

Estrés en peces: respuesta fisiológica y sus implicaciones en el cultivo de salmónidos

José Luis P. Muñoz¹, Oscar Mardones¹, Luis Vargas-Chacoff², Manuel Gesto³

¹ Centro I-Mar Universidad de Los Lagos, Puerto Montt, Chile.

² Instituto de Ciencias Marinas y Limnológicas, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.

³ National Institute of Aquatic Resources, Technical University of Denmark, Hirtshals, Dinamarca.

Autor de correspondencia: joseluis.munoz@ulagos.cl

Introducción

El bienestar animal, en los últimos años, tiene una gran relevancia para los consumidores y autoridades de varios países. Debido a esto es que su importancia en la industria acuícola se ha incrementado. Esto se debe a la relación que existe entre las situaciones de estrés y el posterior mal desempeño del sistema inmune de los peces en cultivo, provocando un aumento en las tasas de infección por causa de patógenos (Dhabhar, 2009; Tort, 2011; Vargas-Chacoff col., 2014 a, b). En tanto, el estrés también inhibe el apetito, lo que afecta negativamente a la productividad del cultivo. En las prácticas acuícolas, se dan dos tipos de respuesta al estrés: i) aguda, causada principalmente por la captura y el manejo de los peces, las biometrías, el transporte, todas ellas de corta duración en el tiempo; y ii) la crónica, causada por agentes persistentes y de larga duración, como son las altas densidades de cultivo, la variación en la calidad del agua, la exposición a nuevos ambientes, la dominancia social de los peces y la exposición a ciertas enfermedades.

La respuesta al estrés genera la activación de una variedad de respuestas fisiológicas definidas como, primaria: liberación de catecolaminas y cortisol (Randall y Perry, 1992; Gesto y col., 2013); secundaria: cambios en el metabolismo, tasa de respiración, balance hidromineral,

función inmune y respuesta celular (Iwama y col., 1998; Mommsen y col., 1999; Vargas-Chacoff y col., 2011; Herrera y col., 2012); terciaria: alteración en la reproducción, crecimiento, inhibición de la resistencia a enfermedades y, por último, la sobrevivencia (Wedemeyer y col., 1990; Arjona y col., 2009; Vargas-Chacoff y col., 2011).

Respuesta primaria

Esta conlleva la activación de centros nerviosos, particularmente localizados en el área preóptica y el hipotálamo, tras la percepción del estrés a través de los sistemas sensoriales. Esto resulta en una rápida activación del sistema nervioso simpático, cuyas neuronas inervan el tejido cromafín a través de receptores colinérgicos (Reid y col., 1996). Esta vía neuroendocrina, denominada eje hipotalámico-simpático-cromafín HPC (Fig. 1) es responsable de la liberación inmediata y masiva de catecolaminas (adrenalina, noradrenalina y, en menor medida, dopamina) a la sangre en una situación de estrés. En paralelo, aunque de forma más lenta, se produce la activación de otra vía mediada por el denominado eje hipotalámico-hipofisario-interrenal o HPI. En dicha activación, están implicados directa o indirectamente diversos neurotransmisores (tales como la serotonina, la dopamina o la noradrenalina) y neurohormonas. Entre estas últimas destaca la hormona o

factor liberador de corticotropina (CRF), que actúa sobre la hipófisis anterior estimulando la secreción de la hormona adrenocorticotropa (ACTH), desde la adenohipofisis a la circulación. La ACTH actúa sobre el tejido interrenal, estimulando la liberación de cortisol al torrente sanguíneo (Fig. 2). Los elevados niveles de catecolaminas y cortisol en la circulación son considerados como típicos representantes de la respuesta primaria al estrés e inician de forma inmediata alteraciones en una variedad de tejidos, cuya finalidad es preparar al animal para una posible huida, enfrentamiento o cualquier otra reacción que le permite evadir y/o reducir el impacto del agente estresante (Gesto y col., 2010).

