

GUÍA SOBRE EL **BIENESTAR** DE LOS PECES

EN LA **ACUICULTURA** **ESPAÑOLA**

(Vol. 4): Bienestar de las truchas arcoíris



APROMAR (2025) Guía sobre el bienestar de los peces en la acuicultura española – Volumen 4: Bienestar de las truchas arcoíris. Asociación Empresarial de Acuicultura de España. 56 pp.

Financiación: Esta Guía ha sido costeada por APROMAR con la cofinanciación del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación del Gobierno de España y el Fondo Europeo Marítimo, de Pesca y Acuicultura de la Unión Europea (FEMPA).

Grupo de trabajo: Garazi Rodríguez Valle y Javier Ojeda Gonzalez-Posada (APROMAR), Daniel Sánchez Lacalle y Daniel Ryle (CIWFi), María J. Cabrera Álvarez (FEG), Pablo Medina y José Pablo Medina Cea (E1, E2), Héctor Moran Cabero (E3), Diego Mendiola y Laurent Villaeys-Sakalian (E4), Ramón Fariña y Susana Portela (E5), Raúl Viedma (E6), Zara Pedreño y Delio Lombardero (E7), Leandro Fernández y Rufi del Olmo (E8), Luis Miguel Sánchez, Luis César Alijas y Carmen Angoso (E9), Alvaro Robles y David Bravo (E10), Juan Cigarría y Roberto Jiménez (E11), Andrés Gonzalez Lecuona (E12), Helena González Delgado (MAPA), Andrea Martínez Villalba, Roberto González Garoz, Rubén Bermejo Poza y Jesús de la Fuente Vázquez (UCM), Álvaro De la Llave Propín y Morris Villarroel (UPM), Juan Miquel Mancera (UCA), Lluís Tort (UAB), Pablo Arechavala López (IMEDEA-CSIC y FEG).

Editor y coordinador del trabajo: Pablo Arechavala López.

Instituciones y empresas:

Asociación Empresarial de Acuicultura de España – OPP30 (APROMAR)

Instituto Mediterráneo de Estudios Avanzados (IMEDEA-CSIC)

Organización no lucrativa Compassion in World Farming International (CIWFi)

FishEthoGroup Association (FEG)

Empresa Piscifactorías Andaluzas S.A. (E1)

Empresa Piscifactoría Santa Ana S.L. (E2)

Empresa Piscifactoría del Alba S.A. (E3)

Empresa Grupo Caviar Pirinea (E4)

Empresa Piscifactoría Hermanos Fariña Andrade S.L.(E5)

Empresa Piscifactoría Las Fuentes S.L. (E6)

Empresa Piscifactoría Río Mundo S.L.U. (Mundova) (E7)

Empresa Ovapiscis S.A. (E8)

Empresa Pizolla S.L. (E9)

Empresa Profand Piscifactorias de Galicia S.L. (E10)

Empresa Riverfresh Iregua S.L.U. (E11)

Empresas StoltSeaFarm S.A. y Acuidoro S.L. (E12)

AQUAB-FISH, Universitat Autònoma de Barcelona (UAB)

CEIGRAM, Universidad Politécnica de Madrid (UPM)

Depto. de Biología, Fac. de Ciencias del Mar y Ambientales, Univ. de Cádiz (UCA)

Depto. De Producción Animal, Fac. de Veterinaria, Universidad Complutense de Madrid (UCM)

Servicio de Bienestar Animal. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA)

Secretaría General de Pesca. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA)

Diseño y maquetación: Luis Resines (Pelopantón)

Fotografías: Cortesía de las empresas y miembros del grupo de trabajo.

Derechos reservados: © 2025 Asociación Empresarial de Acuicultura de España.

Se autoriza la reproducción de esta publicación con fines educativos y otros fines no comerciales sin permiso escrito previo de quien detenta los derechos de autor con tal de que se mencione la fuente. Se prohíbe reproducir esta publicación para venderla o para otros fines comerciales sin permiso escrito previo de quien detenta los derechos de autor.

ISBN: 978-84-09-70938-0

ÁMBITO DE LA GUÍA

Para establecer el punto de partida de esta guía, los trabajos se remontan a 2022, cuando APROMAR, después de un año de trabajo, publicó la [“Guía sobre el bienestar de los peces en la acuicultura española”](#) que daba a conocer la situación de la actividad acuícola en España en relación a dicha materia. La guía abordó cuestiones básicas y generalidades, asentando conceptos, estableciendo principios comunes y desarrollando las primeras directrices en bienestar de los peces, consensuadas con organizaciones ajenas al sector. Había surgido de una iniciativa de APROMAR y su texto fue fruto de un ejercicio colaborativo y participativo entre empresas asociadas de APROMAR junto a varias asociaciones y organizaciones de protección y bienestar animal (Observatorio de Bienestar Animal, Compassion in World Farming International y FishEthoGroup association), universidades españolas (Universidad Autónoma de Barcelona, Universidad Politécnica de Madrid y Universidad de Cádiz), organismos públicos de investigación (Instituto Mediterráneo de Estudios Avanzados-CSIC) y el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Aquel documento fue el primer volumen de una colección de guías y las siguientes están dedicadas a cada una de las especies que se cultivan en España. En 2023, APROMAR publicó el [volumen 2](#) dedicado a las lubinas (*Dicentrarchus labrax*) y el [volumen 3](#) dedicado a las doradas (*Sparus aurata*).

La presente es la cuarta de las guías, y la tercera por especie, dedicada en este caso a la trucha arcoíris criada en agua dulce. En ella se identifican una se-

rie de indicadores de bienestar, los puntos críticos de bienestar en los sistemas de producción, así como una serie de buenas prácticas acuícolas.

Adicionalmente se ofrecen propuestas de formación y comunicación, además de analizar los retos y oportunidades en la materia. Las diferentes organizaciones elaboradoras de su contenido han consensuado que la presente guía debe considerarse necesariamente como un documento vivo en el que los nuevos avances en el conocimiento científico, el regulatorio y los desarrollos tecnológicos vayan conduciendo en próximos años a inevitables revisiones y actualizaciones del documento con el fin de asegurar la mejor disposición de recomendaciones y prácticas a la vanguardia del bienestar animal de los peces de acuicultura.

La guía va dirigida especialmente a las empresas de acuicultura de España y a todas las personas que trabajan en el sector, tanto en contacto directo con los peces como en labores de organización del trabajo o de gestión. También resultará de interés para las administraciones públicas, legisladores, sectores científico-tecnológico y educativo, así como para la sociedad en general.

Esta obra ha sido costeada a través de los Planes de Producción y Comercialización de la Organización de Productores Pesqueros nº30-APROMAR, con la cofinanciación del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación del Gobierno de España y el Fondo Europeo Marítimo, de Pesca y Acuicultura de la Unión Europea.



Índice

Resumen ejecutivo	4
1. Introducción.....	6
2. Indicadores de bienestar para trucha arcoíris.....	8
2.1. Externos o físico-somáticos	8
2.2. Comportamentales	11
2.3. Ambientales	14
2.4. Indicadores de laboratorio	19
3. Puntos críticos de bienestar en los sistemas de cría y fases de desarrollo	22
3.1. Reproductores e incubación	22
3.2. Eclosión y alevinaje	24
3.3. Pre-engorde y engorde	26
4. Bienestar y buenas prácticas en la cría de la trucha arcoíris.....	28
4.1. Ambiente y confinamiento	28
4.2. Manejo y mantenimiento	30
4.3. Alimentación	33
4.4. Salud animal	34
4.5. Transporte	36
4.6. Procedimientos de aturdimiento y sacrificio	38
5. Formación y comunicación.....	42
5.1. Formación interna e institucional	42
5.2. Comunicación y divulgación	42
6. Retos y oportunidades	44
7. Bibliografía destacada.....	48
8. Anexo	52



RESUMEN EJECUTIVO

El bienestar de los peces de acuicultura es un asunto prioritario para APROMAR. La acuicultura, como producción primaria, se refiere al cultivo de especies acuáticas. El objetivo de esta actividad es el de suministrar un alimento nutritivo, seguro y de calidad para la población.

Como es ampliamente conocido, para una correcta producción piscícola se requiere del aseguramiento del bienestar de los peces, es decir, el correcto crecimiento y el desarrollo de los peces de acuicultura sólo es posible cuando se cumple con los parámetros de bienestar animal. Por ello, hay que tener en mente que los acuicultores son los primeros interesados en el cuidado más exhaustivo del bienestar de sus propios animales, ya que además de su pasión por los peces, el bienestar está directamente ligado a los indicadores de rentabilidad y sostenibilidad de cualquier empresa. Esta guía es un tratado de mejores prácticas para el cultivo de la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en España. Este subsector es muy diverso, desde empresas familiares a grandes grupos empresariales. La producción acuícola en España comenzó con el cultivo de esta especie y hoy en día, para la mayoría de los trabajadores de las granjas, dedicar su vida a ello es una tradición familiar; el conocimiento de las necesidades de cultivo es muy amplio, se realiza en entornos naturales de un alto valor ecológico y paisajístico y es una actividad que sustenta económicamente a muchos habitantes de los pueblos donde se desarrolla. Es importante que el lector de esta guía tenga en cuenta estas cuestiones para poner en valor el trabajo de estos acuicultores y el de esta guía, ya que define el esfuerzo y trabajo de varias generaciones que han dedicado su vida a conseguir que sus truchas arcoíris crezcan en las aguas de mejor calidad, con las mejores condiciones y las prácticas de manejo más adecuadas y saludables.

Costeada con fondos nacionales y europeos, esta guía de bienestar de la trucha arcoíris (*Oncorhy-*

nchus mykiss) es fruto del trabajo colaborativo entre diversos actores clave del sector acuícola español como el MAPA, APROMAR, personal científico experto en bienestar animal, empresas productoras y organizaciones de protección animal (ONGs). La guía recoge: a) características biológicas del animal, b) indicadores operacionales de bienestar de diversa índole, c) puntos críticos en distintos sistemas de cría y fases de desarrollo, d) buenas prácticas para la cría de esta especie, e) formación del personal y comunicación y f) retos a los que se enfrenta el sector.

Por primera vez, un único documento agrupa los últimos conocimientos científicos en el bienestar de la trucha arcoíris, describiendo una serie de indicadores operativos para su seguimiento. Dichos indicadores son específicos, cuantificables y adaptables a las distintas fases del ciclo de vida y sistemas de producción. Además, define los puntos críticos para el bienestar durante las fases de reproducción, incubación, alevinaje, pre-engorde y engorde. La presente guía describe prácticas relacionadas con múltiples procedimientos habituales en las granjas, p.ej., alimentación, entorno ambiental y confinamiento; aturdimiento y sacrificio; manejo y mantenimiento; reproducción; salud animal y transporte.

La formación del personal y la dirección de las empresas productoras tiene un impacto directo en el bienestar de los peces criados en ambientes controlados. Esta guía reconoce su importancia y está ideada para ser un instrumento formativo y divulgativo. La formación debe actualizarse e incluir apartados específicos que recojan conceptos de bienestar y cómo evaluarlo, así como prácticas y problemáticas específicas de la producción de peces en acuicultura. Para finalizar, el desarrollo sostenible y responsable de la acuicultura española conlleva varios retos, siendo uno de los principales garantizar el bienestar de los peces criados por el sector. Así, el último capítulo de la

guía enumera factores esenciales como la aplicación de técnicas de sacrificio en bienestar animal; cambio climático; colaboración intersectorial; in-

vestigación, ciencia y tecnología, y un marco legal vinculante que proteja el bienestar de los animales acuáticos de manera adecuada.



© Piscifactorías Andaluzas S.A.

1. INTRODUCCIÓN

La trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) pertenece a la familia Salmonidae. Tiene su origen en la costa oeste de América del Norte, de los cursos de agua desde Alaska hasta México, desde donde se introdujeron en las aguas de todos los continentes a mediados del siglo XIX. Su amplia distribución mundial sólo se ve limitada por exigencias térmicas y por la existencia de zonas de puesta eficaces ¹, donde las aguas frías y cristalinas y la topografía permiten su aclimatación y reproducción, tanto en el hemisferio norte como en el hemisferio sur.

Presenta un cuerpo alargado y fusiforme, con una banda irisada rosácea longitudinal que le marca los flancos. Por encima de ella es de color azul a verde, por debajo el vientre es color gris plateado o blanquecino, y como todos los salmónidos, tiene una aleta adiposa, generalmente con un borde negro. La coloración varía con el hábitat, el tamaño y la condición sexual. Las truchas arcoíris que habitan ríos y los reproductores suelen ser más oscuros y de colores más intensos que los que habitan en lagos, que tienden a tonos más plateados y brillantes. Unos puntos negros de forma estrellada marcan el cuerpo, la cabeza y las aletas dorsal, anal y caudal. Como caracteres sexuales secundarios en el macho la banda irisada es más brillante y la mandíbula inferior es más pronunciada hacia arriba. Las hembras presentan el vientre abultado y el orificio genital hinchado de coloración rojiza.

En el medio natural, la trucha arcoíris vive en aguas frías, limpias y oxigenadas y es capaz de ocupar hábitats muy diversos. Algunas truchas arcoíris son anádromas (viven en el océano, pero desovan en la grava de ríos o arroyos de corrientes rápidas), mientras que otras habitan ríos y lagos de forma permanente. En España, esta especie se encuentra naturalizada principalmente en ríos y arroyos de montaña, en espacios con aguas puras y cristalinas, suelos pedregosos y con pre-

sencia de vegetación, con cauces que presentan marcados desniveles topográficos (rápidos, saltos y cascadas) y, por tanto, una pronunciada velocidad de corriente ². La trucha arcoíris es carnívora, se alimenta de insectos terrestres y acuáticos, moluscos, huevos de peces y peces pequeños, así como camarones y crustáceos de agua dulce. La temperatura y la disponibilidad de alimentos influyen en su vida y desarrollo. Aunque puede soportar un amplio rango de temperaturas (de 0 a 25°C), se puede considerar que su temperatura óptima oscila entre los 10 y 15 °C ³.

La trucha arcoíris se reproduce una vez al año, en lugares de puesta poco profundos, con fondo de grava y corriente rápida. La época de puesta puede variar en función de las poblaciones y las regiones (clima, ambiente, horas de luz, etc.). Los machos pueden adquirir la madurez sexual a los 15 o 18 meses, mientras que en las hembras es a los dos años. Cuando se acerca la puesta las hembras tienen el vientre más abultado, con un ano prominente y enrojecido. Los machos oscurecen y adelgazan, el maxilar inferior se encorva hacia arriba en los más viejos y se vuelven agresivos. Durante la fecundación la hembra excava un hoyo y libera unos 2000 óvulos (huevos no fertilizados) por kg de peso, y cada macho produce unos 25 millones de espermatozoides que libera sobre los óvulos depositados. Tras la fecundación, la hembra tapa el hoyo y abandona los huevos, que eclosionan tras un mes aproximadamente.

La cría y engorde de trucha arcoíris en la actualidad es la principal actividad de la acuicultura continental en España, cuya producción en 2023 se estima que fue de 15.000 t generando aproximadamente 44 millones de euros. Es la segunda especie de peces más cultivada tras la lubina (23.000 t en 2023). El modelo de negocio de la trucha arcoíris está cambiando en los últimos años, aumentando el cultivo de la trucha arcoíris de más de 1 Kg y disminuyendo la producción

del formato de ración (< 1kg). Las principales regiones productoras en volumen de producción son Castilla y León, La Rioja, Galicia, Cataluña, Aragón, Andalucía, Comunidad Foral de Navarra y Asturias, seguido de Castilla la Mancha, Cantabria y País Vasco ⁴. La producción de trucha arcoíris destaca en el contexto mundial (con un total de 948.663 t en 2021), muy por encima a nivel global de otras especies nacionales como la dorada o la lubina. Los principales países productores fueron Irán (con el 20,4 % del total mun-

dial), Turquía (17,5 %), Noruega (10 %), Chile (6,0 %), Federación Rusa (5,6 %) y Perú (5,4 %). Otros países relevantes por volumen de producción son China, Italia, Dinamarca, Francia, Colombia y EEUU. Es una especie producida en 79 países distribuidos por los cinco continentes, aunque sea originaria de Norteamérica. La trucha arcoíris es, además, la especie más cultivada de peces y con mayor valor económico en Europa (con 193.266 t y 665,5 M€ en 2021) ⁴.



Volumen (porcentaje total)

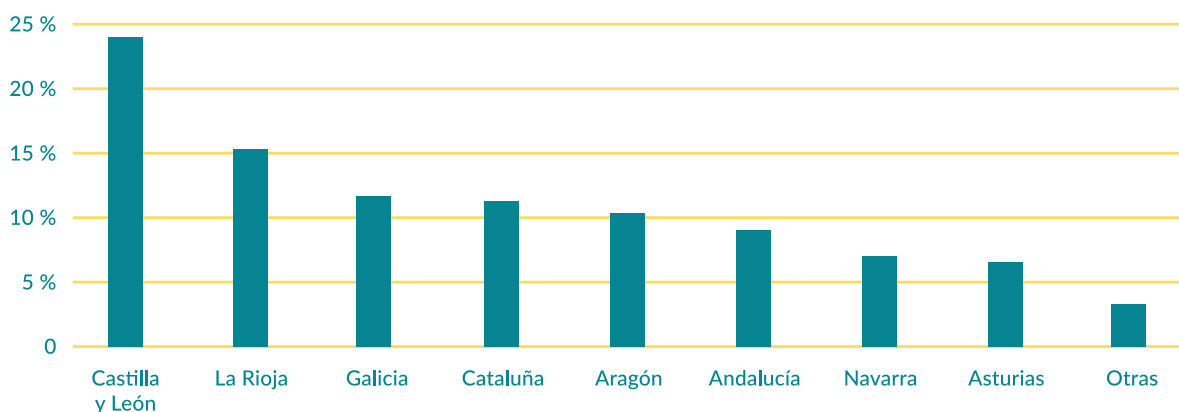
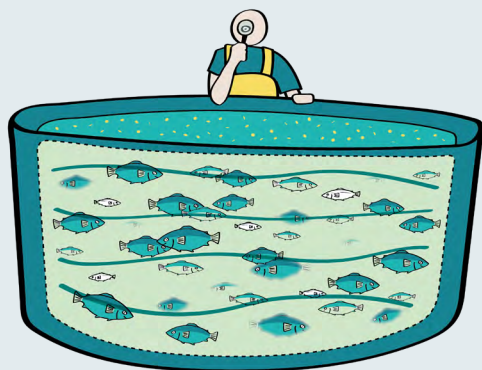


Figura 1. Distribución de la producción de trucha arcoíris en las diferentes Comunidades Autónomas españolas (porcentaje del volumen total producido en 2023). ⁴

2. INDICADORES DE BIENESTAR PARA TRUCHA ARCOÍRIS

Los sistemas de cría en acuicultura presentan retos específicos para el bienestar de los peces, por sus distintas necesidades biológicas y capacidades frente al dolor o al estrés, las cuales pueden variar entre individuos y especies a lo largo del ciclo de vida. Los indicadores de bienestar, por tanto, han de ser específicos, permitiendo evaluar de manera fiable, objetiva y recurrente el estado de bienestar en relación a la especie, su talla y sus sistemas de producción. Son herramientas que permiten a su vez evaluar los procedimientos llevados a cabo en la empresa y, además, adoptar las medidas necesarias que promuevan el bienestar de los peces. Sin embargo, dependiendo de las características del sistema de cría y otras circunstancias, algunos indicadores presentan mayor aplicación y relevancia que otros. A continuación, se describen los posibles indicadores de bienestar para la trucha arcoíris:



2.1. Externos o físico-somáticos

Conocidos como indicadores operacionales basados en la apariencia del animal, directos y que aportan información sobre el estado corporal o aspecto externo a nivel poblacional. Los indicadores externos para trucha arcoíris, sin orden de relevancia, son:

Factor de condición (K)

El factor de condición (K) es una herramienta ampliamente aceptada para evaluar el estado nutricional de los peces ⁵ y se calcula utilizando la fórmula: $K = (\text{peso corporal (g)} / \text{longitud (cm)}^3) \times 100$. Existe una clara correlación positiva en la trucha arcoíris entre el factor de condición y su contenido total de lípidos ⁶. Las truchas arcoíris pueden acumular más grasa abdominal si se sobrealimentan, aunque las implicaciones de bienestar de tal obesidad no son claras. Un factor de condición muy bajo puede ser un indicador de emaciación (i.e., pérdida de masa corporal), y un factor de condición extremadamente alto puede ser un indicativo de deformaciones vertebrales ⁷. Dado que el factor de condición es variable y cambia tanto con la etapa de vida como con la estación, es difícil definir valores exactos que sean indicativos de una reducción del bienestar general en el ciclo de vida. Por lo tanto, se sugiere que un factor K de aproximadamente 1,0 o menor puede ser indicativo de un estado nutricional deficitario en truchas arcoíris de cultivo ⁸, no obstante, el factor variará en función de la línea genética, las condiciones ambientales y fase de desarrollo de la trucha arcoíris.

