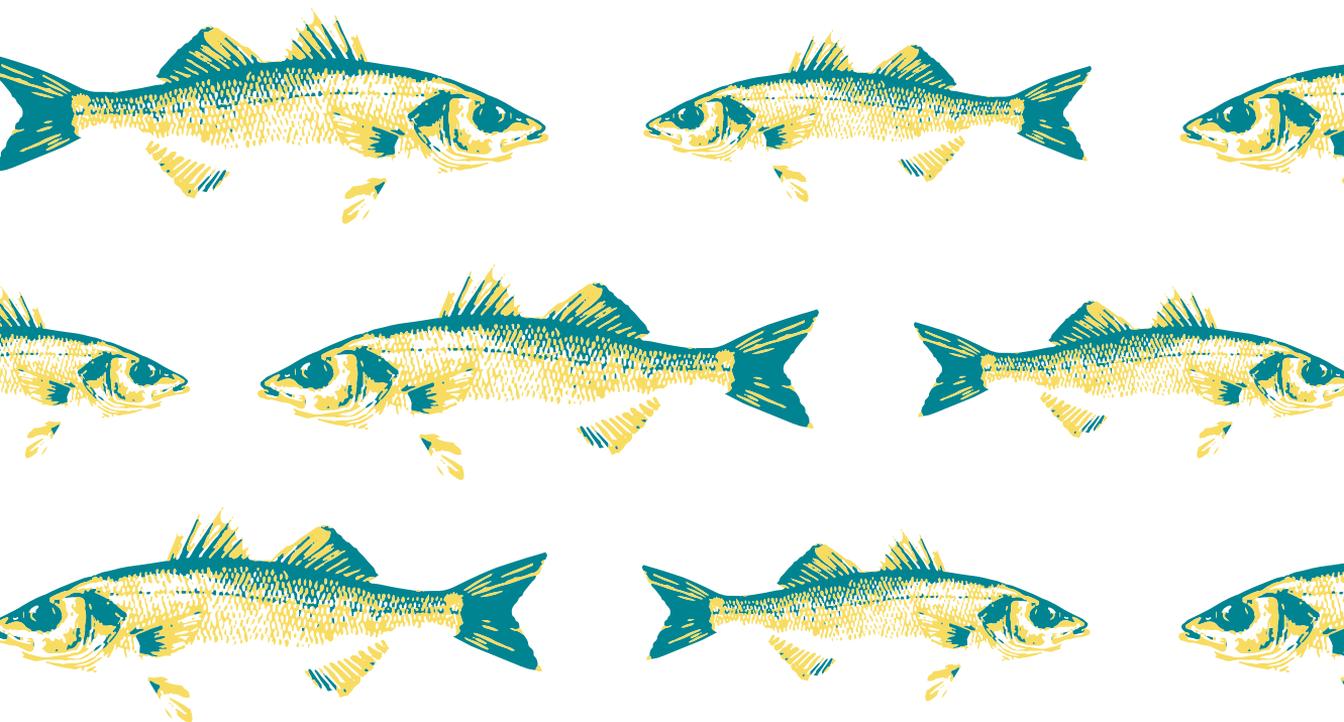


GUÍA SOBRE EL **BIENESTAR** DE LOS PECES

EN LA **ACUICULTURA** **ESPAÑOLA**

(Vol. 2): Bienestar de las lubinas



APROMAR (2024) Guía sobre el bienestar de los peces en la acuicultura española – Volumen 2: Bienestar de las lubinas. Asociación Empresarial de Acuicultura de España. 49 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: Andrea Martínez Villalba (UCM), Andrés González Lecuona (Stolt Sea Farm), Claudia Millán Caravaca (OBA), Daniel Sánchez Lacalle (CIWF), Garazi Rodríguez Valle (APROMAR), Javier Ojeda Gonzalez-Posada (APROMAR), Javier Villa Navarro (Grupo Avramar), Philippe Sourd (Cooke España), Antonio La Barbera (Aquanaria), Juan Manuel Fernández Aldana (Experto Internacional en Acuicultura), Juan Ramos Blasco (OBA), María J. Cabrera Álvarez (FEG), Juan Miquel Mancera (UCA), Laura Cucala Lluch (Acuidelta), Lluís Tort (UAB), Mateo Ballester Moltó (Piscialba), Morris Villarroel (UPM), Pablo Arechavala López (IMEDEA-CSIC y FEG).

Editor y coordinador del trabajo: Pablo Arechavala López.

Instituciones y empresas:

Asociación Empresarial de Acuicultura de España – OPP30 (APROMAR)
Instituto Mediterráneo de Estudios Avanzados (IMEDEA-CSIC)
Organización no lucrativa Observatorio de Bienestar Animal (OBA)
Organización no lucrativa Compassion in World Farming International (CIWF)
FishEthoGroup Association (FEG)
Empresa Avramar España Acuicultura SL
Empresa Cooke España
Empresa Aquanaria SL
Empresa Piscifactorias Albaladejo SL (Piscialba)
Empresa Acuidelta SL
Empresa Stolt Sea Farm SA
AQUAB-FISH, Universitat Autònoma de Barcelona (UAB)
CEIGRAM, Universidad Politécnica de Madrid (UPM)
Depto. de Biología, Fac. de Ciencias del Mar y Ambientales, Univ. de Cádiz (UCA)
Depto. De Producción Animal, Fac. de Veterinaria, Universidad Complutense de Madrid (UCM)
Servicio de Bienestar Animal. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA)
Secretaría General de Pesca. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA)

Diseño y maquetación: Luis Resines (Pelopantón)

Fotografías: Cortesía de los miembros de trabajo y Oceanográfica ©.

Derechos reservados: © 2024 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: 978-84-09-60142-4

ÁMBITO DE LA GUÍA

En 2022 **APROMAR** publicó una guía inicial sobre el bienestar de los peces que daba a conocer la situación de la actividad acuícola en España en relación a dicha materia. La guía abordó cuestiones básicas y generalidades, asentando conceptos, estableciendo principios comunes y desarrollando las primeras directrices en bienestar de los peces consensuadas con organizaciones ajenas al sector. Había surgido de una iniciativa de **APROMAR** y su texto fue fruto de un ejercicio colaborativo y participativo entre empresas asociadas de **APROMAR** junto a varias asociaciones y organizaciones de protección y bienestar animal (Observatorio de Bienestar Animal, *Compassion in World Farming International* y *FishEthoGroup association*), universidades españolas (Universidad Autónoma de Barcelona, Universidad Politécnica de Madrid y Universidad de Cádiz), organismos públicos de investigación (Instituto Mediterráneo de Estudios Avanzados-CSIC) y el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Aquel documento estuvo planteado como volumen inicial de una colección de guías que se dedicarían de manera más pormenorizada a cada una de las especies de peces objeto de la acuicultura en España.

La presente es la primera de las guías por especie y está dedicada al bienestar de la especie lubina (*Dicentrarchus labrax*). En ella se identifican una serie de indicadores de bienestar, los puntos críticos de bienestar en los sistemas de producción,

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

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

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

Índice

Resumen ejecutivo	4
1. Introducción.....	6
2. Indicadores de bienestar para lubina.....	8
2.1. Externos o físico-somáticos	8
2.2. Comportamentales	11
2.3. Ambientales	13
2.4. Indicadores de laboratorio	18
3. Puntos críticos de bienestar en los sistemas de cría y fases de desarrollo	20
3.1. Reproductores e incubación	20
3.2. Criadero (cultivo larvario, destete y pre-engorde)	21
3.3. Engorde en tierra y en mar	24
4. Bienestar y buenas prácticas en la cría de la lubina	26
4.1. Ambiente y confinamiento	26
4.2. Manejo y mantenimiento	29
4.3. Alimentación	31
4.4. Salud animal	32
4.5. Transporte	34
4.6. Procedimientos de aturdimiento y sacrificio	36
5. Formación y comunicación.....	38
5.1. Formación interna e institucional	38
5.2. Comunicación y Divulgación	39
6. Retos y oportunidades	40
7. Bibliografía destacada.....	42
8. Anexos	46

RESUMEN EJECUTIVO

Publicada en 2022, la [Guía sobre el bienestar de los peces en la acuicultura española - Conceptos y Generalidades \(Vol. 1\)](#) abrió el camino a una colección que recopila las buenas prácticas en bienestar animal, particularmente aquellas relacionadas con los peces criados en granjas españolas. El volumen 2 está dedicado a la lubina (*Dicentrarchus labrax*), especie oriunda del Océano Atlántico y Mar Mediterráneo y uno de los peces más criados en España. En 2022, su producción alcanzó las 23.622 toneladas – en torno al 30,4% de la producción piscícola española – y un valor en mercado de 181,6 M€¹, poniendo a España como el cuarto mayor productor de lubina a nivel mundial.

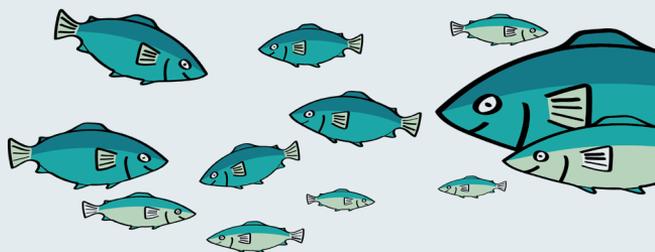
Costeada con fondos nacionales y europeos, la *Guía de bienestar de las lubinas* es fruto del trabajo colaborativo entre diversos actores claves del sector acuícola español como el MAPA, Apromar, personal científico experto en bienestar animal, empresas productoras y organizaciones de protección animal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

Por primera vez, un único documento agrupa los últimos conocimientos científicos en bienestar de lubinas, describiendo una serie de indicadores operativos para monitorizarlos. Dichos indicadores son específicos, cuantificables y adaptables a las distintas fases del ciclo de vida y sistemas de producción. Además, define los puntos críticos para el bienestar durante las primeras fases (reproductores e incubación), criadero (alevines, destete y pre-engorde) y engorde en tierra y mar.

El bienestar animal y las buenas prácticas en acuicultura van de la mano. Los indicadores anteriores son una herramienta a disposición de todas aquellas personas o empresas dedicadas a la cría de lubina, para así verificar el efecto de su implantación. La presente guía describe prácticas relacionadas con múltiples procedimientos habituales en las granjas, p.ej., alimentación, ambiente y confinamiento; aturdimiento y sacrificio; manejo y mantenimiento; reproducción; salud animal y transporte.

La formación del personal y la dirección de las empresas productoras tiene un impacto directo en el bienestar de los peces criados en cautividad. Esta guía reconoce su importancia y está ideada para poder ser utilizada como instrumento formativo y divulgativo. La formación debe actualizarse e incluir apartados específicos que recojan conceptos de bienestar y cómo evaluarlo, así como las prácticas y problemáticas de la producción de peces en cautividad.

Para finalizar, el desarrollo sostenible y responsable de la acuicultura española conlleva varios retos, siendo uno de los principales garantizar el bienestar de los peces criados por el sector. Así, el último capítulo de la guía enumera factores esenciales como la aplicación de técnicas de sacrificio humanitarias; cambio climático; colaboración intersectorial; investigación, ciencia y tecnología, y un marco legal vinculante que proteja el bienestar de los animales acuáticos de manera adecuada.





1. INTRODUCCIÓN

La lubina (*Dicentrarchus labrax*), pertenece a la familia Moronidae. Es un pez emblemático de las costas europeas, presente desde el Mar del Norte hasta las costas del Norte de África (Marruecos y Senegal), incluyendo las Islas Canarias, y se encuentra también en toda la cuenca del Mediterráneo. Su abundancia varía según las regiones y la presión pesquera y, generalmente, su presencia es un buen indicador de calidad de los ecosistemas costeros.

Presenta un cuerpo fusiforme, ligeramente comprimido en los costados, de color plateado o con manchas, siempre en tonos gris-plateado. El dorso y la cola tienden a ser de un gris más oscuro mientras que la zona de los flancos se aclara progresivamente al acercarse al vientre. Presenta el cuerpo cubierto de escamas, con una línea lateral que une la parte superior de las branquias con la aleta caudal, sin llegar a cubrirla. Posee dos aletas dorsales, la primera de ellas con 10 espinas y la segunda sólo una. Las aletas pectorales son largas y puntiagudas, la anal presenta tres espinas y unos diez radios blandos.

Se trata de una especie longeva, encontrándose individuos de hasta 30 años. Los ejemplares más grandes pueden alcanzar el metro de longitud y los 15 kg de peso, aunque raramente se observan. El tamaño medio en las poblaciones silvestres ronda los 50 cm de longitud. Las lubinas más pequeñas habitan en aguas costeras poco profundas y, a menudo, suelen formar pequeños cardúmenes en áreas rocosas, mientras que a medida que crecen, comienzan a frecuentar fondos más irregulares y aguas más profundas. Además, los individuos de mayor edad tienden a ser más solitarios. Estos entornos les proporcionan tanto zonas de refugio como zonas de caza.

Es una especie carnívora, rápida y activa, considerada una gran cazadora que se oculta entre la espuma de las corrientes para sorprender a sus presas. En aguas más profundas, se alimenta principalmente de peces y cefalópodos, mientras que en zonas costeras tiene como presas a pequeños peces, crustáceos y otros organismos menores. No obstante, el tipo de dieta depende también del tamaño o edad del individuo. Presenta sexos separados (especie gonocórica), y no existe dimorfismo entre machos y hembras. Alcanzan su madurez reproductiva entre los cuatro y los siete años de edad, siendo los machos los que maduran más rápido una vez alcanzan los 35 cm de largo, mientras que la talla reproductiva de las hembras está por encima de los 42 cm. De fecundación externa, el período reproductivo ocurre una vez al año. La puesta se realiza en invierno en zonas costeras, dependiendo de la temperatura del agua (debe estar entre 12°C y 14°C).

Actualmente, es el pez de mayor producción en todo el Mediterráneo (principalmente Turquía, Grecia, Egipto, España, Croacia, Túnez e Italia). En 2022 la producción acuícola total de lubina en Europa y el resto del arco Mediterráneo ha sido de 301.420 toneladas, un 1,2 % superior a la del año anterior. La producción de lubina de acuicultura en España en 2022 alcanzó las 23.622 toneladas. La Región de Murcia ha encabezado la producción con 7.244 t (31%), seguida por Andalucía con 6.020 t (25%), Comunidad Valenciana con 5.240 t (22 %), Canarias con 4.948 t (21 %) y Cataluña con 170 t (1%). Para 2023, se prevé un crecimiento de un 1,2 % con una producción de lubina en España de 23.910 t ¹.



Volumen (toneladas)

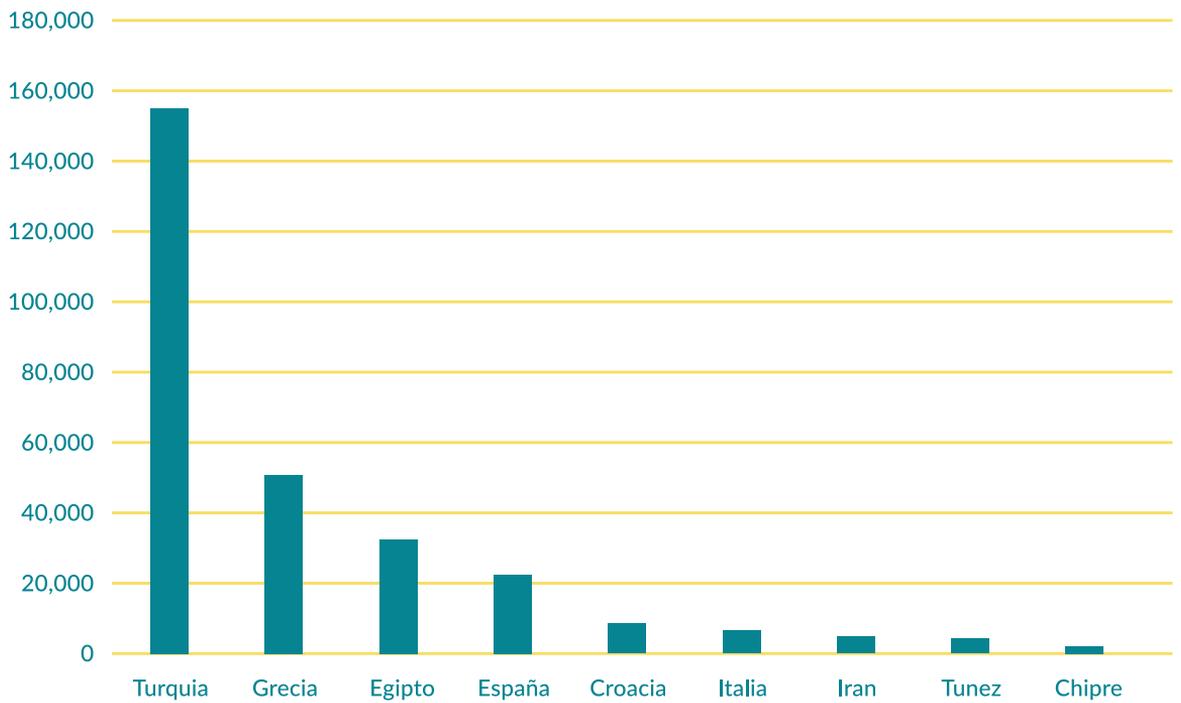
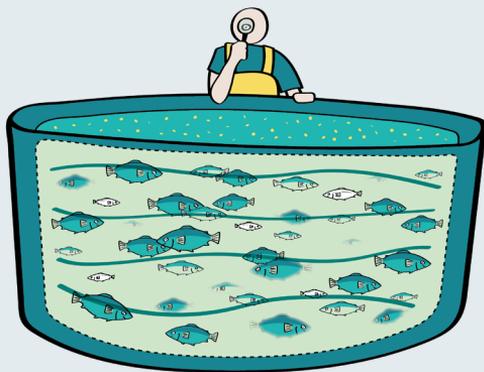


Figura 1. Distribución de la producción de lubina en diferentes países por volumen (toneladas) (fuente: APROMAR 2023¹).

