



## EFECTO DE LA INTERACCIÓN SOCIAL EN LA PRODUCTIVIDAD DE TILAPIA DEL NILO (*Oreochromis niloticus*)

### EFFECT OF SOCIAL INTERACTION ON THE PRODUCTIVITY OF NILE TILAPIA (*Oreochromis niloticus*)

\*Vargas, Reynaldo. Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Panamá. Sistema Nacional de Investigación (SNI). Panamá  
[reynaldo.vargas@up.ac.pa](mailto:reynaldo.vargas@up.ac.pa) <https://orcid.org/0000-0002-5420-9761>

Grajales-Cedeño, Joseph. Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Panamá.  
[joseph.grajales@up.ac.pa](mailto:joseph.grajales@up.ac.pa) <https://orcid.org/0000-0002-1021-3945>

Ríos-Moreno, Alex. Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Panamá.  
[alex.morenom@up.ac.pa](mailto:alex.morenom@up.ac.pa) <https://orcid.org/0000-0003-3117-9659>

Guerra, Reggie. Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Panamá.  
[reggie.guerra@up.ac.pa](mailto:reggie.guerra@up.ac.pa) <https://orcid.org/0000-0001-8471-2862>

Mudarra, Richard. Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Panamá.  
[richard.mudarra@up.ac.pa](mailto:richard.mudarra@up.ac.pa) <https://orcid.org/0000-0002-4927-1202>

Guerra, Ivonne. Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología, Panamá.  
[ivonne.guerra@up.ac.pa](mailto:ivonne.guerra@up.ac.pa) <https://orcid.org/0000-0002-2289-9534>

\*Correo de Correspondencia: [reynaldo.vargas@up.ac.pa](mailto:reynaldo.vargas@up.ac.pa)

Recibido: 28/02/2024

Aceptado: 02/09/2024

DOI: <https://doi.org/10.48204/j.ia.v7n1.a6540>

**RESUMEN.** El comportamiento representa estrategias del individuo para lidiar con los desafíos ambientales. El objetivo de esta investigación fue determinar el efecto del estrés social en la consistencia temporal de comportamiento y su relación con bienestar animal y desempeño productivo. El estudio se realizó en la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Panamá. Se empleó un diseño completamente al azar con dos factores: personalidad animal (proactivo, reactivo, intermedio) y condición de alimentación (alta competencia, baja competencia). Cada tratamiento se evaluó por triplicado. La personalidad animal mostró diferencias significativas en las latencias para el primer intento de escape al final del ensayo ( $P < 0.001$ ). El grupo proactivo mostró mayor peso final, ganancia de peso, tasa de conversión alimenticia y tasa de crecimiento específico que mixtos y reactivos ( $P < 0.001$ ;  $P < 0.001$ ;  $P < 0.001$ ;  $P < 0.001$ , respectivamente). El porcentaje de individuos con lesión en las aletas fue significativamente diferente de acuerdo con la personalidad animal ( $P = 0.005$ ). Los fenotipos mostraron mayor porcentaje de lesión en la condición de alimentación de alta competencia ( $P = 0.002$ ). En condición de alimentación de alta competencia el grupo proactivo y mixto mostraron mayor porcentaje de lesión de aleta que el grupo reactivo ( $P < 0.001$ ;  $P < 0.001$ , respectivamente). La selección por personalidad animal mostró diferencias consistentes en el comportamiento al final del ensayo, que no fueron afectadas por la condición de alimentación. Los proactivos mostraron mejor desempeño productivo que mixtos y reactivos. El porcentaje de daño en las aletas refleja que los proactivos fueron más propensos a sufrir lesiones sobre todo en condición de alimentación de alta competencia.

**PALABRAS CLAVE:** acuicultura, eficiencia alimenticia, proactivo, prueba de restricción, reactivo.



**ABSTRACT.** Behavior represents the strategies of an individual to deal with environmental challenges. The objective of this study was to determine the effect of social stress on the temporal consistency of behavior and its relationship with animal well-being and productive performance. This study was conducted at the Faculty of Agricultural Sciences, University of Panama. A completely randomized design was used with two factors: animal personality (proactive, reactive, intermediate) and feeding conditions (high competition, low competition). Each treatment was evaluated in triplicates. Animal personality traits showed significant differences in latencies for the first escape attempt at the end of the trial ( $p < 0.001$ ). The proactive group showed greater final weight, weight gain, feed conversion rate, and specific growth rate than the mixed and reactive groups ( $P < 0.001$ ,  $P < 0.001$ ;  $p < 0.001$ ;  $p < 0.001$ , respectively). The percentage of individuals with fin lesions differed significantly according to animal personality ( $p = 0.005$ ). The phenotypes showed a higher percentage of lesions under the high-competition feeding condition ( $p = 0.002$ ). Under the high-competition feeding condition, the proactive and mixed groups showed a higher percentage of fin lesions than the reactive group ( $p < 0.001$  and  $p < 0.001$ , respectively). Selection for animal personality traits showed consistent differences in behavior at the end of the trial, which were not affected by feeding conditions. The proactive ones showed better productive performance than the mixed and reactive ones did. The percentage of damage to the fins reflects that the proactive individuals were more likely to suffer injuries, especially in the high-competition feeding condition.

**KEYWORDS:** aquaculture, feed efficiency, proactive, reactive, restriction test.

## INTRODUCCIÓN

El conocimiento de la biología de los organismos es necesario para alcanzar niveles óptimos de producción. En el caso concreto de la acuicultura existen una diversidad de formas de gestión de las granjas acuícolas, que afectan diferencialmente las respuestas de los individuos en variables zootécnicas de interés económico (Huntingford y Adams, 2005). A nivel mundial cada vez más son empleadas evaluaciones de comportamiento en los programas de selección que se realizan en peces generando líneas por las variaciones individuales consistentes en el tiempo y a través de contextos y/o situaciones, lo que se conoce en la literatura como personalidad animal (Gosling, 2001; Dall *et al.*, 2004), temperamento (Réale *et al.*, 2007) o estilo de afrontamiento (coping style, Koolhaas *et al.*, 1999). El término consistencia se refiere a comportamientos que se caracterizan por una alta previsibilidad o correlación durante medidas repetidas (Budaev y Zworykin, 2002). Esta consistencia puede ser desafiada por diversos factores, uno de ellos es la interacción ambiental ya sea física o social que pueden tener un efecto en la consistencia temporal de un comportamiento afectando su relación con estrés y por ende la productividad (Mittelbach *et al.*, 2014).

