



minerva
foods



Guía de Buenas Prácticas Acuícolas para:
Salmón del Atlántico, Tilapia y Pangasius

RESUMEN

1. INTRODUCCIÓN	03
2. EL ESTRÉS Y SUS CONSECUENCIAS SOBRE EL BIENESTAR ANIMAL EN LA ACUICULTURA	05
3. EVALUACIÓN DE BIENESTAR ANIMAL EN LA ACUICULTURA	07
4. BUENAS PRÁCTICAS DE NUTRICIÓN Y ALIMENTACIÓN	08
5. BUENAS PRÁCTICAS DE ALOJAMIENTO	19
6. BUENAS PRÁCTICAS SANITARIAS Y DE COMPORTAMIENTO	25
7. BUENAS PRÁCTICAS EN EL TRANSPORTE DE SMOLTS O ALEVINES	30
8. BUENAS PRÁCTICAS EN EL TRANSPORTE DE PECES PARA SACRIFICIO	35
9. BUENAS PRÁCTICAS DE SACRIFICIO HUMANITARIO	37
10. CONSIDERACIONES FINALES	41
11. REFERENCIAS	42

Introducción

De acuerdo con el informe de la FAO, en 2022, la producción de la pesca y la acuicultura fue de:

223,3 millones de toneladas, de los cuales 185,4 millones provinieron de animales acuáticos y 37,7 millones de algas.

La producción en acuicultura fue de:

130,9 millones de toneladas.

La producción en la pesca extractiva fue de:

92,3 millones de toneladas.

En la acuicultura, el mayor volumen de producción está liderado por carpas (varias especies), tilapias y salmónidos. La tabla 1 muestra la producción global de salmón del Atlántico, tilapias y pangasius.

20,7 kg
de consumo
per cápita de
pescado a
nivel mundial

5% de
crecimiento
anual de la
acuicultura

Tabla 1

Volumen de producción em millones de toneladas (tons) de acuicultura no mundo.

Especie	2020	2021	2022	2023	2024 (estimado)	% crecimiento (2020-2024)	Principales productores
Salmón del Atlántico	2,7 M	2,8M	2,8 M	2,8 M	2,9 M	+10,7%	Noruega (1,53 M tons em 2023), Chile (1,0 M tons em 2023)
Tilapias	6,2 M	6,4 M	6,6 M	6,7 M	7 M	+13,4%	China (>1,6 M tons), Indonesia (>1,6 M tons), Egipto (1,1 M tons), Brasil (660,000 tons)
Pangasius	3 M	3 M	3,1 M	3,1M	3,3 M	+11,7%	Vietnam (1,62 M tons), India (756,000 tons), Indonesia (349,000 tons)

La creciente importancia del bienestar de los peces en la acuicultura surge de consideraciones éticas y de las exigencias del mercado consumidor por estándares elevados de calidad y sostenibilidad. El estado de bienestar de los peces tiene implicaciones directas en la producción y sostenibilidad de la industria acuícola. Los peces criados en ambientes con menores fuentes de estrés experimentan un buen estado de bienestar y, por lo tanto, son menos susceptibles a

enfermedades y al uso de medicamentos, presentan mejores tasas de crecimiento, un producto final de mejor calidad y un mayor retorno económico. Adicionalmente, los consumidores en América Latina, América del Norte y Europa están cada vez más atentos a las cuestiones de bienestar asociadas a las prácticas de producción intensiva y esperan que los piscicultores adopten medidas y estrategias más alineadas con la garantía de buenas condiciones de bienestar animal.

En este manual compartimos información y datos con base científica sobre cómo implementar buenas prácticas de producción de salmón del Atlántico (*Salmo salar*), tilapia (*Oreochromis sp.*) y pangasius (*Pangasianodon hypophthalmus*), con el objetivo de mejorar los indicadores de bienestar animal en la cadena de suministro de Minerva Foods y en la acuicultura global.