Dispersión poblacional

Es crucial monitorizar la dispersión de tallas en cada población, utilizando métodos como el análisis de su distribución o el coeficiente de variación. En los grupos de trucha arcoíris se establecen jerarquías sociales que se acentúan en aquellos grupos con una notable diferencia de tallas, llevando a cambios comportamentales incluyendo un incremento de la agresión que conlleva daños físicos, así como una mayor respuesta al estrés en los individuos más pequeños ⁹. Además, una alta dispersión poblacional puede afectar negativamente al

crecimiento de las truchas arcoíris debido a un acceso desigual al alimento, una mayor susceptibilidad a enfermedades y una disrupción de sus comportamientos naturales al estar bajo situaciones de estrés ¹⁰⁻¹². Estos factores subrayan la importancia de mantener una distribución de tamaño lo más homogénea y estable posible para asegurar su bienestar y optimizar su desarrollo.

Condición de la piel

Los peces están constantemente expuestos a su entorno, lo que hace que su piel, escamas y mucosa actúen como primera línea de defensa ante diversos patógenos, cambios ambientales y factores fisicoquímicos. Por lo tanto, la condición de la epidermis es un indicador clave de su salud y bienestar, ya que puede influir significativamente en su estado general o indicar que hay agentes estresores, agresivos o perjudiciales en el entorno, incluyendo patógenos ^{8,13}. La piel de los peces desempeña diversas funciones esenciales, como protección química y física, regulación del intercambio de iones y agua, y actúa como la primera barrera contra los patógenos que pueden derivar en enfermedades ¹⁴.

Las situaciones de estrés pueden alterar su estructura y capacidad de recuperación aumentando así la susceptibilidad a infecciones bacterianas y fúngicas ¹⁵. Además, la calidad del agua, deficiencias nutricionales y procedimientos de producción que impliquen contacto físico con los peces (como manejo y despesque) pueden causar lesiones en la piel que incrementan el riesgo de infecciones. Estas lesiones pueden variar en gravedad y frecuencia, y pueden empeorar por los patógenos presentes en el entorno de cría, los cuales además pueden llegar a producir lesiones abiertas por sí mismos ¹⁴. Evaluar la salud de la piel requiere examinar la integridad de las escamas, la mucosidad y cualquier pérdida de tejido epidérmico que afecte las capas más profundas. También es crucial identificar lesiones activas como zonas inflamadas, úlceras, hemorragias o heridas superficiales, ya que estas pueden ser rápidamente colonizadas por microorganismos presentes en el medio ^{3,8,13}. La condición de la piel también es un indicador de calidad y frescura del producto final.

Coloración de la piel

Las variaciones en el color de la piel son habitualmente un buen indicador de alteraciones en el pez, y en el caso de la trucha arcoíris, pueden deberse a infecciones o enfermedades, a la composición de la dieta o a condiciones de estrés social o ambiental ³. Por lo tanto, puede emplearse como indicador de bienestar en los peces criados en acuicultura, considerándose también un importante factor de calidad. El estrés induce cambios estructurales, oscureciendo la piel e incluso haciendo aparecer incidentes de hiperpigmentación. Esto es debido a los puntos negros localizados en la piel de estos peces, formados por cromatóforos especializados llamados melanocitos, que producen eumelanina oscura, la cual se genera en respuesta a situaciones de estrés ¹⁶. Además, las diversas condiciones de estrés pueden alterar tanto el color de la piel como del músculo, afectando su valor de mercado ¹⁷.

Malformaciones físicas

Las malformaciones en trucha arcoíris son frecuentes en la columna vertebral (individuos con joroba o con colas acortadas) ¹⁸. También aparecen malformaciones en mandíbula, branquias, opérculos, ojos y aletas ^{8,13,18}. La mayoría de estas malformaciones aparecen durante el desarrollo larvario o las etapas de vida tempranas debido a una mayor predisposición genética, densidades inadecuadas, enfermedades infecciosas, un mal manejo de la incubación, alimentación inadecuada o condiciones ambientales adversas ^{19,20}. Los individuos con malformaciones físicas pueden llegar a fases avanzadas del ciclo productivo si no se detectan durante la clasificación en las fases previas, dando lugar a baja eficiencia en la natación y alimentación, un crecimiento lento y un mayor nivel de estrés, lo que afecta a su bienestar y potencialmente al del grupo ^{19,20}.

Estado de las aletas

El estado de las aletas es un punto crítico a tener en cuenta debido a la presencia de receptores de dolor (nociceptores), siendo un indicador indirecto de la salud y el bienestar de la



trucha arcoíris ^{3,15,21}. El daño en las aletas puede deberse a multitud de causas, destacando las producidas por la abrasión con el tanque o sus elementos, presencia de ectoparásitos, la calidad del agua, y por mordeduras entre la población ^{13,22,23}. Estas últimas tienen un origen multifactorial, como el incremento de densidad, las alteraciones alimenticias o la competencia ²⁴⁻²⁶. Toda afección de la aleta puede comenzar por erosión, desgarró o engrosamiento, y en casos más graves derivar en hemorragias ^{13,27}.

Estado de las branquias

Bajo los opérculos se localizan las branquias, las cuales deben presentar un color rojo vivo y una apariencia húmeda, sin recubrimientos mucosos, conglomeración de los filamentos branquiales, decoloración blanquecina ni olores desagradables, ya que estas condiciones pueden señalar problemas de salud y bienestar que aumentan la vulnerabilidad del pez ante el estrés, el ejercicio, los patógenos, o los bajos niveles de oxígeno ^{3,8,28-30}. Esto a menudo deriva en complicaciones relacionadas con la mortalidad y la morbilidad. Adicionalmente, el examen visual de las branquias puede ofrecer indicios sobre infecciones bacterianas o parasitarias potenciales ^{3,31}. Además, un mal estado de las branquias puede indicar problemas en la calidad del agua, ya que es el principal factor de riesgo debido su la alta exposición al medio ³.

Estado de los ojos

Debido a la naturaleza levemente abultada y carente de protección de los ojos de las truchas arcoíris, los daños mecánicos y la desecación ocular son las afecciones más comunes en estos animales durante el manejo ¹³, propiciando diversas patologías, lo que da una idea de la importancia de la calidad del agua, de la incidencia de la luz y evitar exponerlas fuera del agua por largos periodos ³²⁻³⁵. Otro aspecto a tener en cuenta es la inflamación de los tejidos y la acumulación de fluidos tras los ojos que puede provocar la propulsión ocular (exoftalmia), indicando malas condiciones de calidad del agua y desequilibrios de gases ³⁶, así como diversos trastornos patológicos, incluidos bacterianos y

parasitarios ^{37,38}. La exoftalmia unilateral suele ser un indicativo de contusión ³⁹. Las cataratas son otro síntoma común y pueden ser indicativas de una capacidad osmorreguladora comprometida, así como deficiencias nutricionales, presencia de sustancias tóxicas en el agua o trauma físico ³⁶. De cualquier forma, las cataratas dificultan la búsqueda de alimento, y se deben a condiciones multifactoriales, como la luz, la calidad del agua, la nutrición, o el estrés ^{13,40}.

Mortalidad

La presencia de individuos muertos en el sistema de cría pueden indicar un aumento de la mortalidad, un brote de enfermedades o problemas ambientales y/o relacionados con la gestión ¹³. La tasa de mortalidad hace referencia al porcentaje de individuos que mueren en un periodo de tiempo determinado. Es un indicador directo y poblacional muy utilizado en la evaluación del bienestar, aunque retrospectivo, y se relaciona con múltiples factores (enfermedades infecciosas, víricas y parasitarias, condiciones ambientales, genética, manejo y nutrición) ⁸. La tasa y las causas de mortalidad en trucha arcoíris varían según la fase del ciclo productivo. Durante la incubación y el alevinaje la mortalidad se relaciona con el manejo, la calidad y cantidad de agua, y la aparición de enfermedades (principalmente fúngicas), tratándose de una etapa con alta tasa de mortalidad debido a la sensibilidad y a la inmadurez inmunitaria de los huevos y alevines. La mortalidad en el engorde se relaciona con la aparición de enfermedades, la densidad, los manejos operativos y nutricionales, y los cambios bruscos de temperatura, teniendo una menor mortalidad que en la fase anterior. No obstante, los registros de la mortalidad diaria en cualquier etapa aportan información relevante, actuando como indicadores de alguna anomalía grave en la población. Es muy importante llevar a cabo un manejo muy cuidadoso ya que se puede aumentar la mortalidad durante la clasificación, vacunación o el despesque. Otros factores biológicos como la estrategia y la calidad reproductiva de la especie y sus parentales también regulará el éxito de supervivencia de las progenies en cultivo.

2.2. Comportamentales

Observar y comprender el comportamiento de los peces es crucial para mejorar su bienestar, reduciendo así la respuesta de estrés ante prácticas de cría diarias y, por lo tanto, mejorando el rendimiento de la granja. Alteraciones comportamentales, concretamente en la natación o alimentación, se han usado para destacar posibles variaciones relacionadas con el bienestar a causa de estrés o enfermedades. No obstante, esto debe ser establecido y analizado en función de cada especie y situación. Los siguientes indicadores operacionales brindan información sobre el patrón comportamental a nivel individual y grupal, formando parte de los indicadores directos basados en el animal, en este caso, la trucha arcoíris.

Actividad natatoria y distribución

Aspectos relativos a la natación de los peces, como su actividad o velocidad, aportan datos que facilitan el entendimiento de la adaptación al entorno de los mismos. El conjunto de estos datos es clave para evaluar el bienestar de los peces ⁴¹. Debido a su morfología, los salmónidos nadan predominantemente en dirección horizontal, y en particular las truchas arcoíris se clasifican como nadadoras periódicas, pues no suelen nadar en continuo, pasando periodos de tiempo nadando y otros reposando o descansando. Sus aletas rígidas les confieren estabilidad y permiten una regulación de profundidad gradual y suave. Sin embargo, debido a su potente y rápida propulsión inicial, no son aptas para maniobras a baja velocidad. Las truchas arcoíris están adaptadas morfológicamente para nadar en zonas turbulentas o a contracorriente, tendiendo a localizarse en puntos del estanque donde predominen estas variaciones de flujo ⁴². Una respuesta natatoria lenta, o con patrones en espiral o vertical pueden ser síntomas de enfermedades ³. Al sufrir un estrés agudo, como el asociado con la presencia de depredadores u otra amenaza, las truchas arcoíris tienden a buscar zonas de refugio o normalmente oscuras

y alejadas de la superficie ²⁵, produciendo distribuciones irregulares en el tanque. En truchas arcoíris con buenas condiciones ambientales y de bienestar se espera una distribución amplia y uniforme de las mismas, haciendo un uso extenso del espacio y maximizando la distancia entre ellas ¹³.

Actividad en la superficie

La actividad en las zonas más próximas de la superficie en el caso de la trucha arcoíris se justifica principalmente por dos razones. Por un lado, la actividad en superficie está relacionada con sus ciclos biológicos diarios, como el interés por parte de los animales hacia el alimento ¹² donde muestra una actividad frenética promovida por el apetito o la competencia por el recurso alimenticio (*ver indicadores de alimentación y anticipación*), por lo que un descenso de dicha actividad previo a la alimentación podría indicar alguna afección a su bienestar. Por el contrario, un aumento de la actividad en superficie puede estar relacionado con situaciones críticas para el bienestar de los peces, cuando no se relaciona con la alimentación. Por ejemplo, en situaciones de hipoxia o falta de oxígeno disuelto en agua, ya sea por unas condiciones pobres de calidad físico-química del agua, altas densidades o un incremento agudo de estrés, las truchas arcoíris pueden observarse formando grandes aglutinaciones cerca de la superficie con movimiento opercular elevado, asomando las aletas fuera de la superficie, o incluso irrumpiendo la superficie con la boca ^{3,12,13,43}.

Movimientos anormales

Las estereotipias son conductas caracterizadas por ser repetitivas e invariables, sin un propósito o función aparente. Este fenómeno se ha observado en diversas especies animales y se ha asociado a la ausencia de estímulos o al desinterés que los animales experimentan en condiciones de cautiverio ⁴⁴. En truchas arcoíris, los movimientos anormales se suelen asociar a patologías o al daño de tejidos ^{13,45}. Por ejemplo, la necrosis pancreática infecciosa es una enfermedad común en truchas arcoíris jóvenes, y los afectados presentan movimientos pausados y letárgicos, se mueven de lado y en espiral, y frecuentemente se hunden hasta el fondo de los estanques ³. Otros comportamientos de movimiento anormal que se pueden observar en las truchas arcoíris son la tigmotaxis (cuando el pez se sitúa en la periferia del recinto y en continuo contacto con las paredes o redes) ^{46,47} o la escototaxis (preferencia prolongada por las zonas más oscuras o con sombra del recinto) ⁴⁸, indicadores de un problema que afecta al estado de bienestar.

Apetito y comportamiento durante la alimentación

La alimentación en los peces depende de su motivación para alimentarse, o apetito, sus capacidades sensoriales para encontrar alimentos, su habilidad para capturarlos, manipularlos e ingerirlos, y su fisiología, que determina cómo los peces digieren y procesan el alimento. El apetito y la ingesta dependen del grado de madurez, así





como de factores fisicoquímicos, condiciones del tanque, actividad humana y palatabilidad del alimento⁴⁹. El apetito en la trucha arco iris depende de la temperatura ambiental, las condiciones de cría, y de la estrategia de alimentación por parte del acuicultor, viéndose afectado principalmente por una alimentación deficiente o, por el contrario, alimentación excesiva e incontrolada⁵⁰⁻⁵². Se ha observado que las truchas arco iris con mayor ratio de alimentación muestran una menor actividad y agresividad⁵³. Además, el estrés y las patologías pueden ser un factor determinante en edades tempranas, que pueden disminuir el apetito y aumentar la mortalidad³. Cualitativamente, el apetito de las truchas arco iris puede ser medido por observación directa en el momento en que se les ofrece el alimento, es decir, en base a la demanda del alimento según las cantidades estimadas para su óptimo desarrollo. No obstante, el apetito en trucha arco iris es poco significativo a temperatura inferiores a 5°C, y aumenta con el incremento de la temperatura, hasta una temperatura crítica en la que el estrés reprime el apetito, que suele darse a +/- 20°C. Además, el apetito de las truchas arco iris también depende de su historia alimentaria reciente, y del contenido de sus estómagos. Se ven afectadas por un hambre acumulativo, lo cual les da la capacidad del crecimiento compensatorio para superar las limitaciones al crecimiento debidas a períodos de disponibilidad limitada de alimentos. Las hembras durante la fase de puesta también reducen su ingesta. En estos casos, es conveniente la combinación con otros indicadores, como el factor de condición (K) o la actividad en superficie.

Comportamiento anticipatorio

Se entiende por comportamiento anticipatorio la manifestación de una sobreactividad persistente previa a la alimentación, ocurra esta o no. Muchas especies de peces son capaces de anticipar hasta tres comidas al día⁵⁴, y en el caso de la trucha arco iris se ha demostrado que es capaz de anticipar hasta dos comidas al día⁵⁵. Los ritmos conductuales de los peces (ritmos circadianos) están relacionados con la cantidad de alimento consumible, la regularidad de alimentación y la cantidad de luz, pues la trucha arco iris se alimenta durante el día. Además, la alimentación restringida es una pieza clave del comportamiento anticipatorio, ya que este se prolonga durante la fase de privación y vuelve a desaparecer con la alimentación *ad libitum*⁵⁵. En las truchas arco iris, se puede observar claramente un estado emocional de inquietud, agitación y actividad frenética, con incursiones en la superficie del agua⁸, lo cual es un buen indicador si ocurre en los momentos previos a la alimentación, pero es señal de alarma si se manifiestan en otros momentos del día.

Agresividad

Los ataques, embestidas, persecuciones y mordiscos en los peces son comportamientos agresivos o agonísticos, surgidos como respuesta a condiciones de cautividad inadecuadas o carencias en su bienestar⁴¹. La competencia relacionada con los recursos o la reproducción suele producir episodios de agresividad que pueden variar en su manifestación y afectar a otros peces, y suele estar altamente ligada con la densi-



dad poblacional. Además de competencia por el alimento (*ver indicador: apetito y comportamiento durante la alimentación*), las truchas arcoíris pueden presentar territorialidad, ocupando y defendiendo determinadas zonas del tanque de manera agresiva⁵⁶⁻⁵⁸. Se ha observado que las situaciones desconocidas, como el movimiento de peces entre tanques o la mezcla entre poblaciones de diferente origen, incrementa la respuesta agonística en las truchas arcoíris^{53,59}. Hay que destacar que el comportamiento agresivo consume una cantidad significativa de tiempo y energía, lo que puede resultar en un crecimiento retardado y una reducción en la supervivencia y el éxito reproductivo para aquellos individuos con altos niveles de agresión⁶⁰. Mientras que en la actualidad existen formas directas de monitorización del comportamiento (observación directa, cámaras, etc.), una forma indirecta de evaluar estos comportamientos agresivos puede ser mediante la observación directa de cicatrices o señales de mordeduras en la piel (*ver indicador externo: condición de la piel*).

Frecuencia ventilatoria

Los opérculos son unas cubiertas óseas que protegen las branquias, y su velocidad de apertura y cierre durante un determinado periodo (frecuencia opercular o ventilatoria) puede servir de herramienta para verificar visualmente el estatus respiratorio de los peces. La frecuencia opercular puede ser un indicador tanto de adecuación de la respiración como del nivel de estrés en el pez en ese momento. A nivel general, una frecuencia opercular alta puede ser un indicador de agotamiento, estrés agudo, patologías branquiales, mala calidad del agua o una baja concen-

tración del oxígeno disuelto. Es importante tener este aspecto en cuenta para determinados procedimientos o tratamientos, ya que un ritmo alto puede indicar hipoxia o sobredosis⁸.

Reflejo Vestíbulo-Ocular

El reflejo vestibulo-ocular (VOR) en peces se manifiesta como el movimiento ocular compensatorio cuando intentan mover los ojos en el plano horizontal durante el estado de consciencia⁶¹. Este reflejo está relacionado con la función cerebral y su regreso es uno de los primeros signos claros de recuperación de consciencia tras el aturdimiento⁶². El VOR es el último en perderse durante la pérdida de consciencia y el primero en observarse durante la recuperación de la misma. Posteriormente se pueden observar otros síntomas progresivos de recuperación, como son la aparición del movimiento opercular, movimiento de las aletas y recuperación del equilibrio^{13,45}. Por tanto, el VOR puede ser un indicador eficiente y fácil de utilizar para evaluar la posible pérdida y/o recuperación de la consciencia de las truchas arcoíris en procesos operativos de anestesia y aturdimiento¹³.