Las variaciones individuales no siempre muestran consistencia y en muchos casos los patrones de respuestas son variables en el tiempo y entre contextos y/o situaciones y se conocen como plasticidad (Dingenmanse *et al.*, 2007) o flexibilidad de comportamientos (Coppens *et al.*, 2010). La flexibilidad refleja el efecto que tiene el ambiente para alterar la consistencia de rasgos de personalidad (Dingenmanse y Wolf, 2013). La tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) es una de las especies que se cultivan en nuestro país bajo diferentes modelos de gestión, en donde el comportamiento de alimentación constituye uno de los momentos de mayor interacción social. La interacción social que se genera en el momento de la alimentación va a estar determinado por la consistencia del fenotipo de comportamiento del individuo y por su plasticidad generando un “trade-off” entre incrementos de peso a través de monopolizar recursos o sufrir lesiones por defender esos recursos afectando positiva o negativamente su bienestar y producción (Ashley,



2007). Con estos antecedentes nosotros nos planteamos como objetivo determinar el efecto del estrés social en la consistencia temporal de comportamiento y su relación con desempeño productivo y bienestar animal.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Sitio de estudio

La investigación se realizó en la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Panamá, ubicada en el corregimiento de Chiriquí, Chiriquí, Panamá, localizada a los 8°23'15.12'' de latitud norte y 82°19'47.48'' de longitud oeste, con una elevación de 26 m s. n. m.

### Animales experimentales y alojamiento

Un total de 500 alevines de *Oreochromis niloticus* de ambos sexos, con un peso de  $1\pm 0.02$  gramos fueron alojados en tinas de 400 litros (350 litros de volumen útil) por un periodo de aclimatación de 21 días. El agua se suministró de una fuente natural la cual fue previamente filtrada antes de entrar a los tanques de alojamiento. La temperatura del agua se mantuvo en  $29.06\pm 1.01$  °C, las concentraciones de oxígeno se mantuvieron en  $6.47\pm 0,26$  mg/L (miligramos x litro), ambas mediciones se realizaron diariamente con un oxímetro (Milwaukee®, Model MW600, USA). Adicionalmente se realizaron controles semanales de Amoniaco, Nitrito, Nitrito y pH (API®, Mars Fishcare North America, Inc., Hamilton Street United States). Se alimentaron dos veces al día a una tasa de 4% de su peso vivo empleando un alimento comercial con 25% de proteína cruda (Tilapia 25%, Grupo CALESA®). El fotoperiodo se mantuvo en 12 horas luz 12 horas oscuridad (06:00 am-06:00 pm).

### Diseño experimental

Finalizado el periodo de aclimatación los peces fueron separados en fenotipos de comportamiento empleando la prueba de restricción formando los grupos experimentales. Una semana después de realizada la prueba de restricción los grupos (N=30) fueron pesados y sometidos a una condición de estrés social al momento de alimentarse. Cada grupo tenía un control sin estrés social. Se empleó un diseño de tratamientos completos al azar con dos factores. El factor uno denominado personalidad animal con tres niveles; el factor dos denominada condición de alimentación con dos niveles generando seis tratamientos y tres replicas. Al final del experimento los grupos fueron evaluados por sus respuestas de comportamiento, desempeño productivo, respuesta fisiológica de estrés y bienestar animal.

### Separación de fenotipos de personalidad animal

Para la selección de los grupos experimentales se evaluó la respuesta individual en comportamiento utilizando la prueba de restricción. La prueba de restricción consistió en alojar cada pez en una malla de 16 centímetros de largo por 12 centímetros de ancho fuera del agua por un minuto realizando una adaptación de la metodología propuestas por Silva *et al.* (2010); Martins *et al.* (2011). Se evaluó la latencia en segundos tomada por cada pez para mostrar un intento de escape. Un intento de escape se definió como la elevación del cuerpo de la malla. El criterio de selección empleado para separar entre fenotipos de comportamiento en fenotipos de personalidad

animal fue el siguiente: peces con latencias menores de 20 segundos fueron considerados proactivos, peces con latencias entre 20 y 40 segundos fueron considerados intermedios y peces con latencias mayores de 40 segundos fueron considerados reactivos. Los deferentes fenotipos fueron alojados por separado.

### Estrés social

Los grupos fueron sometidos a una condición de alimentación de alta y baja competencia realizando una adaptación de la metodología propuesta por Ruzzante y Doyle, (1991); Ruiz-Gomez, (2009). En la condición de alta competencia el alimento se suministró dentro de un círculo plástico, colocado en una esquina del tanque, el cual limita el acceso y permite la posibilidad de algunos peces de monopolizar el alimento suministrado. Durante el periodo experimental se utilizaron dos tamaños de círculos plásticos los cuales fueron ajustados de acuerdo con el crecimiento somático de los individuos experimentales. Los tamaños de círculos de alimentación empleados fueron 2.5 centímetros de diámetro interno las primeras tres semanas y 4.5 centímetros de diámetro interno de la semana cuatro hasta la semana seis. En la condición de baja competencia el alimento se suministró en toda la superficie del tanque de alojamiento, lo que permite menor competencia para alimentarse por parte de todos los peces.

### Tratamientos

Se evaluaron seis tratamientos detallados en la tabla 1.

**Tabla 1**

*Descripción de los tratamientos estudiados, fenotipo del grupo y condición de alimentación.*

Descripción	Fenotipo de Comportamiento	Condición de Alimentación
PAC	100%proactivos	Alta competencia
MAC	60% intermedios, 20% proactivos y 10% reactivos	Alta competencia
RAC	100% reactivos	Alta competencia
PBC	100%proactivos	Baja competencia
MBC	60% intermedios, 20% proactivos y 10% reactivos	Baja competencia
RBC	100% reactivos	Baja competencia

### Desempeño productivo

Finalizada la etapa experimental se evaluaron las siguientes variables de desempeño productivo: peso final (PF), ganancia de peso (GP), tasa de crecimiento específico (TCE), Tasa de conversión alimenticia (TCA).

$GP(g) = PF(g) - PI(g)$ . En donde PF= peso final (gr), PI= peso inicial (gr).