El estrés y sus consecuencias sobre el bienestar animal en la acuicultura

Los peces, al igual que otros animales vertebrados, poseen un sistema nervioso central (SNC) compuesto por encéfalo y columna vertebral. Estudios científicos de los últimos 25 años confirman que presentan habilidades cognitivas complejas como la memoria y son capaces de experimentar emociones asociadas al placer y al sufrimiento, siendo entonces clasificados como animales sintientes.

El bienestar animal es el estado físico y mental de un individuo en relación con las condiciones de vida y sacrificio. Puede variar de muy alto a muy bajo y/o de muy bueno a muy pobre, dependiendo de las condiciones de manejo y, en consecuencia, del nivel de estrés al cual están expuestos. La respuesta al estrés es una reacción natural que ayuda a los peces a adaptarse a cambios ambientales, mejorando sus posibilidades de supervivencia. Sin embargo, cuanto más intenso y prolongado es el estrés, como en casos de caída acentuada en los niveles de oxígeno disuelto en el agua, mayor será la dificultad de adaptación de los peces. Esta situación perjudica directamente su bienestar, afectando su salud, desarrollo y, en casos más extremos, llevándolos a la muerte.

Fuentes de estrés durante el ciclo productivo

- Alimento balanceado y adecuado para la especie;
- Oferta de alimento en la cantidad correcta y de forma regular;
- Densidad de almacenaje adecuada y buen control de los parámetros del agua.

- Alimento desbalanceado
- Exceso o falta de alimento

- Alta densidades
- Parámetros de calidad del agua fuera del rango de tolerancia
- Alta carga de materia orgánica

- Manejo fuera del agua
- Ausencia de plan de medicina veterinaria preventiva
- Transporte en hielo
- Sacrificio sin aturdimiento

- Mezcla frecuente de lotes
- Competencia por acceso al alimento
- Altas densidades
- Presencia de depredadores

Aumento del estrés

Alto grado de bienestar animal

Crecimiento y bienestar comprometidos

Bajo grado de bienestar animal

Muerte

Resumen de las consecuencias del estrés en peces de producción:

Empeoramiento de la tasa de crecimiento

Los peces sometidos a situaciones de estrés degradan compuestos ricos en energía (p. ej., carbohidratos, proteínas y grasa) para lidiar con la situación, en lugar de crecer. Esto reduce la eficiencia alimenticia, perjudica el desarrollo y la calidad de la carne, como la textura y el sabor.

Inmunosupresión

El estrés debilita el sistema inmunológico de los peces, aumentando el riesgo de enfermedades. Durante la vacunación o manejo críticos, el estrés puede reducir la eficacia de la respuesta inmunológica.

Reducción de la eficiencia reproductiva

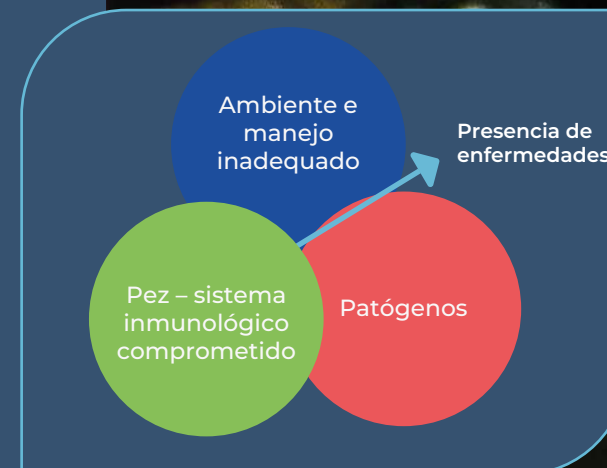
En reproductores, el estrés perjudica la calidad y/o cantidad de los gametos (óvulos o espermatozoides), afectando la producción de alevines.

Empeoramiento de la calidad de la carne pre-sacrificio

Los peces sometidos a situaciones de estrés antes del sacrificio presentan un empeoramiento en la calidad de la carne, debido a alteraciones indeseables del pH provocadas, principalmente, por cambios en el metabolismo anaeróbico de formación del ácido láctico.

