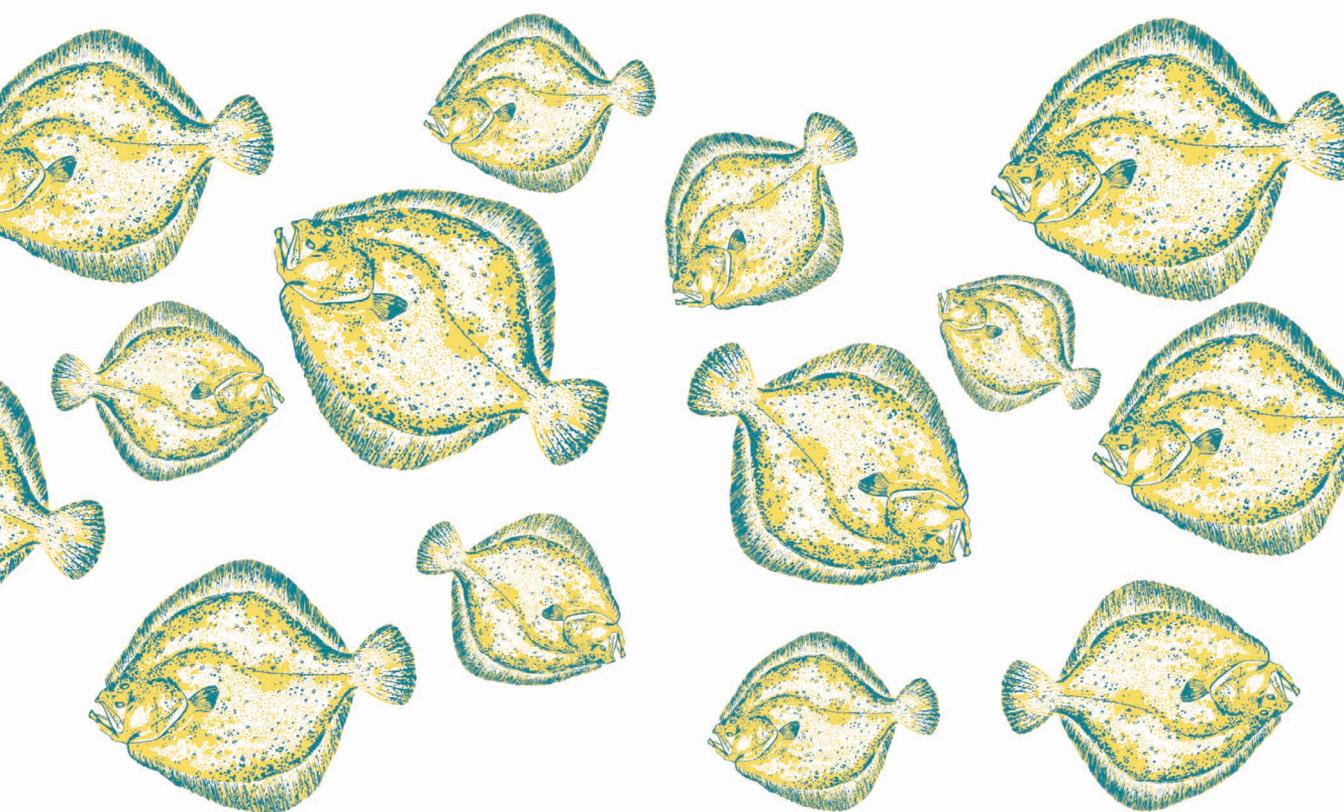


GUÍA SOBRE EL **BIENESTAR** DE LOS PECES

EN LA **ACUICULTURA** **ESPAÑOLA**

(Vol. 5): Bienestar de los rodaballos



APROMAR (2025) Guía sobre el bienestar de los peces en la acuicultura española – Volumen 5: Bienestar de los rodaballos. Asociación Empresarial de Acuicultura de España. 53 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), Andrés González Lecuona (E1), David Chavarrías (E2), Pilar León Arnaiz, Helena González Delgado y Julián G. Baena (MAPA), Jesus M. Míguez Miramontes, Mauro Chivite Alcalde, Carlos A. Ramírez Rodríguez (UVigo), Andrea Martínez Villalba (UCM), Morris Villarroel (UPM), Juan Miguel 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/UIB)

FishEthoGroup Association (FEG)

Organización no lucrativa Compassion in World Farming International (CIWFi)

Empresa Stolt Sea Farm S.A. (E1)

Empresa Nueva Pescanova (E2)

Grupo de Fisiología de Peces (PhysToFish), Centro de Investigaciones Marinas, Facultad de biología, Universidad de Vigo (UVigo)

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)

División 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: Empresa Stolt Sea Farm S.A.

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 parte 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: 978-84-09-78662-6

ÁMBITO DE LA GUÍA

Dada la relevancia que tiene el bienestar de los peces de acuicultura tanto para los productores, como los consumidores y agentes que velan por el correcto cumplimiento de las mejores prácticas disponibles, APROMAR como asociación representativa del sector empresarial de la acuicultura de peces en España planteó internamente el desarrollo de una serie de volúmenes dedicados a este relevante asunto. Es por ello, y a raíz de las relaciones previas establecidas con los agentes de la cadena de valor del sector, que APROMAR invitó a trabajar de forma conjunta a empresas, agentes de la administración, científicos y profesionales de las organizaciones que velan por el bienestar animal. La propuesta planteada fue desarrollar unas guías recopilando las mejores prácticas disponibles para velar por el correcto mantenimiento del bienestar de los peces de acuicultura en España. La guía actual (volumen 5) publicada en 2025 referente al cultivo del rodaballo ha sido precedida por:

2022- Vol.1. Guía sobre el bienestar de los peces en la acuicultura española.

2023- Vol.2. Guía sobre el bienestar de los peces en la acuicultura española. Bienestar de las lubinas.

2023- Vol.3. Guía sobre el bienestar de los peces en la acuicultura española. Bienestar de las doradas.

2024- Vol.4. Guía sobre el bienestar de los peces en la acuicultura española. Bienestar de las truchas arcoiris.

Estas guías pueden descargarse en español e inglés desde la página web de APROMAR (<https://apromar.es/guia-bienestar/>).

El primer volumen sirvió para establecer conceptos comunes y en las demás se identificaron una serie de indicadores de bienestar, los puntos críticos de bienestar en los sistemas de producción y una serie de buenas prácticas acuícolas específicas para cada una de las especies.

Además de incluir propuestas en materia de formación y comunicación, las guías abordan los principales retos y oportunidades existentes en este ámbito. Las entidades responsables de su elaboración coinciden en que debe entenderse como un documento dinámico y en constante evolución, sujeto a revisiones y actualizaciones periódicas a medida que se generen nuevos conocimientos científicos, avances regulatorios y desarrollos tecnológicos. El objetivo es garantizar que las recomendaciones y prácticas recogidas se mantengan siempre a la vanguardia del bienestar de los peces de acuicultura.

Este documento está dirigido principalmente a las empresas acuícolas de España y a todas las personas vinculadas al sector, tanto quienes trabajan directamente con los peces como quienes desempeñan funciones de organización y gestión. Asimismo, resultará de utilidad para las administraciones públicas, responsables políticos, el ámbito científico-tecnológico y educativo, así como para la sociedad en general.

La publicación ha sido financiada en el marco de los Planes de Producción y Comercialización de la Organización de Productores Pesqueros nº 30-APROMAR, con el apoyo del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación del Gobierno de España y la cofinanciación del Fondo Europeo Marítimo, de Pesca y de Acuicultura de la Unión Europea.



Índice

Resumen ejecutivo	4
1. Introducción.....	6
2. Indicadores de bienestar para rodaballo.....	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. Criadero (fase larvaria y alevines)	24
3.3. Pre-engorde y engorde	26
4. Bienestar y buenas prácticas en la cría del rodaballo	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 matanza.....	38
5. Formación y comunicación.....	40
5.1. Formación interna e institucional	40
5.2. Comunicación y divulgación	40
6. Retos y oportunidades	42
7. Bibliografía destacada.....	46
8. Anexo	52

RESUMEN EJECUTIVO

La producción de rodaballo (*Scophthalmus maximus*) en España es una de las ramas más consolidadas y especializadas de la acuicultura marina europea. Se concentra principalmente en Galicia, donde las condiciones ambientales (temperatura, calidad del agua y disponibilidad de espacio en costa) son muy favorables para su cultivo. España es el principal productor de rodaballo de la Unión Europea y uno de los líderes mundiales, con una producción consolidada y con tendencia al ascenso en torno a las 8.000–10.000 toneladas anuales en los últimos años. Se trata de un producto de alto valor añadido, que abastece tanto al consumo interno como a la exportación a mercados europeos de restauración y gran distribución.

En cuanto a la organización empresarial, el sector está compuesto por unas pocas empresas de gran tamaño que concentran la mayor parte de la producción y que han participado en la redacción de esta guía. Esta organización le otorga un carácter muy industrializado, con fuertes inversiones en innovación tecnológica, bioseguridad y mejora genética. Existe, además, una estrecha colaboración con centros de investigación y universidades para avanzar en el bienestar animal de la especie, así como en otros temas clave como la nutrición y la sostenibilidad ambiental. Además, el sector empresarial trabaja estrechamente a través de APROMAR en la interlocución con la administración y en foros europeos, impulsando la promoción del producto y la defensa de intereses comunes.

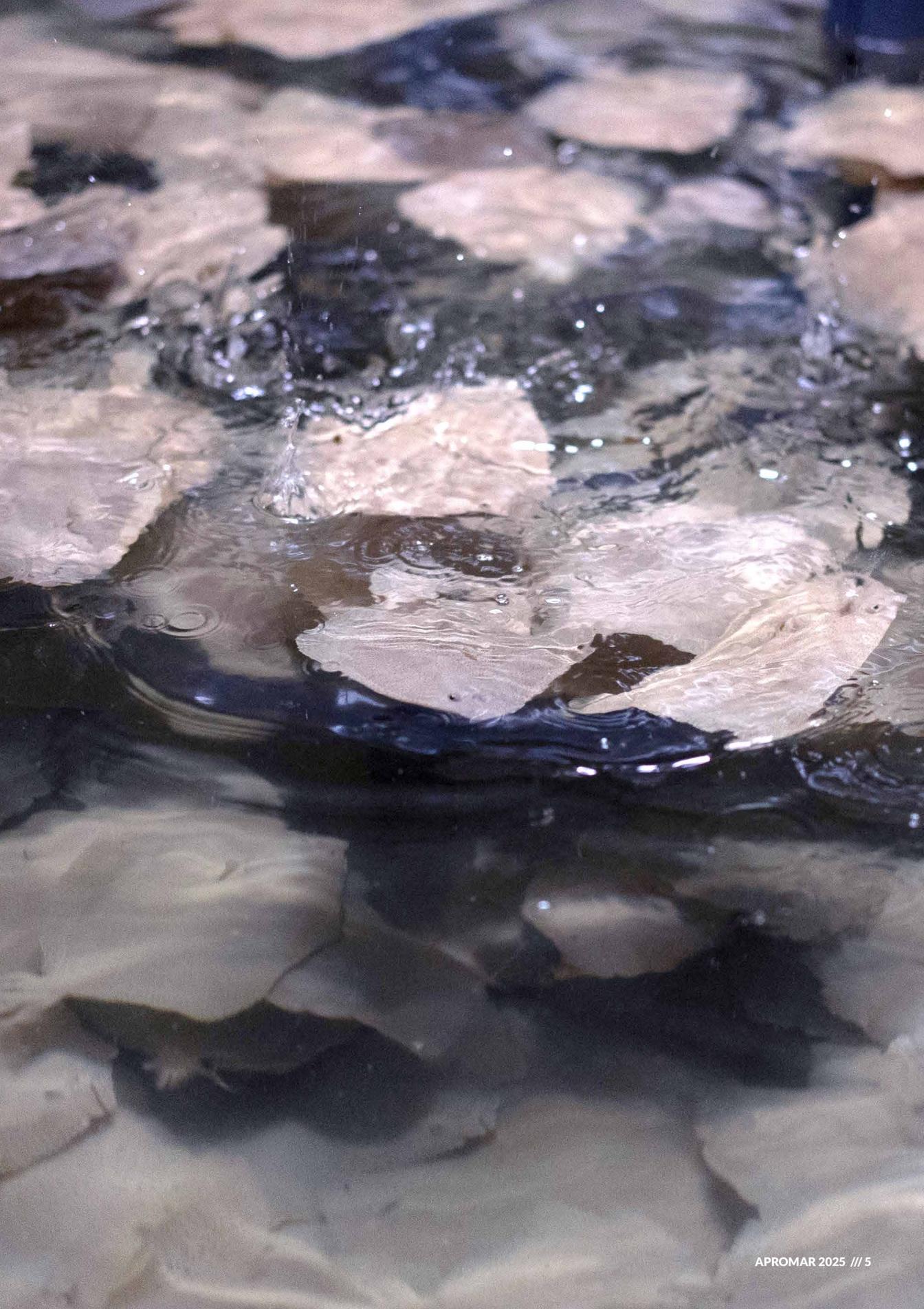
El bienestar de los rodaballos en las instalaciones de acuicultura de estas empresas es de total prioridad. Como es ampliamente conocido, para una correcta producción piscícola se requiere del aseguramiento del bienestar de los peces, es decir, el correcto crecimiento y desarrollo de los peces de acuicultura sólo es posible cuando se cumple con los parámetros de bienestar ani-

mal. Los acuicultores son los responsables del cuidado del bienestar de los animales, por su compromiso con una producción sostenible, y también por su ligazón con la rentabilidad de cualquier empresa.

Por primera vez, un único documento reúne los conocimientos científicos más recientes sobre el bienestar del rodaballo, presentando una serie de indicadores operativos para su evaluación. Estos indicadores son específicos, cuantificables y ajustables a las diferentes fases del ciclo de vida y a los sistemas de producción utilizados. Asimismo, se señalan los puntos críticos para el bienestar durante las etapas de reproducción, incubación, alevinaje, pre-engorde y engorde. La guía aborda prácticas relacionadas con procedimientos habituales en las granjas, como la alimentación, el entorno ambiental y la estabulación, el manejo y el mantenimiento, la reproducción, la salud animal y el transporte, o el aturdimiento y el sacrificio.

La capacitación del personal y la implicación de la dirección de las empresas productoras resultan determinantes para garantizar el bienestar de los peces en ambientes controlados. Este documento reconoce dicha relevancia y se concibe como una herramienta tanto formativa como divulgativa.

Costeada con fondos nacionales y europeos, esta guía de bienestar es fruto del trabajo colaborativo de las empresas productoras de rodaballo, personal de APROMAR, científicos de varias universidades e instituciones españolas, organizaciones de bienestar animal, y de la administración pública (ver página 2). 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.



1. INTRODUCCIÓN

El rodaballo europeo es un pez plano que pertenece a la familia Scophthalmidae. Esta especie todavía se menciona frecuentemente en la literatura como *Psetta maxima*, pero la nomenclatura científica actualizada y aceptada es *Scophthalmus maximus*¹. El rodaballo se encuentra ampliamente distribuido en la costa Atlántica europea (noreste y este del océano Atlántico), estando también presente en las costas de Marruecos, Mar Negro y Mar Mediterráneo, siendo menos frecuente en este último.

Es un pez de cuerpo plano, ovalado y asimétrico en forma de disco, con ojos saltones y pequeños situados en el lado izquierdo del cuerpo. Inicialmente, las larvas de rodaballo son simétricas, pero a partir del día 15 de desarrollo, el ojo derecho comienza a migrar hacia el lado izquierdo, completando el proceso alrededor del día 30. Este lado ocular es pigmentado y mimético, con tonos parduscos y verdosos de fondo, cubiertos por numerosas manchas claras y oscuras de distinto tamaño, que imitan el color del fondo en el que vive². El lado ciego (derecho) es de color blanquecino. Su piel no tiene espinas sino protuberancias óseas irregularmente distribuidas. Las aletas dorsal y anal se expanden ampliamente desde la cabeza hasta casi la cola, contribuyendo a la natación y el movimiento por el fondo marino. Aunque no existe dimorfismo sexual respecto a la pigmentación de la piel en el rodaballo, las hembras son en general más grandes, debido a su crecimiento más rápido. El rodaballo puede llegar a tener una longitud de 1 metro.

En el medio natural, el rodaballo es una especie marina de aguas frías a templadas, que habita principalmente en fondos arenosos, rocosos o mixtos de hasta un máximo de 150 metros de profundidad³. Ocasionalmente puede habitar aguas salobres. El rodaballo es una especie carnívora. Los juveniles se alimentan de moluscos y crustáceos y los adultos se alimentan de peces y cefalópodos principalmente. En su fase larval vive asociado a la columna de agua, flotando, pero cuando acaban la metamorfosis permanecen en el fondo, pasando a ser una especie bentónica². En la etapa juvenil el rodaballo se encuentra en zonas costeras y se va alejando de la costa hacia aguas más profundas a medida que va creciendo.

El rodaballo es una especie dioica cuya reproducción ocurre una vez al año en primavera: entre febrero y abril en el Mediterráneo y de mayo a julio en el Atlántico. Las hembras de rodaballo maduran sexualmente a partir de los 40 cm de longitud (2 años), mientras que los machos están en condiciones de fecundar a partir de los 30 cm (3 años). Para reproducirse, los rodaballos se reúnen en las zonas elegidas para el desove, en fondos situados a unos 30 metros de profundidad. La hembra va nadando y liberando los huevos simultáneamente, mientras uno o varios machos la siguen liberando el esperma para que entre en contacto con los óvulos que se encuentran suspendidos en el agua. Las hembras realizan varias puestas secuenciadas cada 2-4 días, durante las cuales desovan aproximadamente 3 millones de huevos, de 1 mm de diámetro y transparentes. Los huevos fecundados son pelágicos, la duración de la incubación suele ser de una semana (varía con la temperatura), momento en el que eclosionan y nace la larva.