TCE:  $100 (\ln PF(g) - \ln PI(g)) / \text{tiempo de experimento días}$ . En donde  $\ln PF(g)$ = logaritmo del peso total final en gramos,  $\ln PI(g)$ = logaritmo del peso total inicial en gramos, T= tiempo de duración del experimento en días

TCA= alimento consumido/ganancia de peso.

### Bienestar animal

Al final del experimento se evaluó la tasa ventilatoria contando el tiempo necesario para 20 movimientos operculares o bucales sucesivos. La estimación se realizó de forma visual adaptando la metodología propuesta por Barreto y Volpato, (2011). También se evaluó la incidencia de daño en las aletas. El daño de las aletas se definió como un cambio en el área total de las aletas y se estimó adaptando la escala propuesta por Person-Le Ruyet y Le Bayon, (2009).

### Análisis estadístico

Todos los datos se ingresaron en una hoja de cálculo Microsoft Excel® para su procesamiento y el análisis estadístico se realizó con R versión 4.0.2 (R-Development-Core-Team 2021) y los gráficos con Graph Pad Prism V.8.0.2. (San Diego, CA, USA). Las variables fueron evaluadas por los supuestos de normalidad utilizando la prueba de Shapiro-Wilk's y con la prueba de Levene's para analizar la homogeneidad de varianzas. Si los datos no cumplen con estos supuestos se realizará el análisis utilizando pruebas no paramétricas. Diferencias entre variables de comportamiento, desempeño productivo, y tasa ventilatoria fueron evaluadas empleando la prueba no paramétrica de Mann-Whitney para dos grupos y Kruskal-Wallis para tres o más grupos, resultados significativos fueron evaluados con la prueba de comparaciones múltiples de Dunn's. La incidencia de daño en las aletas fue transformado a porcentajes y evaluado empleando la prueba Chi- cuadrado ( $\chi^2$ ). Correlaciones entre variables de comportamiento con variables de desempeño productivo y bienestar animal se analizaron empleando el coeficiente de Spearman. Se empleó un nivel de significancia de  $p < 0.05$ , los análisis.

## RESULTADOS

La distribución porcentual de fenotipos de personalidad animal en la población estudiada se muestra en la tabla 2.

**Tabla 2**

*Distribución porcentual de fenotipos de personalidad animal en 500 juveniles de Oreochromis niloticus.*

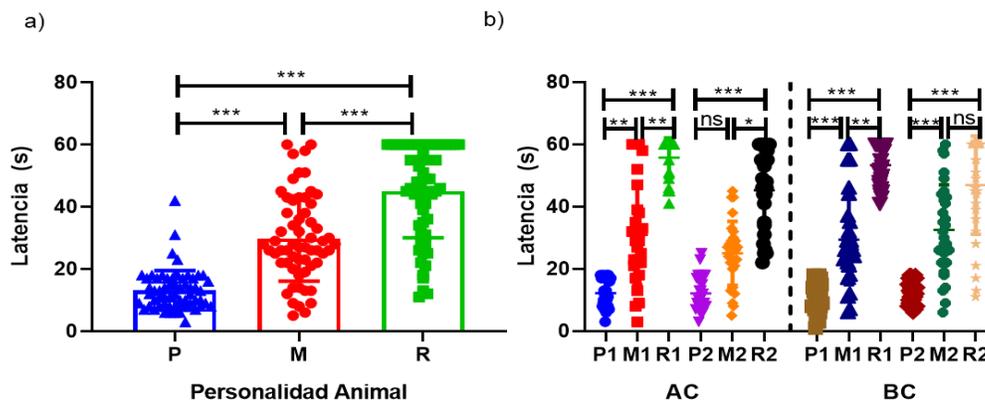
Fenotipo de personalidad animal	%
Proactivo	18
Intermedio	65
Reactivo	17

## Comportamiento

Los resultados muestran que existe un efecto significativo de los grupos de personalidad animal en la latencia al final del ensayo ( $K-W=98.57$ ,  $P<0.001$ ; Figura 1a). El grupo proactivo muestra latencias significativamente menores que los grupos mixto y reactivo ( $P<0.001$ ;  $P<0.001$ , respectivamente). El grupo mixto muestra menor latencia que el grupo reactivo en la prueba dos ( $P<0.001$ ). No existe diferencias en las latencias mostrada por los grupos de acuerdo con la condición de alimentación ( $U=3761$ ,  $P=0.40$ ). Existe interacción significativa entre el fenotipo de personalidad animal y el tiempo de evaluación ( $K-W=238.2$ ,  $P<0.001$ ; Figura1b). El grupo proactivo muestra menor latencia para el primer intento de escape que el grupo mixto y reactivo en condiciones de alimentación de alta y baja interacción en la prueba uno (alta  $P=0.002$ ,  $P<0.001$ ; baja  $P<0.001$ ,  $P<0.001$ , respectivamente). Los grupos mixtos y reactivos son significativamente diferentes en sus latencias para el primer intento de escape en condiciones de alimentación de alta y baja interacción en la prueba uno ( $P=0.001$ ,  $P=0.002$ , respectivamente). El grupo proactivo fue similar al grupo mixto ( $P=0.10$ ) y diferente del grupo reactivo ( $P<0.001$ ) en alta interacción en la prueba dos. Mixtos y reactivos tuvieron latencias diferentes en alta interacción de alimentación en la prueba dos ( $P=0.03$ ). En condiciones de alimentación de baja interacción proactivos mostraron menor latencia que mixtos y reactivos en la prueba dos ( $P<0.001$ ,  $P<0.001$ ). Mixtos y reactivos muestran latencias similares en condiciones de alimentación de baja interacción en la prueba dos ( $P=0.70$ ). No encontramos diferencias entre grupos.

### Figura 1

Media  $\pm$  Desviación estándar ( $M \pm DE$ ) de latencia al primer intento de escape a) entre fenotipos de personalidad animal b) en la interacción fenotipo de personalidad animal por condición de alimentación. ns=sin diferencia significativa, \* $P<0.05$ , \*\* $P<0.01$ , \*\*\* $<0.001$ .



