mejorar indicadores de bienestar animal, ya que del 80% de los peces que se habituaron, solo 42% redujeron consistentemente la repuesta en el tiempo.

Las implicaciones de la variación individual se han reportado en otras especies. Por ejemplo, Paranhos da Costa *et al*. (2021), en un estudio con novillas F1 Holstein-Gyr indicaron que la habituación durante el proceso de entrenamiento a la sala de ordeño redujo el miedo, pero que las diferencias individuales juegan un papel importante en los resultados observados. En línea con estos resultados, Creamer y Horback (2024) en un estudio con vacas reproductoras Angus x Hereford indicaron que las diferencias indi-

viduales consistentes pueden ser un método apropiado para evaluar temperamento y que pueden mejorar el bienestar animal.

Indicadores fisiológicos

Los fenotipos de comportamiento no fueron diferentes en su frecuencia respiratoria, probablemente porque la mayor reactividad del sistema simpático está asociada a una respuesta al estrés (Priede, 1985; Bell *et al*., 2010) y en el presente caso se tomaron valores basales. No obstante, los fenotipos de comportamiento mostraron diferencias en las concentraciones sanguíneas de glucosa, con niveles inferiores en los peces proactivos comparados con los reactivos. La mayor concentración de glucosa en sangre en los reactivos puede estar relacionada con la liberación de cortisol que favorece la gluconeogénesis hepática (Marik y Bellomo, 2013). Respuestas similares se han reportado en peces separados en fenotipos de comportamiento proactivo y reactivo en *Cyprinus carpio* (Rey *et al*., 2016), *Sparus aurata* (Vargas *et al*., 2018), *Mugil cephalus* (Linares-Cordova *et al*., 2024).

Indicadores de desempeño

Se observó que los peces proactivos tuvieron mejor ganancia de peso que los reactivos, a pesar de que el peso inicial fue similar entre ambos fenotipos. Este resultado puede estar relacionado con las características de comportamiento que muestran los proactivos con tiempos de recobro más cortos después de una situación estresante reasumiendo la alimentación más rápido. Se ha demostrado que la ingesta de alimento está relacionada con la variación mostrada en el crecimiento (Umino *et al*., 1997).

Este resultado puede ser apoyado por los hallazgos del estudio de Mas-Muñoz *et al*. (2011) con *Solea solea,* reportando que peces audaces en un entorno nuevo y aumento repentino de la intensidad de la luz mostraron alta ingesta de alimento y crecimiento. En esta misma línea en un estudio con *Colossoma macropomum* en dos fases, Paranhos *et al*. (2024), en un sistema de recirculación reportaron que en la segunda fase los peces proactivos mostraron un mayor aumento de peso que los reactivos.

Conclusión

Los peces proactivos reasumieron la alimentación más rápido, mostraron valores basales de glucosa más bajos y ganaron más peso durante el estudio. Además, un mayor porcentaje de proactivos redujeron consistentemente sus latencias para alimentarse en el tiempo. Estos hallazgos indican que la selección por fenotipos de personalidad animal puede mejorar el bienestar, rentabilidad y sostenibilidad de las granjas acuícolas.

Agradecimientos

Agradecemos a la Secretaría Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación (SENACYT) y al Sistema Nacional de Investigación (SNI) de la SENACYT, Panamá, por los fondos para el desarrollo de este proyecto.

Literatura Citada

1. ***Baki B, Yücel ª. 2017.*** Feed cost/ production income analysis of seabass (*Dicentrarchus labrax*) aquaculture. IJEES 7: 859-864. doi: 1.01/ijees/ 85653234
2. ***Balasch JC, Vargas R, Brandts I, Tvarijonaviciute A, Reyes-López F, Tort L, Teles M. 2019.*** Divergent personalities influence the myogenic regulatory genes myostatin, myogenin and ghr2 transcript responses to *Vibrio anguillarum* vaccination in fish fingerlings (*Sparus aurata*). Physiol Behav 212: 112697. doi: 10.1016/j.physbeh.-2019.112697
3. ***Barreto RE, Volpato GL. 2011.*** Ventilation rates indicate stress-coping styles in Nile tilapia. J Bioscience 36: 851-855. doi: 10.1007/s12038-011-9111-4