La acuicultura del rodaballo comenzó en los años 70s del pasado siglo en Escocia (Reino Unido), cerrándose el ciclo a escala productiva en la década de los 80s. Fue subsecuentemente introducida en Francia y en España⁴. Al comienzo, debido a la escasez de juveniles, el número de instalaciones en España fue más bien limitado. El aumento de conocimiento sobre la especie, el desarrollo tecnológico y la reorganización del sector, ha dado origen a un crecimiento tanto en producción como en el número de países donde se cultiva el rodaballo. En la actualidad, España es el mayor productor de rodaballo del mundo, siendo también criado en Dinamarca, Alemania, Islandia, Irlanda, Italia, Francia, Noruega, Reino Unido y Portugal, y fue criado previamente en los Países Bajos. El rodaballo también ha sido introducido en otras regiones (notablemente Chile a fines de la década los 1980s) y más recientemente en China⁴. A nivel mundial, la producción total de rodaballo de acuicultura en 2023 fue de 75.140 t, siendo España el principal país productor de Europa (con 9.600 t), seguido de Portugal (con 3.000 t), Italia (100 t), Francia (100 t) y los Países Bajos (50 t). Hoy en día, la totalidad de la cría de rodaballo en España se produce en Galicia (100% de la producción española, 12,8% de la producción total mundial)⁵.

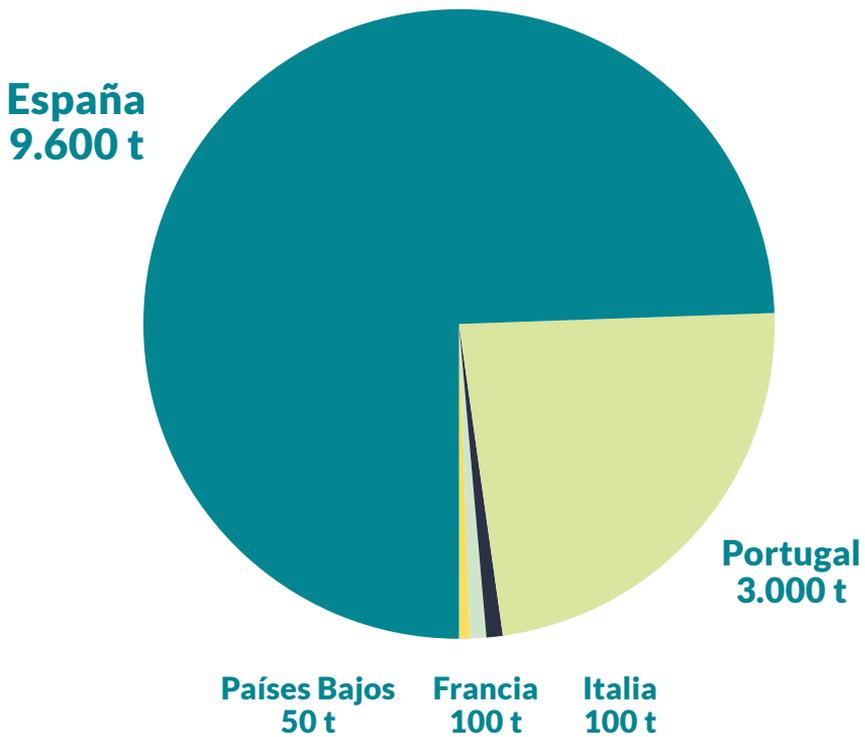
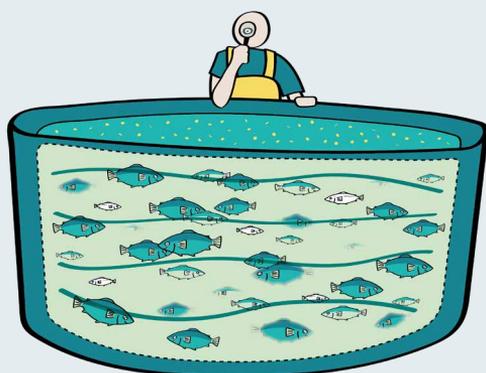


Figura 1. Distribución de la producción de rodaballo en los principales países productores de Europa (porcentaje del volumen total europeo producido en 2023)⁵.

2. INDICADORES DE BIENESTAR PARA RODABALLO

Los sistemas de cría en acuicultura presentan retos específicos para el bienestar de los peces por sus distintas necesidades biológicas, capacidades y respuestas frente al estrés o al dolor, las cuales pueden variar entre especies e individuos, y 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. La selección de indicadores de bienestar ha de hacerse teniendo en cuenta el modo de vida, la morfología y el comportamiento de la especie. En base a la experiencia en los sistemas de acuicultura en rodaballo y la literatura existente, se describen a continuación los principales indicadores de bienestar para esta especie:



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 el rodaballo, sin orden de relevancia, son:

Factor de condición

El factor de condición (K) es un indicador ampliamente aceptado para evaluar el estado nutricional de los peces⁶ y se calcula utilizando la fórmula: $K = (\text{peso corporal (g)} / \text{longitud (cm)}^3) \times 100$. Un valor de K igual o cercano a 1 es considerado el umbral para un pez sano o en buenas condiciones⁷. Dado que el factor de condición es variable y cambia tanto con la especie, la etapa de vida o la estación, es difícil definir valores exactos que sean indicativos de una reducción del bienestar general en el ciclo de vida. A pesar de su común uso en otras especies, esta metodología no es habitual en el rodaballo, debido principalmente a su particular morfología, optándose en su lugar por la correlación entre peso corporal y edad. No obstante, un factor de condición extremadamente alto cuando es criado en cautividad puede ser un indicativo de exceso de alimentación o espacio limitado⁸. En cambio, valores de K muy bajos podrían indicar una pérdida de masa corporal, debido a una alimentación deficiente o condiciones crónicas de estrés^{9,10}, que afectan negativamente al bienestar de los rodaballos.

Dispersión poblacional

Es crucial monitorear la dispersión de tallas en cada población, utilizando métodos como el análisis de su distribución o el coeficiente de variación. En rodaballo, una dispersión en las tallas dentro de una misma población o unidad de cría puede ser una consecuencia directa de las interacciones sociales entre individuos, ya sea por la formación de jerarquías o competencia por la comida, aparte de posibles diferencias genéticas ^{11,12}. Las jerarquías o interacciones sociales en los rodaballos pueden verse influidos por diversos factores, como las condiciones de temperatura, iluminación, el régimen de alimentación o la densidad poblacional, entre otros ^{11,13-16}. Estos indicios subrayan la importancia de unas buenas prácticas para mantener una distribución de tamaño lo más homogénea y estable posible, asegurando el bienestar del pez y optimizando su desarrollo.

Condición de la piel

La piel se considera el órgano más grande de los peces y es capaz de reflejar los cambios asociados a diferentes condiciones fisiológicas o ambientales que ocurren durante su desarrollo ¹⁷. Este órgano desempeña diversas funciones esenciales, como protección química y física o la regulación del intercambio de iones y agua. Los peces están constantemente expuestos a su entorno, lo que hace que su piel y mucosa actúen como primera línea de defensa. Por lo tanto, la condición de la epidermis del rodaballo es un indicador clave de su salud y bienestar, ya que puede influir significativamente en su estado general o indicar que hay agentes estresores perjudiciales en el entorno (químicos, físicos o biológicos) ¹⁸. Las situaciones de estrés (p.ej. altas densidades, características del agua) pueden alterar su estructura y capacidad inmune, aumentando así la susceptibilidad a infecciones ¹⁹⁻²¹. Además, algunos procedimientos durante la producción que implican contacto físico con los peces (como manejo y despesque) pueden causar alteraciones o lesiones en la piel que incrementan el riesgo de infecciones. Evaluar la salud de la piel requiere examinar la integridad de la capa mucosa de la piel y cualquier pérdida de tejido epidérmico

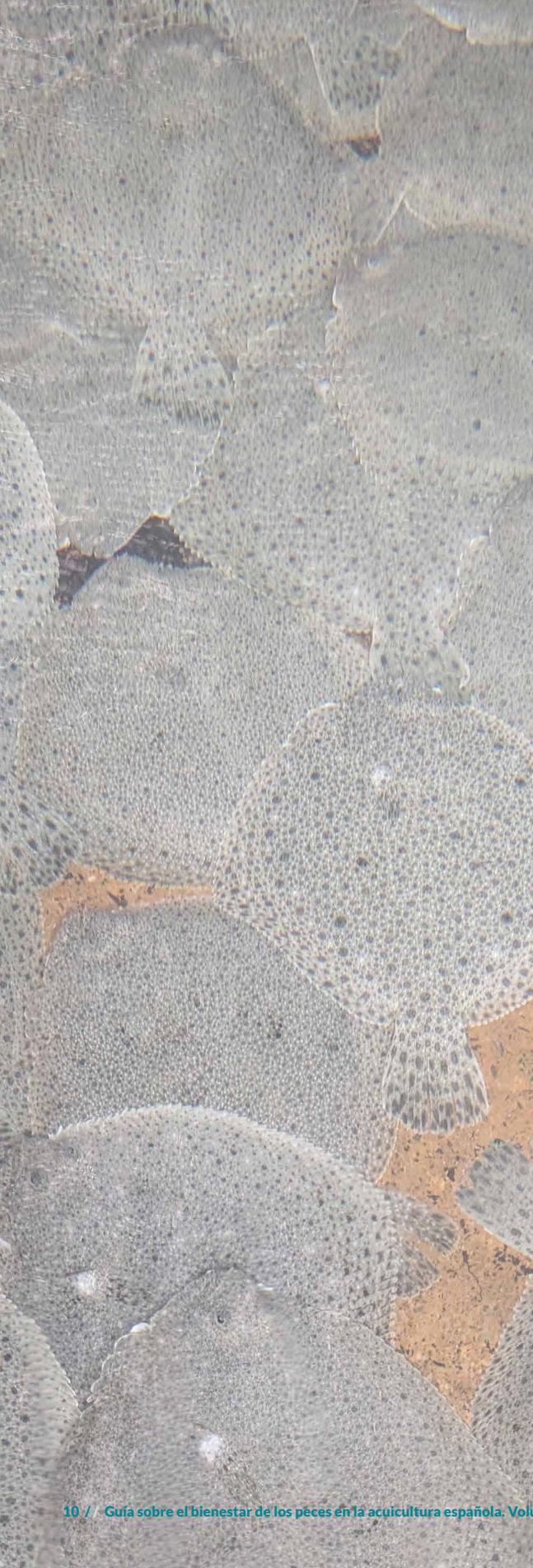
que afecte las capas más profundas. En el caso del rodaballo, esto incluye también la revisión de posibles daños en los tubérculos óseos característicos de su piel. Por tanto, identificar lesiones activas como zonas inflamadas, úlceras, hemorragias o heridas superficiales, es de gran importancia ya que pueden ser rápidamente colonizadas por microorganismos presentes en el medio.

Coloración de la piel

Las variaciones en el color o pigmentación de la piel son habitualmente un buen indicador de las condiciones de cría o alteraciones en el pez y, en el caso del rodaballo, pueden estar influenciadas por la iluminación, las características del sustrato, alteraciones en la dieta o enfermedades ²²⁻²⁶. Las distintas coloraciones de la piel del rodaballo se deben principalmente a variaciones en la cantidad y distribución de los distintos cromóforos en la misma ²⁷. Además, la presencia de enfermedades debidas a bacterias o virus puede provocar un oscurecimiento de la piel del lado ocular y de las aletas ²². En ocasiones, principalmente durante la fase de metamorfosis de la larva puede ocurrir una pigmentación anormal o aberraciones en el color de la piel, influenciados también por las condiciones lumínicas, el sustrato o la dieta ²⁴. Entre las pigmentaciones anormales más comunes en rodaballo se encuentra el albinismo del lado ocular y el oscurecimiento o ambicoloración del lado ciego ^{28,29}. Aunque no se han reportado problemas en el bienestar de los rodaballos relacionados con pigmentaciones anormales ²⁹, sí pueden conllevar una disminución del valor de mercado.

Malformaciones físicas

Los rodaballos pueden presentar malformaciones corporales y, ocasionalmente, se pueden observar individuos con una forma del cuerpo descoordinada, o deformidades a nivel craneal, corporal e incluso en las aletas en casos más graves ²⁹⁻³¹. Entre las anomalías craneales se han constatado deformidades en las mandíbulas, el opérculo sin desarrollar o el ojo derecho no-migratorio. Por otro lado, las malformaciones corporales suelen ser de las más frecuentes en rodaballo, con anomalías principalmente en la



columna vertebral (p.ej. fusión de vértebras, escoliosis, lordosis y cifosis). Tanto las deformidades espinales como craneales afectan significativamente la morfología externa y el crecimiento de los rodaballos. Así mismo, las deformidades de las aletas caudal, dorsal y anal son más frecuentes que en las aletas pectorales y pélvicas. Las deformidades graves de la aleta caudal generalmente van acompañadas de una deformidad espinal grave y provocan cambios externos significativos. De manera puntual se han descrito alteraciones en la vejiga natatoria, con consecuencias en la flotabilidad, desarrollo y supervivencia larvaria³². La mayoría de estas malformaciones aparecen durante el desarrollo larvario o las etapas de vida tempranas y son debidas principalmente a una mayor predisposición genética, así como a condiciones de alimentación o cría adversas, principalmente durante la fase de metamorfosis. Cuando las malformaciones corporales son severas, fácilmente detectables de manera visual, pueden dificultar la natación y la alimentación de los rodaballos, reduciendo el crecimiento, e incluso produciendo mortalidades elevadas^{29,30}. Los individuos con malformaciones físicas menos severas 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.

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 los rodaballos. 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 patógenos, mala calidad del agua, deficiencias nutricionales, o por una incorrecta manipulación^{33,34}. Toda afección de la aleta suele iniciarse con procesos de erosión, desgarro o engrosamiento, que la hacen más susceptible a infecciones y, en casos más graves, puede evolucionar hacia hemorragias, pudiendo ser un indicativo de posible presencia de patógenos^{20,22,35}.

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. Adicionalmente, el examen visual de las branquias puede ofrecer indicios sobre problemas en la calidad del agua, ya que es el principal factor de riesgo debido a su alta exposición al medio, así como sobre posibles infecciones bacterianas o parasitarias³⁶⁻⁴⁰.

Estado de los ojos

Debido a la naturaleza abultada y carente de protección de los ojos de los rodaballos, un manejo inadecuado puede conllevar a daños mecánicos y desecación ocular (ojos opacos o velados) que pueden derivar en el desarrollo de úlceras. 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, así como diversos trastornos patológicos⁴¹⁻⁴⁷.

Mortalidad

La existencia de un brote de enfermedades o problemas ambientales y/o relacionados con la gestión en la cría de rodaballo puede conllevar a un aumento de la mortalidad^{2,48}. 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). Los registros de la mortalidad diaria en cualquier etapa aportan información relevante, actuando como indicadores de alguna anomalía grave en la población o sistema de cría. La tasa y las causas de mortalidad en rodaballo varían según la fase del ciclo productivo, por lo que llevar un registro de mortalidad y morbilidad diaria resulta esencial para detectar problemas de bienestar.

2.2. Comportamentales

Observar y comprender el comportamiento de los rodaballos es crucial para mejorar su bienestar y reducir la respuesta de estrés ante las prácticas de cría diarias, lo que a su vez mejora el rendimiento de la granja. Las alteraciones comportamentales, particularmente en la actividad o alimentación, han servido a menudo para destacar posibles variaciones relacionadas con el bienestar. No obstante, esto debe ser establecido y analizado en función de cada fase de desarrollo y situación, por lo que el conjunto de estos datos es clave para evaluar el bienestar de los peces⁴⁹. Los siguientes indicadores operacionales brindan información sobre el patrón comportamental del rodaballo a nivel individual y grupal, formando parte de los indicadores directos basados en el animal:

Actividad 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. La actividad natatoria de los rodaballos varía según la etapa de desarrollo, y gira principalmente en torno a los periodos de luz y alimentación⁵⁰.

En la fase previa a la metamorfosis, las larvas de rodaballo alternan entre períodos de elevada actividad, asociados a la alimentación, y fases de menor actividad durante los cuales las larvas pueden permanecer casi inmóviles, desplazándose principalmente con la corriente. Ocasionalmente y de forma repentina muestran ráfagas cortas de natación, con trayectorias aleatorias y complejas, para luego descansar y volver a nadar nuevamente^{51,52}. En el tanque, las larvas muestran una distribución tridimensional irregular y cambiante, utilizando todo el espacio disponible⁵¹. Si las larvas de rodaballo se mueven enérgicamente o se agregan en un espacio reducido del tanque fuera del periodo de alimentación, es un indicador de escasez de alimento, problemas de salud, o cambios en las condiciones ambientales (iluminación, temperatura, salinidad)⁵³⁻⁵⁶.

Durante la metamorfosis, los rodaballos con el ojo derecho en proceso de migración tienden a nadar de manera más enérgica que en la fase anterior, en medio de la columna de agua, cerca del fondo del tanque o incluso tocando la superficie. Tras la metamorfosis, los rodaballos se asientan en el fondo, adquiriendo un estilo de vida bentónico disminuyendo así su actividad natatoria considerablemente. En la naturaleza, los rodaballos presentan el comportamiento innato de enterrarse^{57,58}, pero ante la ausencia de sustrato en las condiciones de cría, suelen buscar el contacto físico de otros individuos, observándose cierto solapamiento entre ellos. Posiblemente este comportamiento se debe a las jerarquías sociales que se observan en los rodaballos en cautividad, donde los individuos se amontonan unos sobre otros, siendo los dominantes los que permanecen en la parte inferior del grupo⁵⁹. Por tanto, teniendo en cuenta su comportamiento gregario en cautividad, los rodaballos con buenas condiciones ambientales y de bienestar tienden a una distribución amplia pero agregada en zonas determinadas del tanque⁶⁰.

Apetito y comportamiento durante la alimentación

Los rodaballos son peces carnívoros, depredadores, que utilizan señales químicas y visuales para capturar presas o alimentarse^{61,62} y es precisamente durante la alimentación donde presentan el mayor grado de actividad⁶³. La alimentación en los peces depende de su apetito (motivación para alimentarse), sus capacidades

sensoriales para encontrar alimentos, de su habilidad para capturarlos, manipularlos e ingerirlos, y de su fisiología, que determina cómo los peces digieren y asimilan el alimento¹².

El apetito y la ingesta en el rodaballo se verán influidos por los factores ambientales y las condiciones del tanque, las estrategias de alimentación y las condiciones fisiológicas del animal (estrés, salud, etc.), así como de la palatabilidad del alimento^{50,52,56,64}. Durante las fases más tempranas, los alevines de rodaballos se alimentan en toda la columna de agua, mostrando mayor actividad cerca de la superficie^{52,65}, mientras que, en tallas mayores, los rodaballos realizan movimientos más verticales, desplazándose vigorosamente desde el fondo hasta la superficie.

Un exceso de actividad natatoria, agitada, puede ser el resultado de una alimentación deficiente. Por el contrario, una ausencia de apetito o de respuesta alimenticia puede ser indicio de condiciones ambientales inadecuadas (calidad del agua, iluminación), problemas de salud o estrés, o una alimentación excesiva e incontrolada, indicando problemas graves en el bienestar de los peces^{20,56,66}.