Evaluación

Los indicadores primarios más utilizados son las hormonas de estrés: las catecolaminas y los corticosteroides plasmáticos, ya que estas sustancias son liberadas rápidamente al torrente sanguíneo tras la exposición al estrés. El uso de cortisol como marcador de estrés está mucho más extendido que el uso de las catecolaminas, ya que éstas últimas se liberan de forma tan rápida que es complicado medir los valores basales en peces no estresados. Entre los indicadores secundarios, los más utilizados son los niveles plasmáticos de glucosa, lactato y ciertos iones. Entre los indicadores terciarios, utilizados sobre todo para evaluar estrés en poblaciones, destacan los índices de condición general o la ingesta de alimento (Gesto y col., 2010).

Intensidad de la respuesta al estrés

Intensidad de la respuesta al estrés

En general, se ha visto que la duración e intensidad de las respuestas de estrés en los peces depende de la severidad del agente estresante (Gesto y col., 2015). La severidad dependerá a su vez de la naturaleza del agente estresante (tipo de estrés); de la duración de la exposición a ese agente estresante; y de la especie de la que se trate, ya que existe una gran diversidad en la sensibilidad a distintos tipos de estrés, entre las diferentes especies de peces. Por todo ello, cuando se somete a un pez a un proceso que

suponga un estrés agudo (biometrías, vacunaciones, etc.), será conveniente tratar de reducir al máximo, tanto la intensidad como la duración del proceso, ya que de ese modo el pez se recuperará en un tiempo más corto. Esto es de especial importancia cuando los peces se exponen a ese tipo de procedimientos de forma regular, ya que distintos procesos de estrés agudo consecutivos pueden llevar a una situación de malestar crónico que puede comprometer el buen estado de los animales.

Cuando el agente estresante permanece en el tiempo, hablamos de estrés crónico. Este tipo de estrés supone un mayor problema que un episodio de estrés agudo. Bajo estrés crónico, la respuesta fisiológica de estrés de los peces pierde su valor adaptativo y puede acabar por ser realmente perjudicial. En general, las respuestas terciarias de estrés, comentadas anteriormente, ocurren en situaciones de estrés crónico. Cabe destacar que situaciones de estrés que serían leves de ser breves (inadecuada calidad de agua, densidad de stock elevada, etc.), pueden constituir un problema muy importante para los peces cuando se presentan de forma crónica.

Cuando un pez es expuesto a un agente estresante, lo primero que ocurre es la detección de la amenaza por parte del pez. Esto ocurre a través de sus sistemas sensoriales (vista, olfato, tacto, sistemas de detección eléctrica, línea lateral, oído). El sistema nervioso central del pez es el encargado de recibir la información de los sentidos, integrarla, y organizar una respuesta fisiológica y comportamental adecuada para hacer frente a la amenaza. En un estudio reciente (Gesto y col., 2015) se ha visto que el cerebro es capaz de evaluar estrés de distinta severidad (en el caso del estudio, los peces fueron manipulados durante 5 s, 15 s, 3 min), y elaborar respuestas de estrés de diferente intensidad, de acuerdo con el nivel de la amenaza (Fig. 2).

No se conocen bien los mecanismos que utiliza el cerebro del pez para graduar la intensidad de la respuesta. Sin embargo, se sabe que distintos neurotransmisores monoaminérgicos (serotonina, dopamina) participan en esos procesos