## Desempeño productivo

La composición de fenotipos de personalidad animal tuvo un efecto en el desempeño productivo. Se observó diferencias significativas en el peso final de acuerdo con la composición de fenotipos de personalidad animal de los tratamientos ( $K-W=47.56$ ,  $P<0.001$ ; 2a). El tratamiento proactivo mostró mayor peso final que mixtos y reactivos ( $P<0.001$ ;  $P<0.001$ , respectivamente). No hubo



diferencias entre el tratamiento mixtos y reactivos ( $P=0.51$ ). No se encontró diferencias significativas en la condición de alimentación ( $U=3508$ ,  $P=0.12$ ). La interacción entre personalidad animal y condición de alimentación muestra diferencias significativas ( $K-W=51.11$ ,  $P<0.001$ ; 2b). Los peces proactivos fueron más pesados que los mixtos y reactivos en condición de alimentación de alta competencia ( $P<0.001$ ;  $P<0.001$ , respectivamente) y de baja competencia ( $P=0.001$ ;  $P=0.03$ , respectivamente). No se encontró diferencias entre mixtos y reactivos en ninguna de las dos condiciones de alimentación ( $P>0.05$ ;  $P>0.05$ , respectivamente).

Los fenotipos de personalidad animal tuvieron un efecto en la ganancia de peso ( $K-W=18.37$ ,  $P<0.001$ ; 2c). Los proactivos mostraron mejor ganancia de peso que mixtos y reactivos ( $P<0.001$ ,  $p=0.002$ , respectivamente). Mixtos y reactivos mostraron iguales ganancias de peso ( $P>0.05$ ). No se encontró efecto en la condición de alimentación ( $U=3527$ ,  $P=0.13$ ). La interacción muestra diferencias significativas en la ganancia de peso ( $K-W=50.95$ ,  $P<0.001$ ; 2d). El tratamiento proactivo gana más peso en condición de alimentación de alta y baja interacción que mixtos y reactivos ( $P<0.001$ ,  $P<0.001$ ,  $P=0.001$ ,  $P=0.01$ , respectivamente). Reactivos y mixtos no mostraron diferencias significativas en la ganancia de peso en alta y baja condición de alimentación ( $P>0.05$ ;  $P>0.05$ , respectivamente).

La tasa de conversión alimenticia fue estadísticamente diferente en los grupos estudiados ( $K-W=47.77$ ,  $P<0.001$ ; 2e). Los peces proactivos mostraron una tasa de conversión alimenticia mejor que los mixtos ( $P<0.001$ ) y reactivos ( $P<0.001$ ). la tasa de conversión alimenticia fue similar entre mixtos y reactivos ( $P=0.52$ ). La tasa de conversión alimenticia no fue afectada por la condición de alimentación ( $U=3534$ ,  $P=0.13$ ). La tasa de conversión alimenticia muestra interacción significativa entre la personalidad animal y la interacción alimenticia ( $K-W=51.11$ ,  $P<0.001$ ; 2f). Los peces proactivos mostraron mejor tasa de conversión alimenticia que mixtos y reactivos en alta ( $P<0.001$ ;  $P<0.001$ , respectivamente) y baja ( $P=0.001$ ;  $P=0.03$ , respectivamente). Mixtos y reactivos no mostraron diferencias significativas en alta y baja interacción ( $P>0.05$ ;  $P>0.05$ , respectivamente).

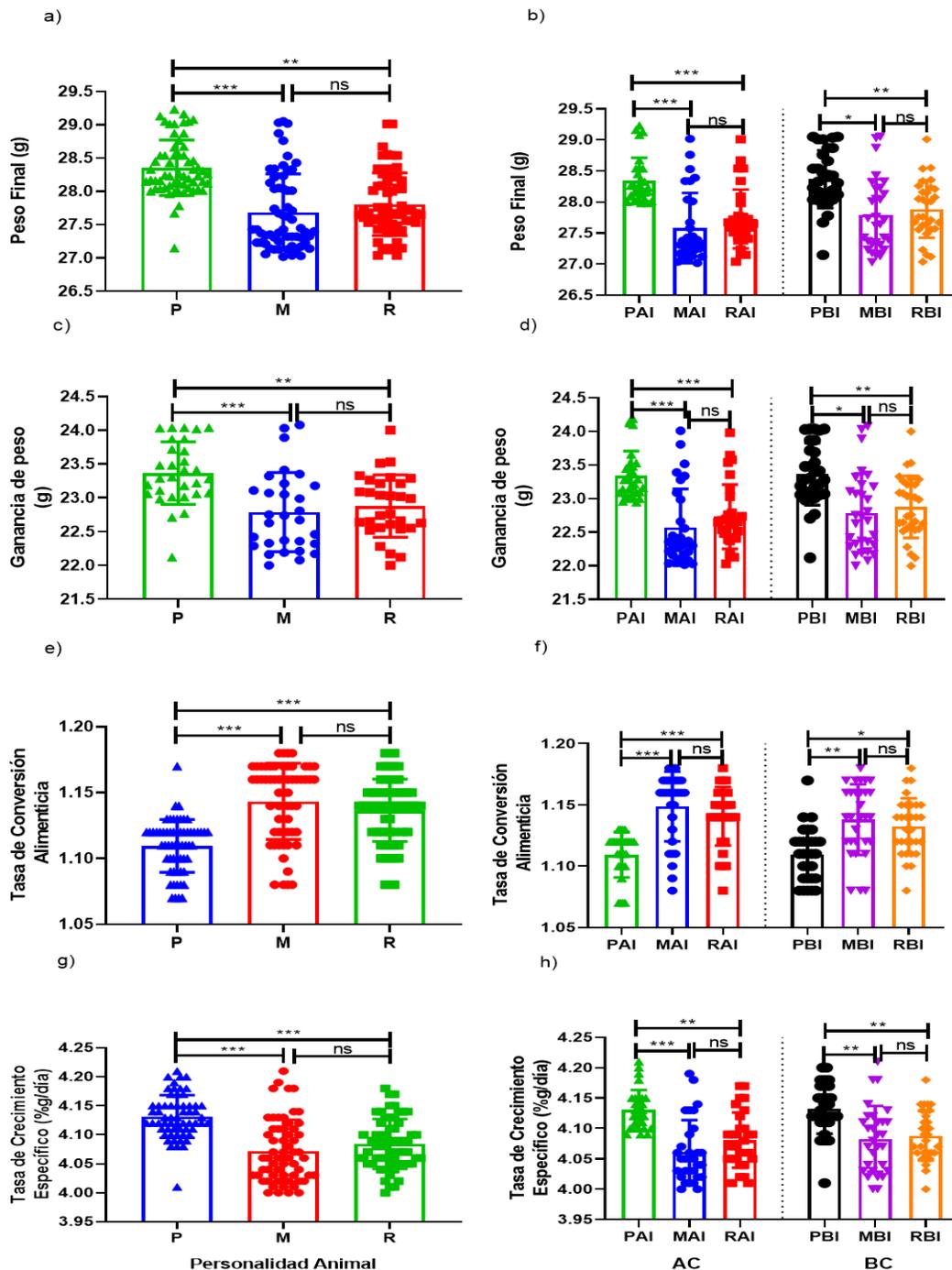
La tasa de crecimiento específico muestra diferencia significativa de acuerdo con los fenotipos de personalidad animal ( $K-W=46.53$ ,  $P<0.001$ ; 2g). El fenotipo proactivo muestra tasas de crecimiento específico superiores que mixtos ( $P<0.001$ ) y reactivos ( $P<0.001$ ). Mixtos y reactivos mostraron tasas de crecimientos específicos similares ( $P>0.05$ ). La interacción de alimentación no afectó significativamente la tasa de crecimiento específico ( $U=3606$ ,  $P=0.20$ ). La interacción entre personalidad animal y condición de alimentación fue significativa ( $K-W=49.21$ ,  $P<0.001$ ; 2h). En alimentación de alta interacción el tratamiento proactivo mostró una mejor tasa de crecimiento específico que mixtos y reactivos ( $P>0.001$ ;  $p=0.001$ , respectivamente). En alimentación de baja interacción el tratamiento proactivo muestra una tasa de crecimiento específico mejor que mixtos y reactivos ( $P=0.001$ ;  $P=0.009$ , respectivamente). Reactivos y mixtos mostraron tasas de crecimiento específico similar en condiciones de alimentación de alta y baja interacción ( $P>0.05$ ,  $P>0.05$ , respectivamente).