2.3. Ambientales

Estos parámetros se usan para obtener información principal sobre el medio ambiente en el que se encuentran los peces, relacionados con el agua y factores externos que puedan influir en su bienestar o ser influenciados por alteraciones del mismo¹³. Se detallan a continuación aquellos relevantes para las truchas arcoíris:

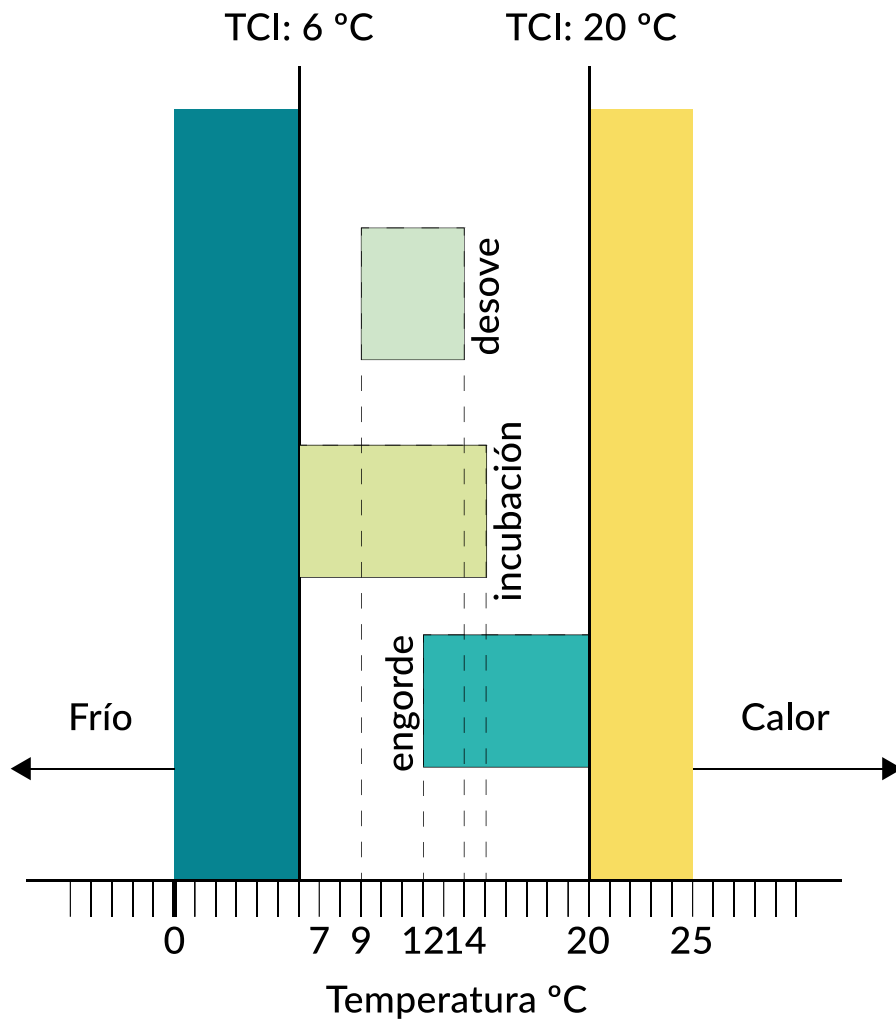


Figura 2. Gráfica de la zona termo-neutra de la trucha arcoíris, con el rango óptimo para las distintas fases de desarrollo y/o producción, temperatura crítica inferior (TCL), temperatura crítica superior (TCS).



Temperatura del agua

La temperatura es un factor muy importante debido a la característica de poiquilotermia de los peces (su temperatura corporal depende de la ambiental), además por la relación con el resto de los parámetros. La trucha arcoíris se adapta a amplios rangos de temperatura, entre los 0 y 25°C, tolerando mejor temperaturas por debajo de los 20-21°C³. En la incubación de los huevos la temperatura no tiene que superar los 15°C, encontrándose entre 7 y 13°C los rangos óptimos durante esta fase y las primeras fases tras la eclosión; finalmente durante el engorde el rango se encuentra entre los 12-20°C, siendo el punto óptimo entre los 14-18°C. En el caso del desove, la temperatura óptima se encontrará entre los 9-14°C. Cualquier alteración de la temperatura tendrá un impacto directo en su función metabólica y, en consecuencia, en su bienestar, especialmente si se produce de forma abrupta (manejos, trasvases, transportes, etc.)^{3,8}. Además, la trucha arcoíris se adapta mejor a condiciones ambientales persistentes con baja temperatura comparado con temperaturas más elevadas.

Salinidad

La salinidad indica la cantidad de sales o iones disueltos en el agua. La producción de trucha arcoíris en España se realiza generalmente en agua dulce, por tanto, este factor tiene un peso bajo en el sector español. No obstante, por su biología, la especie permite ser criada en aguas saladas.

Oxígeno disuelto

El oxígeno disuelto (OD) en agua (mg/L) es un parámetro muy importante en piscicultura debido a la característica de poiquilotermia de los individuos, teniendo un requerimiento de oxígeno según su tasa metabólica, siendo mayor cuanto mayor es la temperatura del agua. Además, todo este proceso se ve agravado por la relación inversamente proporcional de la solubilidad del oxígeno y la temperatura del agua (a mayor temperatura menor solubilidad, y por tanto menor concentración o disponibilidad). Además, la concentración óptima de OD varía según la fase del ciclo productivo, siendo el % de saturación óptimo muy cercano al 100%. La trucha arcoíris es menos tolerable a la falta de oxígeno en fases tempranas, encontrando límites inferiores en 6 mg/L durante la incubación de los huevos y, posteriormente, rangos de 4 a 7 mg/L durante las fases de alevinaje y engorde, dependiendo de la temperatura del agua^{8,63-65}. Cabe mencionar que la persistencia de valores bajos de OD es más perjudicial que episodios cortos de descenso del mismo.

Dióxido de carbono (CO₂)

El dióxido de carbono es muy soluble en agua y tiene una gran toxicidad para los individuos de trucha arcoíris si se superan los 20 mg/L⁸, aunque la FAO recomienda no superar las 2 ppm³. Por un lado, al solubilizarse en agua se produce ácido carbónico, afectando al pH del agua (mayor acidez) y, por otro lado, el aumento de dióxido de carbono en agua aumenta la concentración sanguínea del mismo, dando lugar a una hipercapnia, acidosis respiratoria

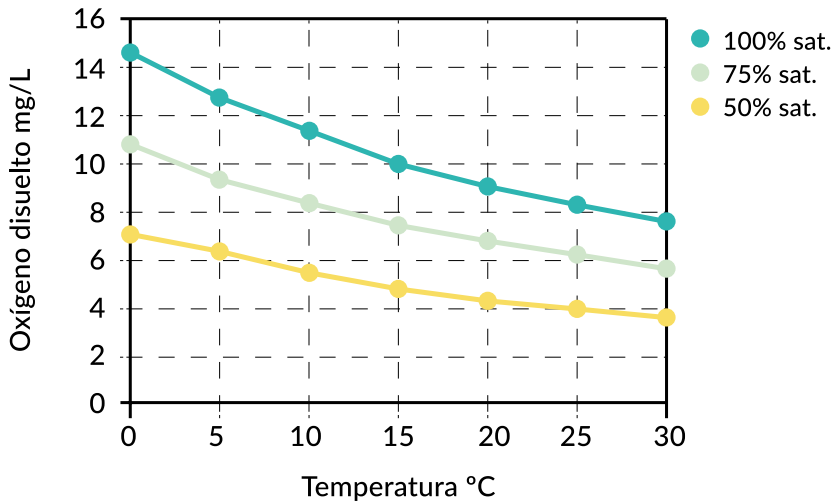


Figura 3. Gráfica del comportamiento del oxígeno disuelto (OD) con respecto a la temperatura del agua (a nivel del mar). Los colores indican distintos porcentajes de saturación (% sat) de oxígeno en el agua: 100% de saturación en rojo, 75% en azul y 50% en naranja.

y menor afinidad por el oxígeno, viéndose un aumento de la frecuencia respiratoria, letargia y que puede llegar a provocar la muerte de los individuos. En casos menos severos se puede afectar el crecimiento de los individuos.

pH

La composición del suelo dónde se encuentre establecida la granja determina el pH del agua, teniendo una mayor o menor acidez. La trucha arcoíris es una especie con baja tolerancia a los cambios bruscos de pH, encontrando un rango tolerable entre 6,5 y 8 en la incubación de los huevos y las primeras fases de desarrollo, mientras que durante el engorde el rango varía entre 5,5 y 9,5. Valores fuera de este rango pueden afectar la visión, piel, branquias y osmolalidad plasmática, afectando a su bienestar⁸, e incluso puede afectar a su capacidad natatoria y de ejercicio llegando a la fatiga de forma temprana⁶⁶.

Amoníaco y compuestos nitrogenados

El aumento de estos compuestos en los estanques aparece con las excreciones de los peces y la materia orgánica en descomposición (exceso de alimentación). El amoníaco puede encontrarse en su forma ionizada (NH₄⁺) o no ionizada

(NH₃), siendo ésta última muy tóxica para los peces. En el agua se encuentran ambas formas, pero su proporción depende del pH y la temperatura del agua. Las bacterias nitrosomonas descomponen el amoníaco dando lugar a nitritos (NO₂⁻), compuesto muy tóxico también para los peces, y éstos se descomponen por bacterias del género *Nitrobacter* dando lugar a nitratos (NO₃⁻), compuesto menos tóxico. Estos compuestos no suelen generar un problema en las explotaciones debido a que los sistemas abiertos se encuentran en constante cambio del agua y los sistemas cerrados (RAS) van a tener biofiltros con bacterias del género *Nitrobacter*, disminuyendo la concentración de nitritos. El nitrito puede alcanzar el torrente sanguíneo por su absorción a través de las branquias y formar metahemoglobina en los eritrocitos, impidiendo la captación de oxígeno. Se recomiendan unos valores por debajo de 0,5 mg/L de amoníaco, 0,1mg/L de nitritos, y 50 mg/L de nitratos^{8,67,68}, aunque su toxicidad depende de la acidez del agua.

Turbidez y sólidos en suspensión

En el cultivo de trucha arcoíris es muy importante utilizar aguas limpias, haciendo referencia la turbidez a la claridad del agua y los sólidos en suspensión al material suspendido en el



agua, dos parámetros muy relacionados debido a que la turbidez aumenta con los sólidos en suspensión. Existen diferentes tipos de sólidos en suspensión que se clasifican según el tamaño, teniendo diferente impacto en el bienestar de la trucha arcoíris, siendo dependiente del tamaño de los individuos. Los huevos son muy sensibles a los sólidos en suspensión. Además, en adultos, una gran cantidad de sólidos en suspensión puede afectar a las branquias impidiendo su correcta respiración o a la visión, afectando a la alimentación y pudiendo verse afectada la limpieza del tanque por depósito de estos sólidos en el fondo ⁸.

Caudal y velocidad del agua

Relacionados con la calidad del agua cabe destacar otros parámetros como el caudal y la velocidad. El caudal consiste en la cantidad de agua que atraviesa los estanques (Caudal (L/s) = Velocidad (m/s) x (Área húmeda (m²) x 1000)). Como indica la ecuación, el caudal es dependiente de la velocidad (Velocidad (m/s) = Longitud estanque (m) x Tiempo de renovación del agua (s)). La velocidad óptima en los estanques sería entre 3 y 5 cm/s. Si la velocidad supera la recomendación se observará que los peces se agrupan lejos de la cabeza del estanque o del punto de entrada del agua mientras que si la velocidad es baja se ve afectada la renovación del agua, acumulándose materia orgánica (excreciones, exceso de alimento), sólidos en suspensión y compuestos tóxicos ^{8,69}. El caudal de entrada a una piscifactoría viene determinado por la disponibilidad de agua en el río y por el

sistema público de gestión de estiajes y caudales ecológicos desde las cuencas hidrográficas.

Iluminación

Al hablar sobre la iluminación se habla tanto del fotoperiodo como de la intensidad lumínica principalmente. El control de la iluminación va a tener un impacto positivo en la salud y en la resistencia a enfermedades y en el comportamiento de la trucha arcoíris, mejorando las condiciones de cultivo y teniendo un impacto negativo en la salud si se alteran los ritmos circadianos ⁷⁰. En España el engorde de trucha arcoíris se realiza principalmente al aire libre, teniendo la influencia del fotoperiodo natural, y su regulación es de vital relevancia en tanques en interior, como es el caso particular de los criaderos e instalaciones de reproducción.

Contaminantes

La acuicultura de la trucha arcoíris depende de la calidad del agua entrante, que puede presentar patógenos, metales pesados, plaguicidas, micro y nanoplásticos, y otros compuestos químicos como consecuencia de la influencia antropogénica, incluyendo la actividad ganadera, el uso de químicos para control de plagas en agricultura, o productos de limpieza, entre otros ⁷¹. La exposición a contaminantes ambientales puede conducir a inmunosupresión y aumento de la susceptibilidad a enfermedades en los salmónidos y otros peces ⁷². La presencia de metales pesados o contaminantes tóxicos en el agua, junto con cambios agudos de temperatura y mala calidad de agua, pueden aumentar



las posibilidades de que los peces sucumban a enfermedades infecciosas ⁷³.

Densidad

Este parámetro hace referencia a la densidad de peces que están siendo criados en un recinto/volumen concreto, midiéndose en biomasa por volumen de agua (kg/m^3). Es un parámetro que afecta de forma directa al bienestar de los peces pero que es variable y dependiente de la fase del ciclo productivo, de la calidad y condiciones del agua (velocidad, oxígeno disuelto, temperatura, etc.), del manejo alimentario que se realice, y de las dimensiones y características del sistema de producción. Si la densidad poblacional es alta se va a ver afectada la calidad del agua, el comportamiento e incluso la susceptibilidad a patógenos de los individuos, además de la eficiencia en la conversión de alimentos ^{8,9}. Aun así, la trucha arcoíris es un salmónido con una gran adaptabilidad a las densidades altas en comparación con el resto de salmónidos. Se pueden encontrar gran variedad de usos y recomendaciones en cuanto a la densidad y sistema de producción, como por ejemplo: $4\text{-}55 \text{ kg}/\text{m}^3$ en jaulas, $40\text{-}267 \text{ kg}/\text{m}^3$ en tanques y $8\text{-}160 \text{ kg}/\text{m}^3$ en *raceways* ^{9,63,74}. Actualmente, la única legislación que establece límites a la densidad es la que define la cría orgánica de la trucha, y la establece a $25 \text{ kg}/\text{m}^3$ ([Reglamento \(CE\) 2018/848](#)). El cálculo de la densidad no siempre es preciso y los datos productivos demuestran que se pueden alcanzar densidades altas en las fases finales de ciclos intensivos. En cualquier caso, siempre se debe asegurar el bienestar de la trucha arcoíris usando otros indicadores operacionales de bienestar ⁷⁵

2.4. Indicadores de laboratorio

Los indicadores de laboratorio son indicadores externos los cuales proporcionan al acuicultor un recurso adicional, práctico y fiable para utilizar en las instalaciones de producción en casos muy específicos y, de esta forma, analizar el estado de bienestar en un período de tiempo adecuado.

Hormonas de estrés e indicadores metabólicos

Ante cualquier situación estresante (física, ambiental, social), se genera una serie de eventos en cascada iniciados por un estresor, que en los peces comienza con respuestas neuroendocrinas, denominadas respuestas primarias, que implican la rápida liberación de hormonas a la circulación sanguínea, como catecolaminas y cortisol. El cortisol multiplica su concentración en los fluidos fisiológicos por un factor de 5 hasta 100, siendo un buen indicador de estrés agudo y de falta de bienestar, aunque no tanto de estrés crónico, ya que su regulación reduce este incremento sustancialmente. La liberación de cortisol en los teleósteos es más lenta comparada con la liberación de adrenalina, otra hormona de estrés y, por lo tanto, el nivel de cortisol plasmático circulante en los peces se utiliza como medida de la respuesta primaria al estrés. Como indicador de bienestar animal, los niveles de cortisol deben interpretarse con precaución, ya que contribuye al mantenimiento de la homeostasis tanto basal

como bajo estrés, y varía con la temperatura, el sexo, la madurez sexual, los ritmos circadianos y la genética^{76,77}. Aunque los valores óptimos en la trucha arcoíris se encuentran entre 5-20 ng/mL⁷⁸, éstos tienden a ser bastante variables incluso entre individuos del mismo tanque/tratamiento y no siempre se puede suponer que la presencia de cortisol se corresponda con altos niveles de estrés⁷⁹. El momento específico de la toma de la muestra de sangre también va a tener un efecto en el resultado obtenido, ya que se puede observar un incremento de cortisol 5 min después de la presencia de un estresor, con un pico máximo 45 minutos después del mismo⁸⁰.

El cortisol se produce en el riñón cefálico del pez y se transfiere a la sangre, por lo que se encuentra en el plasma y otras estructuras como el moco de la piel, la orina e incluso se puede depositar en las escamas en caso de estrés crónico, excretándose finalmente al agua exterior. En términos de experimentación, la medición de cortisol en plasma se realiza mediante kits de determinación con ELISA o con radioinmunoanálisis (RIA) en plasma o tejidos, lo que requiere un laboratorio específico además de la extracción de sangre. También se pueden utilizar métodos no invasivos como la medición en muestras de orina, heces, escamas y agua⁸¹. En el ámbito de la investigación de la acuicultura es de interés la concentración de cortisol en el agua, ya que es un método no invasivo. Se ha demostrado su viabilidad y correlación con el cortisol en sangre en sistemas RAS y también en algunos casos en viveros (a densidades medias-altas y en el centro de la misma), aunque con valores inferiores al cortisol plasmático debido a su dilución en el agua.

Otras hormonas de estrés como la adrenalina, hormona liberadora de corticotropina (CRH) u hormona adrenocorticotrópica (ACTH) pueden ser también indicadores, pero su dificultad de medición (CRH, ACTH), y especialmente su velocidad de secreción (adrenalina), impiden su uso en la práctica. Otros indicadores fisiológicos de interés en este campo que se pueden monitorizar son aquellos que implican análisis metabólicos, en especial lactato y glucosa en sangre. El lactato es principalmente un indicador de un alto nivel de actividad muscular, que a menudo

está relacionado con el estrés. Por otro lado, las elevaciones del cortisol plasmático estimulan la glucogenólisis, es decir, la conversión del glucógeno almacenado en el tejido a glucosa, aumentando sus niveles en sangre⁸². Sin embargo, puede ser una respuesta relativamente lenta a un factor estresante, alcanzando su punto máximo después de aproximadamente 3 a 6 horas en la trucha arcoíris⁸³. También son de utilidad los análisis hematológicos (hematocrito, número de glóbulos rojos, concentración de hemoglobina), indicativos de la capacidad de captación y transporte de oxígeno desde las branquias a los tejidos. Todos estos requieren una pequeña muestra de sangre, centrifugación y análisis con un kit comercial específico, centrifugación para hematocrito y microscopio para el conteo de glóbulos rojos. A efectos prácticos, los indicadores de bienestar fisiológico, como el cortisol, la glucosa y el lactato, se pueden medir en la granja utilizando instrumentos portátiles, aunque como se ha comentado, la interpretación no es sencilla.