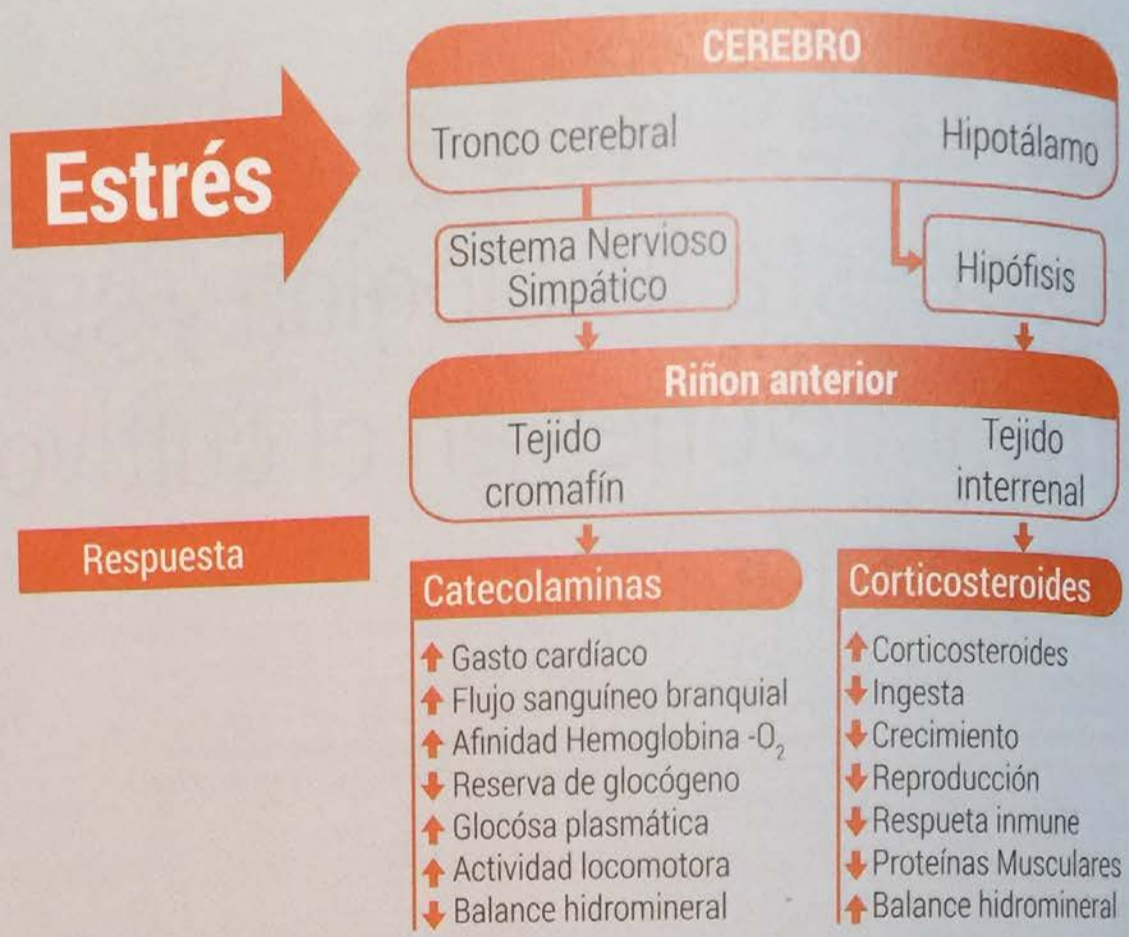


Figura 1. Esquema de la respuesta al estrés en peces (Modificado de Wendelaar Bonga, 2011).

de interpretación y elaboración (junto con el sistema nervioso simpático) de la respuesta neuroendocrina al estrés (Gesto y col., 2013). Así se ha visto en peces y otros vertebrados, que tras la exposición a estrés, se libera más serotonina en determinadas regiones cerebrales, mientras que los efectos sobre la liberación de dopamina son menos claros. Sin embargo, en el estudio descrito anteriormente, aunque sí se observó un incremento en la liberación de serotonina tras el estrés a nivel del SNC, no se vio una graduación en esa respuesta, por lo que deben existir otros mecanismos implicados en la integración de los estímulos estresantes y en la organización de las respuestas de estrés.

Estrategias para reducir el efecto del estrés en acuicultura

Distintas estrategias se están evaluando en los últimos años para tratar de reducir el impacto de agentes estresantes, tanto agudos como crónicos, en el cultivo de peces.