4. ***Bell AM,·Henderson L, Huntingford FA. 2010.*** Behavioral and respiratory responses to stressors in multiple populations of three-spined sticklebacks that differ in predation pressure. J Comp Physiol B 180: 211-220. doi: 10.1007/s00360-009-0395-8
5. ***Budaev SV, Mikheev VN, Pavlov DS. 2015.*** Individual differences in behavior and mechanisms of ecological differentiation on the example of fish. Biol Bull Rev 5: 462-479. doi: 10.1134/S20790864-15050023
6. ***Budaev SV, Zworykin DD. 2002.*** Individuality in fish behavior: Ecology and comparative psychology. J Ichthyol 42: 189-195.
7. ***Calderer A. 2001.*** Influencia de la temperatura y la salinidad sobre el crecimiento y consumo de oxígeno de la dorada (*Sparus aurata* L.). Tesis Doctoral. Barcelona, España: Universitat de Barcelona. 64 p.
8. ***Carere C, Drent PJ, Koolhaas JM, Groothuis TGG. 2005.*** Epigenetic effects on personality traits: early food provisioning and sibling competition. Behaviour 142: 1335-1361. doi: 10.1163/156853905774539328
9. ***Creamer M, Horback K. 2024.*** Consistent individual differences in behavior among beef cattle in handling contexts and social-feed preference testing. Appl Anim Behav Sci 276: 106315. doi: 10.1016/j.applanim.2024.106315
10. ***Doria-González MA, Espitia-Galvis AM, Segura-Guevara FF, Olaya-Nieto CW. 2021.*** Biología reproductiva del bocachico *Prochilodus magdalenae* (Prochilodontidae) en el río San Jorge, Colombia. Acta Biolo Colomb 26: 54-61. doi: 10.15446/abc
11. ***[FAO] Food and Agriculture Organization. 2023.*** FishStat, a tool for fishery and aquaculture statistical time series. Rome.
12. ***[FAO] Food and Agriculture Organization. 2024.*** El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2024. La transformación azul en acción. Roma. 278p. https://doi.org/10.4060/cd0683es
13. ***Gosling SD. 2001.*** From mice to men: what can we learn about personality from animal research? Psychol Bull 127: 45-86. doi: 10.1037/0033-2909.127.1.45
14. ***Koolhaas JM, Korte SM, De Boer SF, Van Der Vegt BJ, Van Reenen CG, Hopster H, De Jong IC, Ruis MAW, Blokhuis HJ. 1999.*** Coping styles in animals: current in behavior and stress-physiology. Neurosci Biobehav R 23: 925-935. doi: 10.1016/S0149-7634(99)-00026-3
15. ***LeBlanc S, Höglund E, Gilmour K.M, Currie S. 2011.*** Hormonal modulation of the heat shock response: insights from fish with divergent cortisol stress responses. Am J Physiol-Reg I 302: R184-R192. doi: 10.1152/ajpregu.00196.-2011
16. ***Li Y, Boyd C. 2016.*** Laboratory tests of bacterial amendments for accelerating oxidation rates of ammonia, nitrite and organic matter in aquaculture pond water. Aquaculture 460: 45-58. doi: 10.1016/j.aquaculture.2016.03.050
17. ***Linares-Cordova JF, Jimenez-Rivera JA, Rey-Planellas S, Duncan NJ, Boglino A, Rodriguez-Montes de Oca GA, et al. 2024.*** Flathead grey mullet (*Mugil cephalus*) juveniles exhibit consistent proactive and reactive stress coping styles. Aquaculture 578: 740012. doi: 10.1016/j.aquaculture.2023.740012
18. ***Llanes-Iglesias, Arboleya-Arizabalaga Z. 2022.*** Evaluación de pienso Vimifos y reducción de ración en el engorde de *Clarias gariepinus*. Rev Cub Investig Pesq 3: 11-17.
19. ***MacKenzie S, Ribas L, Pilarczyk M, Capdevila DM, Kadri S, Huntingford FA. 2009.*** Screening for coping style increases the power of gene expression studies. Plos One 4: e5314. doi: 10.1371/journal.pone.0005314
20. ***Marik PE, Bellomo R. 2013.*** Stress hyperglycemia: an essential survival response! Crit Care 17: 305. doi: 10.1186/cc12514