## Figura 2

*Media  $\pm$  DE, de a) peso final entre fenotipos de personalidad animal b) peso final en la interacción fenotipo de personalidad animal por condición de alimentación c) ganancia de peso entre fenotipos de personalidad animal d) ganancia de peso en la interacción fenotipo de personalidad*



animal por condición de alimentación e) tasa de conversión alimenticia entre fenotipos de personalidad animal f) tasa de conversión alimenticia en la interacción fenotipo de personalidad animal por condición de alimentación g) tasa de crecimiento específico entre fenotipos de personalidad animal h) tasa de crecimiento específico en la interacción fenotipo de personalidad animal por condición de alimentación. ns=sin diferencia significativa, \* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.01$ , \*\*\* $p < 0.001$ .

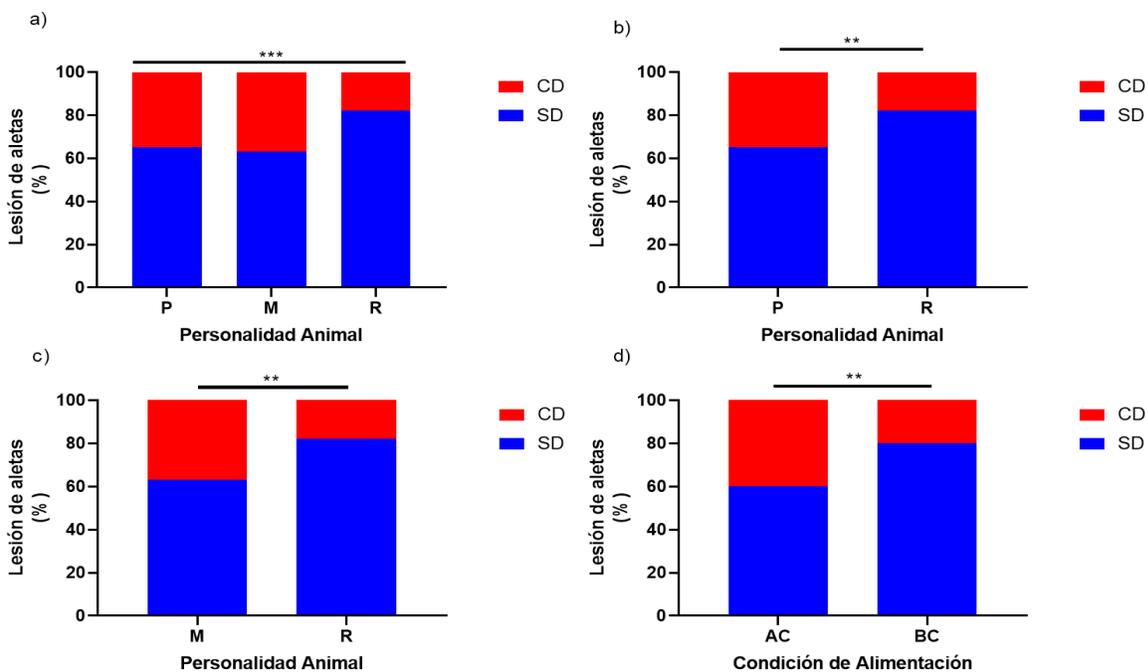


## Bienestar animal

El porcentaje de daño a nivel de aletas fue afectado por la personalidad animal ( $\chi^2_{(2)}=10.38$ ,  $P=0.005$ , Figura 3a). Los fenotipos de personalidad animal proactivos y mixtos muestran igual porcentaje de lesión en las aletas ( $\chi^2_{(1)}=0.08$ ,  $P=0.76$ ). Existe diferencia significativa en el porcentaje de lesión de aletas entre proactivos y reactivos ( $\chi^2_{(1)}=7.41$ ,  $P=0.006$ ; Figura 3b) y entre mixtos y reactivos ( $\chi^2_{(1)}=9.05$ ,  $p=0.002$ ; Figura 3c). Encontramos un efecto significativo de la condición de alimentación en los tratamientos estudiados ( $\chi^2_{(1)}=9.52$ ,  $P=0.002$ ; Figura 3d). Existe interacción significativa entre la personalidad animal y la condición de alimentación en la incidencia de daño de los tratamientos estudiados ( $\chi^2_{(5)}=53.73$ ,  $P<0.001$ ; Figura 4a). En condición de alimentación de alta interacción proactivos y mixtos mostraron la misma incidencia de daño a nivel de aletas ( $\chi^2_{(1)}=0.18$ ,  $P=0.67$ ). Sin embargo, proactivos y reactivos ( $\chi^2_{(1)}=12.66$ ,  $P<0.001$ ; Figura 4b), mixtos y reactivos ( $\chi^2_{(1)}=15.73$ ,  $P<0.001$ ; Figura 4c), mostraron diferencias significativas en la incidencia de daño en condición de alimentación de alta interacción. En condiciones de alimentación de baja interacción proactivos y mixtos, proactivos y reactivos, mixtos y reactivos mostraron igual incidencia de daño en las aletas ( $\chi^2_{(1)}=0.00$ ,  $P>0.05$ ;  $\chi^2_{(1)}=3.38$ ,  $P=0.06$ ;  $\chi^2_{(1)}=3.38$ ,  $P=0.06$ , respectivamente).