2. INDICADORES DE BIENESTAR PARA LUBINA

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



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 del pez. Los más usados en lubina son:

Factor de condición (K)

Es un índice que relaciona la longitud con el peso de los peces, siendo $K = (\text{peso corporal (g)} / \text{longitud (cm)}^3) \cdot 100$. Permite evaluar el estado y desarrollo corporal, por lo que puede reflejar su estado nutricional y bienestar. Un valor muy alto de K significa que el pez está sobrealimentado, con exceso de grasa abdominal y contenido lipídico. Por el contrario, si el valor es bajo indicará que el animal puede estar delgado, experimentando así un cuadro grave de desnutrición. Es importante mencionar que los valores de este índice pueden estar influenciados por factores genéticos, la estacionalidad y su respectiva temperatura del agua, ya que la lubina puede venir de una fase de crecimiento (al final del verano) o una de aletargamiento (al final del invierno), así como por la estrategia de alimentación (cantidad de alimento que se suministre o ingiera), fase de vida de los peces (edad) y/o sistema de producción. En términos generales, valores de K entre 1 y 1,40 se interpretan como óptimos para el bienestar de las lubinas².

Dispersión poblacional

Es importante monitorizar la dispersión de tallas en cada stock, ya sea analizando su distribución o el coeficiente de variación (CV)³. Entre las posibles causas de una alta dispersión en un lote de lubina podemos encontrar: a) la genética, que rige el crecimiento diferencial de cada individuo de la población, b) la estrategia de producción aplicada, mediante clasificaciones previas realizadas o cría continua y, c) una correcta alimentación en la medida que puede reducir la agresividad y la competencia entre los peces, sobre todo en estadios tempranos de desarrollo⁴⁻⁶.

Condición de la piel

La piel es la cubierta más externa y expuesta al medio ambiente, que actúa como la primera protección de los peces, al encontrarse en continuo contacto con los microorganismos del agua y cambios físico-químicos de la misma ^{7,8}. En los peces, la piel está bien adaptada contra lesiones y patógenos, sirviendo también para la respiración, excreción y osmorregulación. Puede verse afectada por déficits nutricionales, calidad del agua y condiciones del entorno, además de diversos procedimientos durante la producción, principalmente en aquellos que conlleven un contacto físico con el animal (p.ej. manejo, despesques, etc.). Para determinar su estado, se debe revisar la condición e integridad de las escamas, la mucosidad y si hay pérdida de tejido epidérmico comprometiendo capas más profundas: dérmica/subdérmica/muscular. Adicionalmente, se debe establecer si en algún punto hay lesiones activas como úlceras, hemorragias o heridas superficiales, ya que pueden ser afectadas rápidamente por microorganismos bacterianos presentes en el medio marino ².

Coloración de la piel

Los cambios en la pigmentación de la piel pueden ser debidos a una adaptación natural a las condiciones del entorno (p.ej. luminosidad), composición de la dieta, infecciones o enfermedades ^{9,10}. En condiciones de estrés (social o ambiental) donde se altera su bienestar, las hormonas inducen una reorganización de los cromatóforos de la piel. De esta forma, su coloración puede verse afectada y exhibir cambios importantes con patrones más oscuros o apagados, sirviendo de indicador eficaz y rápido sobre el estado del animal en ese preciso momento. Por ejemplo, las situaciones de estrés inducen un oscurecimiento de la piel en la lubina. Se ha de tener en cuenta que la luminosidad del entorno puede afectar a la pigmentación de la lubina. Por ejemplo, las lubinas criadas en vivero en el mediterráneo tienden a tener una coloración más oscura, ya que éstas se encuentran en aguas más transparentes, con mayor incidencia lumínica y profundidad. Sin embargo, las lubinas criadas en esteros se encuentran en

aguas turbias con una menor incidencia lumínica, lo cual produce una pigmentación más clara.

Malformaciones físicas

En la lubina se pueden observar casos de malformaciones del opérculo, mandíbulas o espina dorsal, entre otros ¹¹⁻¹⁹. Aunque la etiología de las malformaciones no está del todo clara en la mayoría de los casos, se han determinado como posibles causas: predisposición genética, deficiencias nutricionales, calidad del agua, velocidad de la corriente, temperatura de incubación de los huevos, enfermedades infecciosas, fuentes de estrés en etapas tempranas, etc. Generalmente, se comienzan a observar en las fases de alevín y juvenil, pudiendo permanecer hasta la edad adulta en el caso de una incorrecta depuración en fases previas.

Estado de las aletas

La valoración del estado de las aletas puede determinarse según estén erosionadas, engrosadas, con malformaciones, partidas y/o hemorrágicas, al ser causas directas de las condiciones de cría, p.ej., densidades excesivamente altas, corrientes demasiado fuertes, un manejo inadecuado reciente, alguna enfermedad o un incremento en la agresividad ^{20,21}. De este modo, la pérdida de integridad en su barrera epidérmica puede constituir la puerta de entrada para diversos patógenos presentes en el agua, desencadenando así una enfermedad sistémica en el pez²². Por lo tanto, una mala condición de las aletas afecta negativamente al pez, y refleja el estado de bienestar del mismo ²³.

Estado de las branquias

Las branquias cumplen diversas funciones relacionadas con la respiración, osmorregulación y defensa inmunitaria, siendo susceptibles a una serie de alteraciones. Por ejemplo, una variación en los parámetros de calidad de agua redundará en la salud y estado de las branquias ^{24,25}. Esto afectará a la capacidad de captación de oxígeno en el agua, sobre todo en condiciones donde aumenta la demanda metabólica, como en el ejercicio, y a la osmorregulación, la cual destaca por



su función de excreción y mantenimiento de la homeostasis. En caso de presencia de patógenos en el agua, las branquias entrarán en contacto con ellos de manera directa. Su diagnóstico puede realizarse por observación directa ya que, en algunas circunstancias, se pueden distinguir lesiones o patrones de coloración anómalos en las lubinas ².

Estado de los ojos

En acuicultura, la patología más frecuente en el globo ocular corresponde al trauma mecánico derivado del manejo ²⁶, seguido de la exoftalmia, catarata, ruptura y/o hemorragia ²⁷. Algunas de estas alteraciones pueden deberse a deficiencias nutricionales, enfermedades o iluminación inadecuada ²⁸. Los peces con alteraciones visuales tienden a disminuir su capacidad para buscar alimento y defenderse y, usualmente, terminan completamente ciegos. En el caso de la lubina, podemos encontrar individuos con lesiones en los ojos, cataratas, exoftalmia, ceguera o con infecciones víricas o bacterianas ²⁹⁻³¹.

Mortalidad

El porcentaje de mortalidad indica el número de peces muertos en función del total de una población en un período corto de tiempo (p.ej. un día). En el caso de la lubina, es posible observar episodios de mortalidad que pueden seguir distintos patrones, desde hiperagudo hasta crónico. Es necesario investigar y categorizar las posibles causas siendo algunas de éstas enfermedades ³², o debidas a situaciones particulares como: depredadores, tormentas u otras condiciones ambientales adversas. La mortalidad acumulada, en un intervalo de tiempo determinado, es un indicador retrospectivo. Puede ayudar a observar tendencias que impactan negativamente sobre la salud y el bienestar de los peces y que, de no ser corregidas a tiempo, seguirán repitiéndose. Para obtenerla, debe registrarse la mortalidad diaria en función del total de la población y la etapa de producción ³³. En la lubina, una tasa superior al 2% mensual en la etapa de engorde 2 puede constituir un criterio de alerta y evaluación minuciosa de las posibles causas y remedios a poner en marcha, pudiéndose incrementar en etapas anteriores como en *hatchery* o *nursery*.

2.2. Comportamentales

Observar y comprender el comportamiento de los peces es crucial para mejorar su bienestar, reduciendo así la respuesta de estrés ante prácticas de cría diarias y, por lo tanto, optimizando el rendimiento de la granja. Alteraciones comportamentales, concretamente de natación, se han usado para destacar posibles variaciones relacionadas con el bienestar a causa de estrés o enfermedades. No obstante, esto debe ser establecido y analizado en función de cada especie y situación³⁴. Los siguientes indicadores operacionales brindan información sobre el patrón comportamental a nivel individual y grupal, formando parte de los indicadores directos basados en el animal.

Actividad natatoria y distribución

De forma general, la actividad natatoria y su distribución nos indican cómo reaccionan los peces al medio ambiente que les rodea. La observación a nivel grupal puede ayudar a orientar el diagnóstico sobre el bienestar animal³⁵. La forma en que las lubinas usan el espacio, los cambios repentinos en velocidad y dirección (aceleraciones), así como la estructura y cohesión del grupo, brindan información útil acerca de sus relaciones sociales, con el ambiente y su estado de salud³⁶⁻³⁹. Pueden existir diferentes gradientes ambientales en condiciones de cría en viveros, tales como distintas temperaturas, corrientes o condiciones lumínicas^{40,41}. Esto puede generar que los peces busquen zonas más favorables y se alejen de otras, afectando a su distribución. Además, los eventos de estrés agudo desencadenan conductas de evasión en los peces, observándose y relacionándose con su distribución en el fondo de los viveros y/o tanques⁴². La presencia de depredadores en el entorno también afecta su actividad natatoria y distribución. En lubinas con buenas condiciones ambientales y de bienestar se espera una distribución amplia y uniforme de las mismas, haciendo un uso extenso del espacio y maximizando la distancia entre ellas, con natación sin-

crónica o asincrónica y velocidad media normal para la especie.

Actividad en la superficie

En la mayoría de los casos, la actividad en superficie está relacionada con el interés por parte de los animales hacia el alimento (p.ej. actividad frenética), promovida por el apetito o la competencia por el recurso alimenticio (*ver indicadores de alimentación y anticipación*), por lo que un descenso de dicha actividad previo a la alimentación podría indicar alguna afección a su bienestar. Por el contrario, un aumento de la actividad en superficie puede estar relacionado con situaciones críticas para el bienestar de los peces, cuando no se relaciona con la alimentación. Por ejemplo, en situaciones de hipoxia o baja calidad del agua se pueden observar “boqueos”, donde los peces irrumpen con la boca la superficie, e individuos en mal estado de salud pueden mostrar comportamientos de letargia, pérdidas de equilibrio o reducida maniobrabilidad, en ocasiones asomando las aletas fuera de la superficie^{35,43}.

Movimientos anormales

Los comportamientos denominados estereotipias se definen como “patrones comportamentales, repetitivos e invariables que no tienen un objetivo o función obvia”⁴⁴, lo que ha llevado a establecer en muchas especies que surgen como respuesta a la falta de estímulos y/o pérdida de interés experimentada por los animales en cautiverio. En el caso de la lubina, se pueden observar estereotipias y conductas anormales como, letargia o inmovilización, tigmotaxis (pez en la periferia y en continuo contacto con las paredes o redes), escototaxis (preferencia de zonas con sombra), o cambios frenéticos de actividad y apatía, asociadas a un problema del estado de bienestar o infección vírica^{36,45}. Si las condiciones de bienestar y salud son óptimas no deberían observarse comportamientos anómalos.

Agresividad

Conductas como ataques y mordiscos son consideradas comportamientos agresivos o agonísticos de los peces³⁵ en respuesta a inadecuadas



condiciones de cautividad o deficiencias en su bienestar. Estos comportamientos pueden ser exhibidos en diversa proporción⁴⁶ y afectar a otros peces. Generalmente, en lubinas son el resultado de la selección genética o de las interacciones sociales en combinación o no de la competencia por los recursos (o la falta de ellos), como el alimento o el espacio⁴⁷⁻⁵⁰. Además, pueden ser potenciados si existen diferencias de talla o forma entre individuos del mismo grupo, hecho que suele ser más evidente en las primeras etapas de desarrollo. Una forma indirecta de evaluar estos comportamientos puede ser mediante la observación directa y conteo de cicatrices o señales de mordeduras en la piel (*ver indicador externo: condición de la piel*). En condiciones de bienestar óptimas, las lubinas no muestran comportamientos agresivos.

Apetito y comportamiento durante la alimentación

La cantidad de alimento consumido, cuando el pez tiene la oportunidad de hacerlo, es un comportamiento influenciado por diversos factores como, por ejemplo, las reservas energéticas y el vaciamiento gástrico, las adaptaciones estacionales y la temperatura del agua, el estado sanitario o el nivel de estrés^{51,52}. De forma similar, la frecuencia de alimentación, cantidad de alimento o sus características físicas y organolépticas (p.ej. composición y palatabilidad) influyen en distinto grado en la disponibilidad y el apetito de los peces y, por ende, en su comportamiento durante la alimentación^{37,48}. Cualitativamente, el apetito de las lubinas puede ser medido por observación directa en el momento en que se les ofrece el alimento², es

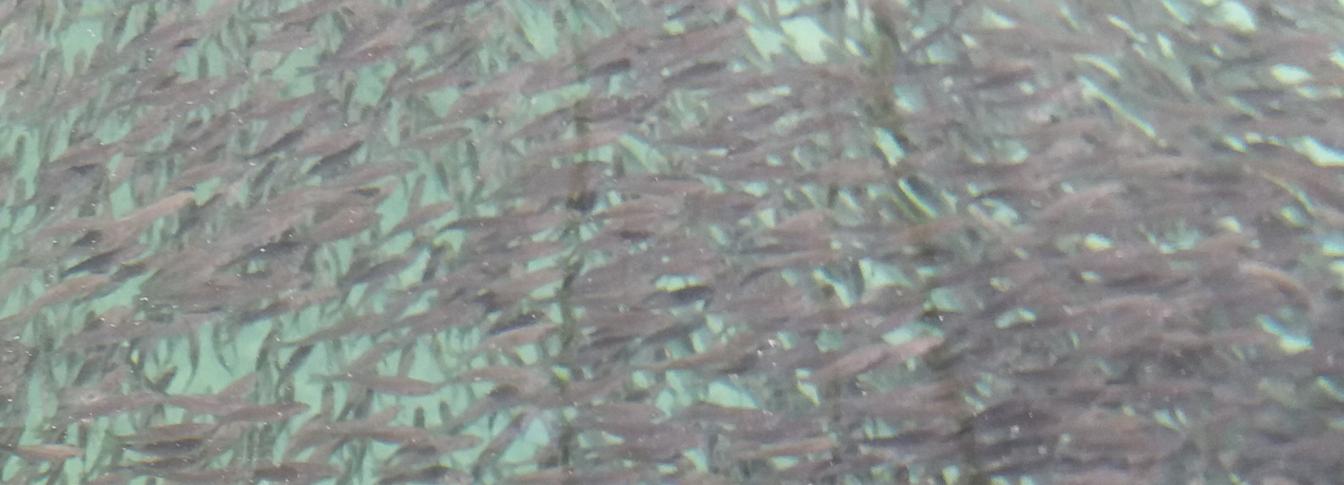
decir, en base a la demanda del alimento según las cantidades estimadas para su óptimo desarrollo. En este caso, es conveniente la combinación con otros indicadores, como el factor de condición (K) o la actividad en superficie.

Comportamiento anticipatorio

Cuando los animales están sujetos a un horario de alimentación programado, por lo general, sincronizan su comportamiento locomotor y de alimentación con las horas de alimentación, mostrando una actividad anticipatoria varios minutos u horas antes de la hora de comer⁵³. En numerosas ocasiones, el olor del pienso, la presencia humana, el sonido del motor de los alimentadores o los barcos de alimentación, pueden ser detonantes suficientes para desencadenar esta conducta de aprendizaje. Por ende, este comportamiento es un buen indicador tanto de bienestar como de la estrategia de alimentación realizada⁵⁴. En las lubinas, se puede observar claramente un estado emocional de inquietud, agitación y actividad frenética, con incursiones en la superficie del agua^{37,47,55,56}.

Frecuencia ventilatoria

Se define como el número de veces que el opérculo se abre y cierra durante un minuto. Habitualmente, alteraciones como el aumento en la frecuencia causado por una mayor demanda de oxígeno, pueden estar relacionadas con una baja saturación de oxígeno, incremento en el metabolismo o disminución en la calidad del agua, ejercicio físico, daños funcionales en las branquias



o condiciones de estrés. Una manera directa de contabilizarlo es contando el movimiento opercular del pez ^{57,58}, siendo ampliamente utilizado para monitorear los efectos de sedantes y anestésicos en peces ⁵⁹.