Por un lado, se ha evaluado la posibilidad de usar tratamientos con distintas sustancias para tratar de disminuir las respuestas/consecuencias de procesos

de estrés en los peces. En este sentido, se ha experimentado con sustancias que puedan actuar en las vías cerebrales que regulan las respuestas de estrés. De esta forma, se ha tenido cierto éxito con precursores del sistema serotoninérgico, como el L-triptófano (Lepage y col., 2005), el aminoácido a partir del cual se sintetiza la serotonina. Se ha visto en diferentes estudios que suplementos de L-triptófano en la dieta contribuyen a reducir el estrés en diferentes especies de peces (Lepage y col., 2002; Tejpal y col., 2009; Basic y col., 2013). Paralelamente, también se ha visto que la administración de melatonina a través de la dieta (Conde y col., 2014) o directamente a través del agua de los estanques, puede ayudar a atenuar el estrés sufrido por los peces durante las horas siguientes al tratamiento. La melatonina es una hormona producida en el sistema nervioso central (en el órgano pineal) que, entre otras funciones, se encarga de regular la correcta sincronización de los ritmos biológicos internos de los animales. Aunque no se conocen bien los mecanismos de acción de L-triptófano y melatonina a la hora de atenuar el estrés en los peces, la acción de ambos compuestos podría estar relacionada, ya que la serotonina formada a partir del L-triptófano es, a su vez, el precursor a partir del cual se sintetiza la

melatonina (Lepage y col., 2005). Aunque aún están bajo estudio, en general, este tipo de tratamientos estarían enfocados a reducir los efectos de estresores de tipo agudo (manipulaciones para biometrías, vacunaciones, transporte, etc.).

En el caso de estrés crónico en acuicultura, se están investigando otro tipo de estrategias. Especialmente en salmónidos, pero también en otras especies como dorada o lubina (Andersson y col., 2013; Millot y col., 2009). Hay, actualmente, líneas de trabajo para tratar de conseguir, dentro de una misma especie, líneas de peces que sean más resistentes al estrés. En este sentido, se ha visto durante los últimos años, que los peces, como el resto de los vertebrados, tienen una gran variabilidad interindividual en cuanto a su comportamiento y su forma de enfrentarse a estrés o situaciones de peligro. Mediante diferentes estrategias, se han conseguido separar individuos con comportamientos muy diferentes. Aunque la variabilidad existente es un continuo, se distinguen en los peces, como en el resto de vertebrados, dos extremos con respuestas comportamentales muy diferentes entre sí: animales reactivos y animales proactivos. En general, los animales reactivos responden al estrés (y al peligro) de forma más pasiva, tienden a ser poco agresivos (subordinados) y suelen sufrir más los efectos del estrés. A su vez, los animales proactivos suelen responder de forma activa a las amenazas (escape, lucha), suelen ser más agresivos y dominantes y, en general, se puede decir que resisten mejor el estrés. Asimismo, son más propensos a desarrollar rutinas de comportamiento, mientras que en los animales reactivos, las pautas de comportamiento son mucho más flexibles. Por todo ello, se están investigando las bases genéticas de las diferencias de comportamiento entre individuos, lo que permitirá en un futuro hacer una mejor selección de peces más adaptados a las condiciones de cultivo (más resistentes al estrés y menos agresivos).

En resumen, la respuesta fisiológica al estrés de los peces es importante en el medio natural, pues les ayuda a superar las amenazas a las que se enfrentan.

En un contexto donde los animales se exponen a condiciones de confinamiento, como en una instalación piscícola, los distintos procedimientos a los que los peces son sometidos pueden llevar a una situación de estrés crónico que puede ser muy negativa, tanto para el bienestar de los animales como para la productividad de la planta. Distintos métodos, como la administración de distintos precursores en la dieta o en el agua, o la selección de líneas resistentes al estrés, se presentan como posibles opciones para reducir los efectos del estrés en piscicultura.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Proyecto PAI N° 7912010009 (Conicyt, Chile), al Fondecyt 11121498 (Chile), Proyecto Innova Corfo 13IDL2-23565 y al Ministerio de Economía y Competitividad (España) y al Fondo Europeo de Desarrollo Regional (AGL2013-46448-C3-1-R y Feder).