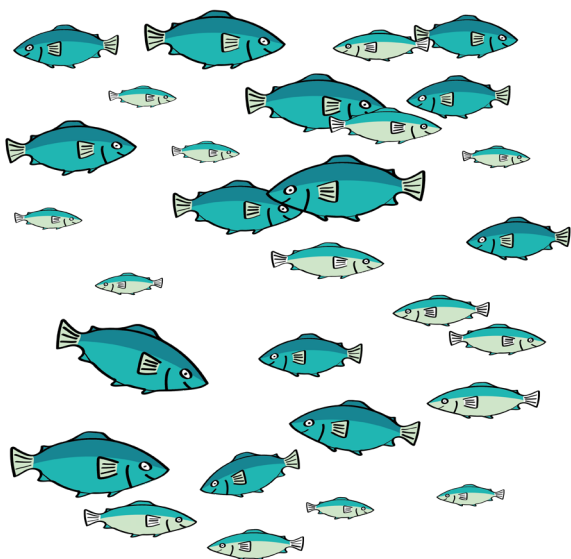
Inmunitarios y morfológicos

La aparición de enfermedades en una población de trucha arcoíris se puede deber a factores de orden fisiológico, químico o biológico, los cuales pueden ser desencadenados de forma natural o inducidos por condiciones inadecuadas. De esta forma, ante una sospecha de una patología en el ámbito de la producción, es conveniente obtener muestras de sangre o tejido del pez para determinar la presencia de patógenos y analizarlas en un laboratorio especializado. Una herramienta de diagnóstico útil para monitorear la prevalencia de ectoparásitos es el examen bajo microscopio de baja potencia de muestras húmedas de moco tomadas de los peces⁸⁴. Además, los cambios en el comportamiento de los individuos también pueden ser indicadores de estas afecciones, siendo los más comunes el bajo apetito, la distribución anormal en el estanque, la pérdida del equilibrio y la debilidad. Estos indicadores se convierten en recursos útiles donde no se pueden observar indicadores operacionales y productivos, o en el contexto de la investigación y desarrollo (I+D), como en el monitoreo de la vacunación o la evaluación de diferentes formulaciones de alimento, entre otros. Además, es crucial establecer valores de

referencia para todos estos parámetros, dependiendo de la fase de vida y el entorno de crianza.

En el ámbito de la investigación, también es posible utilizar indicadores inmunitarios para evaluar el grado de incidencia de las enfermedades. En este sentido, se destaca la respuesta innata, más genérica, la cual permite determinar los niveles de actividad bacteriolítica del plasma o moco de la piel, así como la actividad de proteínas específicas de defensa (lisozima, complemento o péptidos antibacterianos) y la capacidad de fagocitosis. Por otro lado, también se puede realizar la determinación de los niveles de inmunoglobulina (Ig) en plasma, conocido como respuesta adaptativa. Ésta también es reconocida como un buen indicador, ya que los niveles de Ig aumentan en caso de infección; no obstante, son dependientes de la edad y la especie. Adicionalmente, el recuento de glóbulos blancos o leucocitos en plasma, que aumenta en caso de infección, puede combinarse con determinaciones hematológicas e inmunitarias en sangre total ⁸⁵.

En el ámbito de la producción, todos estos indicadores pueden ser herramientas potencialmente útiles en situaciones de ausencia de información de indicadores operacionales, o dentro del contexto de investigación y desarrollo (I+D) (p.ej. el seguimiento de vacunación o de respuesta a distintas dietas, etc.). A considerar también que son procedimientos costosos en lo económico, y que todavía es necesario establecer valores de referencia analítica para todos estos parámetros en función de la fase de vida y ambiente de crianza.



3. PUNTOS CRÍTICOS DE BIENESTAR EN LOS SISTEMAS DE CRÍA Y FASES DE DESARROLLO

La práctica más común en España para la cría de la trucha arcoíris es el monocultivo intensivo, y principalmente en instalaciones con aporte de agua dulce, constante y de calidad todo el año. Es lo que se denomina acuicultura continental, que desde el punto de vista hidráulico, consiste en un circuito derivado del caudal del río que la alimenta, por el que se hace discurrir el agua captada, y ésta discurre por un sistema de canales y estanques donde se encuentran los peces, y finalmente, es devuelta al río en un punto de vertido. La cría de trucha arcoíris puede presentar distintos objetivos, estrategias de producción y/o productos (p.ej. venta de huevas como caviar, venta de huevos embrionados, o venta de truchas arcoíris para consumo)³. Se detallan a continuación las distintas fases de desarrollo y procedimientos que se llevan a cabo, describiendo la amplia diversidad del sector, pues cada instalación y/o fase requiere condiciones ambientales y de manejo diferentes, identificando los puntos críticos en materia de bienestar:

3.1. Reproductores e incubación

Los centros de reproducción producen huevos a partir de individuos **reproductores** en condiciones muy controladas. El manejo de los reproductores requiere condiciones de bioseguridad estrictas por lo que conviene mantenerlos separados del resto de fases. Los productores en esta fase se especializan en la cría y selección de reproductores, siendo

su principal producto la hueva embrionada para el suministro de las mismas a otros productores que desarrollarán y criarán la trucha arcoíris hasta tallas comerciales.

La época natural de puesta de la trucha arcoíris se extiende desde noviembre hasta febrero, dependiendo de las regiones y la temperatura. La caída de la temperatura estimula el desarrollo gonadal y provoca el desarrollo de los caracteres sexuales secundarios. La gametogénesis tiene lugar en los días largos (aproximadamente en junio: 16 horas de luz) y los óvulos y espermatozoides maduran cuando disminuyen las horas de luz (aproximadamente en diciembre: 8 horas de luz). Si se hace variar artificialmente la cantidad de horas de luz diarias, con una temperatura inferior a 14°C, se llega a provocar la puesta de reproductoras fuera de estación, obteniendo puestas escalonadas. La edad de los reproductores varía con el sexo. Así, los machos son aptos como sementales desde el segundo año, mientras que las hembras se utilizan desde el tercer año, y pueden ovular durante algunos años más, hasta su cuarto y/o quinto año. Tras su período como reproductores, son sacrificados mediante narcosis o electronarcosis.

Generalmente se seleccionan como reproductores los peces con mayor resistencia a determinadas enfermedades, de mejor crecimiento e índice de conversión, y óptimas tasas de eclosión, a parte de otros criterios de selección. Los reproductores se mantienen en estanques cubiertos mediante un toldo o en una nave cerrada, con fotoperíodo controlado, pudiendo encontrarse a machos y

hembras juntos o separados en distintos tanques. Las densidades son muy variables, pues son muy dependientes de la calidad del agua del sistema, renovación y oxigenación, y en general, de las condiciones del sistema de producción. Para facilitar el manejo durante las revisiones periódicas u otras manipulaciones (desove, vacunación), a las truchas arcoíris se les anestesia previamente. La vacunación se lleva a cabo mediante inyección manual.

Los huevos y el espermatozoides se retiran cuidadosamente presionando con la mano el abdomen de la trucha arcoíris anestesiada, dejándolos caer en un cubo o bandeja. Si los huevos no son destinados a la venta de caviar para consumo, se les puede añadir el espermatozoides (recién retirado o criopreservado) posteriormente para fecundarlos y trasladarlos al criadero (hatchery) para su incubación. La incubación consta de tres fases: 1) formación de embrión, 2) eclosión o nacimiento, y 3) reabsorción del saco vitelino. Sólo la primera fase se realiza en la sala de

incubación de la granja de reproductores, mientras que las dos siguientes se suele llevar a cabo en las hatcheries donde se criarán los alevines (ver sección 3.2.). Tras la formación del embrión (200° C/ día aprox.), los huevos son clasificados, seleccionados y transportados (y/o vendidos) a los criaderos en bandejas agujereadas y cajas de poliestireno, con hielo, para mantener una atmósfera húmeda y fría y poder recorrer grandes distancias.

Para conseguir una descendencia de sólo hembras, los machos reproductores son neomachos, resultado de un shock térmico o inducción hormonal, portando cromosomas X en su espermatozoides. Además, se pueden convertir las hembras monosexo en triploides (tres series de cromosomas) que serán estériles, y que se pueden comercializar en tamaños y edades mayores. La triploidía se desarrolla exponiendo huevos hembras recién fertilizadas a un shock de presión o temperatura, resultando individuos con cromosomas 3n y por tanto estériles.

Tabla 1: Aspectos más relevantes para el bienestar de las truchas arcoíris durante la fase de reproducción

Aspectos más relevantes para el bienestar de las truchas arcoíris durante la fase de reproducción		
Ambiente y Confinamiento	Diseño y dimensiones	Uso del espacio, distribución
	Iluminación y Temperatura	Influyen en reproducción
	Calidad del agua	Salud y bienestar general
	Caudal del agua	Renovación, oxigenación, corrientes
	Densidades	Uso del espacio, Interacciones sociales
Manejo y Mantenimiento	Revisiones gonadales	Práctica pautada con manipulación y anestesia
	Inducción hormonal	Procedimiento puntual/ocasional con manipulación
	Limpieza de tanques	Operaciones rutinarias inducen estrés
Alimentación	Estrategia de alimentación	Cubrir necesidades fisiológicas y comportamentales
Salud animal	Revisiones de salud	Observaciones rutinarias con manipulación y anestesia
	Vacunación, Tratamientos	Procedimiento pautado
Transporte	Traslados	Con salabres o lonas, a nivel individual. En tanques con agua o tuberías
Punto final	Sacrificio	Vejez, mala calidad de puesta, sobredosis, electronarcosis

3.2. Eclosión y alevinaje

En los criaderos se reciben los huevos embrionados y tras su aclimatación, se lleva a cabo la fase final del proceso de incubación. Para el eclosionado se suelen utilizar bandejas, tubos o enrejados, y puede durar de 2 a 10 días. Tras retirar las bajas, y una vez eclosionados, los alevines conservan el saco vitelino. Se mantienen en bandejas o incubadoras sin luz directa o a oscuras, pues huyen de la luz, hasta que están listos para ser alimentados. Nadan de forma descoordinada y cuando reposan se mantienen acostados sobre un lateral. La membrana que protege el saco es muy sensible, y cualquier mal manejo puede causar muchas pérdidas. La reabsorción dura 180° C/día (aprox.), y la supervivencia de la incubación es muy variable, oscilando entre el 50% y el 90%. Tras reabsorber el saco vitelino, finalizar el desarrollo de la boca y branquias, y subir a la superficie para llenar por primera vez la vejiga natatoria, ya pueden empezar una alimentación que suele ser a base de pienso en forma de harina (microgránulos).

En estos centros se crían alevines en tanques circulares o rectangulares (de PVC, fibra de vidrio u hormigón), con un caudal adecuado y aporte de oxígeno. La densidad de cultivo varía mucho en función de la renovación y la calidad del agua, la disponibilidad de oxígeno, las dimensiones del recinto y el tamaño de las truchas arcoíris, pudiendo oscilar entre 15 y 100 kg/m³. Los tanques suelen estar cubiertos para evitar un exceso de exposición a la luz y mantener la temperatura del tanque, y presentan una profundidad menor de un metro. En esta fase los alevines tienen una natación dorso-ventral, y comienzan a buscar comida. La alimentación se realiza a mano los primeros días y muy frecuentemente, pasando gradualmente a alimentación automática o “a demanda”, en función del crecimiento, el comportamiento y las condiciones ambientales. Para reducir la dispersión en los tamaños se lleva a cabo un desdoblamiento del tanque o clasificación por tallas. Existen métodos manuales de clasificación con barrotes o tuberías, aunque normalmente se bombean los peces a máquinas que contienen un juego de tubos o cintas paralelas que los separa por tamaños. Tras la clasificación, las truchas arcoíris son trasladadas a otro



tanque en contenedores, bolsas, empleando bombas o pequeños vehículos de transporte. Si se trasladan a tanques en el exterior pueden ser susceptibles a cambios en la calidad del agua, la luz, y posibles depredadores.

Durante el alevinaje, las truchas arcoíris son vacunadas siguiendo el plan vacunal de cada explotación, en ocasiones varias veces. La elección del método de vacunación dependerá de la enfermedad a prevenir, del número y tamaño de peces a vacunar y del tiempo y equipos disponibles. La vacunación se puede realizar mediante inmersión, o inyección intraperitoneal (manual o automatizada).

En la vacunación intraperitoneal, se les aplica un baño anestésico preparado según prescripción. Se les mantiene en ayuno durante 24 o 48 horas antes de cualquier manipulación o manejo, como la vacunación o clasificación, con el objetivo de disminuir su metabolismo. Según continúa el crecimiento, se controla el oxígeno disuelto y los peces se trasladan a tanques más grandes para reducir la densidad. Durante los traslados y manipulaciones, se pueden realizar también pesajes y conteos del lote. En la cría de alevines la supervivencia ronda el 75-90%, y se suelen trasladar a los estanques o instalaciones de engorde a partir de 5 g de peso.

Tabla 2: Aspectos más relevantes para el bienestar de las truchas arcoíris durante la fase de alevinaje

Aspectos más relevantes para el bienestar de las truchas arcoíris durante la fase de alevinaje		
Ambiente y Confinamiento	Diseño y dimensiones	Uso del espacio, distribución
	Iluminación y Temperatura	Intensidad, fotoperiodo y temperatura, fases
	Aireación	Oxigenación muy relevante
	Calidad del agua	Salud y bienestar general
	Caudal del agua	Renovación, oxigenación, corrientes, fases
	Densidades	Uso del espacio, Interacciones sociales
	Depredadores	Tanques en el exterior
Manejo y Mantenimiento	Manipulaciones	Conteos, pesajes, traslados, vacunaciones
	Limpieza de tanques	Operaciones rutinarias (pueden inducir estrés)
	Clasificación/desdoble	Calibre manual, cajas o máquina clasificadora
Alimentación	Estrategia de alimentación	Manual, automático, a demanda
	Ayunos	Previo traslado, vacunación o manejos
Salud animal	Bioseguridad	Extremar higiene, riesgo de infección
	Revisiones sanitarias	Incluye manejo y/o sacrificio
	Tratamientos	Prescritos y supervisados por veterinario
	Vacunación	Baños o inyecciones intraperitoneales
Transporte	Traslados	Contenedores, bolsas o vehículos de transporte
	Largas distancias	Traslados a instalaciones de engorde, vehículos
Punto final	Sacrificio	Descartes, sobredosis o electronarcosis

3.3. Pre-engorde y engorde

En las fases de pre-engorde y engorde se crían alevines y juveniles, respectivamente, hasta que alcanzan un tamaño mínimo para consumo, que pueden ser truchas arcoíris pequeñas o de ración (200-500 g), o de mayor tamaño (1000-3000 g). Las truchas arcoíris se engordan en estanques o balsas rectangulares, de pvc, hormigón o excavados en el suelo. La longitud, ancho y profundidad de los recintos dependerá del aprovechamiento del terreno, pero suele buscarse una profundidad de un metro aproximadamente para facilitar el manejo y adecuarlo a las necesidades biológicas de la trucha arcoíris. Según el diseño y dimensiones de los recintos se pueden encontrar estanques en serie (uno a continuación de otro para mejor aprovechamiento del agua, con saltos para la oxigenación) o en paralelo (adosados por los laterales), así como canales de mayor longitud (*raceways*) o con forma serpenteante.

Se parte de alevines de unos 10-20 g y a medida que las truchas arcoíris van creciendo se distribuyen en estanques mayores. La densidad de cultivo varía mucho en función de la renovación y la calidad del agua, la disponibilidad de oxígeno, las dimensiones del recinto y el tamaño de las truchas arcoíris. Las densidades en la práctica actual en España oscilan entre 15 y 100 kg/m³ al final del ciclo de producción. Cabe añadir que el desarrollo gonadal temprano de los peces cultivados durante la fase de engorde incide negativamente en el resultado económico de la explotación. Con el desarrollo de los caracteres sexuales secundarios, el índice de conversión se dispara, ya que toda la energía se dirige a la producción de esperma o huevos, y el valor comercial de los ejemplares disminuye.

En condiciones rutinarias las cifras de mortalidad en engorde reportadas con más frecuencia para trucha arcoíris son del 2 al 15%. Durante la fase de engorde las truchas arcoíris también son sometidas a clasificación y vacunación, realizándose de manera similar a la descrita en la fase de alevinaje (*sección 3.2.*). No obstante, en los tanques rectangulares también se puede emplear una rejilla clasificadora, moviéndola de lado a lado o atrayendo a los peces con alimento,

donde sólo las truchas arcoíris más pequeñas pueden atravesarla.

Para el traslado entre estanques después de cada procedimiento se utilizan generalmente el bombeo automático o el tornillo sin fin, mediante los cuales las truchas arcoíris van siempre en agua. Antes de clasificar o de cualquier otra operación de manejo (transporte, vacunación, etc.) conviene mantener las truchas arcoíris de uno a tres días en ayuno. En caso de transportes de grandes distancias, los ayunos pueden llegar a ser más prolongados (hasta 6-7 días), dependiendo de la temperatura del agua. La digestión supone un gran gasto de oxígeno y energético, por lo que hace al pez más vulnerable al manejo. También se realiza un ayuno previo al sacrificio, cuya duración también dependerá de la temperatura del agua. Así su aparato digestivo estará totalmente vacío en el momento del procesado, y al no entrar en contacto las enzimas digestivas con el músculo, se alarga la vida útil del producto. Durante el procedimiento de sacrificio, se concentran las truchas arcoíris con redes o librillos para bombearlas o ser recogidas con salabres y, en algún caso, se puede llegar a bajar el nivel del agua.

Actualmente, los métodos de sacrificio empleados son diversos y varían según las empresas, así como con el tamaño de las truchas arcoíris a sacrificar. Algunas empresas utilizan agua y hielo como método de sacrificio. Otras emplean aturdimiento mediante CO₂ seguido de sacrificio en agua/hielo, o percusión seguido de desangramiento mediante corte de agallas. El aturdimiento por percusión es el más empleado para truchas arcoíris de gran tamaño, pero no se practica en las truchas arcoíris de menor tamaño por imposibilidades biológicas y técnicas, y el desangrado no es necesario. No obstante, el método más extendido es el aturdimiento y/o sacrificio con sistemas eléctricos, seguido de una inmersión en agua/hielo, el cual se puede emplear en un amplio rango de tamaños de truchas arcoíris.



© Riverfresh Regua S.L.U.

Tabla 3: Aspectos más relevantes para el bienestar de las truchas arcoíris durante la fase de pre-engorde y engorde

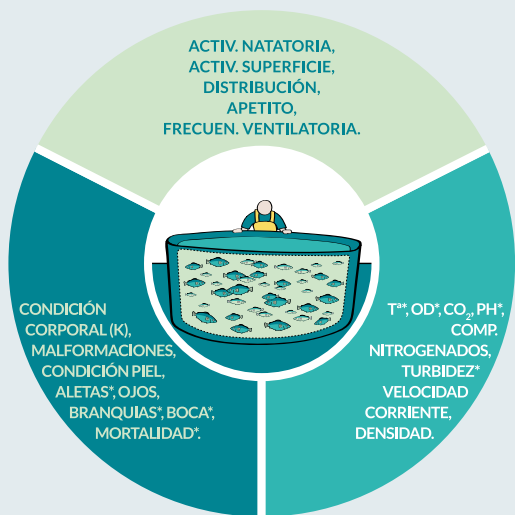
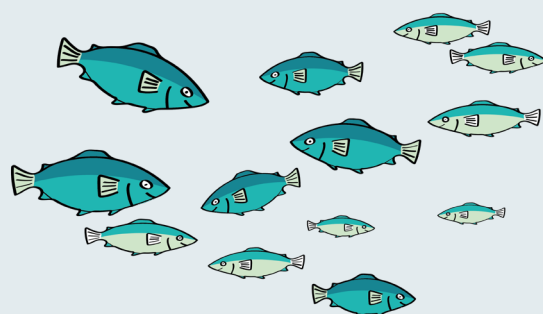
Aspectos más relevantes para el bienestar de las truchas arcoíris durante la fase de pre-engorde y engorde		
Ambiente y Confinamiento	Diseño y dimensiones	Uso del espacio, distribución
	Temperatura y Oxígeno	Control esencial engorde en exterior
	Caudal del agua	Oxigenación, corrientes
	Calidad del agua	Salud y bienestar general
	Densidades	Salud y bienestar general
	Depredadores	Presencia varios (en ambos sistemas)
Manejo y Mantenimiento	Limpieza de redes	Operaciones rutinarias (pueden inducir estrés)
	Extracción bajas	Operaciones rutinarias (pueden inducir estrés)
	Clasificación/desdoble	Rejilla o máquina clasificadora
Alimentación	Estrategia de alimentación	Esencial
	Ayunos	Previo traslados, manejos y sacrificio
Salud animal	Revisiones sanitarias	Incluye manejo y/o sacrificio
	Tratamientos	Control Sanitario, vacunaciones
	Vacunaciones	Baños o inyecciones intraperitoneales
Transporte	Traslados	Bombeos entre estanques
	Largas distancias	Traslados entre instalaciones, vehículos
Final de ciclo	Pre-sacrificio	Concentración, ayuno, manipulación
	Sacrificio	Varios métodos. Aturdimiento previo

4. BIENESTAR Y BUENAS PRÁCTICAS EN LA CRÍA DE LA TRUCHA ARCOÍRIS

Para una correcta evaluación y seguimiento del bienestar y prácticas de cría de la trucha arcoíris se recomienda **emplear indicadores operacionales esenciales** (externos, comportamentales y ambientales) ante distintos procedimientos y fases de producción (ver Anexo). Así mismo, es conveniente aplicar otros indicadores para una evaluación más precisa y completa, pues aportan mayor representatividad, siempre y cuando sea posible y sin afectar el buen desarrollo de las actividades rutinarias que puedan compro-

meter el bienestar de las truchas arcoíris. Ver *sección 2 (Indicadores de bienestar para trucha arcoíris)* con información detallada acerca de cada indicador. Además, se recomienda llevar un **registro de los valores de los indicadores** monitorizados que permita evaluar objetivamente el bienestar de las truchas arcoíris en los distintos puntos críticos de su ciclo de vida. De ese modo, se puede plantear e implementar una serie de medidas de actuación y gestión adecuadas.