Reflejo Vestíbulo-Ocular

Normalmente, el estado de consciencia en los seres vivos se evalúa mediante una serie de movimientos involuntarios. Por ejemplo, en los peces el reflejo corneal se ha asociado con la actividad cerebral en vertebrados ⁶⁰. Así, se ha determinado que el reflejo vestíbulo-ocular (VOR), desplazamiento de los ojos en dirección horizontal en el movimiento del individuo a lo largo de su eje longitudinal, puede usarse como un indicador similar a este reflejo, al ser uno de los movimientos más sencillos de monitorizar y que estos animales pierden si están anestesiados o tras un aturdimiento, reflejando así la posible pérdida de consciencia ^{61,62}. En lubinas, este indicador no es tan fácil de observar como en otras especies, y requiere un cierto entrenamiento previo. No obstante, antes de alcanzar la pérdida del VOR, se pueden observar otros síntomas del progreso de pérdida de consciencia, como son: la pérdida de equilibrio, ausencia de reacción frente a un estímulo táctil, y cambios o pérdida del ritmo respiratorio (movimiento opercular).

2.3. Ambientales

Estos parámetros se usan para obtener información 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:

Temperatura del agua

Los peces son poiquilotermos, su metabolismo está directamente influenciado por la temperatura del agua y sus fluctuaciones. Cualquier alteración de la temperatura tendrá un impacto directo en su función metabólica y, en consecuencia, en su bienestar, especialmente si se produce de forma abrupta (manejos, trasvases, transportes, etc.). Por tanto, es necesario considerar y monitorizar el rango óptimo en el que los animales estarán libres de alteraciones fisiológicas que afecten su crecimiento y bienestar ²⁷. En el caso de la lubina, su rango de tolerancia se encuentra entre los 8-28° C, por lo que se deberían evitar sus extremos de 2-8 °C y 28-32 °C ^{2,63,64}. En términos generales, aunque la mayor parte de las instalaciones de cría de lubina se localizan en viveros en el mar o esteros al aire libre, donde la temperatura no es un factor controlable, su rango óptimo en invierno es de 13-18 °C y en verano de 16-24 °C. No obstante, puede variar dependiendo del estadio de desarrollo, estacionalidad, área geográfica, tipo y localización de las instalaciones de cría. Por ejemplo, en larvas la temperatura óptima se encuentra entre 16-20 °C mientras que en alevines y en adultos es de 22-24 °C ⁶⁵. Asimismo, se debería evitar cambios bruscos de temperatura, manteniéndolos por debajo de 5 °C al día ⁶⁴.

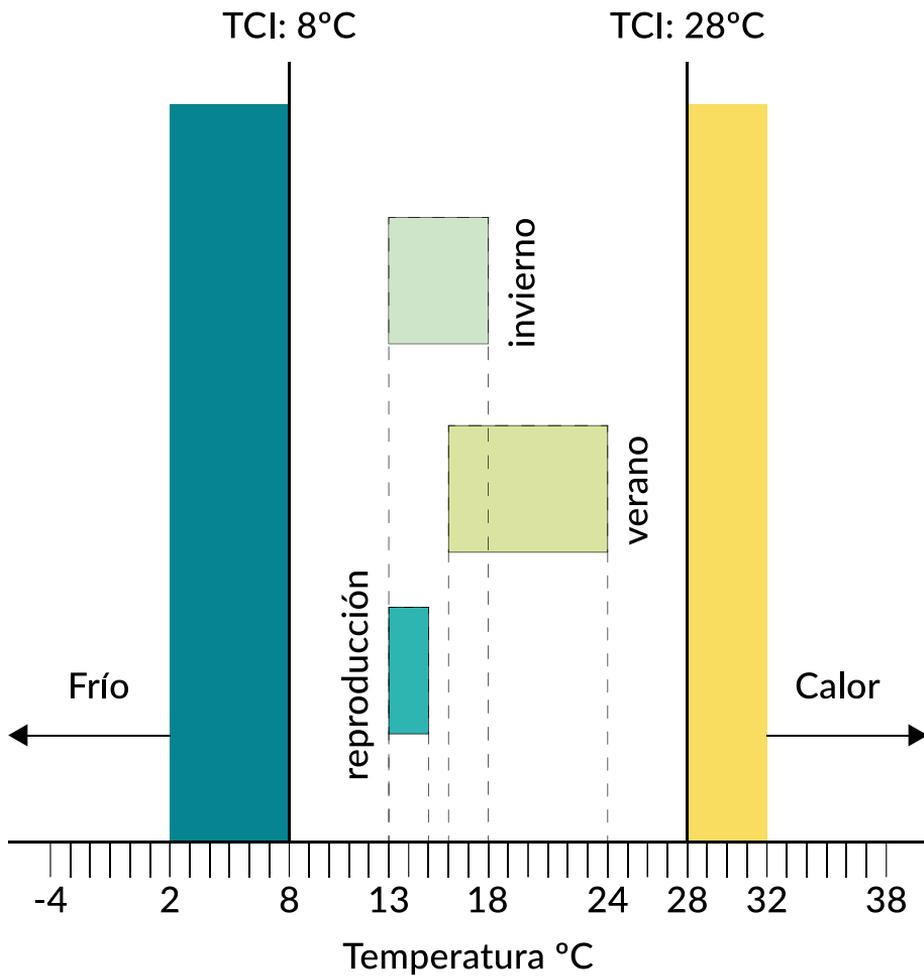
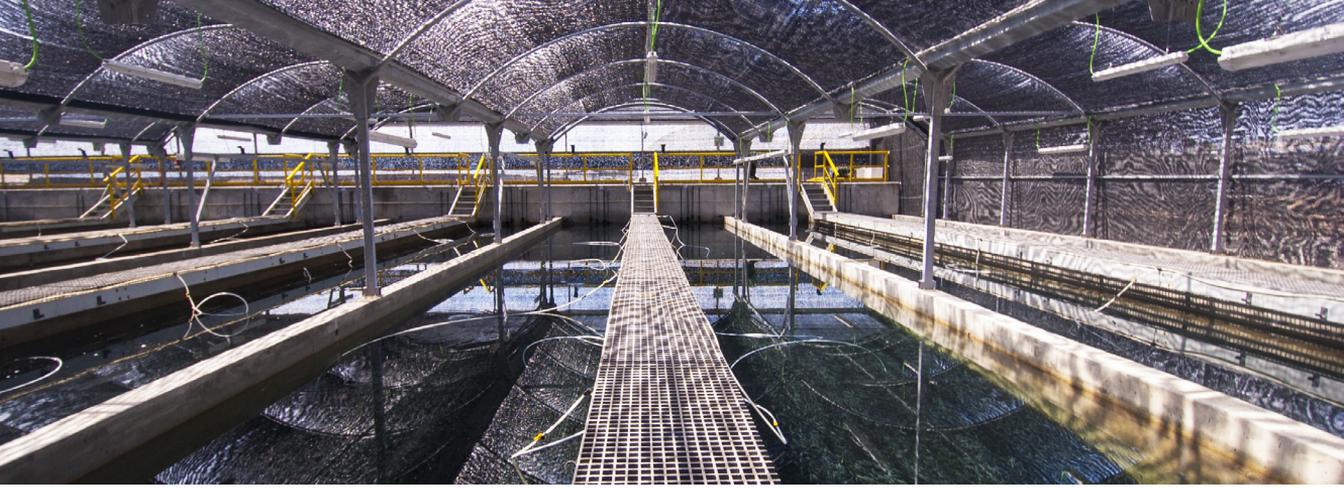


Figura 2. Gráfica de la zona termo-neutra de la lubina, con el rango óptimo en verano e invierno, temperatura crítica inferior (TCI), temperatura crítica superior (TCS), rangos óptimos para el engorde en invierno y verano, así como el rango óptimo para la reproducción.



Salinidad

La salinidad indica la cantidad de sales o iones disueltos en el agua. La lubina es una especie eurihalina, es decir, que tolera un amplio rango de salinidad en el agua. Puede habitar desde aguas muy poco salobres (>3 ‰) hasta agua de mar (38-40 ‰) o de elevada salinidad en casos extremos (<60 ‰). En general, su rango óptimo se sitúa en torno a los propios del agua de mar, pero en los primeros estadios de desarrollo puede ser más amplio que en adultos, al adaptarse más fácilmente a estos cambios de salinidad (especialmente a aguas salobres) ⁶³.

Oxígeno disuelto

El oxígeno disuelto (OD) en el agua es un buen indicador de calidad de la misma y del bienestar de los peces, ya que su concentración puede alterarse por diversos procedimientos y condiciones de estrés. Por ejemplo, situaciones que pueden generar un aumento de la respuesta de estrés, como una alta densidad de individuos típica de la cría intensiva o la ejecución de prácticas rutinarias, como la concentración, pueden incrementar el consumo de oxígeno disminuyendo, por tanto, su concentración en una zona o momento determinado. Adicionalmente, al aumentar la temperatura, se incrementa la demanda de oxígeno, razón por la que ambos indicadores deben evaluarse en conjunto ^{27,66}. Un caso particularmente relevante son los estanques de producción o esteros, pues al encontrarse en el medio natural, el consumo de oxígeno por parte de las algas o fitoplancton durante la noche se puede incrementar hasta niveles muy perjudiciales para los peces. En el caso de la lubina, debe asegurarse

que los niveles óptimos de OD se encuentren cercanos a la saturación o por encima del 70%, (nunca por debajo del 40%) ⁶⁴.

Dióxido de carbono (CO₂)

El dióxido de carbono (CO₂) disuelto en el agua es un subproducto de la respiración animal y vegetal, así como de la combustión de hidrocarburos. En la acuicultura, el CO₂ procedente de la respiración de los peces, especialmente en condiciones de cría en alta densidad o recirculación (RAS), disminuye el pH del agua favoreciendo la toxicidad de otros metales o alteraciones en la microbiología del agua. Existe una correlación directa entre la concentración de CO₂ en el agua y en sangre, pudiendo darse una situación de hipercapnia que merma la capacidad de la hemoglobina para transportar el oxígeno en la lubina ⁶⁷⁻⁶⁹. Su concentración en el agua está altamente relacionada con el pH, salinidad y temperatura del medio. A lo largo del proceso de producción, existen diversos procedimientos y situaciones donde se puede incrementar el consumo de oxígeno por parte de los peces, aumentando la concentración de CO₂ ⁵⁰. La exposición aguda y crónica por encima de 25 mm Hg de PCO₂ (> 30 mg/l de CO₂) es estresante, pudiendo afectar negativamente al bienestar de la lubina ⁶⁹.

pH

Es una medida de acidez o alcalinidad del agua. En general, las lubinas son susceptibles al pH ácido manifestándose dos eventos. El primero, relacionado con la pérdida de calcio a través del epitelio de las branquias, lo cual genera fallos en la osmo-



rregulación y desencadena acidosis en sangre. El segundo, asociado al aumento de la concentración de CO_2 en el agua (o disminución de OD), produce una alcalosis compensatoria, aumentando el pH de la sangre ^{67,70}. La lubina presenta un rango óptimo de tolerancia a pH determinado (7.7-8.3), no debiendo superarse nunca los umbrales de 6.5 (inferior) y 8.5 (superior) de pH ^{2,64}.

Nitrógeno amoniacal total

El amoníaco (NH_3) se produce como resultado del catabolismo proteico, y en combinación con el agua forma el ion amonio (NH_4^+). Respecto al nitrógeno amoniacal total (TAN), representa la suma de ambos iones. El amoníaco es neurotóxico y afecta también a la osmorregulación y funcionalidad de las branquias, lo que puede generar problemas de respiración, regulación metabólica, alimentación y crecimiento en lubina ^{43,71-74}. Su toxicidad está influida por la alcalinidad y salinidad del ambiente. Por ejemplo, un nivel seguro de TAN es de 0,4 mg/l a 10 ppt, de 1,0 mg/l a 20 ppt, y de 1,6 mg/l a 30 ppt ⁷². Dicha tolerancia también varía en función del estadio de desarrollo de la lubina. Así, se recomienda que los niveles de TAN sean <0,2 mg/l en larvas, <0,5 en juveniles y menos de 2 en lubinas adultas ^{64,65}.

Nitritos y nitratos

Ambos iones tienen el potencial de alterar la respiración en los peces; por ejemplo, en la sangre de lubina, los nitritos (NO_2^-) pueden unirse a la hemoglobina transformándola en metahemoglobina, reduciendo su capacidad para el trans-

porte de oxígeno ^{75,76}. No obstante, la toxicidad del nitrito estará mediada por la interacción de factores como el tamaño y especie del pez, duración de la exposición y calidad del agua ⁷⁷. El nitrato (NO_3^-) es el último estadio de la cadena de la nitrificación, resultado de la oxidación del nitrito, y sus efectos adversos son similares a los de éste ⁷⁸, aunque presenta menor impacto en la toxicidad y el bienestar de los peces ⁷⁹. No obstante, una buena renovación y/o filtrado del agua y oxigenación evita altas concentraciones de nitrato y nitrito en el medio. En condiciones óptimas para lubina, los niveles de nitritos deben ser <0.5 mg/l y nitratos <100 mg/l ⁶⁵.

Turbidez y Suspensión de Sólidos Totales

La turbidez hace referencia al grado de transparencia del agua por la cantidad de compuestos diluidos y partículas en suspensión, mientras que la suspensión de sólidos totales (SST) engloba al material orgánico e inorgánico con un diámetro superior a 1 micrómetro en un volumen determinado ⁸⁰. Las características del material suspendido son importantes porque pueden aumentar la demanda biológica de oxígeno y, en el caso de ser partículas pequeñas y de tipo abrasivo, generar lesiones en el tejido de las branquias. De esta forma, se compromete la transferencia de oxígeno, siendo los peces más susceptibles a desarrollar infecciones secundarias por microorganismos ²⁷. Además, un aumento en la cantidad de sólidos suspendidos en un volumen específico de agua dificulta la observación de los animales y, por ende, realizar un diagnóstico de los mismos ⁸¹. Estos indi-



cadores son cruciales en lubina para evaluar la calidad del agua, en particular en sistemas de circulación cerrada^{50,82,83}. En condiciones óptimas para lubina, debe haber baja turbidez y SST (preferiblemente cero o <10 mg/L), aunque dependerá del sistema de cría.

Velocidad de la corriente del agua

Normalmente se mide en función del tamaño corporal (BL, del inglés *body length*) y se expresa en términos de longitud corporal (BL/s). La velocidad de la corriente puede influir positiva o negativamente en los peces. Por ejemplo, una velocidad óptima permite una buena renovación del agua y cierto ejercicio físico. Por el contrario, si la corriente es extremadamente fuerte, las estructuras de los viveros flotantes pueden verse alteradas, los individuos pueden exhibir signos de fatiga y dificultad para mantener su posición, hasta el punto de agotamiento. Una corriente excesiva puede inducir incluso la deformación de éstos en fases juveniles de *nursery* y preengorde⁸⁴. No obstante, si la velocidad es baja, el intercambio de agua será insuficiente, reduciéndose la calidad e impactando en el bienestar de los peces⁴⁸. En lubina, se ha reportado que se pueden mantener velocidades de hasta 10 BL/s¹ (Ucrit), siendo su velocidad óptima (Uopt) 3-5 BL/s, aunque depende de la fase de desarrollo de las mismas^{2,19,85,86}.

Iluminación

La calidad de la iluminación se puede determinar en función de dos parámetros principales: intensidad lumínica y fotoperiodo. La primera

es la cantidad de luz emitida por una fuente específica hacia una dirección determinada. El fotoperiodo hace referencia a la duración de horas luz/oscuridad (L:D, del inglés *Light:Dark*) a la que están expuestos los peces e influye en su actividad y ritmos biológicos circadianos. Se suelen emplear diferentes medidas, pero la más usada es el Lux (lx), entendido como la cantidad de luz que ilumina un área de 1 m². Si se emplea una intensidad elevada, la luz tiene la capacidad de generar daños directos en la retina de los peces⁸⁷; por el contrario, una intensidad baja puede reducir o inhibir su actividad. Además, un espectro o intensidad lumínica inadecuados pueden inducir estrés, problemas de crecimiento y malformaciones en las lubinas^{88,89}. La iluminación es, además, de vital importancia para la inducción de la puesta, reproducción y crecimiento de los peces. Sin embargo, no es posible regular el fotoperiodo durante la fase de engorde realizado en viveros o estanques, pero sí en ocasiones su intensidad mediante sombreos. Siempre se deben respetar las fases día:noche naturales del área de distribución de dicha especie, a fin de no afectar su cronobiología⁹⁰. En condiciones ideales para la lubina, se debe mantener el fotoperiodo natural (12:12 – 8:16) en el engorde, con variaciones estacionales pertinentes, y una intensidad lumínica muy baja para los primeros estadios de desarrollo, y de hasta 400 lux para el resto del ciclo^{2,64,91}.