Referencias

Para revisar la literatura citada puede descargarla desde:

www.salmonexpert.cl

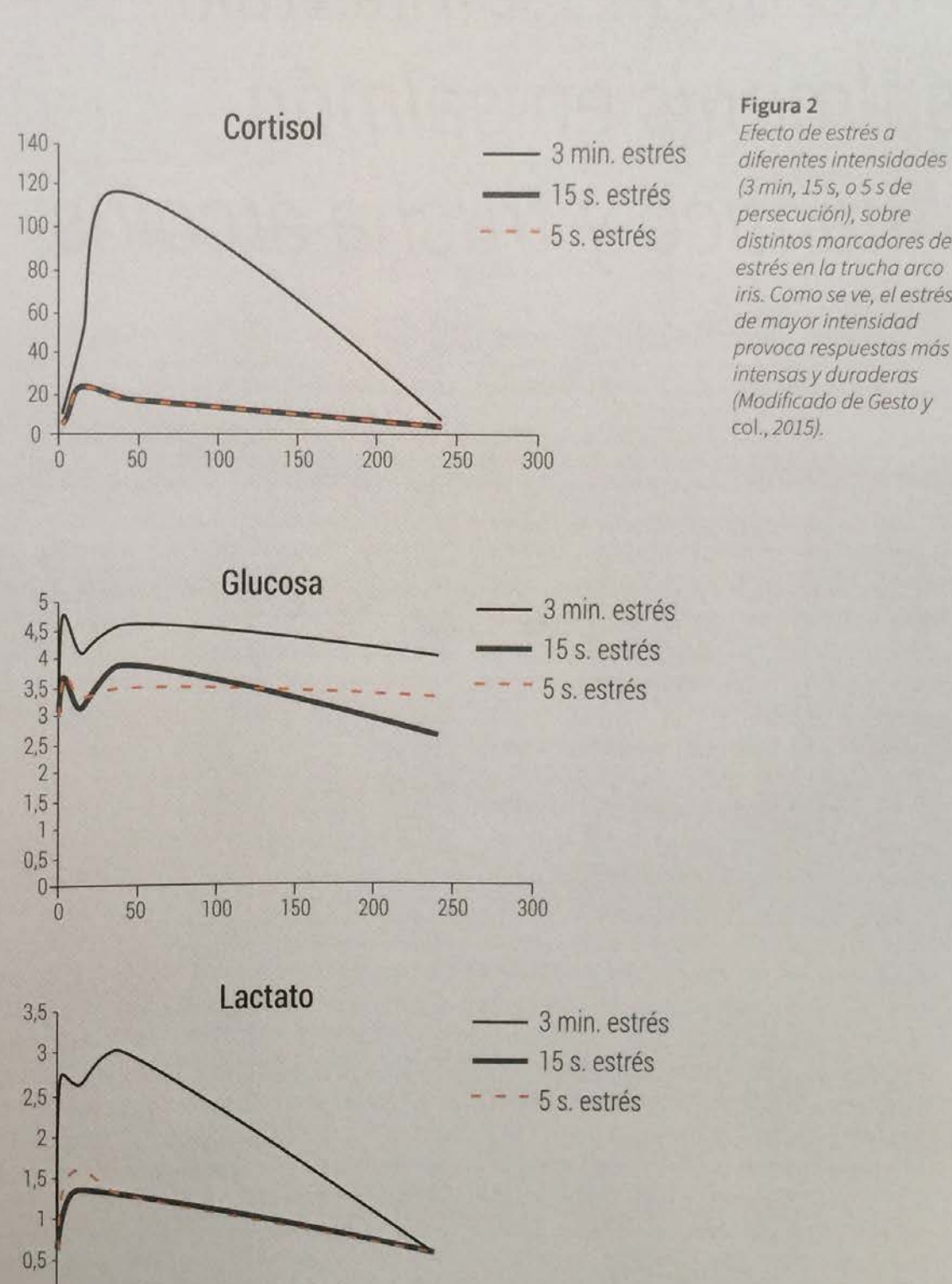


Figura 2. Efecto de estrés a diferentes intensidades (3 min, 15 s, o 5 s de persecución), sobre distintos marcadores de estrés. Como se ve, el estrés de mayor intensidad provoca respuestas más intensas y duraderas (Modificado de Gesto y col., 2015).