Movimientos anormales

Los movimientos anormales se suelen asociar a problemas de salud y bienestar. En rodaballos, los individuos y poblaciones afectadas por enfermedades pueden presentar una natación





errática, invertida o en espiral, que suele ir ligada a una disminución de la ingesta y dificultad respiratoria ^{20,22,67,68}. Otro de los comportamientos anormales que se pueden observar en los rodaballos es la tigmotaxis, caracterizada por la tendencia del individuo a situarse a en la periferia del recinto y en continuo contacto con las paredes). Este patrón suele estar asociado a una inadecuada iluminación o coloración de las paredes, pudiendo afectar gravemente la salud y supervivencia de los individuos ⁶⁴. Por otra parte, 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 cría.

Agresividad

En ocasiones se pueden observar comportamientos agresivos en los rodaballos, aunque no son muy comunes. Un aumento de la agresividad entre individuos de una misma población puede deberse a una escasez de alimentos, lo que conlleva un aumento de la competencia o dominancia jerárquica, sobre todo en las primeras fases de desarrollo ^{11,12,69}. Dicha agresividad suele desaparecer con una adecuada alimentación ¹⁴. 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 en la piel (*ver indicador externo: condición de la piel*).

Frecuencia ventilatoria y “boqueos”

La frecuencia respiratoria es un indicador del consumo de oxígeno de los peces, incluido el rodaballo, y se considera como una de las respuestas de estrés a los cambios ambientales ^{70,71}. Por lo general, una frecuencia respiratoria alta representa una eficiencia respiratoria baja y/o un incremento de la necesidad de oxígeno, que en rodaballo puede estar causada por una deficiencia en la calidad del agua (baja concentración de oxígeno, presencia de contaminantes), condiciones ambientales inadecuadas (temperatura elevada), situaciones de estrés o problemas de salud ^{20,70-73}. Por tanto, la observación del movimiento de los opérculos (amplitud y velocidad de apertura y cierre) puede servir de herramienta para verificar visualmente el estatus respiratorio de los rodaballos, y evaluar su bienestar. De igual modo, la presencia de individuos “boqueando” (i.e., apertura y cierre repetido de la boca) es otro claro signo de problemas de bienestar en rodaballo, y suele ir asociado a frecuencias respiratorias elevadas.

Reflejo Vestíbulo-Ocular

A la hora de evaluar la pérdida o recuperación de la consciencia en peces, existen una serie de síntomas progresivos o indicadores visuales que se pueden aplicar, como son la aparición del movimiento opercular, movimiento de las aletas, reacción a estímulos táctiles y recuperación del equilibrio, y el reflejo vestibulo-ocular (VOR) ^{74,75}. Aunque no se considera un indicador comportamental, el VOR es un reflejo neurológico externamente observable que se manifiesta como el movimiento ocular compensatorio cuando intentan mover los ojos en



el plano horizontal durante el estado de consciencia⁷⁶, y está relacionado con la función cerebral. Su aparición es uno de los primeros signos claros de recuperación de consciencia tras el aturdimiento o tras la exposición a sedantes o anestésicos. Por tanto, el VOR podría ser un indicador eficiente y fácil de utilizar para evaluar la posible pérdida y/o recuperación de la consciencia de los rodaballos en procesos operativos de anestesia y aturdimiento⁷⁵. Sin embargo, se recomienda precaución al utilizar el VOR como indicador de pérdida de conciencia, pues el único método completamente fiable para garantizar un aturdimiento instantáneo y efectivo es mediante la medición directa de la pérdida de actividad cerebral a través de electroencefalogramas (EEGs)^{77,78}.

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 mismo. Se detallan a continuación aquellos relevantes para los rodaballos:

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 de por su relación con el resto de los parámetros ambientales. El rango de temperatura óptima de los rodaballos está entre 14 °C y 19 °C, aunque sus límites de tolerancia se encuentran entre 12 °C y 20 °C^{13,70,79-82}, coincidiendo con el rango de las zonas de cría de la especie. Dentro de dicho rango, las temperaturas óptimas varían ligeramente según la fase de desarrollo. Cualquier alteración de la temperatura ambiental (y por tanto corporal) 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.). Además, los especímenes expuestos a muy altas temperaturas (por encima de los 20 °C) y muy bajas temperaturas (por debajo de los 5-8 °C), pueden experimentar situaciones de estrés fisiológico, críticas para la supervivencia^{21,83,84}.

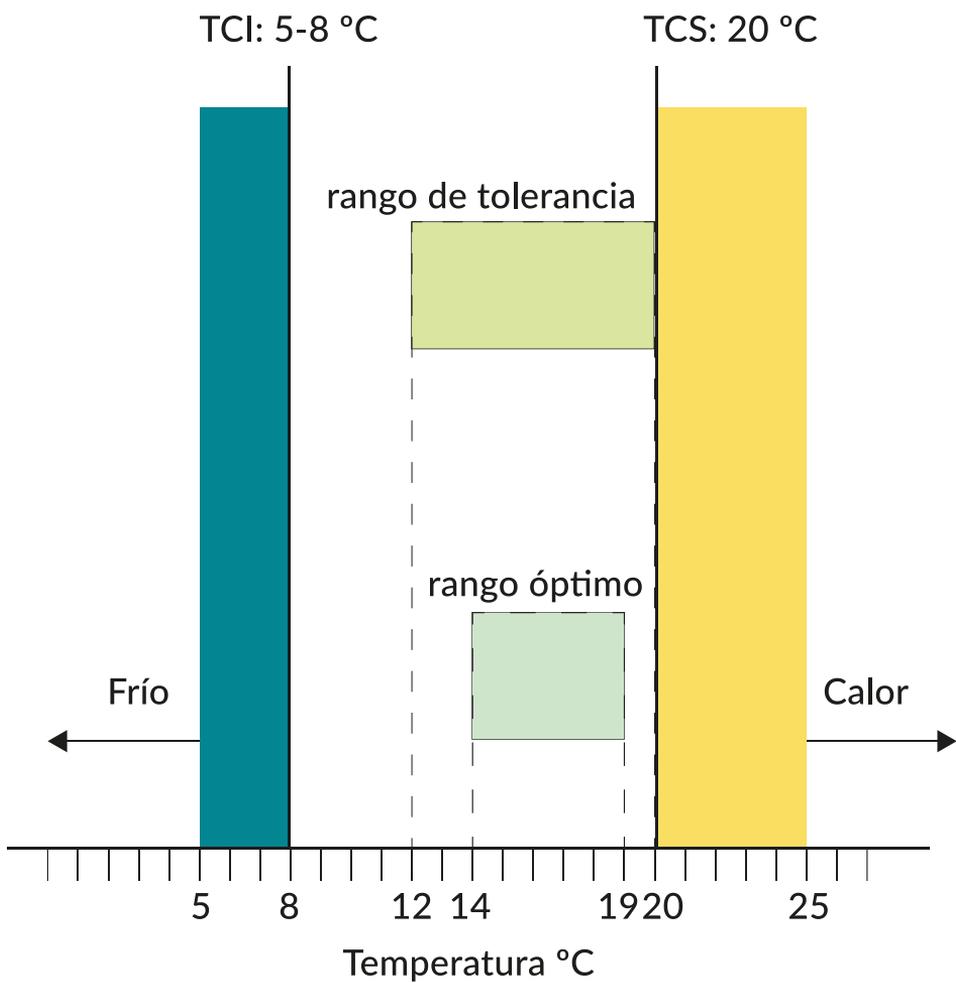


Figura 2. Gráfica de la zona termo-neutra del rodaballo, con el rango óptimo, límites de tolerancia y temperaturas críticas: temperatura crítica inferior (TCI), temperatura crítica superior (TCS).



Salinidad

La salinidad indica la cantidad de sales o iones disueltos en el agua. La producción de rodaballo en España se realiza generalmente en agua de mar, con una salinidad alrededor de los 35-38 psu, por lo que no tiene especial utilidad como indicador de bienestar en el sector español. No obstante, por su biología, la especie permite ser criada en aguas menos saladas, adaptándose a salinidades de hasta 8-10 psu^{82,85,86}, dependiendo a su vez de la temperatura¹³.

Oxígeno disuelto

El oxígeno disuelto (OD) en el agua, expresado en mg/L, constituye un parámetro fundamental en piscicultura, ya que los organismos poiquiloterms presentan requerimientos de oxígeno determinados por su tasa metabólica, la cual varía en función de la temperatura ambiental. Además, existe una relación inversamente proporcional entre la solubilidad del oxígeno y la temperatura del agua, por lo que, a mayor temperatura del agua, menor solubilidad del oxígeno, y por tanto menor concentración o disponibilidad. Por ello, el OD es uno de los factores más críticos para el rodaballo, y puede suponer un riesgo elevado cuando se crían a altas densidades si no se usa suplementación de oxígeno⁸². No obstante, los rodaballos cuentan con ciertas características fisiológicas adaptativas (p.ej., polimorfismo de hemoglobina, respiración cutánea) que les hace ser muy tolerantes a la deficiencia de OD^{72,81,87}. Dicha tolerancia al OD varía según la fase del ciclo productivo, pues los

juveniles o adultos de rodaballo son más resistentes que las larvas a bajas concentraciones de oxígeno (hipoxia). En términos generales, las concentraciones mínimas de OD para rodaballo se sitúan alrededor de los 6 mg/L, ya que por debajo de 3 mg/L dejan de alimentarse y hay riesgo de mortalidad a concentraciones cercanas a 1 mg/L^{82,88}. En cambio, no existe riesgo biológico a concentraciones de hipersaturación de OD. En esta especie se ha demostrado que la persistencia de valores bajos de OD (situación crónica de hipoxia) es más perjudicial que episodios cortos de descenso del mismo (exposición aguda).

Dióxido de carbono

El dióxido de carbono (CO₂) es muy soluble en agua y tiene una gran toxicidad. Por un lado, al solubilizarse en agua se produce ácido carbónico, disminuyendo el pH del agua (mayor acidez) y, por otro lado, el aumento de CO₂ en agua aumenta la concentración sanguínea del mismo, originando una hipercapnia, acidosis respiratoria y menor afinidad de la hemoglobina por el oxígeno (efecto Bohr) así como sobre la capacidad de transporte del oxígeno por la hemoglobina (efecto Root). Estos cambios fisiológicos originan un aumento de la frecuencia respiratoria, letargia y problemas digestivos y metabólicos, que pueden llegar a provocar la muerte de los individuos⁸⁹⁻⁹². En casos menos severos, también puede afectar al crecimiento. Valores de CO₂ disuelto por encima de 9-13 mg/L pueden afectar al crecimiento, metabolismo y bienestar de los rodaballos^{90,92}.

pH

Es una medida de acidez o alcalinidad del agua, altamente dependiente de la temperatura y la concentración de CO_2 en el medio. Se ha demostrado que el pH es un factor importante relacionado con las tasas de mortalidad de rodaballo criado en altas densidades sin recambio de agua, debido a la gran influencia de la acidez del agua en la toxicidad del amonio, así como sobre el OD y sobre la afinidad y/o capacidad de transporte de O_2 por la hemoglobina⁹³. En general, el rodaballo presenta un rango amplio de tolerancia al pH, pero se recomienda evitar valores por debajo de 5,5 y por encima de 8,5^{94,95}.

Amoniac y compuestos nitrogenados

El aumento de estos compuestos en los estanques se debe a las excreciones de los peces y la materia orgánica en descomposición, posiblemente debido a un exceso de alimentación. El amoniac puede encontrarse en su forma ionizada (NH_4^+) o no ionizada (NH_3), siendo ésta última muy tóxica para los peces⁹⁶. En el agua se encuentran ambas formas, pero su proporción depende del pH y la temperatura del agua. Las bacterias nitrosomonas descomponen el amoniac dando lugar a nitritos (NO_2^-), compuestos muy tóxicos para los peces. Estos se descomponen por bacterias del género *Nitrobacter* dando lugar a nitratos (NO_3^-), de menor toxicidad y que no suelen generar problemas en las explotaciones debido a que los sistemas abiertos presentan una constante renovación del agua, mientras que los sistemas con recirculación de agua (RAS) poseen biofiltros con bacterias del género *Nitrobacter*, disminuyendo así 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. El rodaballo es más "ureotélico" que muchos otros teleosteos y excreta un 20-26% del nitrógeno total en forma de urea⁹⁷. Para rodaballo, se recomiendan unos valores máximos aproximados de 0,1 mg/L de amoniac, 0,1 mg/L de nitritos, y 125 mg/L de nitratos^{92,93,95,96,98,99}, aunque su toxicidad dependerá de la acidez y temperatura del agua, así como de las condiciones de cría.

Turbidez y sólidos en suspensión

En el cultivo de rodaballo es muy importante utilizar aguas limpias, haciendo referencia la turbidez a la claridad del agua y al material sólido que está en suspensión en el agua. Ambos parámetros están muy relacionados debido a que la turbidez aumenta con los sólidos en suspensión. En rodaballo, la presencia de sólidos en suspensión reduce la calidad del agua y la concentración de oxígeno, impidiendo su correcta visión y respiración y, con ello, reduciendo su alimentación y aumentando su nivel de estrés^{66,100-102}.

Caudal y velocidad del agua

Relacionados con la calidad del agua cabe destacar otros parámetros como el caudal y la velocidad, los cuales están estrechamente relacionados entre sí. El caudal y la velocidad de la corriente pueden influir positiva o negativamente en el bienestar de los rodaballos, ya que una velocidad óptima permite una buena renovación del agua, promueve una distribución más homogénea e incita a cierto ejercicio físico (en el caso de fases tempranas). No obstante, 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. En cambio, si la velocidad es extremadamente alta, se pueden ver afectados la alimentación y el movimiento natural de los peces^{90,92,103,104}.

Iluminación

Al hablar sobre la iluminación nos referimos al fotoperiodo, la intensidad lumínica y las características espectrales de la luz, principalmente. El control y regulación de la iluminación es muy relevante durante la reproducción y el desarrollo larvario de los rodaballos pues se lleva a cabo en tanques en interior. Es importante mantener los ritmos biológicos en la cría de rodaballos, pues tendrá un impacto positivo en su reproducción, metabolismo, desarrollo y resistencia a enfermedades, reduciendo su estrés^{56,105,106}. En cambio, la alteración de los ritmos biológicos puede actuar como un factor de estrés para los rodaballos, induciendo una estimulación del eje de estrés que origina una reducción de la utilización



del alimento con la consiguiente disminución del crecimiento y de maduración gonadal ^{15,56,107-109}. Además, el color o espectro de la luz (longitud de onda), así como el color de los tanques, puede afectar específicamente al desarrollo corporal de embriones, larvas y juveniles de rodaballo ^{64,110-113}. El engorde de rodaballo se realiza habitualmente al aire libre, con fotoperiodo natural, donde se utilizan lonas o toldos para regular la intensidad lumínica, y evitar que la luz solar dañe la piel y los ojos de los rodaballos ². En el caso de que el engorde se lleve a cabo en interior, es necesario iluminación artificial, pero siempre manteniendo los ritmos circadianos de la especie.

Densidad poblacional

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) o individuos por litro de agua (ind/L) en el caso de rodaballos en fases previas a la metamorfosis (alevines), y en biomasa por superficie (kg/m^2) o individuos por superficie (ind/m^2) en fases posteriores (juveniles y adultos), debido al comportamiento bentónico de estos últimos. También se pueden encontrar referencias de densidad en rodaballo relacionadas con el porcentaje de superficie que cubren los individuos. 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.

El rodaballo es una especie capaz de soportar condiciones elevadas de densidad, ya sea por sus hábitos bentónicos, su escasa actividad, o su tolerancia a bajas concentraciones de oxígeno ⁸². Se pueden encontrar gran variedad de usos y recomendaciones en cuanto a la densidad y sistema de producción ². No obstante, si la densidad poblacional de los rodaballos es alta se va a ver afectada la calidad del agua, el comportamiento, la eficiencia en la conversión de alimentos, la dispersión de tallas, e incluso la coloración e integridad de la piel, incrementándose el nivel de estrés, así como la susceptibilidad a patógenos y enfermedades ^{14,114-119}. En cualquier caso, siempre se debe asegurar el bienestar de los rodaballos mediante una correcta densidad poblacional y usando otros indicadores operacionales de bienestar ¹²⁰.

2.4. Indicadores de laboratorio

Los indicadores de laboratorio proporcionan una vía objetiva y cuantificable para evaluar el bienestar del rodaballo, ofreciendo información valiosa sobre su estado interno más allá de lo que permiten detectar las observaciones externas. Estos parámetros permiten identificar desequilibrios fisiológicos y señales tempranas de estrés, incluso antes de que se manifiesten cambios morfológicos o comportamentales evidentes. En el contexto acuícola, su aplicación aporta al productor una herramienta complementaria, práctica y fiable para analizar el bienestar ani-



mal en momentos puntuales y bajo condiciones específicas, contribuyendo así a una gestión más precisa y controlada del cultivo. A continuación, se detallan los más relevantes:

Indicadores hormonales y metabólicos

Las condiciones ambientales, tanto bióticas (densidad, competencia, interacciones sociales, etc.) como abióticas (manejo, temperatura, salinidad, OD, calidad del agua, etc.) influyen significativamente en la biología del rodaballo². Cuando estas condiciones superan la capacidad de los mecanismos fisiológicos y comportamentales del pez para mantener la homeostasis, se desencadena una respuesta integrada de estrés denominada síndrome general de adaptación, que trata de devolver el equilibrio interno al individuo. Si estos mecanismos de urgencia no son suficientes y/o la exposición al factor estresante se prolonga en el tiempo, la respuesta al estrés entra en una fase crónica, de agotamiento de recursos, en la que el bienestar del animal se ve comprometido severamente¹²¹.