Densidad poblacional

Conocida como la cantidad de peces por unidad de volumen de agua (kg/m³). El volumen que ocu-



pan los peces depende de la etapa y duración del proceso productivo, sistema de cría, temperatura del agua, tamaño del individuo y especie. Usualmente, los problemas de bienestar asociados con la densidad se dan por la falta de espacio (aumento de contacto físico entre peces), factores asociados con la calidad del agua o dificultad para acceder al alimento ^{92,93}. Se recomienda el uso de otros indicadores operacionales para evaluar su impacto en el bienestar de los peces ⁹⁴. En condiciones de cría de la lubina, se alcanzan densidades al final de cada ciclo de 15-20 kg/m³ en engorde en viveros, o próximas a 10 kg/m³ en reproductores ^{2,64}, siendo necesario reforzar las evaluaciones de los indicadores operativos mencionados en caso de superar dicha densidad. El cálculo de la densidad no es preciso y los datos productivos demuestran que se puede sobrepasar dicha densidad en las fases finales de ciclos intensivos. En esas ocasiones se debe asegurar el bienestar de las lubinas, usando otros indicadores en caso de superar estos límites.

2.4. Indicadores de laboratorio

Hormonas de estrés e indicadores metabólicos

El cortisol es una de las hormonas liberadas después de cualquier situación estresante (física, ambiental, social). Multiplica su concentración en los fluidos fisiológicos por un factor de 5 hasta 100, siendo un buen indicador de estrés

agudo y de falta de bienestar, aunque no tanto de estrés crónico, ya que su regulación reduce este incremento sustancialmente. En términos de experimentación, la medición de cortisol en plasma se realiza mediante kits de determinación con ELISA o con Radioinmunoanálisis, lo que requiere un laboratorio específico además de la extracción de sangre. Se produce en el riñón cefálico del pez y se transfiere a la sangre, por lo que se encuentra en el plasma y otras estructuras como el moco de la piel, la orina e incluso se puede depositar en las escamas en caso de estrés crónico, excretándose finalmente al agua exterior. La lubina tiene unos niveles tanto basales como estresados por encima de muchas otras especies de teleósteos. En concreto, sus niveles óptimos de cortisol se encuentran por debajo de los 30 ng/mL y no deberían sobrepasar los 100 ng/mL.

En el ámbito de la investigación de la acuicultura es de interés la concentración de cortisol en el agua, ya que es un método no invasivo. Se ha demostrado su viabilidad y correlación con el cortisol en sangre en sistemas RAS y también en algunos casos en viveros (a densidades medias-altas y en el centro de la misma), observándose valores inferiores al cortisol plasmático. Otras hormonas de estrés como la adrenalina, hormona liberadora de corticotropina (CRH) u hormona adrenocorticotrópica (ACTH) pueden ser también indicadores pero su dificultad de medición (CRH, ACTH) y, especialmente, velocidad de secreción (adrenalina) impiden su uso en la práctica.



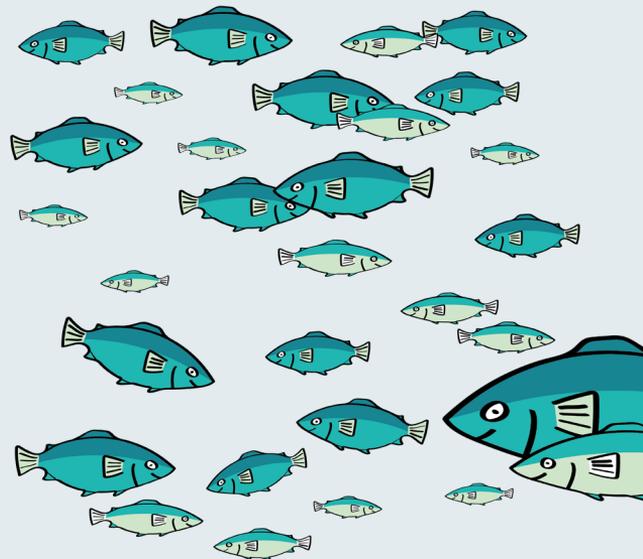
Otros indicadores fisiológicos de interés en este campo, relacionados con el estrés y monitorizables, son aquellos que implican análisis metabólicos, en especial glucosa y lactato en sangre, los cuales suben su concentración en plasma después del estrés. Requieren una pequeña muestra de sangre, centrifugación y análisis con un kit comercial específico. Se pueden guardar las muestras de plasma congeladas. También son de utilidad los análisis hematológicos (hematocrito, número de glóbulos rojos, concentración de hemoglobina), indicativos de la capacidad de captación y transporte de oxígeno desde las branquias a los tejidos. Igualmente necesitan una muestra, en este caso de sangre fresca, y determinaciones inmediatas con kits comerciales para hemoglobina, centrifugación para hematocrito y microscopio para el conteo de glóbulos rojos.

Inmunitarios y morfológicos

En caso de sospecha de una patología es conveniente obtener muestras de sangre o tejido del pez, para así poder determinar la presencia de patógenos y procesar las muestras pertinentes en un laboratorio especializado. En el ámbito de la investigación también se pueden utilizar indicadores inmunitarios orientativos sobre el grado de incidencia. Respecto a los indicadores inmunitarios, la respuesta innata (más genérica) nos permite determinar tanto los niveles de actividad bacteriolítica del plasma o moco de la piel como la actividad de proteínas específicas de defensa (lisozima o complemento) y capacidad de fagocitosis. Mientras que la respuesta adaptativa, la

determinación de los niveles de Inmunoglobulina (Ig) en plasma son un buen indicador, aumentando en caso de infección. Sin embargo, son dependientes de la edad y especie. Adicionalmente, el recuento de glóbulos blancos o leucocitos en plasma, aumentado en caso de infección, puede combinarse con determinaciones hematológicas e inmunitarias en sangre total.

En el ámbito de la producción, todos estos indicadores se traducen en herramientas útiles en situaciones como ausencia de visualización de indicadores operacionales y productivos o dentro del contexto de investigación y desarrollo (I+D) como el seguimiento de vacunación o de respuesta a distintas formulaciones de pienso, entre otras. Además, es necesario establecer valores basales para todos estos parámetros en función de la especie, fase de vida y ambiente de crianza.



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

Se describen a continuación los distintos sistemas de cría de lubina y sus fases de desarrollo, identificando los puntos críticos en materia de bienestar:

3.1. Reproductores e incubación

Los centros de reproducción producen huevos a partir de individuos **reproductores** en condiciones muy controladas. La época natural de puesta de la lubina se extiende desde diciembre hasta marzo en el Mediterráneo y hasta mayo o incluso junio en el Atlántico, pero en los criaderos, variando el fotoperiodo y la temperatura, se consiguen puestas en todas las épocas del año. Además, se les realizan revisiones periódicas para conocer su estado de desarrollo gonadal y la calidad de las futuras puestas.

Los reproductores se ubican en estanques de puesta, generalmente de cemento o fibra de vidrio, de distintas formas y dimensiones, a densidades próximas a los 10 kg/m³. La pubertad en lubinas varía con el sexo. Así, los machos son

sexualmente maduros al final del segundo año de vida (talla: 25-30 cm, peso: 300-700 g), mientras que las hembras alcanzan la madurez al final del tercer o cuarto año de vida (talla: 30-40 cm, peso: 600-1000 g). En condiciones de cría, la edad óptima para los reproductores machos es de 3 a 4 años, mientras que para las hembras es de 4 a 7 años. La temperatura óptima para la puesta oscila entre 13-15 °C, siendo el mínimo de unos 12 °C y el máximo de 19 °C.

El traslado de las lubinas a las instalaciones reproductoras se lleva a cabo de manera cuidadosa, utilizando redes, lonas o camillas para el transporte individual y se les aplica una ligera anestesia para reducir el estrés durante el mismo, facilitando la maniobra. La recolección de los **huevos** se realiza de manera natural, canalizando la salida superficial del agua en el tanque de reproductores. Los huevos recolectados son depositados en recipientes con agua donde se separan los viables de los no viables. Los viables seleccionados se colocan posteriormente en los tanques de incubación. La temperatura de incubación suele ser la misma que la del tanque de puesta, en torno a los 16-17 °C, y dura unos 3 días (o 50-55 °C día).

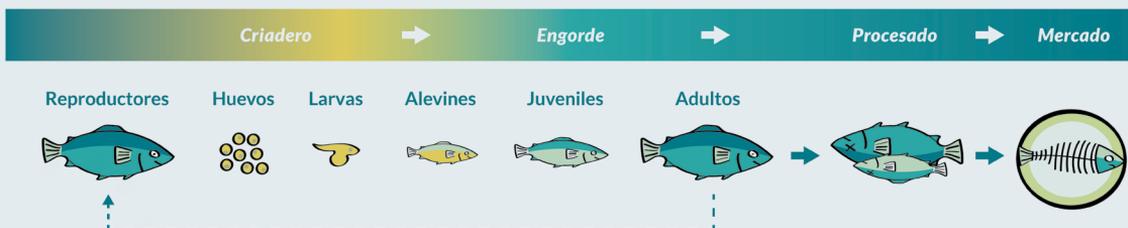


Tabla 1: Aspectos más relevantes para el bienestar de las lubinas durante la fase de reproductores

Aspectos más relevantes para el bienestar de las lubinas durante la fase de reproductores		
Ambiente y Confinamiento	Diseño y dimensiones	Uso del espacio, distribución
	Iluminación y Temperatura	Influyen en reproducción
	Calidad del agua	Salud y bienestar general
	Densidades	Uso del espacio, Interacciones sociales
	Sex ratio	Interacciones sociales, reproducción
Manejo y Mantenimiento	Revisiones gonadales	Práctica pautada con manipulación
	Inducción hormonal	Procedimiento puntual con manipulación, severo
	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 puntual
	Tratamientos	Procedimiento pautado
Transporte	Traslados	Con salabres o lonas, a nivel individual
Punto final	Sacrificio	Vejez o mala calidad de puesta

3.2. Criadero (cultivo larvario, destete y pre-engorde)

Las larvas de lubina recién eclosionadas miden unos 4 mm de largo y pesan entre 0,1-0,2 mg. Son ciegas, simétricas y poco activas, nadando pasivamente en la superficie del agua. Las reservas vitelinas se reabsorben totalmente al cabo de la primera semana (7-8 días), cuando la larva mide unos 5-6 mm, produciéndose la primera inflación de la vejiga y la pigmentación se hace patente. La metamorfosis comienza a los 30-35 días de vida (10-12 mm de longitud) y se completa a los 60-70 días de vida (20-25 mm de longitud), dando lugar a un alevín con caracteres similares al del adulto.

La alimentación exógena comienza hacia el 7º-8º día de vida mediante productos comerciales

(concentrados específicos de oligoelementos, atractantes, vitaminas y ácidos grasos específicos, etc.) o incluso con rotíferos enriquecidos con microalgas. A partir del día 7-10 de vida, la larva ya presenta movimientos activos y se comporta como un predador, persiguiendo a sus presas. En ese momento se empiezan a alimentar con nauplios y metanauplios enriquecidos con Artemia (gradualmente), hasta el día 50-55 de vida, momento del destete a partir del cual se alimentan exclusivamente de piensos secos que se han introducido progresivamente a lo largo del cultivo larvario. El traslado del cultivo larvario al destete se realiza manualmente (en cubos o cubetas) o mediante tubos que conectan ambos tanques y agua bombeada.

Cuando los alevines alcanzan un peso de 0,2-0,3 gramos (entre 70 y 80 días de vida) suele realizarse su clasificación, donde los peces con malformaciones o sin vejiga son descartados. Para su alimentación se usan piensos secos con

un número de tomas elevado, pudiendo utilizarse alimentadores automáticos. En esta fase, es frecuente la clasificación de los peces por tallas, lo que se realiza dejándolos pasar a través de clasificadores de calibre variable (cajas de gradeo). Cuando cumplen los 90-100 días de vida y su peso medio se acerca a 1 g, son trasladados a las instalaciones de *nursery*. El traslado de lubinas del destete a la *nursery* y pre-engorde se hace mediante tuberías que conectan los estanques a los cuales se bombea agua (bomba tipo Pin-Pin). Las necesidades de oxígeno de los alevines en el pre-engorde de lubina son elevadas, por lo que se suele inyectar oxígeno en la entrada de agua. Esto repercute además en un mejor estado sanitario de los peces, utilización del alimento y crecimiento. La alimentación se realiza con pienso seco y el número de tomas es de al menos 4-6 diarias, recurriendo frecuentemente al uso de alimentadores automáticos bajo supervisión constante de operadores.

Durante esta fase es conveniente clasificar a los individuos en función de las tallas, empleando generalmente máquinas clasificadoras. De esta forma se consigue un mayor control de los indicadores de bienestar anteriormente mencionados, algo indispensable en esta fase. También, según las tasas de malformaciones observadas mediante chequeos de calidad, se pueden dar procesos de depuración, retirando aquellos individuos con malformaciones externas claras.

Este procedimiento se suele llevar a cabo de manera manual por personal especializado en mesas diseñadas para la clasificación (mesas lisas de luz). Para su traslado o clasificación las lubinas suelen ser anestesiadas.

Durante el pre-engorde, los alevines de lubina son vacunados antes de ser enviados a la instalación de engorde. Puede haber uno o dos procesos de vacunación, por inmersión o inyección peritoneal, con vacunas mono o polivalentes. Además, durante toda la fase de criadero, se hacen inspecciones rutinarias de salud, calidad y condición, pudiendo aplicarse diversos tratamientos (baños profilácticos o metaflácticos) bajo decisión, prescripción y supervisión veterinaria a cargo del plan sanitario integral de la empresa. El producto, dosificación y duración de éstos tratamientos siempre se adaptan a las circunstancias y a los animales, y cada procedimiento se lleva a cabo por personal altamente cualificado.

El traslado de los juveniles al final de la fase de pre-engorde a las granjas de cultivo en el mar se puede llevar a cabo por **transporte terrestre y/o marítimo**. Dependiendo de la ubicación de las instalaciones de origen y destino, la duración varía según la distancia a cubrir y los métodos utilizados. Antes de proceder a la carga para el transporte, las lubinas son sometidas a un período de ayuno (24-48 h, según la temperatura, método y tiempo de transporte). Posteriormente, se les



puede aplicar una ligera sedación para reducir el estrés durante la carga, renovando el agua para realizar el transporte. Los alevines son bombeados desde su estanque de origen a través de unas tuberías flexibles a los tanques de transporte. Durante el transporte es esencial el control y gestión de la densidad y calidad del agua.

En caso de realizarse por tierra, se utilizan camiones especiales para transporte de peces vivos, dotados con diversas cubas individuales (de 2 m³ aprox.), un sistema de inyección de oxígeno

y otro de aire. Por mar, se realiza mediante “wellboats”, barcos dotados con cubas de mayor volumen (superando los 50 m³), sistema de aporte de oxígeno y renovación de agua directamente del mar. El transporte con wellboat permite renovar el agua de forma continua, alimentar peces en caso necesario y descargar directamente en el vivero. La descarga desde el camión se realiza por gravedad mediante tuberías flexibles, mientras que desde el barco se realiza mediante bombas de movimiento de peces tras la agrupación de los mismos en el depósito.

Tabla 2: Aspectos más relevantes para el bienestar de las lubinas durante la fase de criadero

Aspectos más relevantes para el bienestar de las lubinas durante la fase de criadero		
Ambiente y Confinamiento	Diseño y dimensiones	Uso del espacio, distribución
	Iluminación y Temperatura	Intensidad, fotoperiodo y temperatura, fases
	Aireación	Oxigenación, homogeneización (larvas ppalmente)
	Calidad del agua	Salud y bienestar general
	Densidades	Uso del espacio, Interacciones sociales
Manejo y Mantenimiento	Manipulaciones	Se estresan con facilidad. Sedantes
	Limpieza de tanques	Operaciones rutinarias inducen estrés
	Clasificación/desdoble	Calibre manual
	Deformidades	Alta manipulación. Sedantes
Alimentación	Estrategia de alimentación	Son muy voraces, reduce canibalismo, distintas fases
	Ayunos	Previo traslado o manejo
Salud animal	Bioseguridad	Extremar higiene, riesgo alto de infección
	Revisiones sanitarias	Incluye manejo y/o sacrificio
	Tratamientos	Baños profilácticos o metaflácticos prescritos y supervisados por veterinario
	Vacunación	Baños o inyecciones.
Transporte	Traslados	Con cubos o tubos (larvas), redes o tubos (alevines)
	Largas distancias	Traslados a instalaciones de engorde
Punto final	Sacrificio	Descartes, por sobredosis

3.3. Engorde en tierra y en mar

En España, la cría de lubinas se realiza principalmente en viveros flotantes en mar abierto y, en menor medida, en estanques, lagunas costeras o esteros. La talla comercial de esta especie abarca desde los 350 g hasta más de 2,5 kg. Cada una tarda entre 20-30 meses en alcanzar los 450 g desde que eclosiona el huevo, variando en función de la región y época de traslado al mar. Las lubinas toleran bien temperaturas comprendidas entre los 8-28 °C, aunque el óptimo de crecimiento se sitúa entre los 23-24 °C.