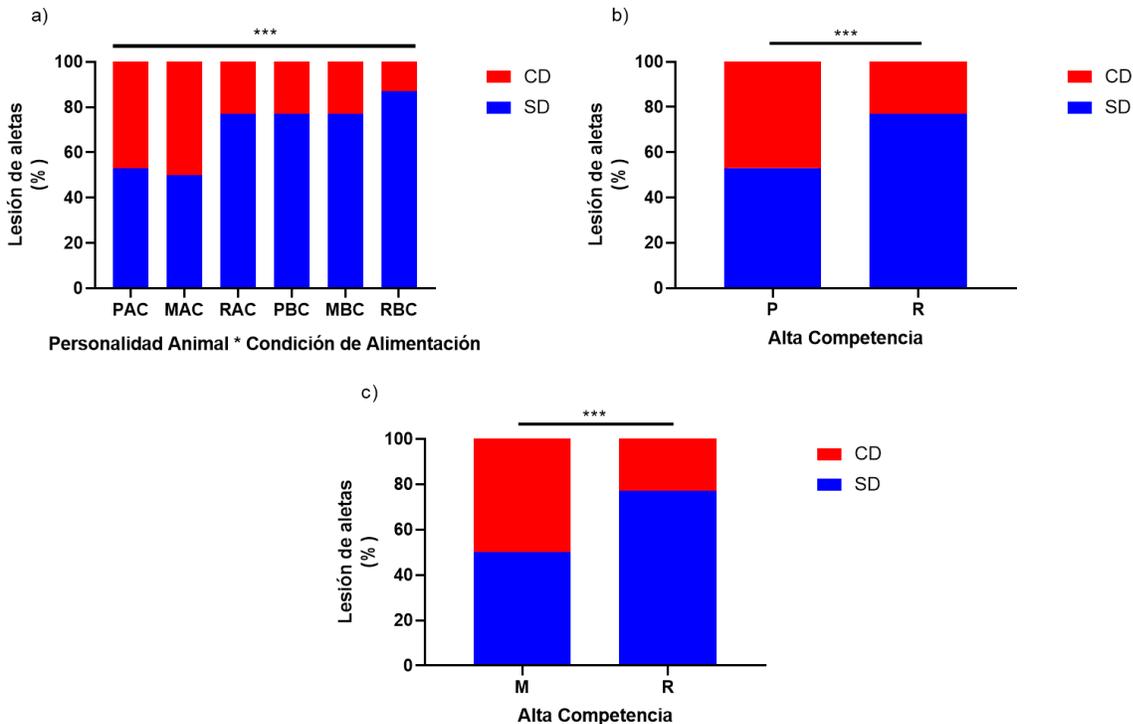
### Figura 3

Porcentaje de peces con (CD) y sin (SD) daño de aletas a) entre fenotipos de personalidad animal b) proactivos y reactivos c) mixtos y reactivos d) condición de alimentación, \*\* $p<0.01$ , \*\*\* $p<0.001$ .



**Figura 4**

Porcentaje de peces con daño de aletas (CD) y sin daños (SD) a) por interacción fenotipos de personalidad animal \* condición de alimentación b) proactivos y reactivos en alta interacción c) mixtos y reactivos en alta interacción. \*\*\* $p < 0.001$



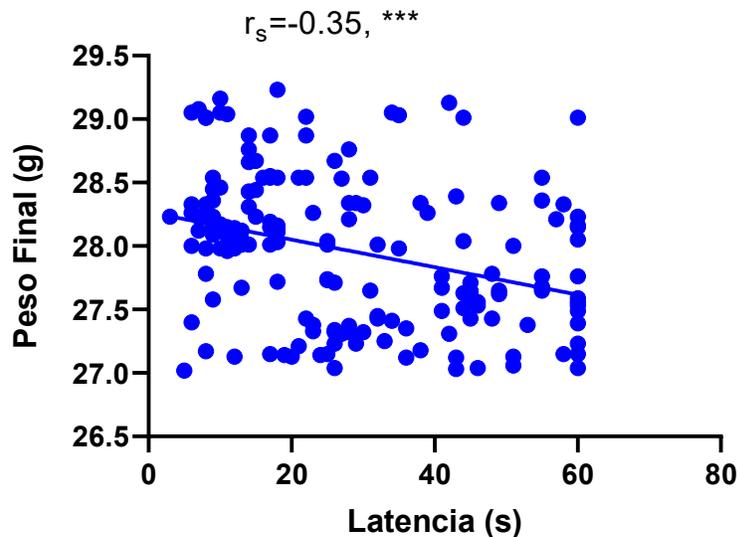
La tasa ventilatoria no fue afectada por la personalidad animal ( $K-W=0.87$ ,  $p=0.64$ ). No se encontró efecto de la interacción en la condición de alimentación en la tasa ventilatoria ( $U=3754$ ,  $p=0.38$ ). No encontramos diferencia significativa en la interacción personalidad animal y condición de alimentación ( $K-W=1.76$ ,  $p=0.88$ ).

**Correlación**

Se encontró una correlación significativa entre la latencia al primer intento de escape y el peso final ( $r_s=-0.35$ ,  $P<0.001$ ; Figura 5). Los resultados muestran que de forma general no existe correlación entre la latencia para el primer intento de escape y la tasa ventilatoria ( $r_s=-0.06$ ,  $P=0.36$ ). Latencia al primer intento de escape e incidencia de daño de aletas muestran una tendencia ( $r_s=-0.13$ ,  $P=0.06$ ).

**Figura 5**

Coeficiente de correlación de Spearman para latencia al primer intento de escape y el peso final de los fenotipos de personalidad animal y las condiciones de alimentación \*\*\* $p < 0.001$ .