Las perturbaciones intensas activan una serie de mecanismos fisiológicos mediados por la respuesta neuroendocrina del estrés y que, en una primera fase, implica la rápida liberación de hormonas al torrente sanguíneo, principalmente cortisol y catecolaminas (respuesta primaria de estrés). Los niveles de estas hormonas son cuantificables y, por tanto, son susceptibles de servir como indicadores de bienestar. Al igual que para otras especies de teleósteos, el cortisol ha sido usado como marcador de la respuesta al estrés en el rodaballo. No solo puede detectarse en plasma, sino también

en otros elementos como moco cutáneo, heces e incluso en el agua del tanque, especialmente en condiciones de estrés prolongado. En concreto, en individuos adultos de rodaballo las concentraciones de cortisol en plasma sanguíneo oscilan entre 1 y 10 ng/mL, mientras que en situaciones de estrés agudo puede aumentar 10-20 veces. Existen múltiples métodos para su cuantificación, cada uno con ventajas y limitaciones según el contexto experimental. Entre ellos destacan el ensayo por inmunoabsorción ligado a enzimas (ELISA), el radioinmunoanálisis (RIA) y la cromatografía líquida acoplada a espectrometría de masas en tándem (LC-MS/MS), que varían en sensibilidad, especificidad, coste y aplicabilidad práctica. Aunque la determinación en plasma es considerada el estándar por su precisión, implica la extracción de sangre y requiere instalaciones específicas¹²².

Los niveles sanguíneos de cortisol se han asumido como un indicador poderoso de estrés en peces, aunque su liberación a la sangre está controlada por un complejo bucle de retroalimentación negativa que provoca que cuando el estímulo de estrés es persistente, los niveles de cortisol tienden a disminuir con el tiempo. Dado que las situaciones de estrés crónico son las que realmente comprometen la fisiología del pez, es evidente que la medida del cortisol sanguíneo debe ser complementada con otros indicadores que ayuden a identificarlas. Por ello, comprender el grado de invasividad del método, su fiabilidad para reflejar estrés agudo o crónico, y su variabilidad, es clave para elegir la estrategia analítica más adecuada y garantizar resultados interpretables sin comprometer el bienestar de los animales.

Las catecolaminas (adrenalina, noradrenalina) son liberadas desde el tejido cromafín del riñón al torrente sanguíneo de manera inmediata tras la percepción del estresor. Sin embargo, su corta duración, junto con los niveles relativamente bajos y técnicamente difíciles de medir en rodaballo, dificulta su uso como indicadores de bienestar más allá de la respuesta inicial ¹²³.

El incremento de los niveles de hormonas de estrés provoca una respuesta secundaria caracterizada por alteraciones en parámetros hemáticos y metabólicos que comprometen la salud/bienestar animal. Entre estos, los niveles de gases respiratorios (oxígeno y CO₂) en sangre, cuyos niveles suelen oscilar entre 60 ± 25 mm Hg, el pH (7.2-7.5) y los de ciertos iones, como el HCO₃⁻ (8-12 mM) pueden ser buenos indicadores de bienestar, principalmente en situaciones en las que el pez tiene acceso limitado a oxígeno y/o se genere acidosis sanguínea por un aumento intenso de la actividad motora u otra afectación ^{123,124}. La limitación de OD también resulta en aumento de la concentración de hemoglobina, que en el rodaballo presenta valores basales en el rango de 50-70 g/L, así como el valor hematocrito que oscila entre 15-20%, alcanzando 70-80 g/L y 20-25%, respectivamente, en situaciones de estrés por hipoxia.

Entre los indicadores metabólicos, la concentración sanguínea de glucosa plasmática, con un rango basal entre 1.5-2.5 mM, puede aumentar 2-3 veces en situaciones estresantes, aunque esta respuesta no siempre es observada ¹²⁵. Asimismo, la concentración del lactato, con niveles basales en plasma sanguíneo de 0.5-1.5 mM, también puede duplicarse o triplicarse en algunas situaciones de estrés, en particular aquellas que provocan un déficit de oxígeno en el pez y la activación del metabolismo anaeróbico ¹²³. En situaciones de desnutrición o inanición, parámetros como la albúmina (16-17 g/L) o la proteína total en sangre (42-45 g/L) también pueden actuar como indicadores orientativos de la alteración del bienestar ¹¹⁸.

Desde el punto de vista técnico, estos parámetros pueden cuantificarse en plasma, suero sanguíneo o mucosas mediante kits comerciales específicos (como los de glucosa, lactato o he-

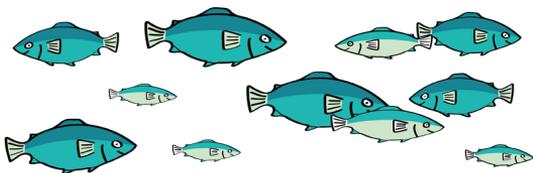
moglobina), tras la obtención de sangre y mucosas, y la centrifugación posterior de las muestras. Aunque normalmente el análisis se realiza en laboratorio, muchos de ellos pueden medirse in situ en la granja mediante equipos portátiles. No obstante, como se ha señalado, la interpretación de estos datos exige precaución debido a factores como la variabilidad individual, los ritmos circadianos y el contexto ambiental en el que se obtienen ¹⁰⁶.

Indicadores moleculares

La cuantificación de la expresión de ciertos genes mediante técnicas moleculares tiene un gran potencial para definir alteraciones del bienestar. Entre los marcadores génicos más destacados se encuentran aquellos relacionados con la respuesta fisiológica al estrés, como el factor liberador de corticotropina (CRF), los receptores de glucocorticoides (GR) y la expresión de chaperonas (HSP70, HSP90) ¹²⁶. Asimismo, la sobreexpresión de marcadores asociados a la respuesta inmune, tales como el factor de necrosis tumoral (TNF-), las interleucinas (IL-1 y IL-8) o el receptor activado por proliferadores peroxisomales (PPAR-1) son de gran interés para evaluar estadios de bienestar comprometido por la presencia de patógenos o parásitos ^{127,128}.

Dentro de los marcadores moleculares en rodaballo, destacan también aquellos vinculados al estado redox. Las situaciones de estrés pueden desencadenar la generación de especies reactivas de oxígeno (ROS), comprometiendo la integridad celular si no es compensado por los sistemas antioxidantes endógenos ^{8,129}. En este contexto, la producción de enzimas antioxidantes como la superóxido dismutasa (sod), la catalasa (cat), la glutatión peroxidasa (gpx) y la glutatión S-transferasa (gst), así como la expresión de los genes que las codifican, resulta de gran interés, dado que reflejan la capacidad del pez para neutralizar los radicales libres y mantener la homeostasis celular ^{8,73,115,118,129,130}. La adecuada regulación de estas enzimas y genes no solo contribuye al equilibrio metabólico, sino que además protege el tejido muscular del daño oxidativo, aspecto directamente relacionado con el bienestar y con la preservación de sus características estructurales ^{8,129}.

La mayor parte de los indicadores de bienestar utilizados en peces surgen del estudio de situaciones en las que el bienestar está comprometido, siendo muy pocos los factores cuantificables que resultan de experimentar estados de bienestar positivos. En este sentido, se han identificado parámetros relacionados con el desarrollo neuronal de los peces, asociados a la estimulación cognitiva, como la expresión de los genes que codifican el factor neurotrófico derivado del cerebro (BDNF) y el factor de diferenciación neurogénica (NDF1), ambos vinculados a la proliferación neuronal. Asimismo, algunos neurotransmisores monoaminérgicos cerebrales, como la serotonina y la dopamina, que juegan un papel crítico en la modulación de la respuesta de estrés en peces ^{131,132} son también mediadores de estados emocionales como excitación, ansiedad o miedo, por lo que pueden ser útiles también como indicadores fisiológicos del bienestar emocional. Sin embargo, la cuantificación e interpretación de estos indicadores es compleja debido a la falta de valores de referencia estandarizados, ya que dependen de factores tales como el estado de desarrollo del pez, el contexto ambiental y la variabilidad individual de los especímenes, entre otros, por lo que deben ser evaluados por personal especializado.

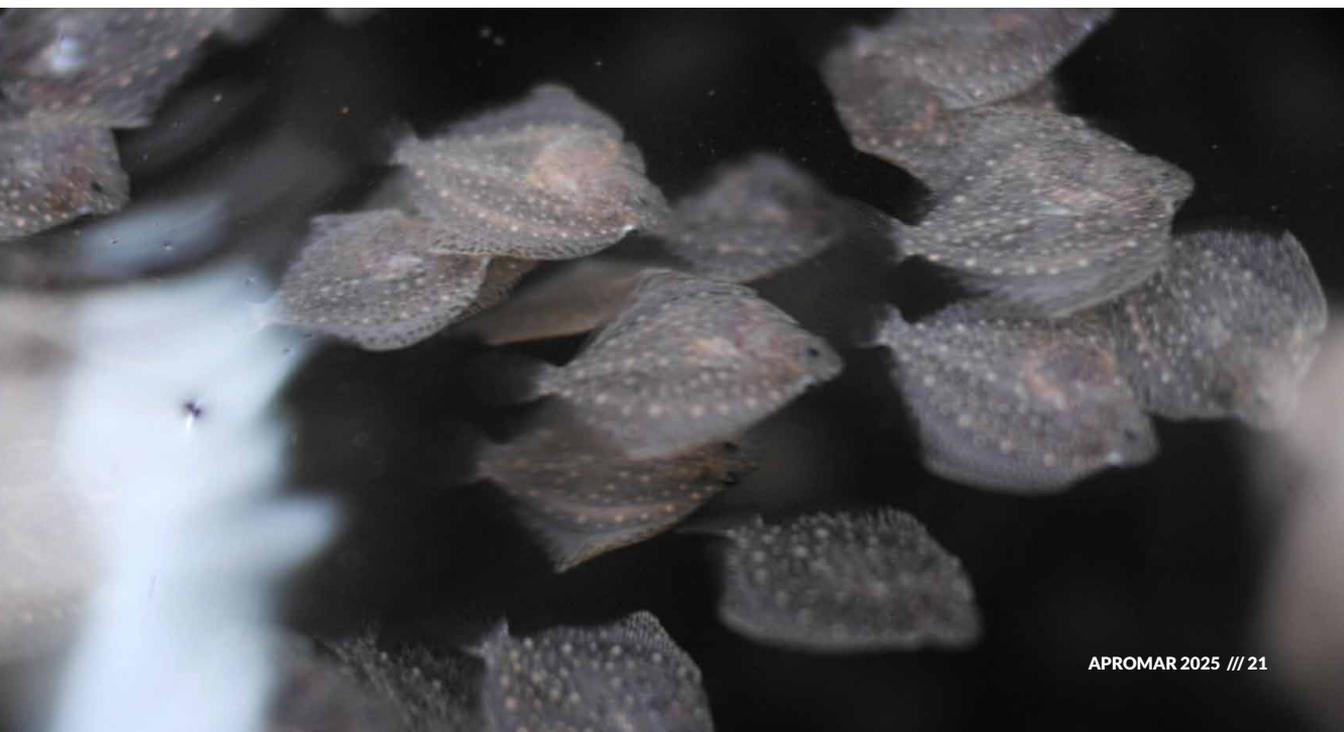


Indicadores inmunitarios

Los indicadores inmunitarios permiten evaluar el estado de salud y la incidencia de infecciones. La respuesta innata puede medirse a través de la actividad bacteriolítica del moco o plasma, la concentración de lisozima, la actividad del complemento y la capacidad fagocítica de leucocitos ¹³³. Estas respuestas se activan rápidamente ante agentes infecciosos o diferentes tipos de estrés ambiental.

Por su parte, la respuesta inmunitaria adaptativa en el rodaballo se evalúa principalmente mediante la cuantificación de inmunoglobulinas (Ig) en plasma, especialmente la IgM, que es la principal inmunoglobulina en peces teleosteos. Los niveles de IgM aumentan significativamente tras la vacunación o una infección, reflejando la activación de la respuesta adaptativa y la producción de anticuerpos específicos frente al antígeno o patógeno correspondiente ¹³⁴. El recuento leucocitario en sangre completa también sirve como indicador general del estado inmunitario, especialmente en situaciones de infección o inflamación, complementando los análisis hematológicos y bioquímicos.

Por último, hay que indicar que ningún indicador fisiológico de bienestar es definitivo por sí solo y que, en todo caso, los que sean objeto de estudio deben ser interpretados de forma holística en comparación con otros indicadores de bienestar e idealmente por personal formado.



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

La práctica más común en España para la cría de rodaballo es el monocultivo intensivo, en instalaciones en tierra con aporte de agua de mar en flujo abierto. Se describen a continuación los distintos

procedimientos y sistemas de cría de rodaballo en función de sus fases de desarrollo, identificando los puntos críticos en materia de bienestar:

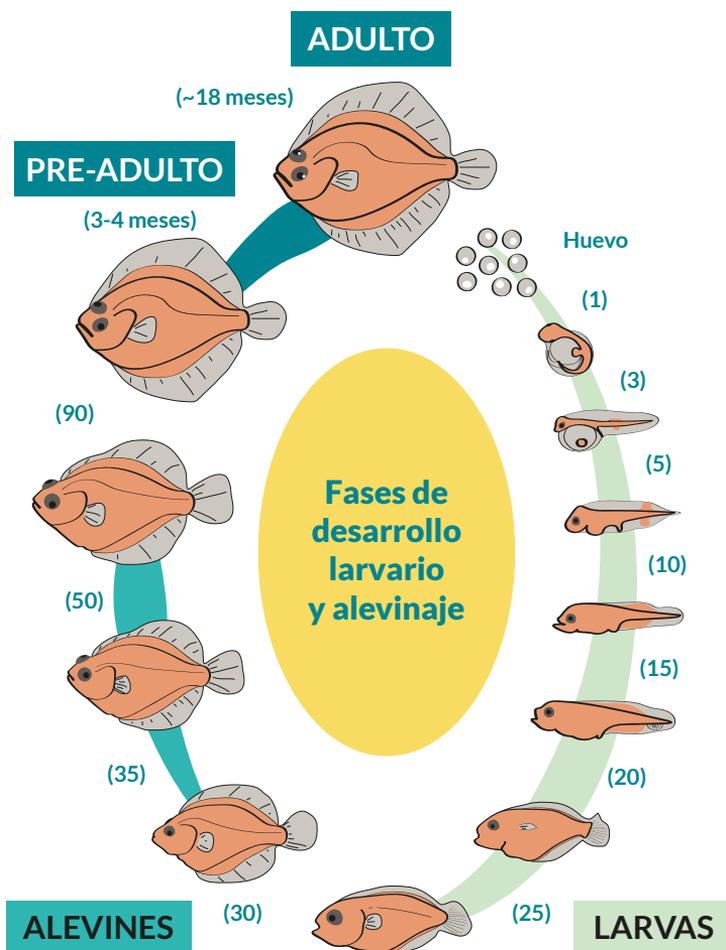


Figura 3. Fases de desarrollo y crecimiento del rodaballo en acuicultura. Días aproximados señalados entre paréntesis.

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 es esencial mantenerlos separados del resto de fases. Como reproductores se utilizan individuos de entre 2 y 7 años, con un peso de entre 6 y 8 kg, seleccionados de stocks productivos de las mismas empresas. Es importante tener en cuenta que la calidad y cantidad de gametos disminuye según pasan los años de vida del individuo, por lo que los reproductores suelen ser renovados con relativa frecuencia. Éstos se ubican en tanques de puesta generalmente de cemento o fibra de vidrio, de distintas formas y dimensiones, a densidades entre 10 y 20 kg/m², con una proporción similar

(1:1) de machos y hembras. La gametogénesis dura 3 meses y se produce en condiciones particulares de fotoperiodo (16 horas de luz) y temperatura (13-14 °C). De esta forma estos parámetros se ajustan de manera controlada en los criaderos para así conseguir puestas durante todo el año. Por otro lado, la inducción hormonal no es una práctica habitual, pudiéndose realizar de manera puntual para aunar puestas entre reproductores.

A los reproductores se les realizan revisiones periódicas, de manera manual e individual, para conocer su estado de salud, desarrollo gonadal y la calidad de las futuras puestas, así como para extraer las huevas o el esperma y llevar a cabo la fecundación. La alimentación de los reproductores se realiza en una sola toma hasta la saciedad aparente, con piensos específicos para reproductores. La ingesta disminuye en los rodaballos conforme se va acercando el período de puesta durante el cual solo se

Tabla 1: Aspectos más relevantes para el bienestar de los rodaballos durante la fase de reproducción

Aspectos más relevantes para el bienestar de los rodaballos 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
	Densidades	Uso del espacio, Interacciones sociales
Manejo y Mantenimiento	Revisiones gonadales	Práctica pautada con manipulación y exposición al aire
	Inducción hormonal	Procedimiento excepcional por inyección
	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 exposición al aire
	Vacunación, Tratamientos	Procedimiento pautado, por inyección y manipulación
Transporte	Traslados	Con redes o lonas, a nivel individual. Distancias muy cortas
Punto final	Sacrificio	Vejez, mala calidad de puesta. Aturdimiento por percusión, sacrificio por inmersión en agua-hielo

alimentan los machos y las hembras no maduras². En ocasiones, y por prescripción veterinaria, se vacuna mediante inyección a los reproductores para protegerlos de los riesgos a los que podrían estar expuestos en las instalaciones donde se encuentran. Los trasvases o movimientos de reproductores entre tanques también se realizan de manera individual, con redes o camillas, y suelen durar pocos segundos. Cuando llegan a su fin, los reproductores se aturden por percusión y se sacrifican posteriormente mediante desangrado en agua-hielo o mediante choque térmico por inmersión en agua-hielo.

Tras la fecundación de los huevos, estos se mantienen en tanques cilindro cónicos, a una temperatura entre los 13-14 °C, a una densidad que no suele superar los 5.000 huevos por litro de agua. El huevo eclosiona tras 5 días de incubación, dando lugar a una larva con la boca cerrada, de unos 3 mm de largo, que utiliza el saco vitelino como alimento (periodo endotrófico de alimentación)². La bioseguridad en las granjas de rodaballo es de vital importancia tanto en reproductores como en fases posteriores, pues se ha de prevenir la introducción y contener la propagación de enfermedades infecciosas en las instalaciones. En consecuencia, las empresas cuentan con un Plan de Bioseguridad, que consiste en un estudio de análisis de riesgos y un conjunto de medidas y protocolos de implementados con el objetivo de garantizar la salud, sostenibilidad, y rentabilidad de la producción acuícola, donde se contemplan tareas como la gestión del agua de suministro, la selección de animales sanos, el control del acceso de personal y visitantes, la desinfección y saneamiento de equipos e instalaciones, la cuarentena de nuevos animales y la eliminación segura de los peces enfermos, entre otros.