Las granjas marinas están formadas por unidades de viveros flotantes en el mar, alejados de la línea de costa, entre 300 m y hasta más de 2 km, expuestos a las condiciones climatológicas marinas (temperaturas, corrientes, oleaje). Consisten en su mayoría en estructuras circulares de polietileno de alta densidad, con una doble o triple corona de flotación y una barandilla superior. Presentan una profundidad de 10-20 metros de red (en forma de copo) y su diámetro varía entre los 16-38

metros (hasta 30 m en el copo). La densidad de cría no suele ser superior a 20 kg/m³.

La mayor parte de las operaciones realizadas en viveros marinos (cambios de redes, despesque, mantenimiento, etc.) son complejas, requieren una alta especialización y se hacen desde barcos de servicio de la granja. El alimento consiste exclusivamente en piensos secos equilibrados nutricionalmente que cubren las necesidades fisiológicas. Los sistemas de alimentación empleados en las granjas son variados, desde manual al uso de alimentadores automáticos, incluyendo frecuentemente tripulaciones especializadas. El número de tomas dependerá del método empleado, temperatura del agua y tamaño de la lubina, principalmente. Previamente al despesque, se utilizan viveros de pesca de pequeño tamaño con peces traspasados o una red (traíña) dentro del mismo para concentrarlas, formando así un copo más pequeño para intentar agrupar sólo los individuos requeridos. Posteriormente, se extraen mediante un salabre para sacrificarlas, proceso que se realiza generalmente sumergiendo las lubinas en una mezcla de agua con un 50% de hielo aproximadamente, en cubas isotermas situadas en el barco de pesca, a una temperatura no superior de 1 °C.

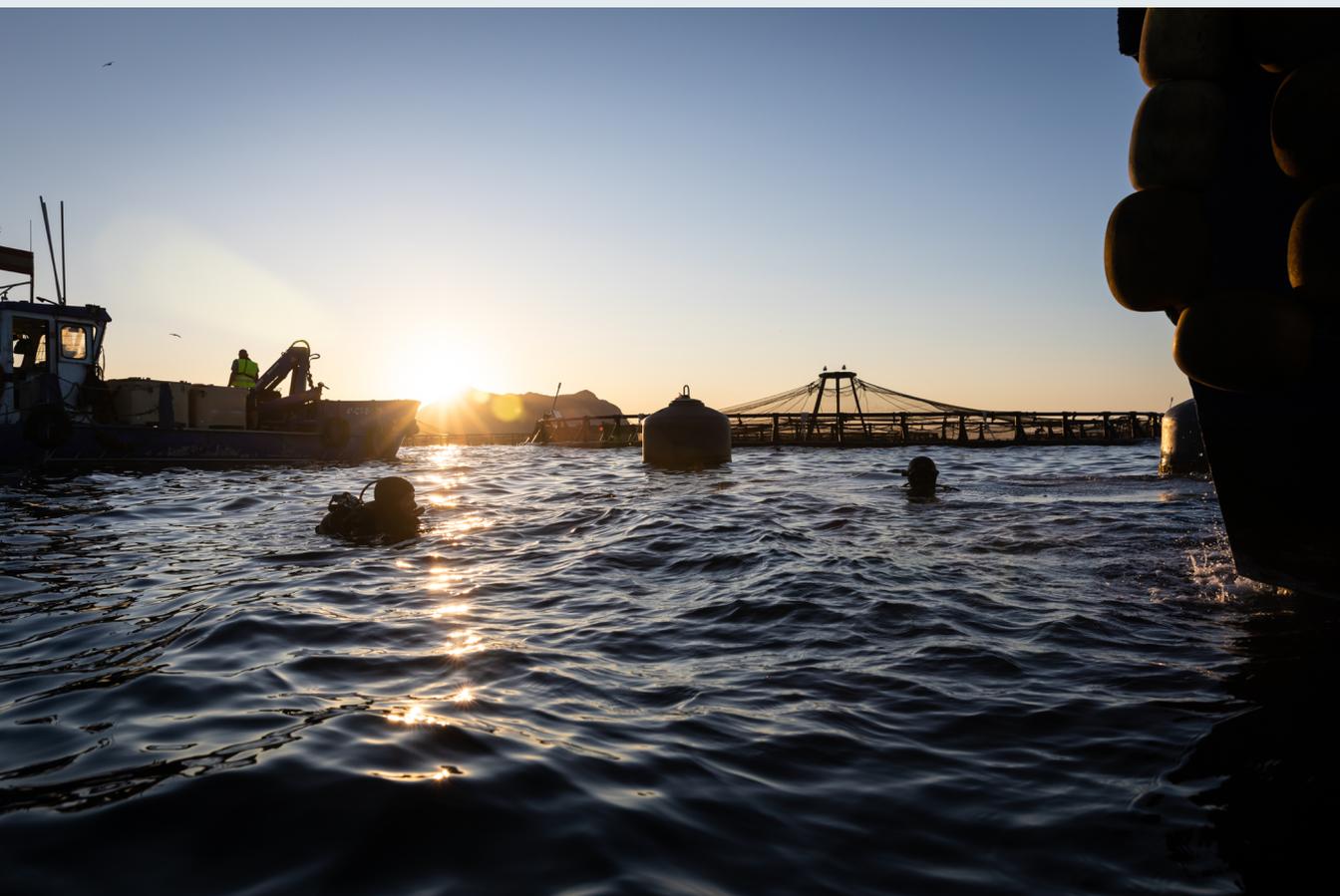




Tabla 3: Aspectos más relevantes para el bienestar de las lubinas durante la fase de engorde

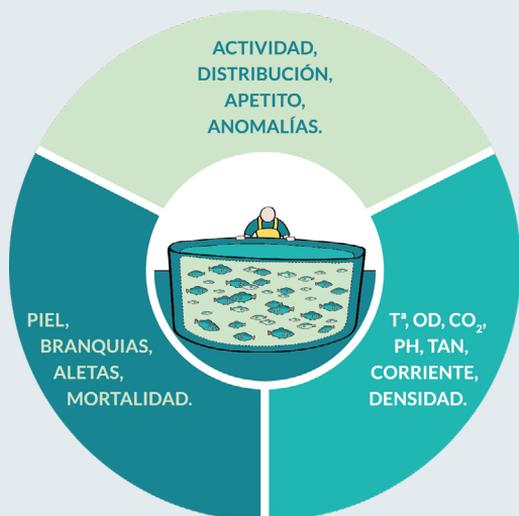
Aspectos más relevantes para el bienestar de las lubinas durante la fase de engorde		
Ambiente y Confinamiento	Diseño y dimensiones	Uso del espacio, distribución (solo intensivo)
	Temperatura y Oxígeno	Falta de oxígeno (esencial en engorde en tierra)
	Intercambio agua	Oxigenación, estado redes (engorde en mar)
	Calidad del agua	Salud y bienestar general
	Densidades	Salud y bienestar general.
	Climatología	Alta relevancia (en ambos sistemas)
	Depredadores	Presencia varios (en ambos sistemas)
	Embarcaciones (ruidos)	Obligatorios (engorde en mar)
Manejo y Mantenimiento	Limpieza de redes	Operaciones rutinarias por buzos (engorde en mar)
	Extracción bajas	Operaciones rutinarias (pueden inducir estrés)
	Clasificación/desdoble	Con redes, alto manejo
	Cambio de redes	Operación puntual (engorde en mar)
Alimentación	Estrategia de alimentación	Esencial
	Ayunos	Previo traslado o manejo
Salud animal	Revisiones sanitarias	Incluye manejo y/o sacrificio
	Tratamientos	Control Sanitario
Transporte	Traslados	Poco usual (redes, bombas o conectando unidades de cría)
	Largas distancias	Traslados a instalaciones de engorde
Final de ciclo	Pre-sacrificio	Concentración, ayuno
	Sacrificio	Aturdimiento previo

4. BIENESTAR Y BUENAS PRÁCTICAS EN LA CRÍA DE LA LUBINA

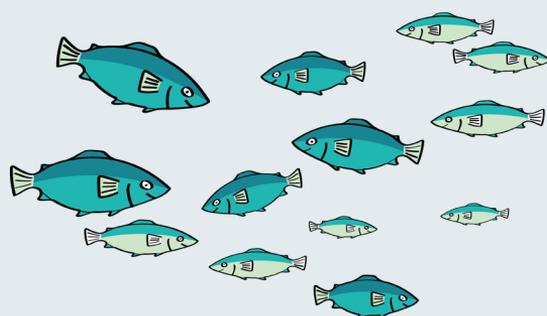
Para una correcta evaluación y seguimiento del bienestar y prácticas de cría de la lubina se recomienda **emplear indicadores operacionales esenciales** (externos, comportamentales y ambientales) ante distintos procedimientos y fases de producción (ver Anexo). Así mismo, se propone aplicar otros indicadores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

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

4.1. Ambiente y confinamiento



Indicadores operacionales seleccionados como esenciales a registrar, monitorear y evaluar el bienestar de las lubinas en función del ambiente y confinamiento.



Diseño, dimensión y ambientación de las instalaciones

El diseño y dimensiones del recinto deben ser adecuadas a las necesidades de la especie, permitiéndoles cumplir con sus necesidades fisiológicas y comportamentales, y procurando las mejores condiciones, calidad y espacio suficiente para moverse libremente por toda la instalación. Además, deben evitarse materiales dañinos o estructuras que puedan provocar heridas u otros daños físicos. De igual modo, el color y la iluminación del recinto deben ser apropiados. Se procurará reducir los ruidos ambientales para no inducir estrés, perjudicar a la salud de los animales (p.ej. daños oculares en caso de una alta iluminación), ni alterar su biorritmo.



Por ello, los individuos reproductores se deben mantener en tanques de cemento o fibra de vidrio circulares o con esquinas redondeadas, con una capacidad superior a 20 m^3 y unas densidades inferiores a 10 kg/m^3 . En caso de superar estos límites, se han de aplicar otros indicadores para evaluar y asegurar un buen estado de bienestar. Sin embargo, en el momento del desove el tanque podría ser más reducido, disminuyendo hasta 5 m^3 y 1 m de profundidad (sin incrementar la densidad). Esto facilita 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. Además, se deben simular sus condiciones ambientales naturales de reproducción, manteniendo la duración del periodo de puesta y alternando los distintos stocks, para conseguir puestas en todas las épocas del año con diferentes poblaciones. Así pues, se evitará el uso de inyecciones hormonales, promoviendo las puestas naturales.

De igual modo, en los criaderos las lubinas se han de mantener en tanques de cemento o fibra de vidrio, circulares o con esquinas redondeadas, un volumen óptimo entre $10\text{-}20 \text{ m}^3$, profundidad mínima $1\text{-}1,5 \text{ m}$ y unas densidades óptimas que les permitan desarrollar su comportamiento normal, así como un eficiente uso del espacio y distancia mínima entre ellas. Se han de emplear indicadores operacionales de bienestar esenciales para evaluar y asegurar un buen estado de bienestar bajo las densidades empleadas. Además, estarán dotados de limpiadores de superficie y de aireación en el fondo, los cuales permiten una adecuada repartición de larvas en la columna de agua, inflación de la vejiga natatoria y evitan futuras posibles malformaciones. Por otro lado, las

lubinas son peces sensibles a la luz por lo que se estresan con facilidad a exposiciones elevadas en intensidad o periodicidad. Por ello, se recomienda una iluminación en sistemas de interior que simule el fotoperiodo natural ($12:12 - 8:16$), con variaciones estacionales pertinentes, y una intensidad lumínica inferior a $50\text{-}100 \text{ lux}$ una vez llegan al destete.

En las fases de preengorde y engorde, las dimensiones de los recintos y los sistemas de cría son muy variables, pero siempre han de ser diseñados y de proveer del volumen y espacio suficientes para que las lubinas satisfagan sus necesidades biológicas. En sistemas de producción en el exterior, el bienestar de las lubinas puede verse afectado durante las horas del día de mayor incidencia lumínica. Por ello, se recomienda proveer de mallas de sombreo (en tanques o balsas con poca profundidad) que reduzcan la intensidad lumínica, o dotar de una profundidad mínima de 10 m a los viveros en mar abierto. Éstos últimos, además, han de tener un diámetro entre $20\text{-}38 \text{ m}$, y densidades que pueden alcanzar los $15\text{-}20 \text{ kg/m}^3$ a final del ciclo de engorde. En caso de superar estos límites, se han de aplicar otros indicadores para evaluar y asegurar un buen estado de bienestar. Sin embargo, las dimensiones de la flota y viveros dependerán de las necesidades biológicas, contexto medioambiental (profundidad, corrientes), criterios climatológicos y garantías de seguridad de las instalaciones. Las redes pueden fabricarse con múltiples materiales, deben poseer una luz de malla adecuada para el tamaño de la lubina que se cría, aumentando a medida que aumenta el tamaño de ésta, y se han de mantener en buen estado mediante controles y revisión, permitiendo un buen intercambio de agua y evitar escapes o enmalles indeseados.

Monitorización de parámetros de calidad y flujo de agua

La calidad del agua es esencial para asegurar la salud y el bienestar de los peces. Para ello, existe una serie de parámetros esenciales y no esenciales relacionados con el agua que deben monitorizarse y registrar regularmente (ver *Anexo*). De esta forma se permite el control y evaluación de posibles cambios ambientales adversos en la población, causados por la misma práctica de la acuicultura, otros impactos antropogénicos o eventos meteorológicos. Por lo tanto, su continua monitorización ofrecerá una imagen mucho más precisa de las condiciones en las que viven los peces y permitirá reaccionar a tiempo para evitar o paliar el impacto en los peces.

En sistemas de cría en tierra (tanques, estanques), la monitorización se debe realizar sistemáticamente, con la mayor frecuencia posible y en varias zonas y profundidades de cada recinto o unidad de producción, en función de una evaluación de riesgos previa. De esta forma, se asegura la determinación del parámetro experimentado por los peces en el mayor volumen posible. La frecuencia dependerá del parámetro y, hasta cierto punto, de los sistemas disponibles. 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.

En el caso de sistemas en el mar (viveros), la monitorización también se debe realizar de forma sistemática, con la mayor frecuencia posible y en varias zonas y profundidades de cada recinto o unidad de producción. No obstante, se ha de tener muy en cuenta la ubicación de los viveros, al depender ésta de las condiciones climatológicas y corrientes locales, por lo que se debe hacer un seguimiento de las mismas. Además, se ha de llevar a cabo un óptimo mantenimiento de las redes que permita el buen intercambio de agua con el exterior.

El Plan de Bienestar Animal de cada instalación debe incluir un plan de acción en casos donde algún parámetro se desvíe de los rangos óptimos.

En ocasiones, los valores de los parámetros de calidad del agua pueden oscilar y llegar a niveles perjudiciales para las lubinas en criaderos, posiblemente influenciados por condiciones ambientales. Sin embargo, encontrándose los animales bajo la responsabilidad del criador, se deberán proveer los medios para que éstos sufran lo menos posible. Por ello, es recomendable que, en el Plan de Bienestar Animal para cada instalación y especie o en los procedimientos estándar, exista un plan de acción que desglose los umbrales límite para cada parámetro y acciones a seguir en caso de que ocurra.

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

Los sistemas de producción exteriores suelen estar ubicados en zonas costeras (balsas, estanques) o mar abierto (viveros), donde interactúan con la fauna y ecosistemas locales. La presencia de depredadores salvajes (aves, peces, mamíferos marinos) puede causar estrés en las lubinas, así como una serie de desperfectos en las instalaciones, facilitando la dispersión de enfermedades y pérdidas económicas. Por ello, las empresas de producción cuentan con estudios de impacto y planes de vigilancia ambiental en vigor, que aseguran una actividad sostenible y respetuosa con la naturaleza que les rodea.

En los procedimientos de evaluación ambiental de las empresas, respecto a sus instalaciones, se contemplan las interacciones con la fauna local y, en especial, con potenciales depredadores, dentro de las normativas vigentes. En el proceso de evaluación ambiental inicial, se describe a los depredadores habituales de la zona donde se ubica la instalación. 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), así como los métodos que se deben emplear para sacarlo de las instalaciones si esto ocurriera.

4.2. Manejo y mantenimiento

Manipulación de las lubinas

La manipulación de las lubinas debe ser cuidadosa, limitada a lo estrictamente necesario, al tratarse de una especie sensible al estrés, y dirigida a individuos en buena condición de salud. Maniobras rutinarias de manejo como inspecciones de salud, crecimiento o clasificación por tallas han de ser realizadas apropiadamente reduciendo el estrés, por un personal cualificado y maquinaria especializada, atendiendo así a su bienestar y necesidades biológicas. Se aconseja el empleo de sedantes (p.ej. en reproductores) o bombas para manipular y trasladar las lubinas (p.ej. criaderos e instalaciones en tierra) cuando las circunstancias lo permitan. Además, se deben minimizar cambios repentinos de temperatura durante la manipulación o traslados, para evitar una fuente de estrés duradera y de severidad moderada. Cuando se manipule un individuo fuera del agua se debe actuar de forma que se sostenga todo el peso del cuerpo. Se debe garantizar el suministro de oxígeno complementario mediante difusores adicionales en el agua, asegurando así los niveles de saturación del mismo. Los materiales y aparatos empleados para el manejo (redes, tubos, cubos, bombas, etc.) deben diseñarse de forma que eviten cualquier daño y deben encontrarse en perfecto estado. Se recomiendan revisiones rutinarias para asegurar unas condiciones óptimas. En el caso de haber una manipulación directa, el/la operario/a debe haber recibido una formación adecuada y emplear guantes para evitar daños en la piel y posibles infecciones.