4.1. Ambiente y confinamiento



Cantidad y calidad del agua

La calidad del agua es esencial para asegurar la salud y el bienestar de las truchas arcoíris. La crianza de esta especie en ambientes convencionales tiene como característica principal la utilización de ríos, arroyos y manantiales como fuente de abastecimiento de agua, por lo que una buena localización de las instalaciones es esencial, que le permita un flujo de agua constante, suficiente para el nivel de producción estimado, contando con las renovaciones necesarias para mantener una alta calidad. Por ello, es necesario realizar un estudio del flujo de agua apto para las distintas fases de producción que asegure una buena renovación del volumen de agua y oxigenación, y disminuya cambios bruscos de los parámetros de calidad.

Indicadores operacionales esenciales seleccionados a registrar y monitorear para evaluar el bienestar de las truchas arcoíris en función del ambiente y confinamiento. Estos indicadores se utilizan en todas las fases de producción, siendo los marcados con un asterisco () los más relevantes para reproductores.*



La cantidad y calidad del agua determinan el éxito o fracaso de la actividad. En cuanto a calidad del agua, existe una serie de parámetros esenciales y no esenciales (ver *Anexo*) relacionados con el agua que se deben monitorizar y registrar regularmente. Este monitoreo debe realizarse de forma regular, y con la mayor frecuencia posible. La frecuencia dependerá del parámetro, y hasta cierto punto de los sistemas disponibles. De esta forma se permite el control y evaluación de posibles cambios ambientales adversos en la población, causados por la misma práctica de la acuicultura, otros impactos antropogénicos o eventos meteorológicos. Por lo tanto, su continua monitorización ofrecerá una imagen mucho más precisa de las condiciones en las que viven los peces y permitirá reaccionar a tiempo para evitar o paliar el impacto en los peces.

Es especialmente relevante considerar la situación climática de incremento de temperaturas que en los últimos años está conllevando a eventos críticos y extremos para la cría de la trucha arcoíris, debiendo adaptar las operaciones de producción a las condiciones ambientales que experimentan. Otro de los parámetros esenciales en la calidad del agua para la trucha arcoíris es la concentración de oxígeno. Se emplea oxígeno puro inyectado en el caudal del agua para aumentar el oxígeno disuelto en agua. En algunas instalaciones también se pueden observar otros métodos, como la rotura de agua (por saltos o cascadas) y la aireación, existiendo sistemas automáticos que detectan la disminución del oxígeno disuelto y activan los aireadores, que movilizan al aire atmosférico al fondo del estanque, apareciendo en forma de burbujas y realizándose el intercambio gaseoso.

En ocasiones, los valores de los parámetros de calidad del agua pueden oscilar y llegar a niveles per-

judiciales para las truchas arcoíris, por lo que se deberán proveer los medios para que éstas sufran lo menos posible. Por ello, es recomendable que, para cada instalación y especie, exista un plan de acción que desglose los umbrales límite de cada parámetro y las acciones a seguir en caso de que ocurra (p.ej. en el Plan de Bienestar Animal en caso de que exista o en los procedimientos estándar).

Diseño, dimensión y ambientación de las instalaciones

El diseño y dimensiones del recinto deben ser adecuadas a las necesidades de la especie, permitiéndoles cumplir con sus necesidades fisiológicas y comportamentales, y procurando las mejores condiciones, calidad y espacio suficiente para moverse libremente por toda la instalación. Además, deben evitarse materiales dañinos y/o estructuras con formas que puedan provocar heridas u otros daños físicos¹³. El color y la iluminación del recinto deben ser apropiados y se procurará evitar los ruidos ambientales elevados para no inducir estrés, perjudicar a la salud de los animales, ni alterar su biorritmo.

Los individuos reproductores se deben mantener en tanques adecuados (de cemento o fibra de vidrio circulares o con aristas redondeadas), manteniendo la duración del periodo de puesta y alternando los distintos stocks, para conseguir puestas en todas las épocas del año con diferentes poblaciones, promoviendo las puestas naturales. De igual modo, durante las fases de alevinaje y engorde, se han de mantener a las truchas arcoíris en tanques de cemento, fibra de vidrio o de tierra, sin bordes abruptos y a unas densidades óptimas que les permitan desarrollar su comportamiento normal, así como un eficiente uso del espacio y distancia mínima entre ellas.

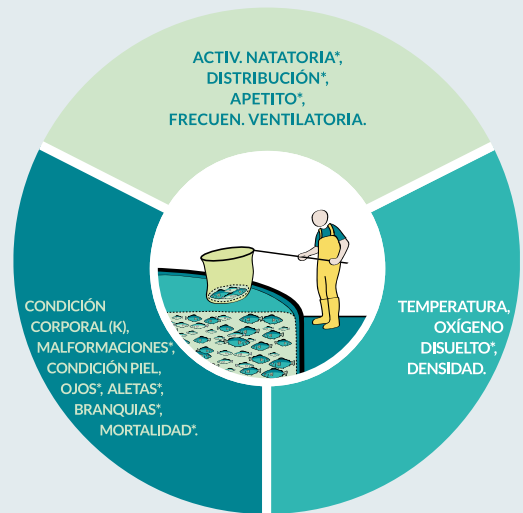
La densidad debería definirse y optimizarse entre ciclos de acuerdo a los parámetros fisiológicos, comportamentales y de calidad del agua específicos para cada localización manteniendo como orientación un máximo establecido y teniendo en cuenta la duración de cada fase. Se han de emplear indicadores operacionales de bienestar esenciales (ver Anexo) para evaluar y asegurar un buen estado de bienestar bajo las densidades empleadas. Se utilizará enriquecimiento ambiental cuando sea posible (ver sección 6), siempre y cuando no perjudique al bienestar de los peces o al proceso de producción. En instalaciones en el exterior (estanques de cemento o tierra), se pueden cubrir las unidades de producción con una lona o techado que reduzca la incidencia e intensidad de la luz solar, y con ello los posibles efectos negativos en el bienestar de las truchas arcoíris, sobre todo durante la fase de alevinaje.

Plan de gestión para la interacción con la fauna local y depredadores

Los sistemas de producción de trucha arcoíris que se localizan en el exterior suelen estar ubicados en zonas naturales, de alto valor ecológico, donde interactúan con la fauna y ecosistemas locales. La presencia de depredadores (aves piscívoras o pequeños mamíferos) puede causar estrés y mortalidades en las truchas arcoíris, así como una serie de desperfectos en las instalaciones, y con ello pérdidas económicas^{13,86}. Las empresas de producción cuentan con estudios de impacto y planes de vigilancia ambiental en vigor, que aseguran una actividad sostenible y respetuosa con la naturaleza que les rodea. En los procedimientos de evaluación ambiental de las empresas se describe a los depredadores habituales de la zona donde se ubica la instalación, y respecto a sus instalaciones, se contemplan las interacciones con la fauna local y, en especial, con potenciales depredadores, dentro de las normativas vigentes (Ley 33/2015). Existen guías de actuación que previenen la atracción de la fauna local hacia las granjas en la medida de lo posible (por ejemplo, no alimentar a la fauna salvaje) y procedimientos que eviten el acceso de los depredadores circundantes a los peces (por ejemplo, el uso de

redes para evitar la entrada de las aves piscívoras en los recintos de cría o barreras para impedir el acceso a pequeños mamíferos terrestres), así como los métodos que se deben emplear para sacar a estos depredadores de las instalaciones cuando ocurra.

4.2. Manejo y mantenimiento



Indicadores operacionales esenciales seleccionados, a registrar y monitorear para evaluar el bienestar de las truchas arcoíris en función del manejo y manipulación. Estos indicadores se utilizan en todas las fases de producción, siendo los marcados con un asterisco () los más relevantes para reproductores.*

Manipulación de las truchas arcoíris

La manipulación de los peces son procesos estresantes que frecuentemente están relacionados con la exposición al aire (ver arriba). Además, son procesos en los que, al concentrarlos y usarse redes para capturarlos, los peces pueden sufrir rozaduras y heridas, perder escamas y la capa de mucus, que es un componente importante contra las infecciones, para la osmorregulación e incluso la locomoción¹¹. Por tanto, la manipulación de las truchas arcoíris debe ser cuidadosa, limitada a lo estrictamente necesario, y dirigida a individuos

en buena condición de salud. Maniobras rutinarias de manejo como inspecciones de salud, crecimiento o clasificación por tallas han de ser realizadas apropiadamente reduciendo el estrés, por un personal cualificado y maquinaria especializada, atendiendo así a su bienestar y necesidades biológicas¹³. Se aconseja el empleo de sedantes naturales y bombas para manipular y trasladar las truchas arcoíris. Además, se deben minimizar cambios repentinos de temperatura durante la manipulación o traslados, para evitar una fuente de estrés duradera y de severidad moderada, así como proveer de altos niveles de oxígeno en el agua. Se debe garantizar por tanto el suministro de oxígeno complementario mediante sistemas adicionales en el agua que aseguren así los niveles de saturación del mismo. Los materiales y aparatos empleados para el manejo (redes, tubos, cubos, bombas, etc.) deben diseñarse y cuidarse de forma que eviten cualquier daño y deben encontrarse en perfecto estado. Se recomiendan revisiones rutinarias para asegurar unas condiciones óptimas. En el caso de haber una manipulación directa, el/la operario/a debe haber recibido una formación adecuada, ejecutando buenas prácticas (p.ej. empleo de guantes para evitar daños en la piel y posibles infecciones, empleo de redes para movimientos, sostenerlo correctamente con ambas manos, etc.) que aseguren las mejores condiciones de bienestar para la trucha arcoíris¹³.

Evitar o limitar la exposición al aire

La incapacidad de respirar mientras se manipulan fuera del agua, y experimentar todo su peso al carecer del soporte proporcionado por el agua, causa mucho estrés a las truchas arcoíris, disminuyendo su bienestar. En consecuencia, puede hacerlas más vulnerables a enfermedades e incluso reducir su capacidad y calidad reproductora. Lo más adecuado es limitar, e incluso evitar, esta exposición al aire¹³. Sin embargo, cuando no sea posible, el tiempo de exposición debe reducirse a un máximo de 15 segundos, manteniéndolas húmedas, y asegurándose que se sostenga todo el peso del cuerpo durante toda la manipulación. En el caso que sea necesario superarlo (p.ej. durante un chequeo de madurez sexual en reproductores o de parásitos), las tru-

chas arcoíris deben ser sedadas o anestesiadas, manteniendo el cuerpo húmedo y observando su recuperación tras la manipulación.

Procedimiento de clasificación

La clasificación por tallas se usa para limitar la variación de tamaños de los individuos en un mismo lote y, hasta cierto punto, puede ser beneficiosa para evitar la agresividad y facilitar su acceso al alimento. Sin embargo, es un proceso estresante que puede perjudicar el bienestar de las truchas arcoíris, debiendo reducirse al mínimo las veces que se realiza, sólo cuando sea absolutamente necesario. También, ha de considerarse que una exposición repetida a estímulos adversos (manipulación o manejo) puede causar un mayor impacto en los peces con el tiempo. Una buena estrategia de alimentación puede ayudar a reducir la variabilidad en tallas, y con ello, la clasificación. En el caso de realizarse, deberían usarse métodos que reduzcan el estrés del proceso, p.ej. caja de gradeo (alevines), redes de barrido o bombeo y maquinaria especializada sin manipulación directa (juveniles). Durante la clasificación por tallas o depuración por deformidades, se recomienda sedar a las truchas arcoíris y reducir al mínimo el tiempo de clasificación. El personal que lleva a cabo este procedimiento ha de estar debidamente formado y especializado. Se recomienda la observación posterior de la recuperación de las truchas arcoíris tras la clasificación.

Maniobras de concentración

La concentración es un proceso sumamente impactante que requiere de una evaluación de riesgos previa y una gestión combinada entre los responsables de producción y bienestar. Provoca una elevada respuesta de estrés en las truchas arcoíris, que puede durar varios días antes de su recuperación. Empobrece significativamente el bienestar y puede dar origen a rozaduras y heridas cutáneas que pueden conllevar a serias infecciones. Por ello, se recomienda limitar al mínimo imprescindible la repetición de aglomeraciones para vacunaciones, clasificaciones y despesques, concentrando densidades bajas de peces, reduciendo su duración



y frecuencia, y empleando redes de tamaño adecuado y en buen estado. Se debe llevar a cabo por personal formado y con experiencia ¹³. Además, los parámetros de calidad del agua se resienten de forma importante pudiendo incluso dañar las branquias y afectar la salud de los peces. Por tanto, se ha de monitorizar la calidad del agua, como mínimo el oxígeno, y observar el comportamiento de los peces (p.ej. posibles síntomas de asfixia en la superficie) y sus condiciones externas (p.ej. condición de la piel y agallas) para controlar que la intensidad de la concentración no sea excesiva y que no estén sufriendo un estrés demasiado alto, en cuyo caso se debería detener el proceso.

Limpieza del recinto de cría y sistemas

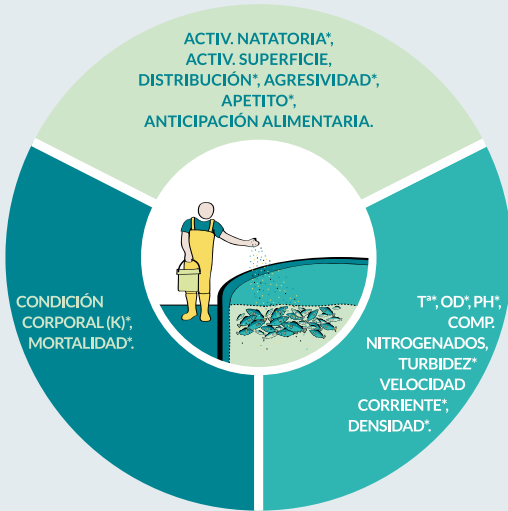
En la producción de trucha arcoíris en tanques y estanques, la limpieza y desinfección forman parte del Plan de Bioseguridad y tiene el objetivo de eliminar material orgánico para así destruir o inactivar agentes patógenos. El procedimiento dependerá del propósito (prevención, control o erradicación de enfermedades), aplicando en todos los casos una metodología que asegure la limpieza y eliminación de agentes infecciosos de los tanques sin perjudicar el bienestar de las truchas arcoíris durante el proceso. En el caso de desinfecciones más profundas, los peces deben trasladarse a otro tanque para poder drenarlo y limpiarlo a fondo (p.ej. con hipoclorito, detergentes y otros productos legalmente autorizados). Además, debido al entorno natural de muchas piscifactorías de trucha arcoíris, es posible que materia orgánica (hojas, palos o plantas acuáticas) puedan quedarse atascados en las rejillas de entrada y salida del

agua en los sistemas de cría. Esto resulta en un reducido flujo de agua y posiblemente una peor calidad, lo cual puede tener consecuencias graves para los peces, ya que pueden acabar siendo expuestos a condiciones no deseadas (poco oxígeno, altos niveles de sólidos en suspensión). Por lo tanto, es muy importante monitorear con una frecuencia adecuada el estado de las rejillas de entrada y salida de agua de estanques y canalizaciones, manteniéndolas en buen estado y libres de obstáculos.

Recogida de mortalidad y peces moribundos

La mortalidad y presencia de peces moribundos pueden ser un foco de dispersión de enfermedades dentro de los recintos y contribuyen a la degradación de la calidad del agua ¹³. Además, es importante contabilizar las bajas para la gestión de la granja, pudiendo dar la alarma si la mortalidad es demasiado grande y analizar apropiadamente la causa de la muerte. Idealmente, la observación y monitorización de los individuos muertos y moribundos se realiza de forma diaria mediante un responsable autorizado, siendo analizados en el caso de mortalidades por encima de lo habitual para determinar la mortalidad y gestionarla de forma correspondiente. La extracción de estos individuos se realiza de forma periódica, adaptándose a las circunstancias, garantizando así la higiene. Las truchas arcoíris moribundas sacadas del agua deben ser sacrificadas de forma humanitaria (ver sección 4.6.: *procedimiento de sacrificio*) para que no sufran innecesariamente.

4.3. Alimentación



Indicadores operacionales esenciales seleccionados, a registrar y monitorear para evaluar el bienestar de las truchas arcoíris en función de la alimentación. Estos indicadores se utilizan en todas las fases de producción, siendo los marcados con un asterisco () los más relevantes para reproductores.*

Estrategia de alimentación adecuada

Una buena estrategia de alimentación puede ayudar a mantener el bienestar, salud y eficiencia en la cría de la trucha arcoíris, dado que los regímenes, horarios y características del alimento tiene un gran impacto. El número de tomas dependerá de la etapa del ciclo de cría, pero siempre se ha de tener en cuenta el apetito e ingesta de los peces a lo largo del día y de la época del año, así como de las condiciones ambientales. Las truchas arcoíris se satisfacen rápidamente durante una toma y realizan la digestión con relativa rapidez (en pocas horas, sobre todo a tem-

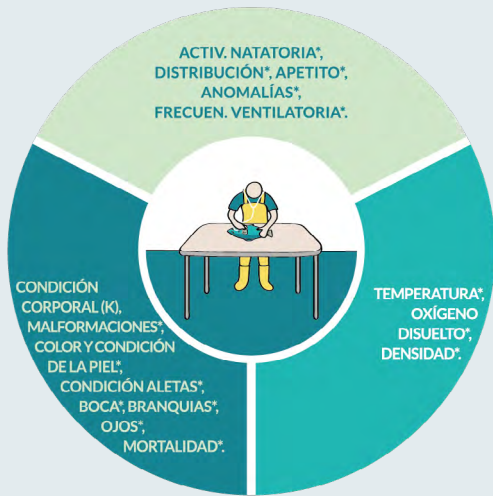
peraturas elevadas), por lo que suelen necesitar más de una toma alimentaria al día. Además, la estrategia de alimentación debería asegurar que todas las truchas arcoíris tienen acceso al alimento sin generar competencia. Existe la opción de usar alimentadores automáticos, que trabajan bien en ese sentido, y las truchas arcoíris se adaptan bien a la autodemanda^{87,88}.

Gestión de los periodos de ayuno

La privación de comida incrementa la sensibilidad de la trucha arcoíris al estrés inducido, pero es un procedimiento necesario para su bienestar, además de como requisito de sanidad alimentaria y una mejora del producto. Al reducir su metabolismo y vaciar su tracto digestivo de manera previa a otros procedimientos, su respuesta frente al estrés será menor. Durante el manejo se ha de reducir la duración de los ayunos sin superar los 20 °C/día o las 72 horas⁸⁹, lo que ocurra primero, por lo que la duración dependerá de la temporada y temperatura del agua⁹⁰. De igual modo, a fin de evitar repeticiones de ayunos en el tiempo, en transportes o despuesques los ayunos pueden extenderse hasta un límite de 55 °C/día o 5 días, lo que antes ocurra. Los periodos de ayuno deben realizarse únicamente cuando es absolutamente necesario y bajo el consejo de un veterinario (al menos la primera vez que se lleve a cabo), en base al bienestar de los peces e higiene alimentaria, y nunca por mejoras percibidas con enfoque a la calidad del producto. Debe evitarse la repetición de ayunos para permitir a los peces recuperarse, por lo que no se deben concatenar varios periodos de ayuno. De necesitar extenderse, debería ser únicamente por razones de bienestar de los peces y bajo estricto control veterinario. En cualquiera de los casos, se recomienda el empleo de un amplio número de indicadores para monitorizar y evaluar el estado de bienestar y permitir la aplicación de medidas de gestión a tiempo.