3.2 Criadero (fase larvaria y alevines)

El cultivo larvario comienza con una larva de 3 mm de largo y 0,1 a 0,2 mg de peso y se mantiene hasta que se completa el destete, es decir, hasta que la alimentación pasa a ser de alimento inerte en su totalidad, donde ya podemos denominar a los roda-

ballos como alevines². Durante los 3 primeros días tras la eclosión, la larva se alimenta de sus reservas y a partir de ese momento comienza la alimentación exógena con rotíferos. El inicio de la alimentación es un punto crítico en materia de bioseguridad, pues los alevines tienen el sistema inmune poco desarrollado. Aproximadamente a partir del día 12 se comienza a añadir Artemia recién eclosionada, que se mantiene hasta el día 15-17 tras la eclosión. Posteriormente se añaden metanauplios de Artemia, combinándolo con pienso desde el día 20-25 hasta el destete que se produce alrededor del día 30. El cultivo larvario se realiza en tanques circulares, cuadrados con esquinas redondeadas, o cilindro-cónicos de fibra de vidrio o de hormigón, con volúmenes entre 5 y 20 m³ y columna de agua entre 1,5 y más de 2 metros de profundidad. En esta fase larvaria se alcanzan densidades finales de 2-3 peces/L. La supervivencia del cultivo larvario es normalmente superior al 50%.

A partir del día 30-35 las larvas comienzan a alimentarse de pienso, dando lugar a la fase de alevinaje, la cual terminará aproximadamente el día 90 de vida de los alevines. Durante esta fase de cría larvaria y alevinaje se produce el proceso de metamorfosis, el cual se caracteriza por la migración del ojo derecho desde la cara ventral (o ciega) a la cara dorsal del rodaballo, observándose a su vez un aumento progresivo del uso del fondo del tanque. Los tanques de alevinaje de rodaballo también pueden presentar distintas formas y dimensiones, con un volumen aproximado entre 2 y 5 m³, y menos de un metro de profundidad. Al final de la fase de alevinaje se pueden alcanzar densidades entre 4,5 y 15 kg/m². La tasa de supervivencia en la fase de alevines es muy alta, de alrededor del 90%².

Durante el alevinaje es muy importante la clasificación por tamaño, debido a la dispersión de tallas existentes. Este proceso se realiza de forma manual o mediante maquinaria especializada (rodillos de clasificación por talla), así como el descarte manual de individuos con malformaciones. Si algún proceso de manipulación y exposición al aire es prolongado, se usa anestesia (como por ejemplo la triclaína o benzocaína) para reducir el estrés en los rodaballos por el manejo. Durante esta fase, y antes de ser trasladados a las instalaciones de pre-engorde y engorde, los alevines son

vacunados contra las principales enfermedades que les afectan (hasta dos dosis, por inmersión), como por ejemplo la vibriosis o la flexibacteriosis. El día anterior a la vacunación no se alimenta a los alevines. De igual modo, antes de realizar un transporte o cualquier manipulación que pueda inducir estrés en los peces, se somete a los rodaballos a un ayuno de 24-72 horas. Los alevines son

extraídos de los tanques de cría mediante bombas o redes y son transportados por carretera en tanques controlados y monitorizados, a densidades que pueden alcanzar los 100 kg/m². El transporte puede ser muy corto, en la misma instalación del criadero, o alargarse hasta 72 horas, dependiendo del destino final, adaptando las condiciones del transporte a la duración del mismo.

Tabla 2: Aspectos más relevantes para el bienestar de los rodaballos durante la fase larvaria y alevinaje

Aspectos más relevantes para el bienestar de los rodaballos durante la fase larvaria y 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
	Densidades	Uso del espacio, interacciones sociales
	Depredadores	Conteos, pesajes, muestreos, traslados
Manejo y Mantenimiento	Manipulaciones	Operaciones rutinarias (pueden inducir estrés)
	Limpieza de tanques	Operaciones rutinarias (pueden inducir estrés)
	Clasificación/desdoble	Manual o máquina clasificadora
Alimentación	Estrategia de alimentación	Manual o automático.
	Ayunos	Previo traslado y vacunación.
Salud animal	Bioseguridad	Extremar higiene, riesgo de infección
	Revisiones sanitarias	Incluye manejo y/o sacrificio
	Tratamientos	Prescritos y supervisados por veterinario
	Vacunación	Procedimiento pautado, por inmersión (baños)
Transporte	Traslados	Manipulación, contenedores
	Largas distancias	Altas densidades, prolongado, vehículos
Punto final	Sacrificio	Descartes (sobredosis anestésico)

3.3. Pre-engorde y engorde

La fase de pre-engorde comienza con rodaballos alevines de 2-10 g y acaba cuando estos alcanzan los 60 - 100 g de peso, mientras que la fase de engorde comprende desde los 60 - 100 g hasta la talla comercial para su venta. Lo más común es criarlos hasta tallas de 1,5-2 kg, aunque se pueden vender con menor (300-500 g) o mayor tamaño (3-4 kg), según la demanda del mercado. La fase de pre-engorde puede durar unos 3-4 meses y la fase de engorde en torno a los 18 meses, según la talla comercial destinada. En total, la vida de un rodaballo en cautividad ronda los 1,5-2 años. Los tanques de pre-engorde y engorde de rodaballos son muy variados en cuanto a forma y dimensiones, siendo generalmente de hormigón o de fibra, circulares o cuadrados con esquinas redondeadas, con profundidades de hasta un metro y superficies que rondan los 10-30 m² en pre-engorde y 40-140 m² en engorde. Suelen ser sistemas de flujo abierto y estar situados en el exterior, en naves techadas o al aire libre cubiertos por lonas (individuales o por grupos de tanques) para evitar daños por exceso de radiaciones solares. Al final de la fase de pre-engorde se alcanzan densidades máximas de 50 kg/m², aunque la media ronda los 20 kg/m². En la fase de engorde se pueden alcanzar densidades máximas de 60-70 kg/m², con densidades medias cercanas a 40 kg/m².

Durante estos períodos de pre-engorde y engorde son comunes y de gran importancia los mues-

treos y las clasificaciones por tallas para conseguir unos lotes lo más homogéneos posibles. Estos procedimientos se pueden llevar a cabo de manera manual o mediante maquinaria especializada (rodillos de clasificación por tallas). Para el traslado entre tanques después de cada procedimiento se utilizan generalmente tinas con agua, los peces se extraen de los tanques mediante redes de mano o cintas transportadoras para depositarlos en estas tinas. Al inicio de la fase de pre-engorde se suele realizar la vacunación mediante inyección intra-peritoneal, siempre en función de un análisis de riesgos contemplado en el plan sanitario de la instalación. Las vacunas más habituales son frente a vibriosis y/o flexibacteriosis. El día anterior a la vacunación se deja de alimentar a los rodaballos, evitando así el proceso de digestión durante el manejo, pues supone un gran gasto de oxígeno y energético, por lo que hace al pez más vulnerable.

También se realiza un ayuno previo al sacrificio, cuya duración oscila entre 24 y 72 horas. Durante el procedimiento de sacrificio, se concentran los rodaballos con redes para ser extraídos con salabres o cintas a las tinas donde se transportan a la zona de sacrificio o se sacrifican en las inmediaciones del tanque de cría. Los rodaballos se sacrifican principalmente mediante inmersión en agua y hielo, y se aplican métodos mecánicos de aturdimiento (percusión) cuando se sacrifican mediante desangrado por corte en agallas, acabando en agua-hielo. El aturdimiento por electronarcosis y otras alternativas están siendo exploradas y evaluadas por el sector.



Tabla 3: Aspectos más relevantes para el bienestar de los rodaballos durante la fase de pre-engorde y engorde

Aspectos más relevantes para el bienestar de los rodaballos 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, renovación
	Calidad del agua	Salud y bienestar general
	Densidades	Salud y bienestar general
Manejo y Mantenimiento	Limpieza de tanques	Operaciones rutinarias (pueden inducir estrés)
	Extracción bajas	Operaciones rutinarias (pueden inducir estrés)
	Clasificación/desdoble	Manual o máquina clasificadora
Alimentación	Estrategia de alimentación	Esencial
	Ayunos	Previo traslados, manejos y sacrificio
Salud animal	Revisiones y muestreos	Incluye manejo y/o sacrificio
	Vacunaciones	Manejo e inyecciones intraperitoneales principalmente
Transporte	Traslados	Bombeos, cintas o empleo de redes
Punto final	Pre-sacrificio	Concentración, ayuno, manipulación
	Sacrificio	Varios métodos. Aturdimiento previo ocasional (percusión)



4. BIENESTAR Y BUENAS PRÁCTICAS EN LA CRÍA DEL RODABALLO

Para una correcta evaluación y seguimiento del bienestar y prácticas de cría del rodaballo, 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 comprometer el bienestar de los rodaballos. Además, se recomienda llevar un **registro**

de los valores de los indicadores monitorizados que permita evaluar objetivamente el bienestar de los rodaballos en los distintos procedimientos y puntos críticos de su ciclo de vida. De ese modo, se puede plantear e implementar una serie de medidas de actuación y gestión adecuadas.

Diseño, dimensión y ambientación de las instalaciones

El diseño y dimensiones del recinto deben ser adecuadas a la biología de la especie, permitiéndoles satisfacer sus necesidades fisiológicas y comportamentales, y procurando las mejores condiciones, calidad y espacio suficiente para moverse libremente por toda la instalación. En las instalaciones acuícolas, como los criaderos o unidades de engorde, el diseño de los tanques debe estar orientado a maximizar el bienestar de los rodaballos. Para ello, es fundamental el uso de materiales que prevengan daños o lesiones, como el cemento, la fibra de vidrio u otros materiales adecuados para la cría. Además, los tanques deben ser circulares o contar con esquinas redondeadas, lo que permite a los peces mantener un comportamiento normal y aprovechar eficientemente el espacio. De igual modo, el color y la iluminación del recinto deben ser apropiados para no perjudicar a la salud de los animales (p.ej. daños oculares en caso de una alta iluminación), ni alterar su biorritmo. En aquellos sistemas de cría situados en el exterior, con luz natural, se deben emplear toldos o cubiertas para proteger las unidades de cría de un exceso de iluminación solar, así como de otras condiciones climatológicas adversas. Así mismo, se procurará reducir los ruidos o vibraciones ambientales al mínimo posible para no inducir estrés.

4.1. Ambiente y confinamiento



Indicadores operacionales esenciales seleccionados a registrar y monitorear en todas las fases de producción para evaluar el bienestar de los rodaballos en función del ambiente y confinamiento.



En cuanto a la densidad poblacional en cada fase, se recomienda no sobrepasar 15 kg/m² en criadero (alevines y juveniles), 50 kg/m² en la fase de pre-engorde y 70 kg/m² engorde. Los individuos reproductores se mantienen también en tanques con una capacidad superior a 20 m² y unas densidades inferiores a 15 kg/m². Antes de alcanzar estos límites, se ha de incrementar la vigilancia de los indicadores para asegurar un buen estado de bienestar de los animales. Sin embargo, en el momento del desove el tanque podría ser más reducido (sin incrementar la densidad), facilitando el acceso a los individuos y operaciones rutinarias como la limpieza, recolección de huevos y controles que ayudan a mejorar el bienestar durante el proceso de reproducción. Además, se deben simular sus condiciones ambientales naturales de reproducción, mediante la regulación de la temperatura (13-14°C) y la iluminación (fotoperiodo de 16 horas de luz y 8 de oscuridad), manteniendo sus biorritmos y la duración del periodo de puesta, alternando los distintos stocks, para conseguir puestas en todas las épocas del año con diferentes poblaciones. Así pues, el uso de inyecciones hormonales es excepcional, primando las puestas naturales. En cualquier caso, se han de emplear indicadores operacionales de bienestar esenciales para evaluar y asegurar un buen estado de los peces bajo las condiciones de cría empleadas.

Monitorización de parámetros de calidad y flujo de agua

La cantidad y calidad del agua es determinante para asegurar la salud y el bienestar de los rodaballos. Para ello, existen una serie de parámetros esenciales y no esenciales relacionados con

el agua que deben monitorizarse y registrarse regularmente (ver *Anexo*). Este monitoreo debe realizarse de forma regular, dependiendo su frecuencia mínima del parámetro a evaluar y su relevancia para el bienestar del pez. 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 monitorización regular 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.

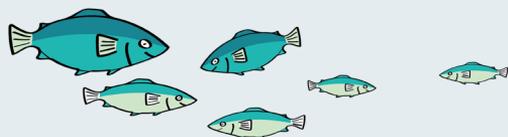
En la cría de rodaballo, la monitorización se ha de realizar de manera sistemática, con la mayor frecuencia posible y en varias zonas y profundidades de cada recinto o unidad de producción, en función del diseño de la instalación y de la evaluación de riesgos previa. De esta forma, se asegura la determinación del parámetro experimentado por los peces en el mayor volumen posible. Además, es necesario realizar un estudio del flujo de agua apto para las distintas fases de producción, que facilite la dispersión, asegure una buena renovación del volumen de agua, aireación y disminuya cambios bruscos de los parámetros de calidad. Se debe emplear oxígeno puro inyectado en el caudal del agua para aumentar el oxígeno disuelto en agua en caso necesario.

Cada instalación debe poseer un plan de acción en casos donde algún parámetro se desvíe de los rangos óptimos. En ocasiones los valores de los parámetros de la calidad del agua pueden oscilar y en caso de que lleguen a niveles perjudiciales

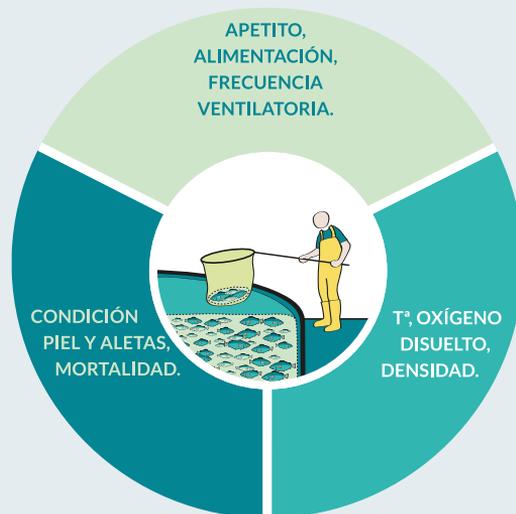
para los rodaballos en criadero, (condiciones ambientales), el criador deberá proveer de los medios para que los animales sufran lo menos posible. Por ello es recomendable un Plan de Bienestar Animal (ver sección 4.d Salud animal para más información al respecto) para cada instalación y especie, y cada procedimiento estándar, donde exista un plan de acción que desglose los umbrales de reacción para cada parámetro y actuaciones a seguir en caso de que ocurra.

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

Los sistemas de producción de rodaballo que se localizan en el exterior suelen estar ubicados en zonas alejadas de núcleos urbanos, donde podría existir una cierta interacción con la fauna y los ecosistemas locales. La presencia de depredadores (aves piscívoras o pequeños mamíferos) podría causar estrés y mortalidades en los rodaballos y con ello pérdidas económicas, pero gracias al diseño y funcionamiento de las instalaciones de cría esas interacciones con la fauna local y depredadores son inexistentes. Además, las empresas de producción cuentan con estudios de impacto y planes de vigilancia ambiental 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 en caso de ocurrir.



4.2. Manejo y mantenimiento



Indicadores operacionales esenciales seleccionados a registrar y monitorear en todas las fases de producción para evaluar el bienestar de los rodaballos en función del manejo y mantenimiento.

Manejo de los rodaballos

Durante la cría de los rodaballos, hay manejos necesarios para las operaciones de granja, como las clasificaciones o cribados por tamaño, entre otros. Estos manejos son procesos potencialmente estresantes en los que, de hacerse de forma indebida, los peces pueden sufrir rozaduras, heridas o incluso perder mucus como consecuencia de la concentración y despesque mediante redes. Todo ello además puede desencadenar una respuesta fisiológica de estrés^{125,135}, aumentando así el riesgo a infecciones, problemas de osmorregulación e incluso de locomoción. Por tanto, la manipulación de los rodaballos debe ser cuidadosa, limitada a lo estrictamente necesario, asegurándose que los animales están en buenas condiciones de salud antes de llevarla a cabo. Por ejemplo, maniobras rutinarias de manejo como inspecciones de salud, crecimiento o clasificación por tallas han de ser realizadas apropiadamente, por un personal cualificado y maquinaria especializada, atendiendo así a su

bienestar y necesidades biológicas. Se aconseja el empleo de redes u otros dispositivos (tinas con agua, mesas con duchas, cintas sumergidas, etc.) para el manejo de individuos de mayor tamaño (incluidos los reproductores), así como el uso de bombas que permiten el movimiento de peces en agua, para manipular y trasladar los rodaballos de menor tamaño. Además, se deben minimizar cambios repentinos de temperatura durante la manipulación o traslados, así como proveer de niveles adecuados 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, encontrándose en perfecto estado, por lo que se recomiendan revisiones rutinarias para asegurar unas condiciones óptimas. En el caso de realizar 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 los rodaballos ¹³⁶.

Limitar la exposición al aire

La manipulación está también frecuentemente relacionada con la exposición al aire del pez, considerándose esta como un factor de riesgo para el bienestar de los rodaballos ¹³⁶. La incapacidad de respirar mientras se manipulan fuera del agua, y experimentar todo su peso al carecer del soporte proporcionado por el agua, causa estrés a los rodaballos, disminuyendo así su bienestar. En consecuencia, puede hacerles más vulnerables a enfermedades e incluso reducir su capacidad y calidad reproductora. Lo más adecuado es limitar, e incluso evitar, esta exposición al aire ¹³⁶. Sin embargo, cuando no sea posible, el tiempo de exposición debe minimizarse en la mayor medida posible para garantizar el bienestar de los peces, manteniéndolos húmedos, o con aporte de agua en las mesas o dispositivos que lo permitan, y asegurándose que se sostenga todo el peso del cuerpo durante toda la manipulación. En el caso que sea pro-

longado (p.ej. durante un chequeo de madurez sexual en reproductores o una revisión y tratamiento de salud), los rodaballos deberían ser sedados o anestesiados, manteniendo el cuerpo húmedo y observando su recuperación tras la manipulación. No obstante, según recientes estudios ¹³⁷, el rodaballo no ha presentado signos de estrés fisiológico bajo exposiciones al aire prolongadas de hasta un minuto, indicios de que esta especie es capaz de lidiar con este tipo de estrés durante ese periodo de tiempo.