Evitar o limitar la exposición al aire

La incapacidad de respirar mientras son manipulados fuera del agua causa mucho estrés a las lubinas, disminuyendo su bienestar. En consecuencia, puede hacerlas más vulnerables a enfermedades e incluso reducir su capacidad y calidad reproductora. Lo más adecuado es limitar, e incluso evitar, esta exposición al aire. Sin embargo, cuando no sea posible, el tiempo de exposición



Indicadores operacionales seleccionados como esenciales a registrar, monitorear y evaluar el bienestar de las lubinas en función del manejo y mantenimiento.

debe reducirse a un máximo de 15 segundos, manteniéndolas húmedas. En el caso que sea necesario superarlo (p.ej. durante un chequeo de madurez sexual en reproductores o conteo de parásitos), las lubinas deben ser sedadas o anes-tesiadas, manteniendo el cuerpo húmedo y los ojos tapados, y observando su recuperación tras la manipulación.

Procedimiento de clasificación

La clasificación por tallas se usa para limitar la variación de tamaños de los individuos en un mismo lote y, hasta cierto punto, puede ser beneficiosa para evitar la agresividad y facilitar su acceso al alimento. Es un proceso estresante que puede perjudicar el bienestar de las lubinas, debiendo reducirse al mínimo las veces que se realiza. También, ha de considerarse que una exposición repetida a estímulos adversos (manipulación o manejo) puede causar un mayor impacto en los peces con el tiempo. Una buena estrategia de alimentación puede ayudar a reducir la variabilidad en tallas, y con ello, la clasificación. En el caso de realizarse, deberían usarse métodos pasivos que reduzcan el estrés del proceso, p.ej. caja de gradeo (alevines), redes de barrido o bombeo y maquinaria especializada sin manipulación directa (juveniles).

Las lubinas también son sometidas a un proceso de “desvejigado” (cuando alcanzan 0,2-0,5 g) que consiste en descartar aquellas sin vejiga natatoria o malformaciones en la misma. Se han de usar sedantes o anestesia para capturarlas y clasificarlas, además de un medio hipersalino que oscila entre 50 ppt y 70 ppt (en lubinas más grandes) para disminuir el choque osmótico, y observar su recuperación posterior.

Durante la clasificación o depuración por deformidades (cuando alcanzan 2-5 g), han de ser anestesiadas, reduciendo al mínimo el tiempo de clasificación manual en la mesa de luz, llevado a cabo por personal formado y especializado. Se recomienda la observación posterior de la recuperación de las lubinas seleccionadas tras la clasificación.

Gestión de maniobras de concentración

La concentración es un proceso sumamente impactante que requiere de una evaluación de riesgos previa y una gestión combinada entre los responsables de producción y bienestar. Provoca una elevada respuesta de estrés en las lubinas, que puede llegar a durar días antes de que se recuperen. Empobrece significativamente el bienestar y da origen a rozaduras y heridas cutáneas que pueden conllevar a serias infecciones. Por ello, se recomienda limitar al mínimo imprescindible la repetición de aglomeraciones para muestreos y despesques, concentrando densidades bajas de peces, reduciendo su duración y frecuencia, y empleando redes de tamaño adecuado y en buen estado. Además, los parámetros de calidad del agua se resienten de forma importante pudiendo incluso dañar las branquias y afectar la salud de los peces. Por tanto, se ha de monitorizar la calidad del agua, como mínimo el oxígeno, y observar el comportamiento de los peces para controlar que la intensidad de la concentración no es excesiva y no están sufriendo un estrés demasiado alto, en cuyo caso debería detenerse el proceso.

Limpieza del recinto de cría

En la producción en tanques, la limpieza y desinfección forma parte del Plan de Bioseguridad y tiene el objetivo de eliminar material orgánico

para así destruir o inactivar agentes patógenos. El procedimiento dependerá del propósito (prevención, control o erradicación de enfermedades), aplicando en todos los casos una metodología que asegure la limpieza y eliminación de agentes infecciosos de los tanques sin perjudicar el bienestar de las lubinas durante el proceso. Se recomienda emplear sifones o aspiradores para el lavado del fondo y paredes de los tanques cuando los peces estén presentes. En el caso de desinfecciones más profundas, los peces se deben trasladar a otro tanque para poder drenarlo y limpiarlo a fondo (p.ej. con hipoclorito, detergentes y otros productos legalmente autorizados).

En el caso de viveros en el mar, la limpieza de las redes debe garantizarse a través de cambios o limpieza in situ, en función de la instalación y condiciones, con opción a usar tratamientos periódicos con productos *anti-fouling*. Los cambios de red también serán necesarios cuando éste presente malas condiciones o sea necesario el cambio de luz de malla.

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

4.3. Alimentación



Indicadores operacionales seleccionados como esenciales a registrar, monitorear y evaluar el bienestar de las lubinas en función de la alimentación.

Estrategia de alimentación adecuada

Una buena estrategia de alimentación nos puede ayudar a mantener el bienestar, salud y eficiencia en el engorde, dado que los regímenes, horarios y características del alimento afectan en gran medida. 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. Las lubinas podrían satisfacerse rápidamente du-

rante una toma, y realizar la digestión con rapidez (sobre todo a temperaturas elevadas), por lo que cabría la posibilidad de que necesitaran más de una toma al día. En sistemas de producción en tierra, existe la opción de usar alimentadores automáticos, ya que se adaptan bien a la autodemanda. En el caso de los reproductores, se ha de tener en cuenta que las lubinas son sincrónicas (suelen alimentarse durante su breve período de desove).

Gestión de los periodos de ayuno

La privación de comida incrementa la sensibilidad de la lubina al estrés inducido, pudiendo incrementar la agresión. Aun así, es necesario para su bienestar, además de como requisito de sanidad alimentaria y una mejora del producto. Al reducir su metabolismo y vaciar su tracto digestivo de manera previa a otros procedimientos, su respuesta frente al estrés será menor. Durante el manejo se ha de reducir la duración de los ayunos sin superar las 48 horas o los 50 °C/día, lo que ocurra antes, por lo que la duración dependerá de la temporada y temperatura del agua. De igual modo, a fin de evitar repeticiones de ayunos en el tiempo, en transportes o despesques los ayunos pueden extenderse hasta un límite de 7 días. De necesitar extenderse, debería ser únicamente por razones de bienestar de los peces y bajo estricto control veterinario o, en el caso de los viveros, por riesgos laborales (temporales que impidan la navegación y alimentación en los viveros). En cualquiera de los casos, se recomienda el empleo de un amplio número de indicadores para monitorizar y evaluar su estado de bienestar que permitan la aplicación de medidas de gestión a tiempo.



4.4. Salud animal



Indicadores operacionales seleccionados como esenciales a registrar, monitorear y evaluar el bienestar de las lubinas respecto a la salud animal.

Plan de Bienestar Animal

Antes de marzo de 2027 cada instalación deberá disponer de manera obligatoria de un Plan de Bienestar Animal específico, el cual debe incluir las consideraciones mínimas del Anexo II del [Real Decreto 159/2023](#). Éstas se resumen en: a) descripción de las condiciones estructurales y ambientales de la explotación, b) evaluación de factores de riesgo para el bienestar de los animales incluyendo el riesgo de desastres naturales (tales como inundaciones, terremotos, tsunamis, fuerte oleaje, corrientes, existencia de depredadores o incendios) de acuerdo con las características del lugar donde se encuentra la explotación y c) plan de acción con medidas a adoptar sobre los riesgos identificados. Además, este plan debe ser diseñado por un veterinario y/o profesional responsable del bienestar animal, y revisarse de forma regular. La periodicidad de la revisión está definida en el mismo plan, sugiriéndose una revisión cada 2 años al menos. El plan debe desglosar: a) persona responsable del bienestar y salud de los peces; b)

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

Vacunación

El uso de vacunas está probado como una herramienta eficiente para limitar la incidencia de enfermedades y asegurar una mejor salud y bienestar de los peces. Aun así, la vacunación puede ser estresante porque implica una concentración de los individuos, tiempo fuera del agua, manipulación y además una inyección. Sin embargo, no debe constituir una razón para relajar las prácticas durante la cría y nunca debe servir para enmascarar las malas. El proceso debe realizarse minimizando el estrés causado por todos sus pasos a lo largo del mismo, p.ej. a igual efectividad, y se ha de realizar un seguimiento de posibles efectos en las lubinas tras su vacunación.

Los tratamientos no antibióticos o antimicrobiales

Cada empresa debe mantener un Plan Sanitario Integral, tener un veterinario responsable conforme las normas en vigor y ser implementado por parte del acuicultor. Debería darse preferencia al uso de métodos preventivos (p.ej., uso de inmuoestimulantes naturales), en lugar de reactivos para evitar así la necesidad de tratar a los peces. Los tratamientos y usos de antimicrobianos se rigen por el [RD 666/2023](#) por el que se regula la distribución, prescripción, dispensación y uso de medicamentos veterinarios.

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 pue-

den afectar al bienestar de los peces. Por tanto, debe ser registrada periódicamente y, siempre que sea posible, investigado su origen. El Plan de Bienestar Animal debe desglosar las mortalidades a incluir en el cálculo de la tasa de mortalidad con sus respectivos planes de investigación.

En la práctica, es más habitual la media al hablar de la mortalidad de una compañía que puede tener muchos lotes finalizados. Para su cálculo se recomienda: i) uso de la mortalidad de cada lote finalizado los dos últimos años, avanzando de forma rotacional, para calcular la media; ii) la media debe ir acompañada de medidas de dispersión;

iii) se aconseja el uso de la mediana y moda, para informar mejor de la mortalidad experimentada.

En ocasiones, puede incrementarse rápidamente pasando a denominarse mortalidad aguda, indicando un problema crítico de salud o bienestar en el vivero. Un evento de mortalidad aguda de un lote se define como una mortalidad del 1% o más a lo largo de una semana. 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 seleccionados como esenciales a registrar, monitorear y evaluar el bienestar de las lubinas en el transporte.

Transporte de corta o larga distancia

Es una etapa crítica para el bienestar, trasladándose los individuos de una unidad o instalación a otra. Para evitar un estrés adicional, los contenedores de almacenamiento y transporte únicamente podrán transportar individuos en buen estado de salud y bienestar, salvo emergencias, en cuyo caso deberá contar con aprobación veterinaria. Se podrán emplear sedantes para el manejo previo y posterior al transporte, dejando 1,5 horas de renovación de agua anteriormente al mismo. Además, se debe proveer un suministro adicional de oxígeno, ya sea por aireación o inyección de oxígeno puro, para así mantener un nivel de saturación entre 150-200%. Por su practicidad y bajo costo de instalación, las botellas de oxígeno son las preferidas para el transporte de corta distancia, mientras que se usan contenedores de oxígeno líquido para los de larga distancia debido a su mayor autonomía. Además, los contenedores de almacenamiento y transporte deben: a) llevar aislamiento térmico, b) estar llenos de agua de mar (filtrada) procedente del

lugar donde se han obtenido los peces, c) carecer de esquinas o tenerlas redondeadas para evitar abrasiones en la piel y choques mecánicos y d) ser lo suficientemente grandes para permitir un buen grado de movimiento del pez. Tras el transporte, se debe realizar una pauta de renovación de agua para equilibrar así la temperatura entre el agua de transporte con la del agua de destino, reduciendo así efectos negativos sobre el bienestar. En cuanto a la alimentación, las lubinas han de ayunar entre 24-48h antes del transporte para así reducir su tasa de excreción, siempre que se mantenga bajo control su comportamiento caníbal.

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 lubina, por lo que deben trasladarse al lugar de destino en el menor tiempo posible manteniendo las condiciones de calidad de agua. En función del tamaño de los individuos, la densidad en transportes cortos con condiciones climáticas favorables no debe exceder los 30 kg/m^3 , mientras que en transportes largos se debe limitar a $10\text{-}15 \text{ kg/m}^3$. Para el traslado de alevines se recomienda no sobrepasar densidades de $50\text{-}60 \text{ kg/m}^3$. En cualquier caso, se han de controlar siempre la temperatura y niveles de saturación de oxígeno disuelto durante el transporte (valores seguros que van del 85-120%), monitorizando el comportamiento de los peces y otros indicadores siempre que sea posible.

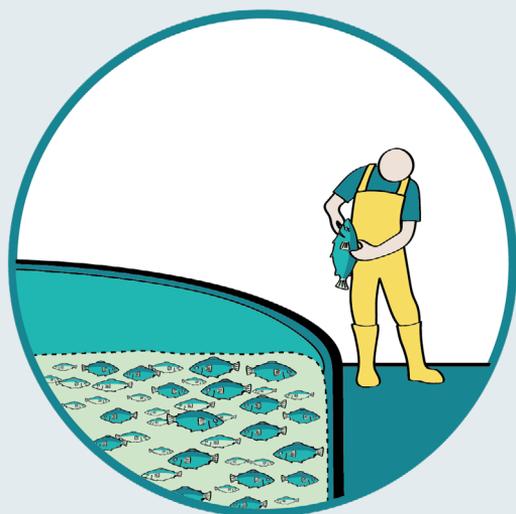
La legislación de protección animal durante el transporte viene recogida actualmente en el [Reglamento \(CE\) N° 1/2005](#) del Consejo de 22 de diciembre de 2004, relativo a la protección de los animales durante el transporte y las operaciones conexas y el [Real Decreto 990/2022](#), de 29 de noviembre, 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, fe-

cha y hora de destino, disponer de un plan de contingencia, registro de mortalidad, cambios de agua realizados durante el trayecto y explotaciones de paso del vehículo. Los medios de

transporte tienen que estar autorizados para el movimiento de peces en los viajes largos (más de 8 horas) en la Unión Europea y también para viajes cortos en territorio español.



4.6. Procedimientos de aturdimiento y sacrificio



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 fases son: ayuno, concentración, extracción del agua, aturdimiento y muerte. Todas son muy relevantes desde el punto de vista del bienestar de los peces 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.

Ya se explicó anteriormente la importancia de limitar la frecuencia y duración de las concentraciones, así como los periodos de ayuno, pues este último puede ayudar a los peces en su respuesta al estrés, además de ser requisito de sanidad alimentaria y mejora del producto. Teniendo en cuenta que el procedimiento de sacrificio de las lubinas no tiene lugar en un centro específico de sacrificio en tierra firme, sino íntegramente en las propias instalaciones de producción, se ha de tener también en consideración la seguridad laboral del personal de la granja, viabilidad material de los procedimientos en el medio acuático (especialmente en la acuicultura en mar abierto), impacto(s) sobre el medioambiente y repercusiones en la calidad o seguridad alimentaria del producto final destinado al consumo humano.

Actualmente, existe un cuadro legislativo europeo en materia de sacrificio que el sector cumple, y en el cual se acepta el uso de inmersión en agua con hielo como método para sacrificar las lubinas (de consumo) en acuicultura. No obstante, los avances de la ciencia generan interrogantes sobre dicha metodología, hasta el punto de no considerarse humanitario (EFSA⁶⁴; OMSA). En ese sentido, aquellos peces que alcanzan la talla comercial y se extraen para consumo, se les debe aturdir efectivamente antes del sacrificio⁶⁴. 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. Previamente, las lubinas han de ser pescadas de las balsas en tierra o viveros de engorde en el mar mediante grandes salabres o bombas de agua, por lo que es necesario concentrarlas sin perjudicar su bienestar.

El sacrificio es la fase final del ciclo de vida de los animales, el cual influye notablemente en su bienestar. Según la opinión científica de la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA)⁶⁴ sobre el enfoque general del bienestar y el concepto de sintiencia en peces, éstos son capaces de experimentar dolor. El artículo 3.1 del [Reglamento \(CE\) nº 1099/2009](#), de 24 de septiembre de 2009, relativo a la protección de los animales en el momento de la matanza, establece que “durante la matanza o las operaciones conexas a ellas no se causará a los animales ningún dolor, angustia o sufrimiento evitable”.

Gestión de descartes y moribundos (no consumo)

A lo largo del ciclo de producción son varios los puntos donde se clasifican y descartan lubinas que no continúan con el proceso de engorde y cría (desvejjación, deformidades, etc.). Además, podemos encontrar peces enfermos o moribundos en las instalaciones que han de ser sacados del agua. Todos estos peces deben ser sacrificados de una forma humanitaria, de manera que no sufran innecesariamente. Se recomienda el uso de anestésicos y sacrificar a los individuos por sobredosis.