4.4. Salud animal



*Indicadores operacionales esenciales seleccionados a registrar y monitorear para evaluar el bienestar de las truchas arcoíris en función de la **salud animal**. Estos indicadores se utilizan en todas las fases de producción, siendo los marcados con un asterisco (*) los más relevantes para reproductores.*

Plan de Bienestar Animal

Se recomienda que cada instalación disponga de un Plan de Bienestar Animal específico, de acuerdo con el tamaño de la explotación y debería incluir las consideraciones mínimas del Anexo II del [Real Decreto 348/2000](#). Éstas se resumen en: “a) descripción de las condiciones estructurales y ambientales de la explotación, b) evaluación de factores de riesgo para el bienestar de los animales incluyendo el riesgo de desastres naturales (tales como inundaciones, terremotos, tsunamis, fuerte oleaje, corrientes, existencia de depredadores o incendios) de acuerdo con las características del lugar donde se encuentra la explotación y c) plan de acción con medidas a adoptar sobre los riesgos identificados”. Además, este plan deberá ser diseñado y revisado de forma regular por un veterinario y/o profesional responsable del bienestar animal. La periodicidad de la revisión estará definida en el mismo plan, sugiriéndose una revisión cada 2 años al

menos. El plan deberá desglosar: a) persona responsable del bienestar y salud de los peces; b) procedimientos críticos que puedan afectar a la salud y bienestar de los peces; c) enfermedades frecuentes o susceptibles de contraerse, así como sus síntomas, formas de diagnóstico y tratamiento; d) procedimientos de actuación para asegurar la salud y bienestar de los peces según los casos que se presenten; e) protocolo detallado de evaluación del bienestar basado en indicadores operacionales específicos.

Vacunación

El uso de vacunas está probado como una herramienta eficiente para limitar la incidencia de enfermedades y asegurar una mejor salud y bienestar de los peces. Aun así, la vacunación puede ser estresante porque puede implicar concentración de los individuos, tiempo fuera del agua, manipulación y además una inyección. El proceso debe realizarse minimizando el estrés causado por todos sus pasos a lo largo del mismo, p.ej. a igual efectividad, mediante el uso de sedantes o anestésicos, y se ha de realizar un seguimiento de posibles efectos en las truchas arcoíris tras su vacunación.

Tratamientos antibióticos

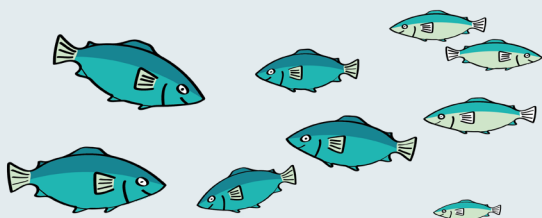
Los antibióticos son una herramienta esencial para combatir enfermedades bacterianas, tanto entre los humanos como en la cría de animales como es la acuicultura. Los antibióticos no deben usarse de forma profiláctica, y su uso debe estar limitado a casos diagnosticados, ya que pueden generar resistencias entre las bacterias objetivo, amenazando su utilidad y creando una falta de herramientas con las que combatir esas enfermedades. El uso de antibióticos definidos como críticos para humanos deben usarse únicamente cuando es estrictamente necesario y como último recurso. Tipos de antibióticos críticos para el ser humano son: quinolonas, cefalosporinas (3ª y 4ª generación), macrólidos, cetólidos y glicopéptidos.

El plan de sanidad y bienestar debe definir el responsable de decidir el tratamiento de los peces después de un diagnóstico, y definir las razones para su uso. Cuando la ocasión así lo requiera, y

no existan otras opciones, los antibióticos pueden usarse (bajo preinscripción veterinaria) para asegurar el bienestar de los peces y sin sustituir las buenas prácticas en la cría de los peces. Cualquier empresa piscícola debería tener un plan de reducción del uso de antibióticos estableciendo objetivos específicos de uso tanto materiales como temporales. El uso de los antibióticos debe registrarse y divulgarse junto a la razón de su uso para evaluar la consecución del objetivo.

Tratamientos no antibióticos o antimicrobiales

Cada empresa debe mantener un Plan Sanitario Integral, tener un veterinario responsable conforme las normas en vigor y ser implementado por parte del acuicultor. Debería darse preferencia al uso de métodos preventivos (p.ej., uso de inmunoestimulantes naturales, probióticos y prebióticos), en lugar de reactivos para evitar así la necesidad de tratar a los peces. Los tratamientos y usos de antimicrobianos se rigen por el [Real Decreto 666/2023](#) por el que se regula la distribución, prescripción, dispensación y uso de medicamentos veterinarios. Así como con los antibióticos o las vacunas, estos tratamientos no deben sustituir las buenas prácticas de crianza.



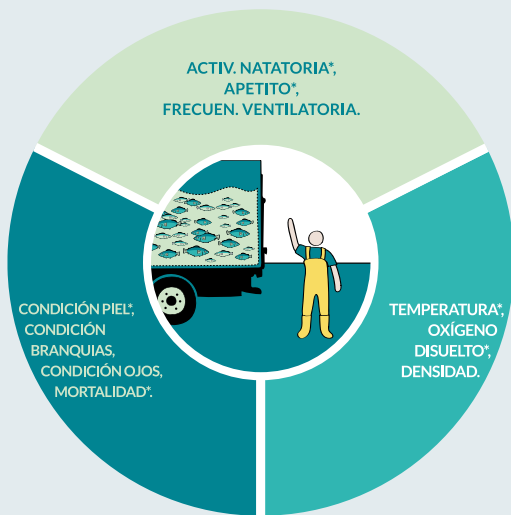
Registro y definición de la mortalidad por causas

Aunque la mortalidad es un indicador retrospectivo de lo ocurrido en la granja, sigue siendo un indicador valioso vinculado a la detección de enfermedades o problemas subyacentes que pueden afectar al bienestar de los peces. Por tanto, debe ser registrada periódicamente y, siempre que sea posible, investigado su origen. El Plan de Bienestar Animal debe desglosar las mortalidades a incluir en el cálculo de la tasa de mortalidad con sus respectivos planes de investigación. En la práctica productiva, es más habitual hablar de totales o de medias de mortalidad para lotes finalizados. Para su cálculo se recomienda: i) uso de la mortalidad de cada lote finalizado durante los dos últimos años, avanzando de forma rotacional, para calcular la media; ii) la media debe ir acompañada de medidas de dispersión; iii) se aconseja el uso de la mediana y moda, para informar mejor de la mortalidad experimentada. Además, es recomendable incluir en el cálculo de la mortalidad del lote las pérdidas ocasionadas por eliminaciones selectivas (descartes). En ocasiones, puede incrementarse rápidamente pasando a denominarse mortalidad aguda, indicando un problema crítico de salud o bienestar en el vivero. La contabilización de la cantidad de ocurrencias de estos eventos ofrece una información complementaria sobre la gestión de los animales más adecuada para su salud y bienestar. Los eventos de mortalidad aguda deberían ser registrados junto a la causa que los ocasionó.



© Grupo Caviar Pirinea

4.5. Transporte



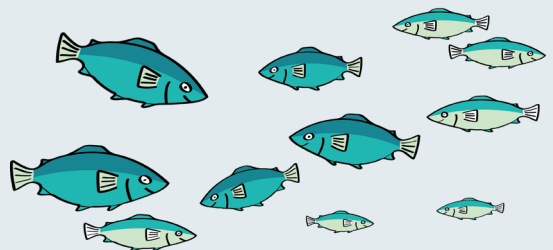
Indicadores operacionales esenciales seleccionados a registrar y monitorear para evaluar el bienestar de las truchas arcoíris en el transporte. Estos indicadores se utilizan en todas las fases de producción, siendo los marcados con un asterisco () los más relevantes para reproductores.*

Transporte de corta o larga distancia

Es una etapa crítica para el bienestar, trasladándose los individuos de una unidad o instalación a otra¹³. Para evitar un estrés adicional, los contenedores de almacenamiento y transporte únicamente podrán transportar individuos en buen estado de salud, salvo emergencias, en cuyo caso deberá contar con aprobación veterinaria. Se podrán emplear sedantes para el manejo previo y posterior al transporte, dejando 1,5 horas de renovación de agua anteriormente al mismo. Además, se debe proveer un suministro adicional de oxígeno, ya sea por aireación o inyección de oxígeno puro, para así mantener un nivel de saturación entre 150-200%. Además, los contenedores de almacenamiento y transporte deben: a) llevar aislamiento térmico, b) estar llenos de agua (filtrada) procedente del lugar donde se han obtenido los peces, c) carecer de esquinas o tenerlas redondeadas para evitar abrasiones en la piel y choques mecánicos y d) ser lo suficientemente grandes para permitir un buen grado de movimiento del pez.

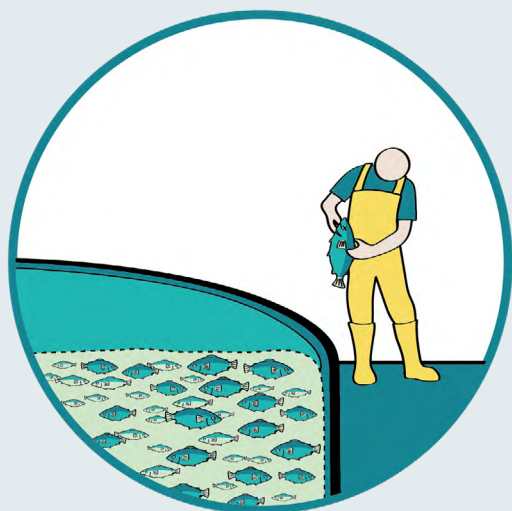
Tras el transporte, se debe realizar una pauta de renovación de agua para equilibrar así la temperatura entre el agua de transporte con la del agua de destino, reduciendo así efectos negativos sobre el bienestar. En cuanto a la alimentación, las truchas arcoíris han de ayunar hasta un máximo de 55 °C/día ó 5 días antes del transporte para así reducir su tasa de excreción. En el transporte de reproductores, la densidad debe mantenerse baja e inversamente proporcional al tiempo de transporte y a la temperatura del agua, con una saturación de oxígeno alrededor del 100%. Se recomienda rapidez y cuidado en el manejo de reproductores de trucha arcoíris, por lo que deben trasladarse al lugar de destino en el menor tiempo posible manteniendo las condiciones de calidad de agua. En cualquier caso, se han de controlar siempre la temperatura (similar a la del sitio de destino) y niveles de saturación de oxígeno disuelto durante el transporte, monitorizando el comportamiento de los peces y otros indicadores siempre que sea posible.

La legislación de protección animal durante el transporte viene recogida actualmente en el [Reglamento \(CE\) N° 1/2005](#) del Consejo de 22 de diciembre de 2004, relativo a la protección de los animales durante el transporte y las operaciones conexas y el [Real Decreto 990/2022](#), de 29 de noviembre, sobre normas de sanidad y protección animal durante el transporte en las que se recogen una serie de requisitos como la autorización del transportista y del medio de transporte, acreditación del titular, origen, fecha y hora de salida, lugar, fecha y hora de destino, disponer de un plan de contingencia, registro de mortalidad, cambios de agua realizados durante el trayecto y explotaciones de paso del vehículo. Los medios de transporte tienen que estar autorizados para el movimiento de peces en todos los casos dentro del territorio español, y en los viajes largos (más de 8 horas) en la Unión Europea.





4.6. Procedimientos de aturdimiento y sacrificio



el uso de anestésicos y sacrificar a los individuos por sobredosis.

Aturdimiento y sacrificio (consumo)

Las empresas españolas utilizan diversos métodos de aturdimiento y/o sacrificio a día de hoy (agua/hielo, percusión y desangrado, CO₂, electronarcosis, etc.). Actualmente no existe legislación aplicable respecto a los métodos de aturdimiento y sacrificio para peces en acuicultura ([Reglamento 1099/2009](#)). Tanto los principios rectores de la Organización Mundial de Sanidad Animal (OMSA) emitidos en 2008, para el bienestar de los peces (actualizados por última vez en 2012), como el documento de referencia que el Consejo de Europa adoptó en 2005 como recomendación sobre el bienestar de los peces de acuicultura, no consideran el uso de inmersión en agua/hielo como un método de aturdimiento, sino simplemente de sacrificio. En ese sentido, los avances de la ciencia también generan interrogantes sobre ésta y otras metodologías (p.ej., CO₂), hasta el punto de no recomendarse por no considerarse métodos de aturdimiento humanitarios ^{92,93}. Por tanto, se recomienda que aquellos peces que alcanzan la talla comercial, y se extraen para consumo, se aturden de manera efectiva antes del sacrificio con el objetivo de proteger su bienestar. Para ello hay que tener presente que los métodos aplicados en esta fase final del ciclo productivo pueden ser métodos de aturdimiento, al que tiene que seguir un método de sacrificio para provocar la muerte de los animales bajo el estado de inconsciencia, o métodos de aturdimiento-sacrificio, que tienen la capacidad de generar la inconsciencia y provocar la muerte de forma simultánea. El aturdimiento debe provocar una pérdida de consciencia o insensibilidad inmediata y debe durar hasta que muera, evitando que los peces experimenten dolor o sufrimiento durante el sacrificio. Por tanto, se recomienda la aplicación de indicadores de pérdida de consciencia (como el reflejo vestíbulo-ocular) para su monitorización ^{13,45}. Previamente, las truchas arcoíris han de ser pescadas de los estanques mediante grandes salabres o bombas de agua, por lo que también es necesario concentrarlas sin perjudicar su bienestar.

El sacrificio es la fase final del ciclo de vida de los animales, el cual influye notablemente en su bienestar. Según la opinión científica de la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) ⁹¹ sobre el enfoque general del bienestar y el concepto de sintiencia en peces, éstos son capaces de experimentar dolor. El artículo 3.1 del [Reglamento \(CE\) nº 1099/2009](#), de 24 de septiembre de 2009, relativo a la protección de los animales en el momento de la matanza, establece que “*durante la matanza o las operaciones conexas a ellas no se causará a los animales ningún dolor, angustia o sufrimiento evitable*”.

Gestión de descartes y moribundos (no consumo)

A lo largo del ciclo de producción son varios los puntos donde se clasifican y descartan truchas arcoíris que no continúan con el proceso de cría (desvejjación, deformidades, etc.), tanto desde un punto de vista de bienestar como de producción. Además, podemos encontrar peces enfermos o moribundos en las instalaciones que han de ser sacados del agua. Todos estos peces se deben sacrificar de una forma humanitaria, de manera que no sufran innecesariamente. Se recomienda

Ya se explicó anteriormente la importancia de limitar la frecuencia y duración de las concentraciones, así como los periodos de ayuno, pues este último puede ayudar a los peces en su respuesta al estrés, además de ser requisito de sanidad alimentaria y mejora del producto. Además, se ha de tener también en consideración otros aspectos como la seguridad laboral del personal de la granja, la viabilidad del material de los procedimientos en el medio acuático, el impacto(s) sobre el medioambiente y las repercusiones en la calidad o seguridad alimentaria del producto final destinado al consumo humano.

Actualmente se puede aplicar diversos métodos en el aturdimiento y sacrificio de los animales debido a la falta de legislación que limite este proceso. Los métodos de aturdimiento recomendados actualmente para la trucha arcoíris tienen en cuenta el bienestar de los animales y la calidad del producto, además, su aplicabilidad varía con el tamaño de las truchas arcoíris a sacrificar por su presentación en el mercado. El aturdimiento por percusión es empleado principalmente en truchas arcoíris de gran tamaño, mientras que otras empresas aplican aturdimiento con sistema eléctrico para un diverso rango de tallas. Ambos métodos de aturdimiento son los más recomendados actualmente como mé-

todos de aturdimiento humanitarios. No obstante, en el caso del aturdimiento eléctrico, la maquinaria y la descarga eléctrica a emplear (voltaje, amperaje, frecuencia y tiempo de descarga) se ha de ajustar y validar para cada caso específico^{45,94-97}, teniendo en cuenta el tamaño de los animales y si el método se realiza en húmedo o en seco, o de forma individualizada o grupal. Para llevar a cabo el sacrificio de los animales en los que no se realiza el desangrado como método de sacrificio, por su presentación en el mercado, se recomienda la inmersión inmediata en agua/hielo posterior al aturdimiento aplicado con efectividad para mantener el cese de la actividad cerebral, de tal forma que se consiga la muerte de los animales bajo el estado de inconsciencia (percusión+hielo o eléctronarcosis+hielo).

El sector español considera muy importante mantenerse al frente de los avances en términos de bienestar animal y se implica (e invierte) de forma activa y proactiva en explorar e incorporar las tecnologías disponibles y procesos de innovación que podrían permitir optimizar los procesos de sacrificio, anticipándose a cambios de legislación en el futuro. En esos avances, siempre se ha de tener en cuenta tanto el bienestar de los peces, como la calidad del pescado de crianza y la seguridad de los trabajadores.



Tabla 4: Tabla comparativa de métodos de aturdimiento/aturdimiento-sacrificio aplicables en trucha arcoíris (adaptado de ^{92,98}). *Nota: la inmersión en agua con hielo no se considera un método de aturdimiento en trucha arcoíris por ser poco efectivo. Esto es así al tratarse de una especie de agua fría, encontrando un cambio de temperatura muy escaso cuando se cultiva a temperatura óptima. Además, se trata de una especie con gran adaptabilidad a los cambios de temperatura a la baja, por lo que cuando el choque térmico es alto la capacidad de generar inconsciencia es retardada.

	Método	Tamaño	Ventajas	Desventajas	Recomendación
Aturdimiento o Aturdimiento + Sacrificio	Percusión	Trucha arcoíris grande y de ración. En sistemas mecanizados trucha >1kg	Efectividad inmediata	Requiere gran precisión y mecanización del proceso en un gran número de peces. Requiere de equipos especializados.	Recomendable aplicado correctamente. Se considera un buen método de emergencia
	Eléctrico	Trucha arcoíris grande y de ración	Efectividad inmediata	Puede no ser efectivo o afectar a la calidad del producto si no se regula correctamente la corriente eléctrica. Requiere una gran inversión económica	Recomendable aplicado correctamente
	Perforación del cerebro - <i>Ikejime</i>	Trucha arcoíris grande y de ración. En sistemas mecanizados trucha >1kg	Efectividad inmediata	Requiere gran precisión y mecanización del proceso en un gran número de peces. Requiere de equipos especializados.	Recomendable aplicado correctamente. Se considera un buen método de emergencia
	CO ₂	Trucha arcoíris grande y de ración	Método sencillo	Genera una gran respuesta aversiva debido al impacto negativo sobre el bienestar animal	No recomendable
Sacrificio	Sangrado	Trucha arcoíris grande	Efectividad inmediata	Puede afectar a la presentación en el mercado	Recomendable aplicado bajo el estado de inconsciencia
	Asfixia en hielo Inmersión en agua con hielo*	Trucha arcoíris grande y de ración	Método sencillo capaz de mantener el estado de inconsciencia	Eficiencia cuestionable en generar inconsciencia por lo que sí es utilizado como método de aturdimiento afecta negativamente al bienestar animal.	Recomendable aplicado bajo el estado de inconsciencia
	Asfixia en aire	Trucha arcoíris grande y de ración	Método sencillo	Afecta negativamente al bienestar animal	No recomendable

Comprobación de aturdimiento y sacrificio correcto

Para asegurar la efectividad del aturdimiento y sacrificio, debe comprobarse que ambos han sido realizados correcta y efectivamente. En el caso del aturdimiento, se comprobará que los peces implicados han alcanzado el estado de inconsciencia. No obstante, actualmente dicho estado sólo se puede evaluar de forma exacta analizando la actividad cerebral de los peces (p.ej. mediante electro-encefalogramas), lo cual es bastante inoperativo. Por ello, se recomienda emplear el estudio de respuestas reflejas y comportamentales como ocurre en valoraciones anestésicas en peces o en el sacrificio de otras especies de consumo. Estas respuestas son el reflejo vestibulo-ocular (VOR), la reacción a la punción, la ca-

pacidad de recuperar la posición, la respiración a través del movimiento opercular y la reacción a un estímulo eléctrico, tratados como indicadores operacionales de pérdida de consciencia en peces ^{62,99}, aplicables en trucha arcoíris ¹³, pero que se han de interpretar con precaución ⁹⁴. Los signos indicativos del estado de consciencia deberían ser monitorizados de forma continua para asegurar que la consciencia no se recupera antes de que ocurra la muerte. En el caso que los peces muestren signos de consciencia deberán ser aturridos mediante un método secundario de aturdimiento (igual o diferente) con la mayor prontitud posible. En general, antes de cualquier procesamiento, debe confirmarse que los peces han sido sacrificados correctamente y que no muestran signos vitales para asegurar que han muerto antes del procesado ¹³.