Procedimiento de clasificación

La clasificación por tallas se usa para limitar la dispersión de tamaños de los individuos en un mismo lote y se realiza para evitar la competencia entre individuos por el alimento y facilitar su acceso a todos los individuos de manera similar. Sin embargo, es un proceso estresante que puede perjudicar el bienestar de los rodaballos, debiendo reducirse al mínimo imprescindible las veces que se realiza. También, ha de considerarse que una exposición repetida a estímulos adversos (manipulación, manejo, exposición aérea) puede causar un mayor impacto en los peces con el tiempo. Una buena estrategia de alimentación podría ayudar a reducir la variabilidad en tallas y, con ello, la clasificación. En el caso de llevarse a cabo la clasificación, deberían usarse métodos y maquinaria especializada que reduzcan el estrés del proceso (p.ej. cintas y mesas con duchas para mantener contacto con agua en tallas grandes, caja de gradeo, redes de barrido o bombeo para tallas pequeñas), siempre y cuando sea posible. Durante la clasificación por tallas o depuración por deformidades, se recomienda reducir al mínimo el tiempo que se emplea, estando debidamente formado y especializado el personal responsable. Se recomienda la observación posterior de la recuperación de los rodaballos tras la clasificación.

Maniobras de concentración

La concentración puede ser un proceso impactante que requiere de una evaluación de riesgos previa y una gestión combinada entre los responsables de producción y bienestar. Puede dar origen a rozaduras y heridas cutáneas, de realizarse indebidamente, que pueden conllevar a



serias infecciones, aunque no está considerado como un factor de riesgo elevado que afecte al bienestar de los rodaballos ¹³⁶. No obstante, 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. Además, los parámetros de calidad del agua pueden verse afectados, por lo que se ha de monitorizar como mínimo el oxígeno, así como 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 rodaballo en tanques, 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) y la fase de cría, aplicando en todos los casos una metodología que asegure la limpieza y eliminación de agentes infecciosos de los tanques sin perjudicar el bienestar de los rodaballos durante el proceso. Se recomienda emplear sifones o aspi-

radores en fases larvarias y post-larvarias para el lavado del fondo y paredes de los tanques cuando los peces estén presentes. En el caso de desinfecciones más profundas, los peces deben trasladarse a otro tanque para poder drenarlo y limpiarlo a fondo (p.ej. con desinfectantes, detergentes y otros productos legalmente autorizados).

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. Además, es importante contabilizar las bajas para la gestión de la granja, pudiendo dar la alarma si la mortalidad es elevada 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 debe realizar de forma periódica, adaptándose a las circunstancias, garantizando así la higiene. En el caso de observarse individuos moribundos, éstos se deben sacar del agua y sacrificar de forma humanitaria (e.g. sobredosis de anestésico), tomándose muestras para su posterior análisis y diagnóstico, conforme a lo establecido en el plan sanitario de la empresa.

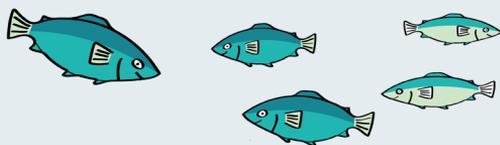
4.3. Alimentación



Indicadores operacionales esenciales seleccionados a registrar y monitorear en todas las fases de producción para evaluar el bienestar de los rodaballos en función de la alimentación.

Estrategia de alimentación adecuada

Una buena estrategia de alimentación puede ayudar a mantener el bienestar, salud y eficiencia en la cría del rodaballo, dado que los regímenes, horarios y características del alimento tienen 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 (e.g. temperatura del agua). Además, la estrategia de alimentación debería asegurar que todos los rodaballos tengan acceso al alimento sin generar competencia.



Gestión de los periodos de ayuno

Como estrategia de manejo, los objetivos principales del ayuno son mejorar la eficiencia operativa, optimizar la calidad de la carne y favorecer el bienestar animal ¹³⁸, además de ser una práctica esencial en materia de seguridad alimentaria. Al vaciar el intestino antes de procedimientos estresantes, el ayuno reduce la tasa metabólica y la demanda de oxígeno del pez, lo que permite una mejor tolerancia al estrés agudo. Además, minimiza el riesgo de contaminación de la canal durante la evisceración, aumentando así la seguridad alimentaria del producto. Sin embargo, la eficacia del ayuno depende en gran medida de su duración, ya que la privación prolongada de alimento puede comprometer tanto el bienestar del pez como los

resultados productivos ¹³⁹. La privación de comida incrementa la sensibilidad del rodaballo al estrés inducido. Los periodos de ayuno deben realizarse únicamente cuando es absolutamente necesario y conforme a lo establecido por el veterinario en el Plan Sanitario (al menos la primera vez que se lleve a cabo), en base al bienestar de los peces y seguridad alimentaria. Durante el manejo se ha de reducir la duración de los ayunos sin superar los 20 °C/día o las 48 horas, lo que ocurra primero, por lo que la duración dependerá de la temporada y temperatura del agua. Los ayunos previos al sacrificio pueden extenderse, hasta un límite de 50 °C/día o 72 horas, lo que antes ocurra. De manera similar, en toda la duración de un transporte los ayunos no deben superar los 75 °C/día o 5 días. Debe evitarse la repetición de ayunos para permitir la recuperación de los peces, 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 en todas las fases de producción para evaluar el bienestar de los rodaballos en función de la salud animal.

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”. Este plan deberá ser diseñado por un veterinario/a, y la periodicidad de su revisión estaría definida en el mismo plan, sugiriendo una revisión al menos cada 2 años. 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, por lo que es recomendable vacunar a los peces. Los tratamientos mediante vacunas se rigen por el [Real Decreto 666/2023](#) por el que se regula su distribución, prescripción, dispensación y usos. Las vacunas más frecuentes que se implementan en rodaballo, dadas las zonas en las que se cría, son contra dos enfermedades comunes: la Flexibacteriosis, provocada por *Tenacibaculum maritimum*, y Vibriosis, causada por bacterias del género *Vibrio*. Aun así, la vacunación puede ser estresante porque implica la manipulación de los peces, su concentración y la exposición al aire, además de la inyección y sus posibles efectos. El proceso debe realizarse minimizando el estrés causado por la manipulación que conlleva en todos sus pasos, y se ha de realizar un seguimiento de posibles efectos en los rodaballos tras su vacunación.

Tratamientos antibióticos

Los antibióticos son una herramienta esencial para combatir enfermedades bacterianas, tanto entre los humanos como en los procesos de cría de animales, como es el caso de la acuicultura. El uso de los antibióticos está regulado ([Real Decreto 666/2023](#)), incluyendo la prohibición de su uso de forma profiláctica, y ha de hacerse bajo la prescripción e indicaciones de un/a veterinario/a. Dicho uso debe estar limitado a casos diagnosticados, sin usarse de forma profiláctica, 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 debe contemplarse únicamente cuando es estrictamente

necesario y como último recurso. 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, tras un diagnóstico, siempre que no existan otras opciones, los antibióticos pueden usarse para asegurar el bienestar de los peces y sin sustituir las buenas prácticas en la cría de los peces. Cualquier empresa piscícola debe tener un plan de reducción del uso de antibióticos, estableciendo objetivos específicos de uso tanto materiales como temporales. En todo caso, 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 debería 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. Al igual que ocurre

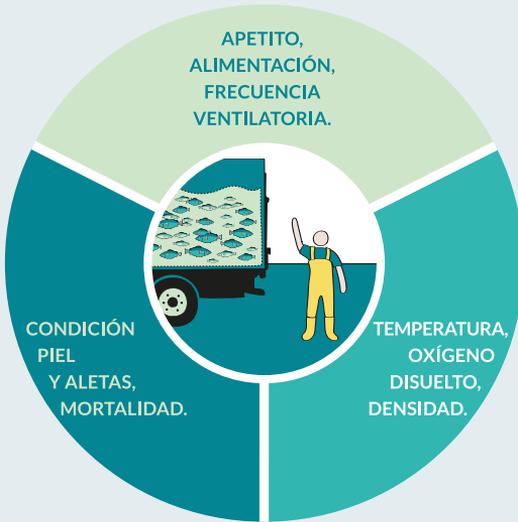
con los antibióticos o las vacunas, estos tratamientos no deben sustituir las buenas prácticas de crianza.

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. En la práctica productiva, es más habitual hablar de totales o de medias de mortalidad para lotes finalizados, así como de mortalidad y morbilidad de peces por fase de cultivo y tiempo, en modo absoluto (kg) y relativo (% nr). 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.



4.5. Transporte



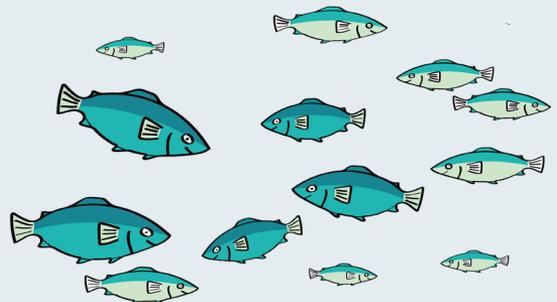
Indicadores operacionales esenciales seleccionados a registrar y monitorear en todas las fases de producción para evaluar el bienestar de los rodaballos en función del transporte.

Transporte de corta o larga distancia

El traslado de los individuos de una unidad o instalación a otra es una etapa crítica para el bienestar. 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. Aunque excepcionalmente se pueden emplear sedantes para el manejo previo y posterior al transporte, no es una práctica habitual. 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%. Los contenedores de almacenamiento y transporte deben: a) llevar aislamiento térmico, b) estar llenos de agua (de la mejor calidad posible) 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.

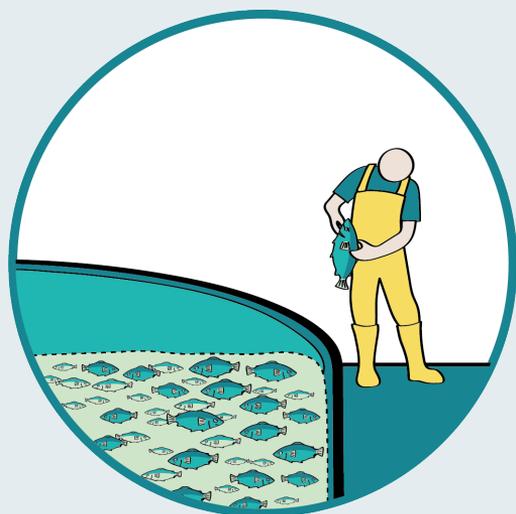
Tras el transporte, se debe establecer una pauta de renovación de agua para equilibrar la temperatura entre el agua de transporte con la del agua de destino, reduciendo así efectos negativos sobre el bienestar. En cuanto a la alimentación, los rodaballos han de ayunar entre 14 y 48 horas previas al transporte, para 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 rodaballo, por lo que deben trasladarse al lugar de destino en el menor tiempo posible manteniendo las condiciones de calidad del 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 (tanto el transportista como los organizadores del transporte), 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 (considerados a partir de 8 horas) en la Unión Europea.





4.6. Procedimientos de matanza



El sacrificio es la fase final del ciclo de vida de los animales. El artículo 3.1 del [Reglamento \(CE\) n° 1099/2009](#), de 24 de septiembre de 2009, relativo a la protección de los animales (incluyendo a los peces) 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 rodaballos que no continúan con el proceso de cría, 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 el uso de anestésicos y sacrificar a los individuos por sobredosis, ya que no se destinan al consumo humano.

Aturdimiento y sacrificio (consumo)

El sacrificio de los peces para consumo consiste en una serie de actividades concatenadas que concluyen con la muerte de los mismos. Estas fa-

ses son: ayuno, concentración y despesque, aturdimiento y muerte ¹³⁶. Todas son muy relevantes desde el punto de vista del bienestar de los rodaballos en acuicultura y deben llevarse a cabo de manera adecuada y coordinada, además de otras cuestiones importantes como son el diseño de los equipos, compromiso en actualizar los métodos y formación del personal.

Como ya se mencionó en apartados previos, es importante 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 y mejora del producto, además de ser requisito de seguridad alimentaria. No obstante, los requisitos legales sobre métodos de aturdimiento y sacrificio ([Reglamento 1099/2009](#)) no son de aplicación a peces en acuicultura.

Las empresas españolas utilizan diversos métodos de aturdimiento y/o sacrificio a día de hoy, siendo el sacrificio mediante inmersión directa en agua-hielo el más frecuente. No obstante, 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. Además, la opinión científica de la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) ¹³⁶ no recomienda el sacrificio mediante inmersión directa en agua-hielo para el rodaballo en acuicultura al no conllevar un método de aturdimiento humanitario. Por tanto, se recomienda que aquellos peces que alcanzan la talla comercial y se extraen para consumo, sean aturridos de manera efectiva antes del sacrificio con el objetivo de proteger su bienestar.

En este sentido, es importante tener en cuenta que los protocolos aplicados en la fase final del ciclo productivo deben conllevar un método de aturdimiento seguido de un método de sacrificio, provocando la muerte de los animales bajo el estado de inconsciencia. 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. Algunas empre-

sas españolas emplean métodos mecánicos de aturdimiento, como la percusión en rodaballos, en los casos en los que se lleva a cabo el desangrado, y los sacrifican mediante corte en agallas acabando en agua-hielo. Otras alternativas, como el aturdimiento por electroanestesia, están siendo exploradas por el sector y se encuentran en fase experimental para el rodaballo y, a pesar de los avances científicos, sigue habiendo interrogantes sobre estas metodologías⁷⁸. Así pues, el sector español está trabajando en métodos de aturdimiento-sacrificio humanitarios que sean efectivos y comercialmente viables, teniendo en consideración otros aspectos como la seguridad laboral del personal de la granja, la viabilidad del material de los procedimientos en el medio acuático, los posibles efectos sobre el medioambiente y las repercusiones en la calidad o seguridad alimentaria del producto final destinado al consumo humano.

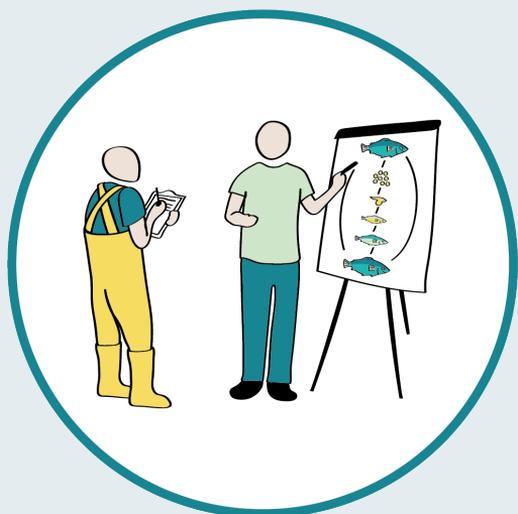
Comprobación de aturdimiento y sacrificio correcto

Para asegurar la efectividad del aturdimiento y el sacrificio, debe comprobarse que ambos han sido realizados correctamente y efectivamente. En el caso del aturdimiento, se comprobará que los peces implicados han alcanzado el estado de inconsciencia, lo que requiere de estudios específicos y adaptados a cada especie. En el rodaballo, se pueden observar y cuantificar diver-

sas respuestas reflejas y comportamentales⁷⁵. Entre estas se incluyen el reflejo vestíbulo-ocular (VOR), la reacción a la punción, la capacidad de recuperar la posición, la respiración a través del movimiento opercular y la reacción a un estímulo eléctrico, los cuales han sido tratados como indicadores operacionales de pérdida de consciencia en rodaballos⁷⁵, aunque es necesario interpretarlos con precaución^{77,78}. No obstante, la confirmación de la situación de inconsciencia sólo se puede evaluar de forma precisa analizando la actividad cerebral de los peces, lo que implica metodologías muy complejas, como es el caso del electroencefalograma (EEG)^{78,140}. Aunque su uso rutinario en las granjas de rodaballo no es posible, sí debe servir para validar los distintos métodos de aturdimiento y, de forma general, el proceso de sacrificio, definiendo los más adecuados a la especie. Además, el análisis del EEG puede ser útil para determinar la validez de las respuestas sensoriales y de comportamiento como signos indicativos del estado de consciencia, facilitando así su uso para asegurar que la aplicación rutinaria de los protocolos se hace de forma correcta y asegurando la pérdida de consciencia del pez hasta que ocurra su muerte. En general, antes de cualquier procesamiento, debe confirmarse que los peces no muestran ningún signo vital, asegurando así que el protocolo de sacrificio se ha llevado a cabo de manera humanitaria.



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 de los 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, la 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, repitiéndose cada cierto tiempo (se recomienda cada 2 años) para afianzar conceptos y actualizar al personal acerca de nue-

vos 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

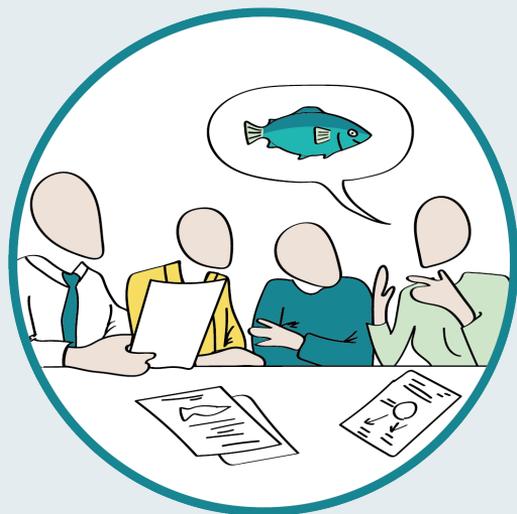
Es importante que la cadena de suministro, empezando por los productores, divulgue y haga conocer qué prácticas se están llevando a cabo para criar los animales destinados a consumo, y cómo se está intentando mejorarlas de una forma concreta. En este sentido, APROMAR publica bianualmente su Memoria de 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, incluyendo aspectos relacionados con el bienestar animal. Sin embargo, sigue manteniéndose el reto de trabajar en las prácticas de cría para asegurar y mejorar el bienestar de los peces, 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 de la situación de los peces en términos de bienestar, 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 los rodaballos. Estrategias como el enriquecimiento ambiental se consideran una buena herramienta para reducir la respuesta al estrés y

mejorar el bienestar de los peces en cautividad ¹⁴¹. Dado que los rodaballos 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. Pese a existir amplio conocimiento científico sobre los efectos positivos de diversas estrategias de enriquecimiento en el bienestar de muchas especies de peces, los estudios en rodaballos son muy escasos, lo que supone un mayor reto para aplicarlos a escala industrial. 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 los rodaballos y no impacten negativamente a los animales ni a la producción.

La iluminación es de vital importancia en la cría de rodaballo, y puede ser considerada una estrategia de enriquecimiento ambiental. Por tanto, en tanques situados en el interior, se debe fomentar el uso de espectro de luz natural o longitudes de onda cortas (p. ej., luz azul) para mejorar el desarrollo larvario ^{64,110-113}, y mantener los ritmos circadianos para obtener un abanico de efectos positivos en el bienestar de los rodaballos ^{56,105,106}. Del mismo modo, se debe evitar el uso de colores demasiado oscuros o brillantes en las paredes y fondos de los tanques de cría ^{25,64}. Cuando los tanques de cría se encuentran situados en el exterior es importante utilizar lonas o cubiertas en la parte superior de los mismos para regular la intensidad de la luz, evitando así que la luz solar dañe la piel y los ojos de los rodaballos ².