A día de hoy, se recomienda el uso del aturdimiento para lubina. Sin embargo, queda pendiente implementarlo en condiciones reales de cría de lubina en España. Con el aturdimiento eléctrico “húmedo”, el pez se mantiene en tuberías llenas de agua en todo momento y la corriente eléctrica se transmite a través del líquido. En cambio, en el eléctrico “seco o semi-húmedo”, el pez es extraído del agua y colocado en una cinta transportadora que actúa de borne. El otro borne está formado por placas a modo cortina que irán tocándolo, cerrando el circuito para que pase la electricidad. No obstante, es importante ajustar los parámetros eléctricos para conseguir un buen aturdimiento (efectivo y duradero) hasta la muerte del pez, sin comprometer el bienestar del animal ni la calidad del producto final o la seguridad de los trabajadores.

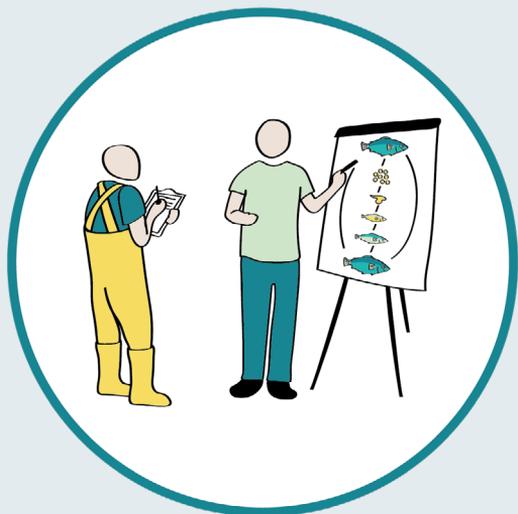
El sector español considera muy importante mantenerse al frente de los avances en términos de bienestar animal y se implica (e invierte) de forma activa y proactiva en explorar e incorporar las tecnologías disponibles y procesos de innovación que podrían permitir optimizar los procesos de sacrificio,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

Comprobación de aturdimiento y sacrificio correcto

Para asegurar la efectividad del aturdimiento y 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. No obstante, dicho estado sólo se puede evaluar analizando la actividad cerebral de los peces, lo cual es bastante inoperativo. Por ello, se recomienda emplear el cese del reflejo vestibulo-ocular (VOR) y del movimiento opercular. En el caso que los peces muestren signos de consciencia deberán ser aturridos mediante un método secundario de aturdimiento con la mayor prontitud posible. Además, los signos de consciencia deberían ser monitorizados de forma continua para asegurar que la consciencia no se recupera antes de que ocurra la muerte. En general antes de cualquier procesamiento, debe monitorizarse que los peces han sido sacrificados correctamente y que no muestran signos vitales.



5. FORMACIÓN Y COMUNICACIÓN



5.1. Formación interna e institucional

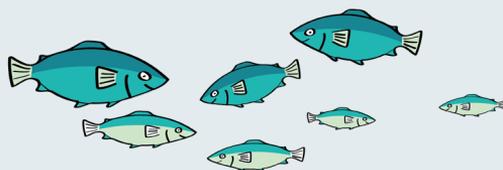
Cada empresa debe poner en marcha medidas para formar a su personal en bienestar de peces mediante el uso de manuales, cursos internos, formaciones externas, charlas de especialistas internos o externos a la empresa. Dichas formaciones pueden ser más o menos avanzadas según los puestos de trabajo ocupados y debe haber constancia y registros de las mismas.

Es importante transmitir y consolidar los conceptos de bienestar en peces en aquel personal que va a trabajar con ellos directamente, y en aquellos que van a tomar decisiones que afectarán a su bienestar. Se ha comprobado que formar al personal en bienestar animal mejora su vínculo con los animales bajo su cargo, atención a los indicadores que son directamente observables al comprender mejor las razones tras ellos, y finalmente, la cría de los propios animales.

Para ello, la formación por parte de las empresas debería realizarse al principio de la relación contractual, repitiéndose cada cierto tiempo (se recomienda cada 2 años) para afianzar conceptos y actualizar al personal acerca de nuevos adelantos en un campo que está en continuo desarrollo. La formación, además de información específica del puesto, debería contener de forma general:

- El concepto de bienestar y sintiencia en peces y otros animales acuáticos.
- Buenas prácticas relacionadas con el bienestar.
- Indicadores de bienestar. Tanto generales como los adecuados a la especie.
- Problemáticas habituales: enfermedades, heridas, etc.
- 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 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 ayudaría a conseguir una industria consciente de las dificultades y posibilidades relacionadas con este concepto.



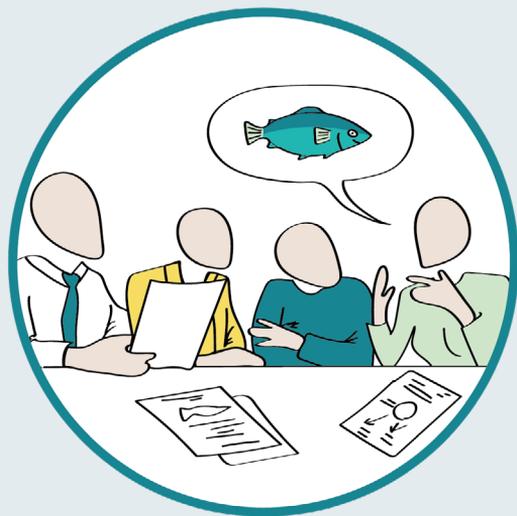
5.2. Comunicación y divulgación

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 bienalmente su Memoria de Sostenibilidad (www.apromar.es).

La producción de peces, y cualquier otro animal, debería realizarse de la forma más transparente posible, no sólo ya para evitar críticas, sino para dar a conocer e integrar al público en el proceso productivo y permitirles poder elegir sus productos con toda la información disponible, si así lo quieren. De esta manera, la industria puede compararse con otras de producción de proteína animal, mostrando al público la responsabilidad que los acuicultores ya sienten por los animales acuáticos a su cargo.



6. RETOS Y OPORTUNIDADES



Colaboración precompetitiva para la mejora del bienestar

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

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 los últimos instan-

tes de su vida, generando incertidumbre sobre la eficacia de los métodos de sacrificio aplicados actualmente en lubina para consumo. Las técnicas de sacrificio no sólo afectan al bienestar de los peces, sino también a la calidad final del producto, su duración y cualidades organolépticas. Actualmente, el sector muestra voluntad para afrontar el reto de desarrollar métodos más innovadores y humanitarios, adaptando la tecnología existente al contexto español, mediante un trabajo colaborativo. Así, también es una oportunidad para mejorar el bienestar de estos animales acuáticos, mejorar el producto y así acceder a mercados que requieren el sacrificio humanitario.

Desarrollo y aplicación de enriquecimiento ambiental

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 ⁹⁵. Dado que las lubinas 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 esta estrategia en el bienestar de los peces, no existe ninguna prueba a escala comercial en lubina hoy en día. Aquí se abre una oportunidad en el sector, para investigar y desarrollar herramientas que favorezcan las condiciones de vida de las lubinas en todas sus fases de cría. En ese sentido, se podrían incorporar estructuras o aplicar corrientes de agua que aporten zonas de refugio y estimulen la maniobrabilidad y actividad natatoria de las lubinas. No obstante, algunas estructuras u objetos pueden acumular partículas de materia orgánica (de alimentos y heces), lo que dificulta la limpieza y desinfección, y compromete la salud y el bienestar general de los peces. También puede ocurrir que el diseño de las estructuras sea inadecuado, y provoque perturbaciones o daños físicos, aumentando el riesgo de infección, estrés o mortalidad. Otro as-

pecto 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.

Investigación, ciencia y tecnología

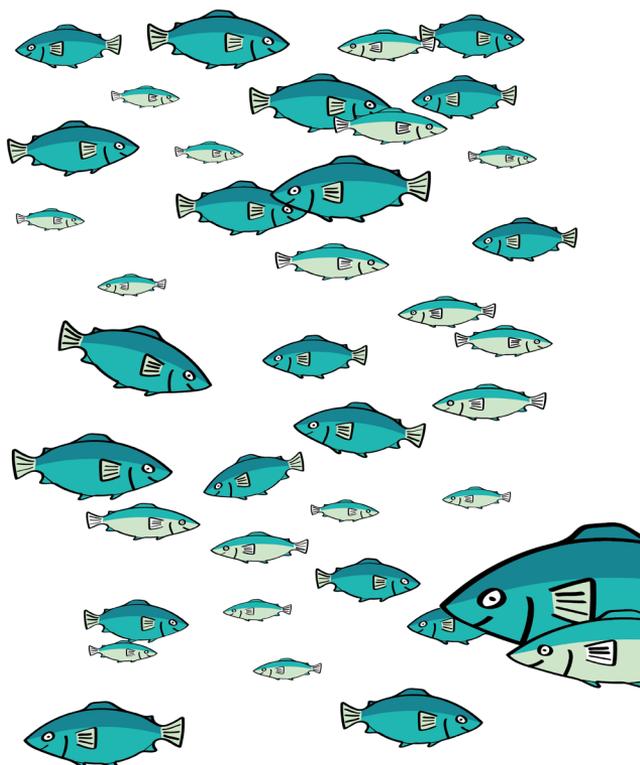
Es prioritario aumentar el conocimiento actual acerca de los parámetros de bienestar de las especies más producidas en el sur de Europa, como es el caso de la lubina, que permitan una correcta evaluación y determinación del estado de bienestar. El desarrollo tecnológico y aplicación de herramientas tecnológicas adaptadas a sus condiciones de cría posibilitarían un seguimiento preciso y rápido del bienestar de los peces, así como una respuesta de gestión mucho más efectiva. Por ejemplo, la aplicación de inteligencia artificial permite monitorizar parámetros de bienestar animal con gran precisión y de manera más automatizada, facilitando la detección temprana de problemas y, por tanto, una mejor toma de decisiones. La selección genética que promueve la adaptabilidad y rusticidad en las lubinas debe ser un camino a seguir en la investigación empresarial.

Implicaciones del cambio climático en el bienestar de los peces

El cambio climático y sus impactos en la acuicultura son un hecho, alterando profundamente el sector, especialmente en sistemas abiertos expuestos al tiempo y al clima, como la cría en estanques y viveros de lubina. Aumentar nuestro conocimiento sobre la biología de los peces criados en sus diferentes etapas y su diversidad, así como sobre la ciencia del bienestar, nos ayudará a afrontar las consecuencias inevitables del cambio climático. 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 garantizar que los peces criados en estanques o viveros tengan las condiciones ambientales necesarias para un buen estado de bienestar. El

imperativo de bienestar aquí es garantizar que se sepa lo suficiente sobre la biología de las especies y cepas en cuestión para permitir que se satisfagan sus necesidades de bienestar, antes de que se inicie la cría intensiva de dichos peces y se tengan que aprender lecciones mediante prueba y error.

Además de los aumentos constantes de temperatura esperados, los peces criados en sistemas abiertos también experimentarán un número cada vez mayor de eventos agudos como tormentas, proliferación de algas y olas de calor, con efectos adversos sobre su bienestar. Poco se puede hacer para protegerles contra tales eventos, excepto utilizar herramientas computacionales disponibles y aplicar estrategias de gestión adecuadas. Las medidas para mitigar los efectos del cambio climático podrían incluir, por ejemplo, mejoras en el diseño de los viveros, haciendo estructuras más fuertes y sumergibles, preferencia por cepas (y especies) de peces resistentes, reubicación de piscifactorías, y mejora de los sistemas de seguimiento de peces y previsión meteorológica. 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 es una razón para el optimismo⁶.



7. BIBLIOGRAFÍA DESTACADA

1. APROMAR. La acuicultura en España. (2023).
2. Yildiz, H. Y., Chatzifotis, S., Anastasiadis, P., Parisi, G. & Papandroulakis, N. Testing of the Salmon Welfare Index Model (SWIM 1.0) as a computational welfare assessment for sea-caged European sea bass. *Ital. J. Anim. Sci.* **20**, 1423–1430 (2021).
3. Kestemont, P. *et al.* Size heterogeneity, cannibalism and competition in cultured predatory fish larvae: biotic and abiotic influences. *Aquaculture* **227**, 333–356 (2003).
4. Giebichenstein, J., Giebichenstein, J., Hasler, M., Schulz, C. & Ueberschär, B. Comparing the performance of four commercial microdiets in an early weaning protocol for European seabass larvae (*Dicentrarchus labrax*). *Aquac. Res.* **53**, 544–558 (2022).
5. Hatziathanasiou, A. *et al.* Survival, growth and feeding in early life stages of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) intensively cultured under different stocking densities. *Aquaculture* **205**, 89–102 (2002).
6. Katavić, I., Jug-dujaković, J. & Glamuzina, B. Cannibalism as a factor affecting the survival of intensively cultured sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fingerlings. *Aquaculture* **77**, 135–143 (1989).
7. Vatsos, I. N., Kotzamanis, Y., Henry, M., Angelidis, P. & Alexis, M. N. Monitoring stress in fish by applying image analysis to their skin mucous cells. *Eur. J. Histochem. EJH* **54**, e22 (2010).
8. Kalogianni, E. *et al.* Cellular responses in the skin of the gilthead sea bream *Sparus aurata* L. and the sea bass *Dicentrarchus labrax* (L.) exposed to high ammonia. *J. Fish Biol.* **78**, 1152–1169 (2011).
9. Cardinaletti, G. *et al.* Effects of graded levels of a blend of *Tisochrysis lutea* and *Tetraselmis suecica* dried biomass on growth and muscle tissue composition of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fed diets low in fish meal and oil. *Aquaculture* **485**, 173–182 (2018).
10. Peixoto, M. J. *et al.* Effects of dietary supplementation of *Gracilaria* sp. extracts on fillet quality, oxidative stress, and immune responses in European seabass (*Dicentrarchus labrax*). *J. Appl. Phycol.* **31**, 761–770 (2019).
11. Abdel, I. *et al.* Abnormalities in the juvenile stage of sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) reared at different temperatures: types, prevalence and effect on growth. *Aquac. Int.* **12**, 523–538 (2004).
12. Ayari, T. E., Mhadhbi, L. & Menif, N. T. E. Abdominal Swelling and Skeletal Deformity in Gilthead Sea Bream (*Sparus aurata*) and European Sea Bass, (*Dicentrarchus labrax*) Developed under Rearing Conditions. *J. Aquac. Res. Dev.* **13**, 1–3 (2022).
13. Babbucci, M. *et al.* An integrated genomic approach for the study of mandibular prognathism in the European seabass (*Dicentrarchus labrax*). *Sci. Rep.* **6**, 38673 (2016).
14. Barahona-Fernandes, M. H. Body deformation in hatchery reared European sea bass *Dicentrarchus labrax* (L). Types, prevalence and effect on fish survival. *J. Fish Biol.* **21**, 239–249 (1982).
15. Divanach, P., Papandroulakis, N., Anastasiadis, P., Koumoundouros, G. & Kentouri, M. Effect of water currents on the development of skeletal deformities in sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) with functional swimbladder during postlarval and nursery phase. *Aquaculture* **156**, 145–155 (1997).
16. Fragkoulis, S. *et al.* Recovery of Haemal Lordosis in European Seabass *Dicentrarchus labrax* (Linnaeus 1758). *Aquac. J.* **2**, 1–12 (2022).
17. Georgakopoulou, E., Angelopoulou, A., Kaspiris, P., Divanach, P. & Koumoundouros, G. Temperature effects on cranial deformities in European sea bass, *Dicentrarchus labrax* (L.). *J. Appl. Ichthyol.* **23**, 99–103 (2007).
18. Georgakopoulou, E., Katharios, P., Divanach, P. & Koumoundouros, G. Effect of temperature on the development of skeletal deformities in Gilthead seabream (*Sparus aurata* Linnaeus, 1758). *Aquaculture* **308**, 13–19 (2010).
19. Koumoundouros, G., Maingot, E., Divanach, P. & Kentouri, M. Kyphosis in reared sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.): ontogeny and effects on mortality. *Aquaculture* **209**, 49–58 (2002).
20. Arechavala-Lopez, P., Sanchez-Jerez, P., Izquierdo-Gomez, D., Toledo-Guedes, K. & Bayle-Sempere, J. T. Does fin damage allow discrimination among wild, escaped and farmed *Sparus aurata* (L.) and *Dicentrarchus labrax* (L.)? *J. Appl. Ichthyol.* **29**, 352–357 (2013).