5. FORMACIÓN Y COMUNICACIÓN



5.1. Formación interna e institucional

Cada empresa debe poner en marcha medidas para formar a su personal en bienestar de peces mediante el uso de manuales, cursos internos, formaciones externas, charlas de especialistas internos o externos a la empresa. Dichas formaciones pueden ser más o menos avanzadas según los puestos de trabajo ocupados y debe haber constancia y registros de las mismas. Es importante transmitir y consolidar los conceptos de bienestar en peces en aquel personal que va a trabajar con ellos directamente, y en aquellos que van a tomar decisiones que afectarán a su bienestar. Se ha comprobado que formar al personal en bienestar animal mejora su vínculo con los animales bajo su cargo, atención a los indicadores que son directamente observables al comprender mejor las razones tras ellos, y finalmente, la cría de los propios animales. Para ello, la formación por parte de las empresas debería realizarse al principio de la relación contractual,

repetiéndose cada cierto tiempo (se recomienda cada 2 años) para afianzar conceptos y actualizar al personal acerca de nuevos adelantos en un campo que está en continuo desarrollo. La formación, además de información específica del puesto, debería contener de forma general: i) el concepto de bienestar y sintiencia en peces y otros animales acuáticos; ii) buenas prácticas relacionadas con el bienestar, iii) indicadores de bienestar, tanto generales como los adecuados a la especie; iv) problemáticas habituales: enfermedades, heridas, etc.; y v) ejemplos de buenas y malas actuaciones.

La formación dentro de la acuicultura debe realizarse tanto de forma interna, en las empresas, como también implementarse de forma institucional. Se debe buscar un entendimiento con las instituciones para lograr integrar la formación en bienestar animal en los cursos oficiales que conduzcan a certificaciones o titulaciones habilitantes para la actividad acuícola y el trabajo con peces, como podría ser la tarjeta de identidad profesional náutico-pesquera. Además, existen cursos formativos en varios niveles educativos (formación profesional, grados, máster) en los que incorporar la formación en bienestar animal ayudaría a conseguir una industria consciente de las dificultades y posibilidades relacionadas con este concepto.

5.2. Comunicación y divulgación

Es importante que la cadena de suministro, empezando por los productores, divulgue y haga conocer qué prácticas se están llevando a cabo para criar los animales destinados a consumo, y cómo se está intentando mejorarlas de una forma concreta. En este sentido, **APROMAR** publica bianualmente su Memoria de Sostenibilidad (www.apromar.es), y es recomendable que cada

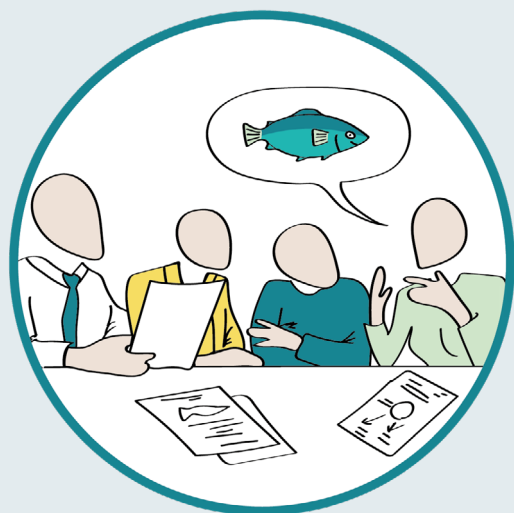
productor participe y se haga cargo de la comunicación de sus propias prácticas y políticas.

La producción de peces, y cualquier otro animal, debería realizarse de la forma más transparente posible, no sólo ya para evitar críticas, sino para dar a conocer e integrar al público en el proceso

productivo y permitirles poder elegir sus productos con toda la información disponible, si así lo quieren. De esta manera, la industria puede compararse con otras de producción de proteína animal, mostrando al público la responsabilidad que los acuicultores ya sienten por los animales acuáticos a su cargo.



6. RETOS Y OPORTUNIDADES



Colaboración precompetitiva para la mejora del bienestar

La acuicultura europea y española es un sector que avanza y evoluciona innovando en sus tecnologías y procesos. Sin embargo, su producción está estancada. En cuestiones de bienestar animal existe un claro sesgo hacia algunas especies y de manera segmentada entre empresas. Existe el reto de continuar trabajando en unas prácticas de bienestar para todo el sector, fomentando colaboraciones entre diversos sectores: administraciones públicas, asociaciones productivas, organismos públicos de investigación y sociedad, con el objetivo de desarrollar el conocimiento y tecnología relevantes para mejorarlas. La primera consecuencia será una mejora del bienestar de los animales, creando un elemento diferenciador y mejorando la competitividad del sector en el ámbito internacional.

Desarrollo y aplicación de enriquecimiento ambiental

El sector se encuentra ante el reto de evolucionar y adoptar nuevos métodos que favorezcan las condiciones de vida de las truchas arcoíris. Estrategias

como el enriquecimiento ambiental se consideran una buena herramienta para reducir la respuesta al estrés y mejorar el bienestar de los peces en cautividad¹⁰⁰. Dado que las truchas arcoíris viven largos periodos en las granjas a lo largo del ciclo de producción, se podría aplicar un enriquecimiento ambiental (estructural, ocupacional o sensorial) que satisfaga sus necesidades, adaptado al tipo y fase de producción^{100,101}. Pese a existir amplio conocimiento científico sobre los efectos positivos de diversas estrategias de enriquecimiento en el bienestar de las truchas arcoíris, aún son escasas las empresas que las aplican. El sector tiene, por tanto, la oportunidad de participar junto a los científicos en la investigación y validación de métodos de enriquecimiento ambiental adaptados a la producción que tengan un efecto positivo sobre las truchas arcoíris y no impacten negativamente a los animales ni a la producción.

Para la fase de eclosión, algunas empresas emplean gravilla y existen actualmente en el mercado unos sustratos artificiales que aumentan la rugosidad del fondo de los tanques de incubación. Estos sustratos artificiales proporcionan un amplio abanico de efectos positivos en el bienestar de los alevines tras eclosionar y durante la reabsorción del saco vitelino. Además, las truchas arcoíris interactúan regularmente con el fondo donde viven, tanto en condiciones naturales como en cautividad. Por ello, algunas empresas crían truchas arcoíris en estanques de tierra, cuyo sustrato en ocasiones está formado por guijarros, grava, o piedras, con efectos beneficiosos tanto en el bienestar como en la producción¹⁰²⁻¹⁰⁴. También se conocen los efectos positivos del sombreado en el bienestar y crecimiento de las truchas arcoíris^{104,105}. Por otro lado, el enriquecimiento ocupacional es una estrategia valiosa para potenciar el bienestar de las truchas arcoíris durante la fase de engorde, como es el caso del uso de corrientes de agua en las unidades de producción. Al incorporar bombas de recirculación de agua en los tanques, podemos crear corrientes que imitan su hábitat

natural, lo que favorece tanto la calidad del agua como su bienestar y su crecimiento ^{42,79}.

No obstante, algunas estructuras u objetos pueden acumular partículas de materia orgánica (de alimentos y heces), lo que dificulta la limpieza y desinfección, y compromete la salud y el bienestar general de los peces, así como posibles costes económicos. También puede ocurrir que el diseño de las estructuras sea inadecuado, y provoque perturbaciones o daños físicos, aumentando el riesgo de infección, estrés o mortalidad. Otro aspecto a considerar es que el enriquecimiento puede provocar estímulos negativos en algunos peces, como fatiga, neofobia, territorialidad, o agresividad. Todos estos factores deben considerarse al planificar la estrategia a implementar, y se han de emplear indicadores operacionales (ver *Anexo*) para monitorear y evaluar los posibles efectos del enriquecimiento sobre el bienestar de los peces, así como posibles efectos contraproducentes sobre otros factores productivos.

Herramientas de vigilancia, seguimiento y evaluación del bienestar

La elaboración de protocolos bien detallados y efectivos, basados en indicadores operacionales, referirá una tarea prioritaria de próximos años para la correcta evaluación y consideración del estado del bienestar animal en las granjas de acuicultura que operen dentro de la Unión Europea. En ese sentido, el desarrollo tecnológico y la aplicación de herramientas específicas adaptadas a cada condición de cría/especie deberán posibilitar seguimientos precisos y rápidos del bienestar de los peces y además proponer soluciones innovadoras aplicadas a la gestión. Por ejemplo, el desarrollo e implantación de sensores automatizados para el control físico-químico o microbiológico del agua, o la inteligencia artificial, podrán permitir monitorizar indicadores de bienestar animal en escenarios automatizados y de mayor seguridad operativa. Sin embargo, todo ello, bajo las premisas de poder ser implantados en el entorno productivo, facilitar la detección temprana de riesgos para los animales, y de propiciar en avances relacionados con la toma de decisiones.

En los últimos años, el problema del impacto de los contaminantes químicos y orgánicos provenientes de las actividades humanas (p.ej. la industria, la minería, la agricultura, la ganadería y/o de los núcleos poblacionales) sobre los ecosistemas acuáticos es cada día más complejo. Aunque la acuicultura continental está caracterizada por ubicarse en zonas de máxima excelencia en cuanto a calidad y cantidad de agua (zonas de nacedero, aguas de montaña, reservas naturales, pantanos, etc.) nunca estará exenta de cualquier riesgo externo derivado de la falta de seguimiento, control y/o reducción de dichos impactos aguas arriba de sus instalaciones.

La utilización de nuevos sistemas de monitorización en continuo y los avances en sensorica e inteligencia artificial abrirán nuevos campos a la innovación en materia de prevención acuícola frente a episodios de contaminación química u orgánica adversa. La industria acuícola se encuentra ante el reto de tener que asegurar estos avances tecnológicos mediante la colaboración con las administraciones públicas, los centros de investigación e incluso de tener que liderarlos sectorialmente. No obstante, son las Administraciones Públicas gestoras de Cuenca Hidrográfica ostentan la responsabilidad sobre la regulación y vigilancia de la integridad y seguridad de los caudales en virtud de los Planes hidrológicos y de las condiciones de concesión de agua superficial por las que los piscicultores ya vienen pagando desde hace años unos cánones muy importantes para poder producir y realizar acuicultura (por ejemplo, de trucha) en las máximas condiciones de seguridad alimentaria.

Desarrollo y aplicación de nuevos tratamientos sanitarios

A día de hoy, no existen tratamientos sanitarios específicos para “todas” las enfermedades o patógenos que ocurren en las instalaciones de truchas arcoíris, por lo que las empresas tienen que emplear tratamientos más genéricos o de amplio espectro que no siempre son eficientes. Por ejemplo, se emplean los mismos antibióticos para tratar diversas enfermedades, por lo que se genera resistencia en las bacterias disminuyendo la eficacia de estos tratamientos. La investigación y desarrollo de tratamientos sanitarios específicos

para determinados patógenos, y especialmente el desarrollo de vacunas, mejoraría la eficiencia de los planes sanitarios en las empresas, combatiendo de manera más eficiente ciertas enfermedades y, por tanto, mejorando las condiciones de salud y bienestar de las truchas arcoíris en cautividad.

Aplicación de técnicas de sacrificio humanitario

Los avances de la ciencia han demostrado que los peces son seres sintientes y experimentan miedo, sufrimiento y dolor durante toda su vida, incluso en los últimos instantes, generando incertidumbre sobre la eficacia de algunos métodos de sacrificio aplicados actualmente en trucha arcoíris para consumo. Las técnicas de sacrificio no sólo afectan al bienestar de los peces, sino también a la calidad final del producto, su duración y cualidades organolépticas. Actualmente, el sector muestra voluntad para afrontar el reto de desarrollar métodos más innovadores y humanitarios, adaptando la tecnología existente al contexto español, mediante trabajos colaborativos. Así, también es una oportunidad para mejorar el bienestar de estos animales acuáticos, mejorar el producto y acceder a mercados y certificaciones que requieran o premien el sacrificio humanitario.

Selección genética e investigación

La trucha arcoíris es una de las especies con mayor historia de domesticación en la acuicultura y, a pesar de ello, no llega al nivel de domesticación de otras especies, por lo que experimenta situaciones en las que tanto la producción como el bienestar de los animales se verán comprometidos. Es aconsejable, si no esencial, que cualquier investigación en la mejora genética de la trucha arcoíris vaya acompañada de estudios para comprobar que el bienestar no se vea comprometido. El caso de la triploidia es paradigmático. Una técnica usada para limitar el impacto de los escapes y para evitar el impacto de la maduración y, sin embargo, no se han considerado las implicaciones que puede tener para el bienestar de los animales. En resumen, es un cla-

ro desafío que los programas de selección genética sigan mejorando la plasticidad y resiliencia de la trucha arcoíris criada, adaptándose a nuevos ambientes y enfermedades, fomentando así el bienestar de los animales bajo el cuidado del productor.

Certificaciones de bienestar de trucha arcoíris en acuicultura

Uno de los retos para el sector es la transmisión de sus prácticas a los diferentes miembros de la cadena de suministro y al cliente final, tanto para darlas a conocer como para valorizar y apreciar el estándar con el que se crían los peces. Una de las herramientas más usadas y demandadas es el uso de certificaciones que evalúen, comprueben y aseguren los estándares ofrecidos o demandados. Actualmente, la mayoría de las certificaciones para la acuicultura todavía no incorporan parámetros de bienestar de forma que sirvan para asegurar estas prácticas a lo largo de la cadena de suministro. Debido a que los estándares de las certificaciones son bastante complejos y poco conocidos, en muchas ocasiones no facilitan la comunicación con el cliente final. Aunque las certificaciones no pueden sustituir una buena comunicación corporativa hacia el público, son útiles para asentar e implementar prácticas y mejorar la comunicación dentro de la cadena de suministro. En ese sentido se presentan diversas oportunidades de desarrollo, desde petitionar a las certificaciones para incluir parámetros de bienestar para cada una de las especies relevantes para el sector español (como los discutidos en esta guía de trucha arcoíris), como el establecimiento de estándares de bienestar en sellos propios ya conocidos.

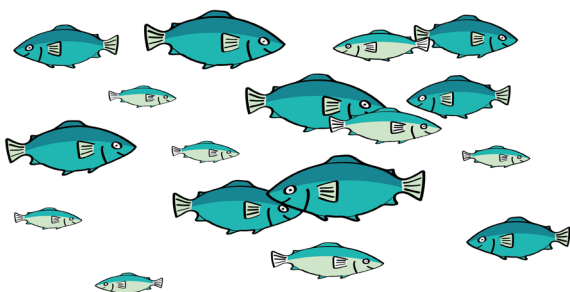
Implicaciones del cambio climático en el bienestar de las truchas arcoíris

El cambio climático y sus impactos en la acuicultura son un hecho, alterando profundamente el sector, especialmente en sistemas dependientes de las condiciones naturales. La protección del bienestar de los peces hace imperativo que se anticipen los cambios climáticos y se tomen medidas coordinadas antes de que sea imposible asegurar que los

peces criados en estanques tengan las condiciones ambientales adecuadas para garantizar un buen estado de bienestar. El imperativo de bienestar aquí es garantizar que se sepa lo suficiente sobre la biología de las especies y cepas en cuestión para permitir que se satisfagan las necesidades oportunas.

Actualmente, el clima de España experimenta un incremento de las temperaturas medias y una mayor frecuencia de olas de calor, que potencialmente afecta a la temperatura del agua y a las concentraciones de oxígeno en los sistemas de cría de trucha arcoíris. Por ello, es imprescindible una eficiente monitorización de la temperatura y el oxígeno disuelto para poder reaccionar adecuadamente. Además de los aumentos constantes de temperatura, los peces criados en sistemas abiertos también experimentarán un número cada vez mayor de eventos específicos y agudos como tormentas, avenidas, proliferación de algas y olas de calor, con efectos adversos sobre su bienestar. Asimismo, no hay que olvidar que el cambio climático incidirá también en las poblaciones bacterianas en el agua, entre ellas los eventuales patógenos, y puede generar otras alteraciones derivadas de la presencia de los contaminantes emergentes, todo ello con consecuencias en la salud y bienestar de los peces.

Las medidas para mitigar los efectos del cambio climático podrían incluir, por ejemplo, mejoras en el diseño y localización de las granjas, preferencia por cepas (y especies) de peces resistentes, mejora de los sistemas de seguimiento de peces y previsión meteorológica, y mejora de los sistemas de control y gestión de los parámetros de calidad de agua. Todas estas respuestas serán desafiantes, pero el hecho de que los objetivos económicos y de producción vayan en la misma dirección que las demandas de protección del bienestar animal es una razón para el optimismo ¹⁰⁶.