Algunos estudios apuntan al uso de distintos tipos de sustrato (arena o gravilla) como enriquecimiento ambiental en otras especies de peces planos, fomentando su carácter bentónico y las interacciones con el fondo (e.g. enterrarse, esconderse, descansar), además de otros efectos positivos en la salud de los peces (e.g. reduce las lesiones e infecciones de la piel) (ver referencias en ¹⁴¹). No obstante, las estructuras, sustratos u objetos pueden acumular par-

tículas de materia orgánica (de alimentos y heces), lo que dificulta la limpieza y desinfección, y puede potencialmente comprometer la salud y el bienestar general de los peces, así como suponer posibles costes económicos¹⁴¹. En el caso del rodaballo, se ha demostrado que la utilización de estructuras rígidas a modo de refugios en los tanques de reproductores puede mejorar la producción y viabilidad de los huevos¹⁴². Así mismo, aumentando la complejidad del ambiente de cría con estructuras diagonales se puede fomentar el comportamiento exploratorio del rodaballo¹⁴³. También puede ocurrir que el diseño de las estructuras de enriquecimiento sea inadecuado, y provoque perturbaciones en el comportamiento, a nivel fisiológico, 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 referirá una tarea prioritaria de los 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. Las herramientas de evaluación de bienestar que se empleen han de estar basadas en indicadores operacionales, y deben permitir la cuantificación objetiva del bienestar del animal a lo largo del tiempo y en cualquier circunstancia. 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, cámaras de observación o vigilancia, 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 avances relacionados con la toma de decisiones. La utilización de nuevos sistemas de monitorización en continuo y los avances tecnológicos y computacionales abrirán nuevos campos a la innovación en materia de vigilancia, seguimiento y evaluación del bienestar. Por tanto, la industria acuícola se encuentra ante el reto de tener que asegurar estos avances tecnológicos, mediante la colaboración con las administraciones públicas y organismos de investigación, así como de su implementación en un futuro cercano.

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 cría de rodaballo, por lo que las empresas tienen que emplear tratamientos más genéricos o de amplio espectro que no siempre son eficientes. La investigación y desarrollo de tratamientos sanitarios específicos para determinados patógenos, y especialmente el desarrollo de vacunas, reforzaría el enfoque hacia la prevención, y mejoraría, por tanto, la eficiencia de los planes sanitarios en las empresas, combatiendo de manera más eficiente ciertas enfermedades y, por tanto, reduciendo la necesidad de recurrir a tratamientos antibióticos, mejorando las condiciones de salud y bienestar de los rodaballos en cautividad, así como reduciendo el riesgo de que se generen resistencias bacterianas por el uso de antibióticos.

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 rodaballo. 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 está afrontando el reto de desarrollar métodos más innovadores y humanitarios de manera proactiva, adaptando la tecnología existente al contexto español, mediante trabajos colaborativos. Así, tam-

bién 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 cría de rodaballos es relativamente nueva comparada con otras especies de acuicultura que se producen en España y en Europa, por lo que experimenta situaciones en las que el bienestar de los peces puede verse comprometido y afectar negativamente a la producción. Aunque el rodaballo presenta un nivel de domesticación elevado, comparable con otras especies de mayor producción y distribución ¹⁴⁴, los acuicultores se enfrentan al reto de desarrollar programas de selección genética que sigan mejorando la plasticidad y resiliencia del rodaballo, adaptándose a nuevos ambientes y enfermedades, fomentando a su vez su bienestar. Es por tanto esencial que cualquier investigación en la mejora genética del rodaballo vaya acompañada de estudios para comprobar que el bienestar no se vea comprometido.

Certificaciones de bienestar de rodaballo 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 el rodaba-

llo, como al establecimiento de estándares de bienestar en sellos propios ya conocidos.

Implicaciones del cambio climático en el bienestar de los rodaballos

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 tanques tengan las condiciones ambientales adecuadas para garantizar su bienestar, o que sus costes sean insostenibles. El imperativo de bienestar aquí es garantizar que se sepa lo suficiente sobre la biología de las especies 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, las concentraciones de oxígeno o proliferaciones de algas, entre otros, tanto dentro de los sistemas de cría de rodaballo como en las aguas de donde se abastecen las instalaciones. Todo ello hace que se pueda poner en riesgo el bienestar de los peces en cautividad, por lo que es imprescindible una eficiente monitorización de la calidad del agua y adecuados planes de gestión para poder reaccionar adecuadamente. 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 ¹⁴⁵.



7. BIBLIOGRAFÍA DESTACADA

1. Bailly, N. & Chanet, B. *Scophthalmus rafinesque*, 1810: the valid generic name for the turbot, *S. maximus* (Linnaeus, 1758) [Pleuronectiformes: Scophthalmidae]/*Scophthalmus Rafinesque*, 1810: le nom de genre valide du turbot, *S. maximus* (Linnaeus, 1758) (Pleuronectiformes: Scophthalmidae). **Cybio Int. J. Ichthyol.** **34**, 257–262 (2010).
2. Rodríguez, J. L. Cultivo del Rodaballo (*Scophthalmus maximus*). 4–43 (2011).
3. Vladislav Shlyakhov (Laboratory of Aquatic Biological Resources, A.-B. S. B. of V. et al. IUCN Red List of Threatened Species: *Scophthalmus maximus*. **IUCN Red List Threat. Species** <https://www.iucnredlist.org/en> (2020).
4. FAO - Psetta maxima. https://www.fao.org/fishery/docs/CDrom/aquaculture/I1129m/file/es/es_turbot.htm.
5. APROMAR. La acuicultura en España. (2024).
6. 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).
7. Lloret, J., Shulman, G. & Love, R. M. **Condition and Health Indicators of Exploited Marine Fishes**. (John Wiley & Sons, 2013).
8. Križanac, S. et al. Comparative Study of Physiological Changes in Turbot *Scophthalmus maximus* in Different Living Conditions. **Appl. Sci.** **12**, 4201 (2022).
9. Blanquet, I. & Oliva-Teles, A. Effect of feed restriction on the growth performance of turbot (*Scophthalmus maximus* L.) juveniles under commercial rearing conditions. **Aquac. Res.** **41**, 1255–1260 (2010).
10. Kerambrun, E., Henry, F., Rabhi, K. & Amara, R. Effects of chemical stress and food limitation on the energy reserves and growth of turbot, *Scophthalmus maximus*. **Environ. Sci. Pollut. Res.** **21**, 13488–13495 (2014).
11. Sunde, L. M., Imsland, A. K., Folkvord, A. & Stefansson, S. O. Effects of size grading on growth and survival of juvenile turbot at two temperatures. **Aquac. Int.** **6**, 19–32 (1998).
12. Irwin, S., O'Halloran, J. & FitzGerald, R. D. The relationship between individual consumption and growth in juvenile turbot, *Scophthalmus maximus*. **Aquaculture** **204**, 65–74 (2002).
13. Imsland, A. K., Sunde, L. M., Folkvord, A. & Stefansson, S. O. The interaction of temperature and fish size on growth of juvenile turbot. **J. Fish Biol.** **49**, 926–940 (1996).
14. Irwin, S., O'Halloran, J. & FitzGerald, R. D. Stocking density, growth and growth variation in juvenile turbot, *Scophthalmus maximus* (Rafinesque). **Aquaculture** **178**, 77–88 (1999).
15. Stefánsson, M. Ö., FitzGerald, R. D. & Cross, T. F. Growth, feed utilization and growth heterogeneity in juvenile turbot *Scophthalmus maximus* (Rafinesque) under different photoperiod regimes. **Aquac. Res.** **33**, 177–187 (2002).
16. Gomez-Raya, L. et al. The relationship between feed efficiency, growth and group dominance dynamics in turbot (*Scophthalmus maximus*). **Span. J. Agric. Res.** **16**, e0604–e0604 (2018).
17. Landeira-Dabarca, A., Abreu, C. S. R., Álvarez, M. & Molist, P. Changes in marine turbot (*Scophthalmus maximus*) epidermis and skin mucus composition during development from bilateral larvae to juvenile flat fish. **J. Fish Biol.** **99**, 2018–2029 (2021).
18. Novoa, B., Nun˜ez, S., Fernández-Puentes, C., Figueras, A. J. & Toranzo, A. E. Epizootic study in a turbot farm: bacteriology, virology, parasitology and histology. **Aquaculture** **107**, 253–258 (1992).
19. Jia, R. et al. Stress and immune responses in skin of turbot (*Scophthalmus maximus*) under different stocking densities. **Fish Shellfish Immunol.** **55**, 131–139 (2016).
20. Devesa, S., Barja, J. L. & Toranzo, A. E. Ulcerative skin and fin lesions in reared turbot, *Scophthalmus maximus* (L.). **J. Fish Dis.** **12**, 323–333 (1989).
21. Huang, Z.-H., Ma, A.-J. & Wang, X.-A. The immune response of turbot, *Scophthalmus maximus* (L.), skin to high water temperature. **J. Fish Dis.** **34**, 619–627 (2011).
22. Bloch, B. & Larsen, J. L. An iridovirus-like agent associated with systemic infection in cultured turbot *Scophthalmus maximus* fry in Denmark. **Iridovirus- Agent Assoc. Syst. Infect. Cult. Turbot Scophthalmus Maximus Fry Den.** **15**, 235–240 (1993).

23. Estevez, A. & Kanazawa, A. Effect of (n-3) PUFA and vitamin A Artemia enrichment on pigmentation success of turbot, *Scophthalmus maximus* (L.). **Aquac. Nutr.** **1**, 159–168 (1995).
24. Bolker, J. A. & Hill, C. R. Pigmentation development in hatchery-reared flatfishes. **J. Fish Biol.** **56**, 1029–1052 (2000).
25. Li, X. et al. Colour preferences of juvenile turbot (*Scophthalmus maximus*). **Physiol. Behav.** **156**, 64–70 (2016).
26. Wu, L. et al. Comparative transcriptome analysis reveals growth and molecular pathway of body color regulation in turbot (*Scophthalmus maximus*) exposed to different light spectrum. **Comp. Biochem. Physiol. Part D Genomics Proteomics** **49**, 101165 (2024).
27. Faílde, L. D., Bermúdez, R., Vigliano, F., Coscelli, G. A. & Quiroga, M. I. Morphological, immunohistochemical and ultrastructural characterization of the skin of turbot (*Psetta maxima* L.). **Tissue Cell** **46**, 334–342 (2014).
28. Venizelos, A. & Benetti, D. D. Pigment abnormalities in flatfish. **Aquaculture** **176**, 181–188 (1999).
29. Lv, X. et al. Osteological ontogeny and allometric growth in larval and juvenile turbot (*Scophthalmus maximus*). **Aquaculture** **498**, 351–363 (2019).
30. Tong, X. H. et al. Skeletal development and abnormalities of the vertebral column and of the fins in hatchery-reared turbot *Scophthalmus maximus*. **J. Fish Biol.** **80**, 486–502 (2012).
31. Aydin, İ. et al. Skeletal development and malformations in the early life stage of diploid and triploid turbot (*Scophthalmus maximus*). **Aquaculture** **550**, 737886 (2022).
32. Padros, F. & Crespo, S. Swimbladder pathology during larval development of turbot (*Scophthalmus maximus* L.). **ICES Mar Sci Symp** **201**, 159–162 (1995).
33. Latremouille, D. N. Fin Erosion in Aquaculture and Natural Environments. **Rev. Fish. Sci.** **11**, 315–335 (2003).
34. Ellis, T. et al. Fin Erosion in Farmed Fish. in **Fish Welfare** 121–149 (John Wiley & Sons, Ltd, 2008).
doi:10.1002/9780470697610.ch9.
35. Lei, Q., Yin, Geng, W., Zheng, Z. & Shao, Li, Y. The First Report on Fin Rot Disease of Cultured Turbot *Scophthalmus maximus* in China. **J. Aquat. Anim. Health** **18**, 83–89 (2006).
36. Dyková, I., Figueras, A., Novoa, B. & Casal, J. F. *Paramoeba* sp., an agent of amoebic gill disease of turbot *Scophthalmus maximus*. **Dis. Aquat. Organ.** **33**, 137–141 (1998).
37. Leiro et al. An amoeba associated with gill disease in turbot, *Scophthalmus maximus* (L.). **J. Fish Dis.** **21**, 281–288 (1998).
38. Villamil, L., Figueras, A., Toranzo, A. E., Planas, M. & Novoa, B. Isolation of a highly pathogenic *Vibrio pelagius* strain associated with mass mortalities of turbot, *Scophthalmus maximus* (L.), larvae. **J. Fish Dis.** **26**, 293–303 (2003).
39. Coscelli, G. A. et al. Acute *Aeromonas salmonicida* infection in turbot (*Scophthalmus maximus* L.). Histopathological and immunohistochemical studies. **Aquaculture** **430**, 79–85 (2014).
40. Qi, T. et al. Acute low-dose phosphate disrupts glycerophospholipid metabolism and induces stress in juvenile turbot (*Scophthalmus maximus*). **Sci. Total Environ.** **861**, 160430 (2023).
41. Lamas, J., Noya, M., Figueras, A. & Toranzo, A. E. Pathology associated with a viral erythrocytic infection in turbot, *Scophthalmus maximus* (L.). **J. Fish Dis.** **18**, 425–433 (1995).
42. Branson, E., Riaza, A. & Alvarez-Pellitero, P. Myxosporean infection causing intestinal disease in farmed turbot, *Scophthalmus maximus* (L.), (Teleostei: Scophthalmidae). **J. Fish Dis.** **22**, 395–399 (1999).
43. Iglesias, R. et al. *Philasterides dicentrarchi* (Ciliophora, Scuticociliatida) as the causative agent of scuticociliatosis in farmed turbot *Scophthalmus maximus* in Galicia (NW Spain). **Dis. Aquat. Organ.** **46**, 47–55 (2001).
44. Bermúdez, R. et al. Effects of symmetric triazinone (toltrazuril) on developmental stages of *Enteromyxum scophthalmi* parasitizing turbot (*Scophthalmus maximus* L.): A light and electron microscopic study. **Aquaculture** **254**, 65–71 (2006).
45. Padrós, F., Zarza, C., Dopazo, L., Cuadrado, M. & Crespo, S. Pathology of *Edwardsiella tarda* infection in turbot, *Scophthalmus maximus* (L.). **J. Fish Dis.** **29**, 87–94 (2006).
46. Pereiro, P., Figueras, A. & Novoa, B. Turbot (*Scophthalmus maximus*) vs. VHSV (Viral Hemorrhagic Septicemia Virus): A Review. **Front. Physiol.** **7**, (2016).
47. Feng, H. et al. Ocular bacterial signatures of exophthalmic disease in farmed turbot (*Scophthalmus maximus*). **Aquac. Res.** **51**, 2303–2313 (2020).
48. Fernández-Pato, C. Aspectos biológicos y tecnológicos del cultivo del rodaballo *Scophthalmus maximus* L., 1758. (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (España), 1998).

49. Martins, C. I. M. *et al.* Behavioural indicators of welfare in farmed fish. *Fish Physiol. Biochem.* **38**, 17–41 (2012).
50. Skiftesvik, A. B. Changes in Behaviour at Onset of Exogenous Feeding in Marine Fish Larvae. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **49**, 1570–1572 (1992).
51. Kasumyan, A. O., Ryg, M. & Døving, K. B. Effect of amino acids on the swimming activity of newly hatched turbot larvae (*Scophthalmus maximus*). *Mar. Biol.* **131**, 189–194 (1998).
52. Bruno, E., Mahjoub, M.-S., Hansen, B. W., Munk, P. & Støttrup, J. G. Feeding behavior and capture success of turbot *Psetta maxima* larvae during the transition from upright to tilted swimming position. *Aquat. Living Resour.* **30**, 35 (2017).
53. Huse, I. & Skiftesvik, A. B. Qualitative and quantitative behaviour studies in starving and feeding turbot (*Scophthalmus maximus* L.) larvae. <https://agris.fao.org/search/en/providers/125318/records/6748e0258834da021e380c82> (1985).
54. Skiftesvik, A. B. & Bergh, Ø. Changes in Behaviour of Atlantic Halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) and Turbot (*Scophthalmus maximus*) Yolk-Sac Larvae Induced by Bacterial Infections. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **50**, 2552–2557 (1993).
55. Imsland, A. K., Folkvord, A. & Stefansson, S. O. Growth, oxygen consumption and activity of juvenile turbot (*scophthalmus maximus* L.) reared under different temperatures and photoperiods. *Neth. J. Sea Res.* **34**, 149–159 (1995).
56. Ceinos, R. M. *et al.* Differential circadian and light-driven rhythmicity of clock gene expression and behaviour in the turbot, *Scophthalmus maximus*. *PLOS ONE* **14**, e0219153 (2019).
57. Iglesias-Estévez, J. & Rodríguez-Ojea, G. Fitness of hatchery-reared turbot, *Scophthalmus maximus* L., for survival in the sea: first year results on feeding, growth and distribution. <https://digital.csic.es/handle/10261/315342> (1994).
58. Kristensen, L. D., Sparrevohn, C. R., Christensen, J. T. & Støttrup, J. Cryptic behaviour of juvenile turbot *Psetta maxima* L. and European flounder *Platichthys flesus* L. *Open J. Mar. Sci.* **4**, 185–193 (2014).
59. Imsland, A. K., Nilsen, T. & Folkvord, A. Stochastic simulation of size variation in turbot: possible causes analysed with an individual-based model. *J. Fish Biol.* **53**, 237–258 (1998).
60. Martínez-Villalba, A. Desarrollo de un certificado de bienestar animal en el rodaballo (*Psetta maxima*) en la etapa de engorde. *Tesis Master En Segur. Aliment. Fac. Vet. Univ. CEU Cardenal Herrera 50 Pp* (2021).
61. Holmes, R. A. & Gibson, R. N. A comparison of predatory behaviour in flatfish. *Anim. Behav.* **31**, 1244–1255 (1983).
62. Knutsen, J. A. Feeding behaviour of North Sea turbot (*Scophthalmus maximus*) and Dover sole (*Solea solea*) larvae elicited by chemical stimuli. *Mar. Biol.* **113**, 543–548 (1992).
63. Champalbert, G. & Le Direach-Boursier, L. Influence of light and feeding conditions on swimming activity rhythms of larval and juvenile turbot: *Scophthalmus maximus* L.: An experimental study. *J. Sea Res.* **40**, 333–345 (1998).
64. Sierra-Flores, R. *et al.* Effects of light spectrum and tank background colour on Atlantic cod (*Gadus morhua*) and turbot (*Scophthalmus maximus*) larvae performances. *Aquaculture* **450**, 6–13 (2016).
65. Huse, I. Feeding at different illumination levels in larvae of three marine teleost species: cod, *Gadus morhua* L., plaice, *Pleuronectes platessa* L., and turbot, *Scophthalmus maximus* (L.). *Aquac. Res.* **25**, 687–695 (1994).
66. Mallekh, R., Lagardère, J. P., Bégout Anras, M. L. & Lafaye, J. Y. Variability in appetite of turbot, *Scophthalmus maximus* under intensive rearing conditions: the role of environmental factors. *Aquaculture* **165**, 123–138 (1998).
67. Johansen, R. *et al.* Characterization of nodavirus and viral encephalopathy and retinopathy in farmed turbot, *Scophthalmus maximus* (L.). *J. Fish Dis.* **27**, 591–601 (2004).
68. Montes, A., Figueras, A. & Novoa, B. Nodavirus encephalopathy in turbot (*Scophthalmus maximus*): Inflammation, nitric oxide production and effect of anti-inflammatory compounds. *Fish Shellfish Immunol.* **28**, 281–288 (2010).
69. Sæther, B.-S. & Jobling, M. The effects of ration level on feed intake and growth, and compensatory growth after restricted feeding, in turbot *Scophthalmus maximus* L. *Aquac. Res.* **30**, 647–653 (1999).
70. Waller, U. Factors influencing routine oxygen consumption in turbot, *Scophthalmus maximus*. *J. Appl. Ichthyol.* **8**, 62–71 (1992).
71. Wu, Z. *et al.* Effects of waterborne Fe(II) on juvenile turbot *Scophthalmus maximus*: analysis of respiratory rate, hematology and gill histology. *Chin. J. Oceanol. Limnol.* **30**, 193–199 (2012).
72. Maxime, V., Pichavant, K., Boeuf, G. & Nonnotte, G. Effects of hypoxia on respiratory physiology of turbot, *Scophthalmus maximus*. *Fish Physiol. Biochem.* **22**, 51–59 (2000).
73. Jia, Y. *et al.* Physiological response of juvenile turbot (*Scophthalmus maximus* L.) during hyperthermal stress. *Aquaculture* **529**, 735645 (2020).