**DISCUSIÓN**

Los resultados principales de este estudio muestran que la selección por variaciones individuales en respuesta de comportamiento tiene efectos significativos en variables importantes para acuicultura. Los peces proactivos muestran diferencias en desempeño productivo comparados con los peces reactivos y el grupo mixto. Existe un efecto de la condición ambiental sobre los grupos estudiados. Hay interacción en los factores estudiados que se refleja en variables relacionadas con acuicultura que tienen importantes repercusiones económicas y ambientales.

La prueba de restricción, empleando la disposición para asumir riesgo como el intento de escape se ha utilizado con éxito para estudiar rasgos de personalidad en varias especies de peces (Silva *et al.*, 2010; Castanheira *et al.*, 2013ab). En nuestra investigación los resultados obtenidos apoyan la validez de la prueba de restricción empleando la disposición a tomar riesgo como herramienta apropiada para separar poblaciones de peces en diferentes fenotipos de personalidad animal el estudio de la personalidad animal. Estos resultados muestran que la prueba de restricción separa adecuadamente la población en diferentes fenotipos y que los extremos de la variación individual muestran diferencias en la consistencia 42 días después de la primera prueba, todos estos resultados validan el uso de la prueba de restricción como una prueba conductual apropiada para separar juveniles de *O. niloticus* en diferentes fenotipos de personalidad animal.

Los peces proactivos y reactivos modularon su comportamiento con la condición de alimentación. Sin embargo, mostraron respuestas diferenciales de acuerdo con el tipo de condición ambiental. Una posible explicación para el cambio en la respuesta de comportamiento según condición de alimentación puede ser atribuida al contexto que puede afectar el comportamiento colectivo por ejemplo se ha observado que los grupos de animales pueden volverse más cohesivos con el aumento del riesgo de depredación, pero se dispersan cuando se alimentan (Hoare *et al.*, 2004;



Schaerf *et al.*, 2016). En línea con esto se ha observado cambios en comportamientos de muchas especies de animales que viven en entornos espacialmente complejos donde la apariencia y la persistencia de alimentos, refugio y depredadores pueden ser irregulares (Pitcher y Parrish, 1993; Krause y Ruxton, 2002).

Los fenotipos de personalidad animal mostraron diferencias en desempeño productivo independiente de la condición de alimentación. Sin embargo, la condición de alimentación tuvo un efecto sobre el porcentaje de fenotipos de personalidad animal que mostraron las líneas. En la condición de alimentación de alta competencia el 87% de los peces proactivos comparado contra un 67% del grupo reactivo. Mientras que en condición de alimentación de baja competencia el 94% de los peces fueron consistentemente proactivos comparado contra un 73% del grupo reactivo. Estos resultados muestran que el grupo proactivo es menos plástico con lo cual tiende a mostrar comportamientos rígidos y rutinarios. Resultados similares han reportado Ruiz-Gómez *et al.* (2011), en trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*), los autores encontraron que los individuos proactivos mostraban menor respuesta a estímulos ambientales es decir mostraban mayor tendencia a desarrollar rutinas. El grupo reactivo mostró una mayor plasticidad que se evidenció en las diferencias observadas en el menor porcentaje de fenotipos en la prueba final comparado con la población. En línea con estos resultados en la literatura Benus *et al.* (1987); Benus *et al.* (1990), en un estudio realizados con ratones y ratas mostraron que la línea reactiva fue más plástica en sus comportamientos y estos individuos fueron más sensitivos a una modificación ambiental.

El desempeño productivo indica primeramente que la selección por personalidad animal tiene un importante impacto económico. Nuestros resultados reflejan que el grupo proactivo muestra mayor peso final, ganancias de peso, conversión alimenticia y mejores tasas de crecimiento específico sin importar la condición de alimentación. Una posible explicación para el mayor incremento de peso en el grupo proactivo puede ser atribuido a su mayor capacidad competitiva. En línea con esto Ward *et al.* (2004), en un estudio con *Gasterosteus aculeatus*, reportaron que peces audaces comportamiento típico del estilo de afrontamiento proactivo crecieron más rápido que individuos tímidos característicos del estilo de afrontamiento reactivo, los autores concluyen que los individuos audaces crecieron más rápido y fueron más competitivos. En carpa común Huntingford *et al.* (2010), mostraron que la habilidad competitiva mostrada por algunos individuos en un ambiente de alimentación restringida fueron los mismos que estuvieron menor latencia para explorar un ambiente nuevo, comportamiento característico del estilo de afrontamiento proactivo. En tilapia del Nilo Martin *et al.* (2011), mostraron que individuos proactivos parecen recobrar más rápido la alimentación después de ser transferidos en un ambiente nuevo y utilizar de forma más eficiente el recurso alimenticio.

Los niveles de estrés fueron similares en los grupos estudiados, sin embargo, la incidencia de daño fue menor en reactivos que en los otros fenotipos de personalidad animal. Encontramos un mayor porcentaje de daño de aletas en alta competencia de alimentación. El 47% de los individuos del grupo proactivo mostraron un nivel de daño de aleta comparado con un 23 % del grupo reactivo, este resultado en conjunto con el 50% de nivel de daño mostrado por el grupo mixto sugiere que los individuos proactivos muestran una mayor agresividad en condiciones de alta competencia que esto fue reportado por Martins *et al.* (2005), en un estudio con *Clarias gariepinus* reportaron diferencias individuales en tasas de alimentación están relacionadas con agresividad. Øverli *et al.* (2004), en un estudio con *O. mykiss* indican que en un contexto de parejas el individuo que había



reanudado más rápidamente la ingesta de alimento después de la transferencia al aislamiento casi siempre ganaba la lucha posterior por el dominio social, ambos comportamientos característicos de personalidad proactiva.

## CONCLUSIÓN

En conclusión, estos resultados nos indican que la selección por personalidad animal tiene importantes implicaciones en desempeño productivo. Sin embargo, existe un efecto del contexto social que puede modular las respuestas de comportamiento y afectar el bienestar animal.