21. Person-Le Ruyet, J. & Le Bayon, N. Effects of temperature, stocking density and farming conditions on fin damage in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquat. Living Resour.* **22**, 349–362 (2009).
22. Salati, F., Cubadda, C., Viale, I. & Kusuda, R. Immune response of sea bass *Dicentrarchus labrax* to *Tenacibaculum maritimum* antigens. *Fish. Sci.* **71**, 563–567 (2005).
23. Ellis, T. *et al.* Fin Erosion in Farmed Fish. in *Fish Welfare* 121–149 (John Wiley & Sons, Ltd, 2008). doi:10.1002/9780470697610.ch9.
24. Saroglia, M., Terova, G., De Stradis, A. & Caputo, A. Morphometric adaptations of sea bass gills to different dissolved oxygen partial pressures. *J. Fish Biol.* **60**, 1423–1430 (2002).
25. Saraiva, A., Costa, J., Serrão, J., Eiras, J. C. & Cruz, C. Study of the gill health status of farmed sea bass (*Dicentrarchus labrax* L., 1758) using different tools. *Aquaculture* **441**, 16–20 (2015).
26. Pettersen, J. M. *et al.* Salmon welfare index model 2.0: an extended model for overall welfare assessment of caged Atlantic salmon, based on a review of selected welfare indicators and intended for fish health professionals. *Rev. Aquac.* **6**, 162–179 (2014).
27. Noble, C. *et al.* *Welfare indicators for farmed Atlantic salmon: Tools for assessing fish welfare.* (2018).
28. Treasurer, J. W., Cox, D. I. & Wall, T. Epidemiology of blindness and cataracts in cage reared ongrown Atlantic halibut *Hippoglossus hippoglossus*. *Aquaculture* **271**, 77–84 (2007).
29. Athanassopoulou, F., Groman, D., Prapas, Th. & Sabatakou, O. Pathological and epidemiological observations on rickettsiosis in cultured sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) from Greece. *J. Appl. Ichthyol.* **20**, 525–529 (2004).
30. Bjerkås, E., Wall, A. E. & Prapas, A. Screening of farmed sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) and sea bream (*Sparus aurata* L.) for cataract. *Bull. Eur. Assoc. Fish Pathol.* **20**, 180–185 (2000).
31. Ferreira, I. A., Costa, J. Z., Macchia, V., Dawn Thompson, K. & Baptista, T. Detection of Betanodavirus in experimentally infected European seabass (*Dicentrarchus labrax*, Linnaeus 1758) using non-lethal sampling methods. *J. Fish Dis.* **42**, 1097–1105 (2019).
32. Ragab, R. H. *et al.* Mass kills in hatchery-reared European seabass (*Dicentrarchus labrax*) triggered by concomitant infections of *Amyloodinium ocellatum* and *Vibrio alginolyticus*. *Int. J. Vet. Sci. Med.* **10**, 33–45 (2022).
33. Roque, A. *et al.* *Report on Fish Welfare and List of Operational Welfare Indicators in Sea Bream.* (2020).
34. Sarà, G. *et al.* Response of captive seabass and seabream as behavioural indicator in aquaculture. *Ital. J. Anim. Sci.* **6**, 823–825 (2007).
35. Martins, C. I. M. *et al.* Behavioural indicators of welfare in farmed fish. *Fish Physiol. Biochem.* **38**, 17–41 (2012).
36. Alfonso, S., Sadoul, B., Cousin, X. & Bégout, M.-L. Spatial distribution and activity patterns as welfare indicators in response to water quality changes in European sea bass, *Dicentrarchus labrax*. *Appl. Anim. Behav. Sci.* **226**, 104974 (2020).
37. Georgopoulou, D. G., Stavrakidis-Zachou, O., Mitrizakis, N. & Papandroulakis, N. Tracking and Analysis of the Movement Behavior of European Seabass (*Dicentrarchus labrax*) in Aquaculture Systems. *Front. Anim. Sci.* **2**, (2021).
38. Zoratto, F. *et al.* Behavioural changes in farmed sea bass (*Dicentrarchus labrax*) experimentally infected by *Anisakis* nematodes. *Rendiconti Lincei Sci. Fis. E Nat.* **33**, 555–567 (2022).
39. Schurmann, H., Claireaux, G. & Chartois, H. Changes in vertical distribution of sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) during a hypoxic episode. in *Advances in Invertebrates and Fish Telemetry* (eds. Lagardère, J.-P., Anras, M.-L. B. & Claireaux, G.) 207–213 (Springer Netherlands, Dordrecht, 1998). doi:10.1007/978-94-011-5090-3_24.
40. Johansson, D. *et al.* Effect of environmental factors on swimming depth preferences of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and temporal and spatial variations in oxygen levels in sea cages at a fjord site. *Aquaculture* **254**, 594–605 (2006).
41. Oppedal, F., Dempster, T. & Stien, L. H. Environmental drivers of Atlantic salmon behaviour in sea-cages: A review. *Aquaculture* **311**, 1–18 (2011).
42. Stien, L. H., Bratland, S., Austevoll, I., Oppedal, F. & Kristiansen, T. S. A video analysis procedure for assessing vertical fish distribution in aquaculture tanks. *Aquac. Eng.* **37**, 115–124 (2007).
43. Lemarié, G. *et al.* Effect of chronic ammonia exposure on growth of European seabass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles. *Aquaculture* **229**, 479–491 (2004).
44. Mason, G. J. Stereotypies: a critical review. *Anim. Behav.* **41**, 1015–1037 (1991).
45. Sadoul, B. *et al.* Global assessment of the response to chronic stress in European sea bass. *Aquaculture* **544**, 737072 (2021).
46. Bégout Anras, M.-L. & Lagardère, J. P. Measuring cultured fish swimming behaviour: first results on rainbow trout using acoustic telemetry in tanks. *Aquaculture* **240**, 175–186 (2004).
47. Carbonara, P. *et al.* Basic knowledge of social hierarchies and physiological profile of reared sea bass *Dicentrarchus labrax* (L.). *PLOS ONE* **14**, e0208688 (2019).

48. Lupatsch, I., Santos, G. A., Schrama, J. W. & Verreth, J. A. J. Effect of stocking density and feeding level on energy expenditure and stress responsiveness in European sea bass *Dicentrarchus labrax*. *Aquaculture* **298**, 245–250 (2010).
49. Papoutsoglou, S. E., Tziha, G., Vrettos, X. & Athanasiou, A. Effects of stocking density on behavior and growth rate of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles reared in a closed circulated system. *Aquac. Eng.* **18**, 135–144 (1998).
50. Sammouth, S. *et al.* The effect of density on sea bass (*Dicentrarchus labrax*) performance in a tank-based recirculating system. *Aquac. Eng.* **40**, 72–78 (2009).
51. Leal, E., Fernández-Durán, B., Guillot, R., Ríos, D. & Cerdá-Reverter, J. M. Stress-induced effects on feeding behavior and growth performance of the sea bass (*Dicentrarchus labrax*): a self-feeding approach. *J. Comp. Physiol. B* **181**, 1035–1044 (2011).
52. Tort, L. *et al.* Effects of temperature decrease on feeding rates, immune indicators and histopathological changes of gilthead sea bream *Sparus aurata* fed with an experimental diet. *Aquaculture* **229**, 55–65 (2004).
53. Sánchez-Vázquez, F. J. & Madrid, J. A. Feeding Anticipatory Activity. in *Food Intake in Fish* 216–232 (John Wiley & Sons, Ltd, 2001). doi:10.1002/9780470999516.ch9.
54. Azzaydi, M., Madrid, J. A., Zamora, S., Sánchez-Vázquez, F. J. & Martínez, F. J. Effect of three feeding strategies (automatic, ad libitum demand-feeding and time-restricted demand-feeding) on feeding rhythms and growth in European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.). *Aquaculture* **163**, 285–296 (1998).
55. Azzaydi, M. *et al.* Effect of Restricted Feeding Schedule on Seasonal Shifting of Daily Demand-Feeding Pattern and Food Anticipatory Activity in European Sea Bass (*Dicentrarchus labrax* L.). *Chronobiol. Int.* **24**, 859–874 (2007).
56. Rubio, V. C., Sánchez, E. & Cerdá-Reverter, J. M. Compensatory feeding in the sea bass after fasting and physical stress. *Aquaculture* **298**, 332–337 (2010).
57. Ferrer, M. A. *et al.* From operculum and body tail movements to different coupling of physical activity and respiratory frequency in farmed gilthead sea bream and European sea bass. Insights on aquaculture biosensing. *Comput. Electron. Agric.* **175**, 105531 (2020).
58. Lefrançois, C. & Domenici, P. Locomotor kinematics and behaviour in the escape response of European sea bass, *Dicentrarchus labrax* L., exposed to hypoxia. *Mar. Biol.* **149**, 969–977 (2006).
59. Zahl, I. H., Samuelsen, O. & Kiessling, A. Anaesthesia of farmed fish: implications for welfare. *Fish Physiol. Biochem.* **38**, 201–218 (2012).
60. Anil, M. H. Studies on the return of physical reflexes in pigs following electrical stunning. *Meat Sci.* **30**, 13–21 (1991).
61. 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).
62. van de Vis, H. *et al.* Welfare of Farmed Fish in Different Production Systems and Operations. in *The Welfare of Fish* (eds. Kristiansen, T. S., Fernö, A., Pavlidis, M. A. & van de Vis, H.) 323–361 (Springer International Publishing, Cham, 2020). doi:10.1007/978-3-030-41675-1_14.
63. Claireaux, G. & Lagardère, J.-P. Influence of temperature, oxygen and salinity on the metabolism of the European sea bass. *J. Sea Res.* **42**, 157–168 (1999).
64. EFSA, E. F. S. Animal welfare aspects of husbandry systems for farmed European seabass and gilthead seabream - Scientific Opinion of the Panel. *EFSA J.* **6**, 844 (2008).
65. Blancheton, J. P. Developments in recirculation systems for Mediterranean fish species. *Aquac. Eng.* **22**, 17–31 (2000).
66. Marino, G. *et al.* *Methodology for Assessing Welfare in MMFF*. **12** (2020).
67. Cecchini, S. & Caputo, A. R. Acid–base balance in sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) in relation to water oxygen concentration. *Aquac. Res.* **34**, 1069–1073 (2003).
68. Montgomery, D. W. *et al.* Rapid blood acid–base regulation by European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) in response to sudden exposure to high environmental CO₂. *J. Exp. Biol.* **225**, jeb242735 (2022).
69. Petochi, T. *et al.* Coping strategy and stress response of European sea bass *Dicentrarchus labrax* to acute and chronic environmental hypercapnia under hyperoxic conditions. *Aquaculture* **315**, 312–320 (2011).
70. Grøttum, J. A. & Sigholt, T. Acute toxicity of carbon dioxide on European seabass (*Dicentrarchus labrax*): Mortality and effects on plasma ions. *Comp. Biochem. Physiol. A Physiol.* **115**, 323–327 (1996).
71. Dosdat, A. *et al.* Effect of chronic exposure to ammonia on growth, food utilisation and metabolism of the European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquat. Living Resour.* **16**, 509–520 (2003).

72. Kir, M., Sunar, M. C. & Gök, M. G. Acute ammonia toxicity and the interactive effects of ammonia and salinity on the standard metabolism of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquaculture* **511**, 734273 (2019).
73. Ruyet, J. P.-L., Chartois, H. & Quemener, L. Comparative acute ammonia toxicity in marine fish and plasma ammonia response. *Aquaculture* **136**, 181–194 (1995).
74. Sinha, A. K. *et al.* High environmental ammonia elicits differential oxidative stress and antioxidant responses in five different organs of a model estuarine teleost (*Dicentrarchus labrax*). *Comp. Biochem. Physiol. Part C Toxicol. Pharmacol.* **174–175**, 21–31 (2015).
75. Scarano, G., Saroglia, M. G., Gray, R. H. & Tibaldi, E. Hematological Responses of Sea Bass *Dicentrarchus labrax* to Sublethal Nitrite Exposures. *Trans. Am. Fish. Soc.* **113**, 360–364 (1984).
76. Scarano, G. & Saroglia, M. G. Recovery of fish from functional and haemolytic anaemia after brief exposure to a lethal concentration of nitrite. *Aquaculture* **43**, 421–426 (1984).
77. Kroupova, H., Machova, J. & Svobodova, Z. Nitrite influence on fish: a review. *Veterinárni Medicina* **50**, 461–471 (2005).
78. Vectesi, D., Kotzamanis, I., Henry, M. A. & Vatsos, I. N. Short Communication: Haematological and immunological responses of sea bass (*Dicentrarchus labrax*) to a short-term exposure to increased water levels of nitrate. (2012).
79. Torno, J., Einwächter, V., Schroeder, J. P. & Schulz, C. Nitrate has a low impact on performance parameters and health status of on-growing European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) reared in RAS. *Aquaculture* **489**, 21–27 (2018).
80. Dauda, A. B., Ajadi, A., Tola-Fabunmi, A. S. & Akinwole, A. O. Waste production in aquaculture: Sources, components and managements in different culture systems. *Aquac. Fish.* **4**, 81–88 (2019).
81. *Welfare Indicators for Farmed Rainbow Trout: Tools for Assessing Fish Welfare.* (2020).
82. Lemarié, G., Martin, J.-L. M., Dutto, G. & Garidou, C. Nitrogenous and phosphorous waste production in a flow-through land-based farm of European seabass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquat. Living Resour.* **11**, 247–254 (1998).
83. Li, X., Blancheton, J.-P., Liu, Y., Triplet, S. & Michaud, L. Effect of oxidation–reduction potential on performance of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) in recirculating aquaculture systems. *Aquac. Int.* **22**, 1263–1282 (2014).
84. Klebert, P., Lader, P., Gansel, L. & Oppedal, F. Hydrodynamic interactions on net panel and aquaculture fish cages: A review. *Ocean Eng.* **58**, 260–274 (2013).
85. Claireaux, G., Handelsman, C., Standen, E. & Nelson, J. A. Thermal and Temporal Stability of Swimming Performance in the European Sea Bass. *Physiol. Biochem. Zool.* **80**, 186–196 (2007).
86. Moore, A., Pickett, G. D. & Eaton, D. R. A preliminary study on the use of acoustic transmitters for tracking juvenile bass (*Dicentrarchus labrax*) in an estuary. *J. Mar. Biol. Assoc. U. K.* **74**, 451–454 (1994).
87. Mohesh, G. Effect of high-intensity light on the retinal pigment epithelium of zebrafish - An induced retinal damage study model. *Natl. J. Physiol. Pharm. Pharmacol.* **10**, 1 (2020).
88. Alves, R. N., Mahamed, A. H., Alarcon, J. F., Al Suwailem, A. & Agustí, S. Adverse Effects of Ultraviolet Radiation on Growth, Behavior, Skin Condition, Physiology, and Immune Function in Gilthead Seabream (*Sparus aurata*). *Front. Mar. Sci.* **7**, (2020).
89. Yan, H. *et al.* Growth, development and survival of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) larvae cultured under different light spectra and intensities. *Aquac. Res.* **50**, 2066–2080 (2019).
90. Sánchez-Vázquez, F. J., López-Olmeda, J. F. & Vera, L. M. Fish welfare and biological rhythms: time to regulate. *Derecho Anim. Forum Anim. Law Stud.* **10**, 93 (2019).
91. Papoutsoglou, S. E., Karakatsouli, N. & Kostas, P. Effects of dietary tryptophan and lighting conditions on growth performance of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles reared in a recirculating water system - Papoutsoglou - 2005 - Journal of Applied Ichthyology - Wiley Online Library. *J. Appl. Ichthyol.* **21**, 520–524 (2005).
92. Santos, G. A., Schrama, J. W., Mamauag, R. E. P., Rombout, J. H. W. M. & Verreth, J. A. J. Chronic stress impairs performance, energy metabolism and welfare indicators in European seabass (*Dicentrarchus labrax*): The combined effects of fish crowding and water quality deterioration. *Aquaculture* **299**, 73–80 (2010).
93. Carbonara, P. *et al.* Muscle activity as a key indicator of welfare in farmed European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L. 1758). *Aquac. Res.* **46**, 2133–2146 (2015).
94. 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**, (2022).
95. 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).
96. 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 4: Indicadores de bienestar **ESENCIALES** y **RECOMENDADOS** para la lubina atendiendo a los distintos procedimientos y fases de producción. *Nota: esta selección de indicadores se ha llevado a cabo a partir del método DELPHI donde han participado productores, científicos y miembros de asociaciones de protección animal, todos expertos en producción y bienestar de lubina.

Categorías	Indicadores	REPRODUCTORAS							CRIADEROS						ENGORDE				
		Ambiente y confinamiento	Manejo y Mantenimiento	Alimentación	Salud animal	Transporte	Reproducción	Sacrificio o Punto Final	Ambiente y confinamiento	Manejo y Mantenimiento	Alimentación	Salud animal	Transporte	Sacrificio o Punto Final	Ambiente y confinamiento	Manejo y Mantenimiento	Alimentación	Salud animal	Aturdimiento y sacrificio
Físico-somáticos o Externos	F. de Condición																		
	Malformaciones																		
	Coloración piel																		
	Condición piel																		
	Condición aletas																		
	Condición branquias																		
	Condición ojos																		
	Mortalidad																		
Comportamentales	Nivel de actividad																		
	Actividad, superficie																		
	Distribución																		
	Agresividad																		
	Anomalías																		
	Apetito																		
	Anticipación alim.																		
	Frec. ventilatoria																		
	VOR																		
Ambientales	Temperatura																		
	Salinidad																		
	Oxígeno disuelto																		
	Dióxido de carbono																		
	pH																		
	TAN																		
	Nitritos/Nitratos																		
	Turbidez/SST																		
	Velocidad corriente																		
	Iluminación																		
	Densidad																		