74. 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).
75. Morzel, M., Sohier, D. & Van De Vis, H. Evaluation of slaughtering methods for turbot with respect to animal welfare and flesh quality. **J. Sci. Food Agric.** **83**, 19–28 (2003).
76. Davis, M. W. Fish stress and mortality can be predicted using reflex impairment. **Fish Fish.** **11**, 1–11 (2010).
77. Lambouij, B. et al. Evaluation of Electrical Stunning of Atlantic Cod (*Gadus morhua*) and Turbot (*Psetta maxima*) in Seawater. **J. Aquat. Food Prod. Technol.** **22**, 371–379 (2013).
78. Saraiva, J. L., Brijs, J., Cabrera-Álvarez, M. J., Arechavala-Lopez, P. & Gräns, A. Blueprint for research to detect loss of consciousness and/or sensibility of fish at slaughter. (2025).
79. Iglesias, J., Olmedo, M., Otero, J. J., Peleterio, J. B. & Solórzano, M. R. Growth, under laboratory conditions, of turbot, *Scophthalmus maximus*, from the Ría de Vigo (north-west Spain). **Mar. Biol.** **96**, 11–17 (1987).
80. Burel, C. et al. Potential of plant-protein sources as fish meal substitutes in diets for turbot (*Psetta maxima*): growth, nutrient utilisation and thyroid status. **Aquaculture** **188**, 363–382 (2000).
81. Boeuf, G., Boujard, D. & Ruyet, J. P.-L. Control of the somatic growth in turbot. **J. Fish Biol.** **55**, 128–147 (1999).
82. Ruyet, J. P.-L. Turbot (*Scophthalmus maximus*) Grow-out in Europe: Practices, Results, and Prospects. **Turk. J. Fish. Aquat. Sci.** **2**, 29–39 (2002).
83. Van Ham, E. H. et al. Environment affects stress in exercised turbot. **Comp. Biochem. Physiol. A. Mol. Integr. Physiol.** **136**, 525–538 (2003).
84. Ji, L. et al. Low temperature stress on the hematological parameters and HSP gene expression in the turbot *Scophthalmus maximus*. **Chin. J. Oceanol. Limnol.** **34**, 430–440 (2016).
85. Gaumet, F., Boeuf, G., Truchot, J.-P. & Nonnotte, G. Effects of environmental water salinity on blood acid-base status in juvenile turbot (*Scophthalmus maximus* L.). **Comp. Biochem. Physiol. A Physiol.** **109**, 985–994 (1994).
86. Gaumet, F., Boeuf, G., Severe, A., Le Roux, A. & Mayer-Gostan, N. Effects of salinity on the ionic balance and growth of juvenile turbot. **J. Fish Biol.** **47**, 865–876 (1995).
87. Imsland, A. K., Brix, O., Nævdal, G. & Samuelsen, E. N. Hemoglobin Genotypes in Turbot (*Scophthalmus maximus* Rafinesque), Their Oxygen Affinity Properties and Relation With Growth. **Comp. Biochem. Physiol. A Physiol.** **116**, 157–165 (1997).
88. Pichavant, K. et al. Effects of hypoxia on growth and metabolism of juvenile turbot. **Aquaculture** **188**, 103–114 (2000).
89. Hermann, Bernd. T., Wuertz, S., Vanselow, K. H., Schulz, C. & Stiller, K. T. Divergent gene expression in the gills of juvenile turbot (*Psetta maxima*) exposed to chronic severe hypercapnia indicates dose-dependent increase in intracellular oxidative stress and hypoxia. **Aquat. Toxicol.** **206**, 72–80 (2019).
90. Schram, E. et al. Impact of increased flow rate on specific growth rate of juvenile turbot (*Scophthalmus maximus*, Rafinesque 1810). **Aquaculture** **292**, 46–52 (2009).
91. Stiller, K. T. et al. The effect of carbon dioxide on growth and metabolism in juvenile turbot *Scophthalmus maximus* L. **Aquaculture** **444**, 143–150 (2015).
92. Sun, G., Li, M., Wang, J. & Liu, Y. Effects of flow rate on growth performance and welfare of juvenile turbot (*Scophthalmus maximus* L.) in recirculating aquaculture systems. **Aquac. Res.** **47**, 1341–1352 (2016).
93. Grøttum, J. A., Staurnes, M. & Sigholt, T. Effect of oxygenation, aeration and pH control on water quality and survival of turbot, *Scophthalmus maximus* (L.), kept at high densities during transport. **Aquac. Res.** **28**, 159–164 (1997).
94. Shuang-Yao, W. et al. Effects of seawater pH on survival, growth, energy budget and oxidative stress parameters of juvenile turbot *Scophthalmus maximus*. **Iran. J. Fish. Sci.** **17**, 675–689 (2018).
95. Mota, V. C. et al. The effect of low pH on physiology, stress status and growth performance of turbot (*Psetta maxima* L.) cultured in recirculating aquaculture systems. **Aquac. Res.** **49**, 3456–3467 (2018).
96. Ruyet, J. P.-L., Galland, R., Le Roux, A. & Chartois, H. Chronic ammonia toxicity in juvenile turbot (*Scophthalmus maximus*). **Aquaculture** **154**, 155–171 (1997).
97. Dosdat, A. et al. Nitrogenous excretion in juvenile turbot, *Scophthalmus maximus* (L.), under controlled conditions. **Aquac. Res.** **26**, 639–650 (1995).
98. Alderson, R. The effect of ammonia on the growth of juvenile Dover sole, *Solea solea* (L.) and turbot, *Scophthalmus maximus* (L.). **Aquaculture** **17**, 291–309 (1979).

99. van Bussel, C. G. J., Schroeder, J. P., Wuertz, S. & Schulz, C. The chronic effect of nitrate on production performance and health status of juvenile turbot (*Psetta maxima*). **Aquaculture** **326–329**, 163–167 (2012).
100. Holmes, R. A. & Gibson, R. N. Visual cues determining prey selection by the turbot, *Scophthalmus maximus* L. **J. Fish Biol.** **29**, 49–58 (1986).
101. Borges, M.-T., Morais, A. & Castro, P. M. L. Performance of outdoor seawater treatment systems for recirculation in an intensive turbot (*Scophthalmus maximus*) farm. **Aquac. Int.** **11**, 557–570 (2003).
102. Kerambrun, E. et al. Growth and condition indices of juvenile turbot, *Scophthalmus maximus*, exposed to contaminated sediments: Effects of metallic and organic compounds. **Aquat. Toxicol.** **108**, 130–140 (2012).
103. Almansa, C., Reig, L. & Oca, J. Use of laser scanning to evaluate turbot (*Scophthalmus maximus*) distribution in raceways with different water velocities. **Aquac. Eng.** **51**, 7–14 (2012).
104. Li, X. et al. Effect of flow velocity on the growth, stress and immune responses of turbot (*Scophthalmus maximus*) in recirculating aquaculture systems. **Fish Shellfish Immunol.** **86**, 1169–1176 (2019).
105. Polat, H., Öztürk, R., Terzi, Y., Aydin, I. & Kucuk, E. Effect of photoperiod manipulation on spawning time and performance of turbot (*Scophthalmus maximus*). **Aquac. Stud.** **21**, (2021).
106. Petereit, J., Lannig, G., Baßmann, B., Bock, C. & Buck, B. H. Circadian rhythm in turbot (*Scophthalmus maximus*): daily variation of blood metabolites in recirculating aquaculture systems. **Metabolomics** **20**, 23 (2024).
107. Imsland, A. K., Dragsnes, M. & Stefansson, S. O. Exposure to continuous light inhibits maturation in turbot (*Scophthalmus maximus*). **Aquaculture** **219**, 911–919 (2003).
108. Imsland, A. K. & Jonassen, T. M. Growth and age at first maturity in turbot and halibut reared under different photoperiods. **Aquac. Int.** **11**, 463–475 (2003).
109. Imsland, A. K. et al. Long-term effect of photoperiod manipulation on growth, maturation and flesh quality in turbot. **Aquaculture** **416–417**, 152–160 (2013).
110. Wu, L. et al. Effects of different light spectra on embryo development and the performance of newly hatched turbot (*Scophthalmus maximus*) larvae. **Fish Shellfish Immunol.** **90**, 328–337 (2019).
111. Wu, L. et al. Growth, stress and non-specific immune responses of turbot (*Scophthalmus maximus*) larvae exposed to different light spectra. **Aquaculture** **520**, 734950 (2020).
112. Wu, L. et al. Influence of light spectra on the performance of juvenile turbot (*Scophthalmus maximus*). **Aquaculture** **533**, 736191 (2021).
113. Han, M. M. et al. The plasticity of vision and body development of turbot *Scophthalmus maximus* larvae Under different light spectra. **Aquac. Res.** **51**, 3347–3357 (2020).
114. Xian, L., Ying, L. & Blancheton, J.-P. Effect of stocking density on performances of juvenile turbot (*Scophthalmus maximus*) in recirculating aquaculture systems. **Chin. J. Oceanol. Limnol.** **31**, 514–522 (2013).
115. Liu, B., Jia, R., Han, C., Huang, B. & Lei, J.-L. Effects of stocking density on antioxidant status, metabolism and immune response in juvenile turbot (*Scophthalmus maximus*). **Comp. Biochem. Physiol. Part C Toxicol. Pharmacol.** **190**, 1–8 (2016).
116. Aijun, M. et al. Turbot *Scophthalmus maximus*: stocking density on growth, pigmentation and feed conversion. **Chin. J. Oceanol. Limnol.** **24**, 307–312 (2006).
117. Jia, R. et al. Stress and immune responses in skin of turbot (*Scophthalmus maximus*) under different stocking densities. **Fish Shellfish Immunol.** **55**, 131–139 (2016).
118. Liu, B., Fei, F., Li, X., Wang, X. & Huang, B. Effects of stocking density on stress response, innate immune parameters, and welfare of turbot (*Scophthalmus maximus*). **Aquac. Int.** **27**, 1599–1612 (2019).
119. Liu, B. et al. Stocking density effects on growth and stress response of juvenile turbot (*Scophthalmus maximus*) reared in land-based recirculating aquaculture system. **Acta Oceanol. Sin.** **36**, 31–38 (2017).
120. 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).
121. Wendelaar Bonga, S. E. The stress response in fish. **Physiol. Rev.** **77**, 591–625 (1997).
122. Lemos, L. S., Angarica, L. M., Hauser-Davis, R. A. & Quinete, N. Cortisol as a Stress Indicator in Fish: Sampling Methods, Analytical Techniques, and Organic Pollutant Exposure Assessments. **Int. J. Environ. Res. Public Health** **20**, 6237 (2023).
123. Pichavant, K. et al. Effects of hypoxia and subsequent recovery on turbot *Scophthalmus maximus*: hormonal changes and anaerobic metabolism. **Mar. Ecol. Prog. Ser.** **225**, 275–285 (2002).

124. Guo, T. *et al.* Accumulated CO₂ affects growth, acid-base regulation and ion balance of turbot (*Scophthalmus maximus*) in a recirculating aquaculture system. ***Aquaculture* 578**, 740070 (2024).
125. Waring, C. P., Stagg, R. M. & Poxton, M. G. Physiological responses to handling in the turbot. ***J. Fish Biol.* 48**, 161–173 (1996).
126. Li, J. *et al.* Phenethylamine Is a Potential Density Stress Pheromone in Turbot (*Scophthalmus maximus*). ***Fishes* 8**, 506 (2023).
127. Fajardo, C. *et al.* Early Molecular Immune Responses of Turbot (*Scophthalmus maximus* L.) Following Infection with *Aeromonas salmonicida* subsp. *salmonicida*. ***Int. J. Mol. Sci.* 24**, 12944 (2023).
128. Ronza, P. *et al.* Integrating Genomic and Morphological Approaches in Fish Pathology Research: The Case of Turbot (*Scophthalmus maximus*) Enteromyxosis. ***Front. Genet.* 10**, (2019).
129. Kerambrun, E., Sanchez, W., Henry, F. & Amara, R. Are biochemical biomarker responses related to physiological performance of juvenile sea bass (*Dicentrarchus labrax*) and turbot (*Scophthalmus maximus*) caged in a polluted harbour? ***Comp. Biochem. Physiol. Part C Toxicol. Pharmacol.* 154**, 187–195 (2011).
130. Lu, Y. *et al.* Insight into the heat resistance of fish via blood: Effects of heat stress on metabolism, oxidative stress and antioxidant response of olive flounder *Paralichthys olivaceus* and turbot *Scophthalmus maximus*. ***Fish Shellfish Immunol.* 58**, 125–135 (2016).
131. Gesto, M., López-Patiño, M. A., Hernández, J., Soengas, J. L. & Míguez, J. M. The response of brain serotonergic and dopaminergic systems to an acute stressor in rainbow trout: a time course study. ***J. Exp. Biol.* 216**, 4435–4442 (2013).
132. Gesto, M., López-Patiño, M. A., Hernández, J., Soengas, J. L. & Míguez, J. M. Gradation of the Stress Response in Rainbow Trout Exposed to Stressors of Different Severity: The Role of Brain Serotonergic and Dopaminergic Systems. ***J. Neuroendocrinol.* 27**, 131–141 (2015).
133. Zhao, L., Sun, J. & Sun, L. The g-type lysozyme of *Scophthalmus maximus* has a broad substrate spectrum and is involved in the immune response against bacterial infection. ***Fish Shellfish Immunol.* 30**, 630–637 (2011).
134. Fontenla Iglesias, F. Vacunación en rodaballo, *Scophthalmus maximus* (L.): análisis de la respuesta inmunitaria y desarrollo de nuevos adyuvantes. (Universidade de Santiago de Compostela, 2019).
135. Waring, C. P., Poxton, M. G. & Stagg, R. M. The physiological response of the turbot to multiple net confinements. ***Aquac. Int.* 5**, 1–12 (1997).
136. European Food Safety Authority. Species-specific welfare aspects of the main systems of stunning and killing of farmed turbot - - 2009 - EFSA Journal - Wiley Online Library. (2009).
137. Míguez, J. M. *et al.* Efficient handling of turbot under industrial production conditions: how long air exposure triggers the stress response? ***Poster Commun. Book Abstr. Aquac. Eur. Congr. AE2025*** (2025).
138. Ashley, P. J. Fish welfare: Current issues in aquaculture. ***Appl. Anim. Behav. Sci.* 104**, 199–235 (2007).
139. 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).
140. Ramírez-Rodríguez, C. M. *et al.* A new perspective on electrical stunning and live-chilling in the industrial slaughter of turbot: insights from electroencephalography. (2025).
141. 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).
142. Teixeira, D. S. R. Efeito do enriquecimento ambiental no sucesso reprodutivo e bem-estar animal nos reprodutores de pregado (*Scophthalmus maximus* *Scophthalmus maximus* L.). <https://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/164739> (2024).
143. Fernández, B. & Brianes, M. J. Cultivo de peixes planos en tanques de moluscos aplicando técnicas de enriquecimento ambiental. ***Foro Rec Mar Ac Rías Gal* 26**, (2025).
144. Teletchea, F. & Fontaine, P. Levels of domestication in fish: implications for the sustainable future of aquaculture. ***Fish Fish.* 15**, 181–195 (2012).
145. 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 el rodaballo 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/o bienestar de rodaballo.

RODABALLO		REPRODUCTORES							CRIADEROS						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	Aturdimiento y sacrificio
Físico-somáticos o Externos	F. de Condición (K)																		
	Dispersión poblacional																		
	Condición piel																		
	Coloración piel																		
	Malformaciones																		
	Condición aletas																		
	Condición branquias																		
	Condición ojos																		
	Mortalidad																		
Comportamentales	Actividad y distribución																		
	Apetito y alimentación																		
	Movimientos anormales																		
	Agresividad																		
	Frec. ventilatoria																		
	VOR																		
Ambientales	Temperatura																		
	Salinidad																		
	Oxígeno disuelto																		
	Dióxido de carbono																		
	pH																		
	Nitrogenados																		
	Turbidez/Sólidos																		
	Caudal / Corriente																		
	Iluminación																		
	Densidad																		