## AGRADECIMIENTO

Esta investigación fue posible gracias al apoyo del Sistema Nacional de Investigación (SNI) de la SENACYT, Panamá. También queremos agradecer a la Facultad de Ciencias Agropecuarias sede Chiriquí, Universidad de Panamá por las facilidades brindadas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ashley, P. J. (2007). Fish welfare: Current issues in aquaculture. *Applied Animal Behaviour Science*, 104, 199-235.
- Barreto, R. E. y Volpato, G. L. (2011). Ventilation rates indicate stress-coping styles in Nile tilapia. *Journal of Bioscience*, 36, 851-855.
- Benus, R., Koolhaas, J., y van Oortmerssen, G. (1990). Routine formation and flexibility in social and nonsocial behavior of aggressive and nonaggressive male-mice. *Behaviour*, 112, 176-193.
- Benus, R., Koolhaas, J., y van Oortmerssen, G. (1987). Individual-differences in behavioral reaction to a changing environment in mice and rats. *Behaviour*, 100, 105-122.
- Budaev, S., y Zworykin, D. (2002). Individuality in fish behavior. Ecology and comparative psychology. *Journal of Ichthyology*, 42, 189-195.
- Castanheira, M. F., Herrera, M., Costas, B., Conceição, L.E.C. y Martins, CIM. (2013a). Linking cortisol responsiveness and aggressive behaviour in gilthead seabream *Sparus aurata*: Indication of divergent coping styles. *Applied Animal Behaviour Science*, 143, 75-81.
- Castanheira, M. F., Herrera, M., Costas, B., Conceição, L. E. C. y Martins, C. I. M. (2013b). Can we predict personality in fish? –searching for consistency over time and across contexts. *PLoS ONE*, 8(4), e62037.



- Coppens, C., Boer, S. y Koolhaas, J. (2010). Coping styles and behavioural flexibility: towards underlying mechanisms. *Proceedings of the Royal Society B*, 365, 4021-4028.
- Dall, S., Houston, A., y McNamara, J. (2004). The Behavioral ecology of personality: consistent individual differences from an adaptive perspective. *Ecology Letters*, 7, 734-739.
- Dingemanse, N., Wright, J., Kazem, A., Thomas, D., Hickling, R. y Dawnay, N. (2007). Behavioural syndromes differ predictably between 12 populations of three-spined stickleback. *Journal of Animal Ecology*, 76, 1128-1138.
- Dingemanse, N. y Wolf, M. (2013). Between-individual differences in behavioural plasticity within populations: causes and consequences. *Animal Behaviour*, 85, 1031-1039.
- Gosling, SD. (2001). From mice to men: what can we learn about personality from animal research? *Psychological Bulletin*, 127, 45-86.
- Hoare, D. J., Couzin, I. D., Godin, J. G. J. y Krause, J. (2004). Context-dependent group size choice in fish. *Animal Behavior*, 67, 155-164.
- Huntingford, F. y Adams, C. (2005). Behavioural syndromes in farmed fish: implications for production and welfare. *Behaviour*, 142, 1207-1221.
- Huntingford, F. A., Andrew, G., Mackenzie, S., Morera, D., Coyle, S. M., Pilarczyk M. y Kadri, S. (2010). Coping strategies in a strongly schooling fish, the common carp *Cyprinus carpio*. *Journal of Fish Biology*, 76, 1576-1591.
- Koolhaas, J. M., Korte, S. M., De Boer, S. F., Van Der Vegt, B. J., Van Reenen, C. G, Hopster, H., De Jong, I. C., Ruis, M. A. W. y Blokhuis, H. J. (1999). Coping style in animals: current status in behavior and stressphysiology. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 23, 925-935.
- Krause, J. y Ruxton, G. D. (2002). *Living in groups*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Martins, C. I. M., Aanyu, M., Schrama, J. W. y Verreth, J. A. J. (2005). Size distribution in African catfish (*Clarias gariepinus*) affects feeding behaviour but not growth. *Aquaculture*, 250, 300-307.
- Martins, C. I. M., Conceição, L. E. C. y Schrama, J. W. (2011). Consistency of individual variation in feeding behaviour and its relationship with performance traits in Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. *Applied Animal Behaviour Science*, 133, 109-116.
- Mittelbach, G. G., Ballew, N. G., y Kjelvik, M. K. (2014). Fish behavioral types and their ecological consequences. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 71, 927-944.



- Øverli, Ø., Korzan, W. J., Larson, E. T., Winberg, S., Lepage, O., Pottinger, T. G., Renner, K. J. y Summersa, C. H. (2004). Behavioral and neuroendocrine correlates of displaced aggression in trout. *Hormones and Behavior*, 45, 324- 329.
- Person-Le Ruyet, J. y Le Bayon, N. (2009). Effects of temperature, stocking density y farming conditions on fin damage in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquatic Living Resources*, 22, 349-362.
- Pitcher, T. J. y Parrish, J. K. (1993). Functions of shoaling behaviour in teleosts. In Behaviour of teleost fishes (ed TJ Pitcher), pp. 363– 439. London, UK: Chapman and Hall.
- Réale, D., Reader, S. M., Sol, D., McDougall, P. T. y Dingemanse, N. J. (2007). Integrating animal temperament within ecology and evolution. *Biological Reviews*, 82, 291-318.
- Ruiz-Gómez, M. (2009). Decoupling aggression and risk-taking: patterns of variation in two species of freshwater fish. (PhD thesis). Glasgow University, Scotland, UK.
- Ruiz-Gomez, M. L., Huntingford, F. A., Øverli, Ø., Thörnqvist, P. O. y Höglund, E. (2011) Response to environmental change in rainbow trout selected for divergent stress coping styles. *Physiology & Behavior*, 102, 317-322.
- Ruzzante, D. E. y Doyle, R. W. (1991). Rapid behavioral changes in medaka (*Oryzias latipes*) caused by selection for competitive and noncompetitive growth. *Evolution*, 4, 936-1946.
- Schaerf, T. M., Herbert-Read, J. E., Myerscough, M. R., Sumpter, D. J. T. y Ward A. J. W. (2016). Identifying differences in the rules of interaction between individuals in moving animal groups. *arXiv*, 1601.08202.
- Silva, P. I. M., Martins, C. I. M., Engrola, S., Marino, G., Øverli, Ø. y Conceição, L. E C. (2010). Individual differences in cortisol levels and behaviour of Senegalese sole (*Solea senegalensis*) juveniles: Evidence for coping styles. *Applied Animal Behaviour Science*, 124 75-81.
- Ward, A., Thomas, P., Hart, P. y Krause, J. (2004). Correlates of boldness in three-spined sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus*). *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 55, 561- 568.