21. ***Martins CIM, Conceicão LEC, Schrama JW. 2011a.*** Consistency of individual variation in feeding behaviour and its relationship with performance traits in Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. Appl Anim Behav Sci 133: 109-116. doi: 10.1016/j.applanim.2011.-05.001
22. ***Martins CIM, Conceicão LEC, Schrama JW. 2011b.*** Feeding behavior and stress response explain individual differences in feed efficiency in juveniles of Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. Aquaculture 312: 192-197. doi: 10.1016/j.aquaculture.2010.12.035
23. ***Mas-Muñoz J, Komen H, Schneider O, Visch SW, Schrama JW. 2011.*** Feeding behaviour, swimming activity and boldness explain variation in feed intake and growth of sole (*Solea solea*) reared in captivity. Plos One 6: e21393. doi: 10.1371/journal.pone.0021393
24. ***Moretz J, Martins E, Robinson B. 2007.*** Behavioral syndromes and the evolution of correlated behavior in zebrafish. Behav Ecol 18: 556-562. doi: 10.1093/beheco/arm011
25. ***Nkrumah JD, Okine EK, Mathison GW, Schmid K, Li C, Basarab JA, Price MA, Wang Z, Moore SS. 2006.*** Relationships of feedlot feed efficiency, performance, and feeding behavior with metabolic rate, methane production, and energy partitioning in beef cattle. J Anim Sci 84: 145-153. doi: 10.2527/2006.-841145x
26. ***Ottinger M, Clauss K, Kuenzen C. 2016.*** Aquaculture: relevance, distribution, impacts and spatial assessments - A review. Ocean Coast Manage 119: 244-266. doi: 10.1016/j.ocecoaman.-2015.10.015
27. ***Øverli Ø, Pottinger TG, Carrick TR, Øverli E, Winberg S. 2002.*** Differences in behaviour between rainbow trout selected for high- and low-stress responsiveness. J Exp Biol 205: 391-395. doi: 10.1242/jeb.205.3.391
28. ***Øverli Ø, Sørensen C, Pulman KGT, Pottinger TG, Korzan W, Summers CH, Nilsson GE. 2007.*** Evolutionary background for stress-coping styles: relationships between physiological, behavioral, and cognitive traits in non-mammalian vertebrates. Neurosci Biobehav R 31: 396-412. doi: 10.1016/j.neubiorev.2006.10.006
29. ***Paranhos CO, Bonifácio CT, Ferreira NS, Luz RK. 2024.*** Growth and physiological response of proactive and reactive juvenile «tambaqui» (*Colossoma macropomum*) in a recirculating aquaculture System. Trop Anim Health Pro 56: 185. doi: 10.1007/s11250-024-04047-2
30. ***Paranhos da Costa MJR, Taborda PAB, de Lima Carvalhal MV, Valente TS. 2021.*** Individual differences in the behavioral responsiveness of F1 Holstein-Gyr heifers to the training for milking routine. Appl Anim Behav Sci 241: 105384. doi: 10.1016/j.applanim.-2021.105384
31. ***Petroski LPS, Medeiros DL, Vidal LVO. 2024.*** The fish weight at slaughter influences energy and environmental performance of fish farming: The case of Nile tilapia production in cages. Aquaculture 586: 740757. doi: 10.1016/j.aquaculture.2024.740757
32. ***Priede IG. 1985.*** Metabolic scope in fishes. In: Fish energetics: new perspectives. Baltimore, USA: Johns Hopkins University Press. p 33-64.
33. ***R Core Team. 2024.*** R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. https://www.R-project.-org/
34. ***Rey S, Ribas L, Morera Capdevila D, Callol A, Huntingford FA, Pilarczyk M, Kadri S, MacKenzie S. 2016.*** Differential responses to environmental challenge by common carp *Cyprinus carpio* highlight the importance of coping style in integrative physiology. J Fish Biol 88: 1056-1069. doi: 10.1016/j.cbpa.2019.-01.016

35. ***Ruiz-Gomez ML, Huntingford FA, Øverli Ø, Thörnqvist PO, Höglund E. 2011.*** Response to environmental change in rainbow trout selected for divergent stress coping styles. Physiol Behav 102: 317-322. doi: 10.1016/j.physbeh.2010.11.023
36. ***Silva PIM, Martins CIM, Engrola S, Marino G, Øverli Ø, Conceição LEC. 2010.*** Individual differences in cortisol levels and behaviour of Senegalese sole (*Solea senegalensis*) juveniles: Evidence for coping styles. Appl Anim Behav Sci 124: 75-81. doi: 10.1016/j.applanim.-2010.01.008
37. ***Skov PV, Gregersen KJJ, Gesto M, Jokumsen A. 2019.*** Proactive coping style in early emerging rainbow trout carries a metabolic cost with no apparent return. Comp Biochem Phys A 231: 104-110. doi: 10.1016/j.cbpa.2019.01.016
38. ***Timmons MB, Ebeling JM. 2010.*** Recirculating aquaculture. 2ª ed. Ithaca, NY: Cayuga Aqua Ventures. 489 p.
39. ***Toms CN, Echevarria DJ, David J. Jouandot DJ. 2010.*** A methodological review of personality-related studies in fish: Focus on the shy-bold axis of behavior. Int J Comp Psychol 23: 1-25. doi: 10.46867/ijcp.2010.23.01.08
40. ***Umino T, Arai K, Nakagawa H. 1997.*** Growth performance in clonal crucian carp, *Carassius langsdorfii*. Effects of genetic difference and feeding history. Aquaculture 155: 271-283. doi: 10.1016/S0044-8486(97)00128-2
41. ***Vargas R, Balasch JC, Brandts I, Reyes-López F, Tort L, Teles M. 2018.*** Variations in the immune and metabolic response of proactive and reactive *Sparus aurata* under stimulation with *Vibrio anguillarum* vaccine. Sci Rep 8: 17352. doi: 10.1038/s41598-018-35863-w