7. BIBLIOGRAFÍA DESTACADA

1. MacCrimmon, H. R. World Distribution of Rainbow Trout (*Salmo gairdneri*). *J. Fish. Res. Board Can.* **28**, 663–704 (1971).
2. Doadrio, I., Perea, S., Garzón-Heydt, P. & González, J. L. *Ictiofauna continental española: bases para su seguimiento*. (Ministerio de medio ambiente y medio rural y marino, Centro de publicaciones, Madrid, 2011).
3. FAO. Manual Practica para el Cultivo de la Trucha Arcoíris. (2014).
4. APROMAR. La acuicultura en España. (2023).
5. Nash, R. D., Valencia, A. H. & Geffen, A. J. The origin of Fulton's condition factor— setting the record straight richard. *Fisheries* **31**, 236–238 (2006).
6. Johansson, L., Kiessling, A., Kiessling, K.-H. & Berglund, L. Effects of altered ration levels on sensory characteristics, lipid content and fatty acid composition of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Food Qual. Prefer.* **11**, 247–254 (2000).
7. Choo, P.-S., Smith, T. K., Cho, C. Y. & Ferguson, H. W. Dietary Excesses of Leucine Influence Growth and Body Composition of Rainbow Trout. *J. Nutr.* **121**, 1932–1939 (1991).
8. Welfare Indicators for Farmed Rainbow Trout: Tools for Assessing Fish Welfare. (2020).
9. Ellis, T. et al. The relationships between stocking density and welfare in farmed rainbow trout. *J. Fish Biol.* **61**, 493–531 (2002).
10. North, B. P. et al. The impact of stocking density on the welfare of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture* **255**, 466–479 (2006).
11. Ashley, P. J. Fish welfare: Current issues in aquaculture. *Appl. Anim. Behav. Sci.* **104**, 199–235 (2007).
12. Alanärä, A. & Brännäs, E. Dominance in demand-feeding behaviour in Arctic charr and rainbow trout: the effect of stocking density. *J. Fish Biol.* **48**, 242–254 (1996).
13. Reiser, S., Teitge, F., Klase, K., Lugert, V. & Steinhagen, D. Farming, transport, and slaughter rainbow trout: survey guidelines for a National Animal Welfare Monitoring. (2024) doi:10.32207/MX1725864652000.
14. De Mercado, E., Larrán, A. M., Pinedo, J. & Tomás-Almenar, C. Skin mucous: A new approach to assess stress in rainbow trout. *Aquaculture* **484**, 90–97 (2018).
15. Weirup, L., Schulz, C., Seibel, H. & Aerts, J. Scale cortisol is positively correlated to fin injuries in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) reared in commercial flow through systems. *Aquaculture* **543**, 736924 (2021).
16. Kittilsen, S. et al. Melanin-based skin spots reflect stress responsiveness in salmonid fish. *Horm. Behav.* **56**, 292–298 (2009).
17. Erikson, U. & Misimi, E. Atlantic Salmon Skin and Fillet Color Changes Effected by Perimortem Handling Stress, Rigor Mortis, and Ice Storage. *J. Food Sci.* **73**, C50–C59 (2008).
18. Jagiełło, K., Polonis, M. & Ocalewicz, K. Incidence of skeletal deformities in induced triploid rainbow trout (Walbaum, 1792). *Oceanol. Hydrobiol. Stud.* **50**, 150–159 (2021).
19. Boglione, C. et al. Skeletal anomalies in reared European fish larvae and juveniles. Part 1: normal and anomalous skeletogenic processes. *Rev. Aquac.* **5**, S99–S120 (2013).
20. Boglione, C. et al. Skeletal anomalies in reared European fish larvae and juveniles. Part 2: main typologies, occurrences and causative factors. *Rev. Aquac.* **5**, S121–S167 (2013).
21. Ellis, T. et al. Fin Erosion in Farmed Fish. in *Fish Welfare* 121–149 (John Wiley & Sons, Ltd, 2008). doi:10.1002/9780470697610.ch9.
22. Iseni, G., Berisha, B. & Iseni, B. ANALYSIS OF SCALE OF FIN DAMAGE (EROSION) IN FARMED RAINBOW TROUT IN THE REPUBLIC OF KOSOVA. *Angl. J. Assoc.-Inst. Engl. Lang. Am. Stud.* **11**, 34–45 (2022).
23. Waldrop, T., Summerfelt, S., Mazik, P. & Good, C. The effects of swimming exercise and dissolved oxygen on growth performance, fin condition and precocious maturation of early-rearing Atlantic salmon *Salmo salar*. *Aquac. Res.* **49**, 801–808 (2018).
24. Moutou, K. A., McCarthy, I. D. & Houlihan, D. F. The effect of ration level and social rank on the development of fin damage in juvenile rainbow trout. *J. Fish Biol.* **52**, 756–770 (1998).
25. Gesto, M. & Jokumsen, A. Effects of simple shelters on growth performance and welfare of rainbow trout juveniles. *Aquaculture* **551**, 737930 (2022).

26. Klíma, O., Kohút, L., Mareš, J. & Kopp, R. The Effect of Feeding Frequency on the Fin Condition in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Acta Univ. Agric. Silvic. Mendel. Brun.* **66**, 669–675 (2018).
27. Turnbull, J. F., Richards, R. H. & Robertson, D. A. Gross, histological and scanning electron microscopic appearance of dorsal fin rot in farmed Atlantic salmon, *Salmo salar* L., parr. *J. Fish Dis.* **19**, 415–427 (1996).
28. Bash, J., Berman, C. H. & Bolton, S. **Effects of Turbidity and Suspended Solids on Salmonids**. <https://digital.lib.washington.edu:443/researchworks/handle/1773/16382> (2001).
29. Playle, R. C. & Wood, C. M. Water chemistry changes in the gill micro-environment of rainbow trout: experimental observations and theory. *J. Comp. Physiol. B* **159**, 527–537 (1989).
30. Lu, C., Kania, P. W. & Buchmann, K. Particle effects on fish gills: An immunogenetic approach for rainbow trout and zebrafish. *Aquaculture* **484**, 98–104 (2018).
31. Strzyżewska-Worotyńska, E., Szarek, J., Babińska, I. & Gulda, D. Gills as morphological biomarkers in extensive and intensive rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum 1792) production technologies. *Environ. Monit. Assess.* **189**, 611 (2017).
32. Shariff, M., Richards, R. H. & Sommerville, C. The histopathology of acute and chronic infections of rainbow trout *Salmo gairdneri* Richardson with eye flukes, *Diplostomum* spp. *J. Fish Dis.* **3**, 455–465 (1980).
33. Cullen, A. P. & Monteith-McMaster, C. A. Damage to the rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) lens following an acute dose of UVB. *Curr. Eye Res.* **12**, 97–106 (1993).
34. Doughty, M. J., Cullen, A. P. & Monteith-McMaster, C. A. Aqueous humour and crystalline lens changes associated with ultraviolet radiation or mechanical damage to corneal epithelium in freshwater rainbow trout eyes. *J. Photochem. Photobiol. B* **41**, 165–172 (1997).
35. Hofer, R. & Gatumu, E. Necrosis of trout retina (*Oncorhynchus mykiss*) after sublethal exposure to nitrite. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* **26**, 119–123 (1994).
36. Hargis, W. J. Disorders of the eye in finfish. *Annu. Rev. Fish Dis.* **1**, 95–117 (1991).
37. Chiltonczyk, S., Monge, D. & De Kinkelin, P. Proliferative kidney disease: cellular aspects of the rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum), response to parasitic infection. *J. Fish Dis.* **25**, 217–226 (2002).
38. Türe, M. & Çimagil, R. Bilateral Exophthalmos: The Most Important Sign of Lactococcosis in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). *J. Anatol. Environ. Anim. Sci.* **3**, 91–93 (2018).
39. Oh, W. T. et al. Staphylococcus xylosus Infection in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) As a Primary Pathogenic Cause of Eye Protrusion and Mortality. *Microorganisms* **7**, 330 (2019).
40. Iwata, M., Komatsu, S., Collie, N. L., Nishioka, R. S. & Bern, H. A. Ocular cataract and seawater adaptation in salmonids. *Aquaculture* **66**, 315–327 (1987).
41. Martins, C. I. M. et al. Behavioural indicators of welfare in farmed fish. *Fish Physiol. Biochem.* **38**, 17–41 (2012).
42. De la Llave-Propín, Á. et al. Environmental enrichment improves growth and fillet quality in rainbow trout. *J. Sci. Food Agric.* **104**, 3487–3497 (2024).
43. Landless, P. J. Demand-feeding behaviour of rainbow trout. *Aquaculture* **7**, 11–25 (1976).
44. Mason, G. J. Stereotypies: a critical review. *Anim. Behav.* **41**, 1015–1037 (1991).
45. Saraiva, J. L. et al. Welfare of rainbow trout at slaughter: integrating behavioural, physiological, proteomic and quality indicators and testing a novel fast-chill stunning method. *Aquaculture* **581**, (2024).
46. Poisson, A. et al. Embryonic exposure to a conspecific alarm cue triggers behavioural plasticity in juvenile rainbow trout. *Anim. Behav.* **133**, 35–45 (2017).
47. Amichaud, O. et al. Air bubble curtain improves the welfare of captive rainbow trout fry and fingerlings. *Aquaculture* **586**, 740828 (2024).
48. Maximino, C., Marques de Brito, T., Dias, C. A. G. de M., Gouveia, A. & Morato, S. Scototaxis as anxiety-like behavior in fish. *Nat. Protoc.* **5**, 209–216 (2010).
49. Kestemont, P. & Baras, E. Environmental Factors and Feed Intake: Mechanisms and Interactions. in *Food Intake in Fish* 131–156 (John Wiley & Sons, Ltd, 2001). doi:10.1002/9780470999516.ch6.
50. Berg, L. E. et al. Effect of genetics and feeding strategies on growth of rainbow trout. *FASEB J.* **26**, 651.7–651.7 (2012).
51. Kamalam, B. S., Rajesh, M. & Kaushik, S. Nutrition and Feeding of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). in *Fish Nutrition And Its Relevance To Human Health* (CRC Press, 2020).
52. Guzel, S. & Arvas, A. Effects of different feeding strategies on the growth of young rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Afr. J. Biotechnol.* **10**, 5048–5052 (2011).
53. McGlade, C. L. O. et al. Behavioural traits of rainbow trout and brown trout may help explain their differing invasion success and impacts. *Sci. Rep.* **12**, 1757 (2022).

54. Azzaydi, M., Madrid, J. A., Zamora, S., Sánchez-Vázquez, F. J. & Martínez, F. J. Effect of three feeding strategies (automatic, ad libitum demand-feeding and time-restricted demand-feeding) on feeding rhythms and growth in European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.). **Aquaculture** **163**, 285–296 (1998).
55. Chen, W.-M. & Tabata, M. Individual rainbow trout can learn and anticipate multiple daily feeding times. **J. Fish Biol.** **61**, 1410–1422 (2002).
56. Imre, I., Grant, J. W. A. & Keeley, E. R. The effect of food abundance on territory size and population density of juvenile steelhead trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Oecologia** **138**, 371–378 (2004).
57. Keeley, E. R. & McPhail, J. D. Food Abundance, Intruder Pressure, and Body Size as Determinants of Territory Size in Juvenile Steelhead Trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Behaviour** **135**, 65–82 (1998).
58. Wood, J. L. A. The effects of density on territory size and population regulation in juvenile rainbow trout, *Oncorhynchus Mykiss*. (Concordia University, 2008).
59. Johnsson, J. I. Individual Recognition Affects Aggression and Dominance Relations in Rainbow Trout, *Oncorhynchus mykiss*. **Ethology** **103**, 267–282 (1997).
60. Vøllestad, L. A. & Quinn, T. P. Trade-off between growth rate and aggression in juvenile coho salmon, *Oncorhynchus kisutch*. **Anim. Behav.** **66**, 561–568 (2003).
61. Davis, M. W. Fish stress and mortality can be predicted using reflex impairment. *Fish Fish.* **11**, 1–11 (2010).
62. Kestin, S. C., Robb, D. H. & van de Vis, J. W. Protocol for assessing brain function in fish and the effectiveness of methods used to stun and kill them. **Vet. Rec.** **150**, 302–307 (2002).
63. Farmed trout - Science - rspca.org.uk. <https://science.rspca.org.uk/sciencegroup/farmanimals/standards/trout>.
64. Jiang, X. et al. Effects of temperature, dissolved oxygen, and their interaction on the growth performance and condition of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **J. Therm. Biol.** **98**, 102928 (2021).
65. van Schendelstraat, A. & Utrecht, M. **ASC Freshwater Trout Standard Version 1.2**. (2019).
66. Ye, X. & Randall, D. J. The effect of water pH on swimming performance in rainbow trout (*Salmo gairdneri*, Richardson). **Fish Physiol. Biochem.** **9**, 15–21 (1991).
67. Arredondo Figueroa, J. L., Ingle de la Mora, G., Guerrero Legarreta, I., Ponce Palafox, J. T. & Barriga Sosa, I. de los A. Ammonia and nitrite removal rates in a closed recirculating water system, under three load rates of rainbow (*Oncorhynchus mykiss*). **Rev. Mex. Ing. Quím.** **6**, 301–308 (2007).
68. Grynevych, N. et al. Etiology and histopathological alterations in some body organs of juvenile rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792) at nitrite poisoning. **Ukr. J. Ecol.** **8**, 402–408 (2018).
69. Hafs, A. W., Mazik, P. M., Kenney, P. B. & Silverstein, J. T. Impact of carbon dioxide level, water velocity, strain, and feeding regimen on growth and fillet attributes of cultured rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture** **350**, 46–53 (2012).
70. Ellison, A. R., Wilcockson, D. & Cable, J. Circadian dynamics of the teleost skin immune-microbiome interface. **Microbiome** **9**, 222 (2021).
71. Schlotfeldt, H.-J. & Alderman, D. J. **What Should I Do? A Practical Guide for the Fresh Water Fish Farmer**. (European Association of Fish Pathologists, S.I., 1995).
72. Arkoosh, M. R. et al. Effect of Pollution on Fish Diseases: Potential Impacts on Salmonid Populations. **J. Aquat. Anim. Health** **10**, 182–190 (1998).
73. Ellis, T., Berrill, I., Lines, J., Turnbull, J. F. & Knowles, T. G. Mortality and fish welfare. **Fish Physiol. Biochem.** **38**, 189–199 (2012).
74. AENOR. Norma española UNE 173001. Acuicultura, procesos productivos, trucha. (2005).
75. Saraiva, J. L., Rachinas-Lopes, P. & Arechavala-Lopez, P. Finding the “golden stocking density”: A balance between fish welfare and farmers’ perspectives. **Front. Vet. Sci.** **9**, 930221 (2022).
76. Pottinger, T. G. A multivariate comparison of the stress response in three salmonid and three cyprinid species: evidence for inter-family differences. **J. Fish Biol.** **76**, 601–621 (2010).
77. Rance, T. A., Baker, B. I. & Webley, G. Variations in plasma cortisol concentrations over a 24-hour period in the rainbow trout *Salmo gairdneri*. **Gen. Comp. Endocrinol.** **48**, 269–274 (1982).
78. Pottinger, T. G., Rand-Weaver, M. & Sumpter, J. P. Overwinter fasting and re-feeding in rainbow trout: plasma growth hormone and cortisol levels in relation to energy mobilisation. **Comp. Biochem. Physiol. B Biochem. Mol. Biol.** **136**, 403–417 (2003).
79. Villalba, A. M. et al. Using underwater currents as an occupational enrichment method to improve the stress status in rainbow trout. **Fish Physiol. Biochem.** **50**, 463–475 (2024).
80. Pottinger, T. G. & Moran, T. A. Differences in plasma cortisol and cortisone dynamics during stress in two strains of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **J. Fish Biol.** **43**, 121–130 (1993).

81. Ellis, T. et al. Cortisol and finfish welfare. *Fish Physiol. Biochem.* **38**, 163–188 (2012).
82. Bermejo-Poza, R. et al. Physio-metabolic response of rainbow trout during prolonged food deprivation before slaughter. *Fish Physiol. Biochem.* **45**, 253–265 (2019).
83. Øverli, Ø. Effects of cortisol on aggression and locomotor activity in rainbow trout. *Horm. Behav.* **42**, 53–61 (2002).
84. Loh, R. Wet preparation technique for fish diagnostics. *Companion Anim.* **19**, 539–540 (2014).
85. Llerena Daza, T. E. Guía técnica - Asistencia técnica dirigida en control sanitario en la crianza de truchas. *Corporación Biológica* <https://corporacionbiologica.info/ecologia/guia-tecnica-asistencia-tecnica-dirigida-en-control-sanitario-en-la-crianza-de-truchas/> (2024).
86. Beveridge, M. C. M. I. of A. Aquaculture and wildlife interactions. *Cah. Options Méditerranéennes CIHEAM* **55**, (2001).
87. Alanärä, A. Demand feeding as a self-regulating feeding system for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in net-pens. *Aquaculture* **108**, 347–356 (1992).
88. Shi, C., Gao, X., Liu, Y. & Wang, C. Long-term monitoring of the individual self-feeding behavior of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *J. Oceanol. Limnol.* **37**, 344–349 (2019).
89. Bermejo-Poza, R. et al. Determination of optimal degree days of fasting before slaughter in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture* **473**, 272–277 (2017).
90. Villalba, A. M. et al. Seasonal comparison of uniform pre-slaughter fasting practices on stress response in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture* **596**, 741750 (2025).
91. EFSA, E. F. S. A. Animal welfare aspects of husbandry systems for farmed trout Scientific Opinion of the Panel on Animal Health and Welfare. *EFSA J.* **6**, (2008).
92. European Food Safety Authority (EFSA). Opinion of the Scientific Panel on Animal Health and Welfare (AHAW) on a request from the Commission related to welfare aspects of the main systems of stunning and killing the main commercial species of animals. *EFSA J.* **2**, (2004).
93. OIE. Aquatic Animal Health Code_Chapter 7.3_stunning and killing.pdf. (2015).
94. Brijs, J. et al. Effects of electrical and percussive stunning on neural, ventilatory and cardiac responses of rainbow trout. *Aquaculture* **594**, 741387 (2025).
95. Hjelmstedt, P. et al. Assessing the effectiveness of percussive and electrical stunning in rainbow trout: Does an epileptic-like seizure imply brain failure? *Aquaculture* **552**, 738012 (2022).
96. Jung-Schroers, V. et al. Is humane slaughtering of rainbow trout achieved in conventional production chains in Germany? Results of a pilot field and laboratory study. *BMC Vet. Res.* **16**, 197 (2020).
97. Robb, D. H. F., O' Callaghan, M., Lines, J. A. & Kestin, S. C. Electrical stunning of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): factors that affect stun duration. *Aquaculture* **205**, 359–371 (2002).
98. Authority (EFSA), E. F. S. Species-specific welfare aspects of the main systems of stunning and killing of farmed fish: Rainbow Trout. *EFSA J.* **7**, 1012 (2009).
99. Humane Slaughter Association (HSA). Signs of Recovery. <https://www.hsa.org.uk/signs-of-recovery/signs-of-recovery> (2016).
100. Arechavala-Lopez, P., Cabrera-Álvarez, M. J., Maia, C. M. & Saraiva, J. L. Environmental enrichment in fish aquaculture: A review of fundamental and practical aspects. *Rev. Aquac.* **14**, 704–728 (2022).
101. Näslund, J. & Johnsson, J. I. Environmental enrichment for fish in captive environments: effects of physical structures and substrates. *Fish Fish.* **17**, 1–30 (2016).
102. Brunet, V. et al. Positive welfare effects of physical enrichments from the nature-, functions- and feeling- based approaches in farmed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture* **550**, 737825 (2022).
103. Cardona, E. et al. Physical Enrichment Triggers Brain Plasticity and Influences Blood Plasma Circulating miRNA in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Biology* **11**, 1093 (2022).
104. Pounder, K. C. et al. Does environmental enrichment promote recovery from stress in rainbow trout? *Appl. Anim. Behav. Sci.* **176**, 136–142 (2016).
105. Walker, L. M., Parker, T. M. & Barnes, M. E. Full and Partial Overhead Tank Cover Improves Rainbow Trout Rearing Performance. *North Am. J. Aquac.* **78**, 20–24 (2016).
106. Huntingford, F. A., Kadri, S. & Saraiva, J. L. Welfare of cage cultured fish under climate change. in *Climate Change on Diseases and Disorders of Finfish in Cage Culture, 3rd edition* (CABI Publishing, 2023).

8. ANEXO

Tabla 5: Indicadores de bienestar **ESENCIALES** y **RECOMENDADOS** para la trucha arcoíris atendiendo a los distintos procedimientos y fases de producción. *Nota: esta selección de indicadores se ha llevado a cabo a partir del método DELPHI donde han participado productores, científicos y miembros de asociaciones de protección animal, todos expertos en producción y bienestar de trucha arcoíris.

TRUCHA ARCOÍRIS		CRIADEROS							ALEVINAJE						ENGORDE					
Categorías	Indicadores	Ambiente y confinamiento	Manejo y Mantenimiento	Alimentación	Salud animal	Transporte	Reproducción	Sacrificio	Ambiente y confinamiento	Manejo y Mantenimiento	Alimentación	Salud animal	Transporte	Sacrificio	Ambiente y confinamiento	Manejo y Mantenimiento	Alimentación	Salud animal	Transporte	Aturdimiento y sacrificio
Físico-somáticos o Externos	F. de Condición																			
	Malformaciones																			
	Coloración piel																			
	Condición piel																			
	Condición aletas																			
	Condición branquias																			
	Condición ojos																			
	Condición boca																			
	Mortalidad																			
Comportamentales	Nivel de actividad																			
	Actividad, superficie																			
	Distribución																			
	Agresividad																			
	Anomalías																			
	Apetito																			
	Anticipación alim.																			
	Frec. ventilatoria																			
	VOR																			
Ambientales	Temperatura																			
	Salinidad																			
	Oxígeno disuelto																			
	Dióxido de carbono																			
	pH																			
	Comp. nitrogenados																			
	Turbidez/Sólidos susp.																			
	Velocidad corriente																			
	Iluminación																			
	Densidad																			
	Contaminantes																			