Aumento en la tasa de mortalidad

Los peces sometidos a tasas de almacenamiento inadecuadas, pobre calidad del agua, presencia de altas concentraciones de materia orgánica, presencia de depredadores, manejo inadecuado fuera del agua, entre otros factores, pueden presentar un aumento en las tasas de mortalidad fuera de lo esperado.





Evaluación de bienestar animal en la acuicultura

El bienestar de los peces puede medirse a través de indicadores directos e indirectos, organizados en 5 dominios: nutrición, ambiente, salud, comportamiento y estado mental. Sin embargo, como la evaluación del estado mental en animales aún es compleja y difícil de emplear en condiciones de campo, los protocolos de evaluación de bienestar animal simplifican el enfoque en los cuatro principios básicos descritos en la Tabla 2 (*Welfare Quality*[®]).

Los indicadores descritos se basan en protocolos de evaluación reportados en la literatura, ya que no existe un protocolo de evaluación de bienestar exclusivo para peces, desarrollado por Welfare Quality.[®] Los indicadores pueden evaluarse con base en medidas tomadas en los animales o en el ambiente.

Tabla 2.
Principios y criterios para evaluación de bienestar animal de acuerdo con el [Welfare Quality](#)[®].
Indicadores basados en los protocolos de [RSPCA](#), [HFCA](#) y [Pedrazzani](#)

Principio de evaluación	Criterio de bienestar animal	Indicador
Buena alimentación	<ul style="list-style-type: none">Ausencia de hambre prolongada	Tasa de conversión alimenticia, tiempo de ayuno, métodos de distribución del alimento, proteína cruda
Buen alojamiento	<ul style="list-style-type: none">Comodidad al momento del descansoConfort térmicoFacilidad de movimiento	Densidad, parámetros de calidad del agua (p. ej., pH, %O ₂ , temperatura, etc.) y cambios en el comportamiento de los animales (p. ej., peces que permanecen cerca de la entrada de agua)
Buena salud	<ul style="list-style-type: none">Ausencia de lesionesAusencia de enfermedadesAusencia de dolor inducida por el manejo	Presencia de alteraciones físicas, ectoparásitos, uso de sedantes/anestésicos en las prácticas de manejo, uso y efectividad del aturdimiento previo al sacrificio
Comportamiento apropiado	<ul style="list-style-type: none">Expresión de comportamientos socialesExpresión de otros comportamientosRelación humano-animalEstado emocional positivo	Competencia por el acceso al alimento, tiempo de exposición al aire, comportamiento de alimentación, comportamiento de natación, uso de recursos de enriquecimiento ambiental y control de depredadores

Buenas prácticas de nutrición y alimentación

La alimentación impacta directamente en el bienestar de los peces y puede representar más del 50% de los costos de producción. Los productores deben garantizar una dieta que esté de acuerdo con las necesidades nutricionales de cada especie y fase de vida, siempre en cantidad suficiente para todos los peces, evitando estados de hambre prolongada, exceso de interacciones competitivas/agresivas y desperdicios. A continuación, describimos los principales factores/recomendaciones de buenas prácticas de nutrición para acuicultura:



Exigencias nutricionales

La salud y el desarrollo adecuados dependen en parte de satisfacer los requerimientos nutricionales de los peces. La nutrición adecuada depende de la calidad de las materias primas y de la formulación de la dieta. Existen algunos sitios gratuitos como el de la [FAO](#) para conocer los requerimientos nutricionales de cada especie y categoría de desarrollo, con tablas de la composición de las principales características nutricionales de cada materia prima. Además, otros sitios gratuitos como el [IAFFD](#) permiten la formulación de dietas.

Desde el punto de vista bioquímico existen tres componentes fundamentales de las células: proteínas, carbohidratos y lípidos. Las proteínas son el componente estructural y fundamental del funcionamiento biológico en los peces. Están compuestas por aminoácidos, los cuales se dividen en esenciales y no esenciales. Los esenciales no pueden ser sintetizados y deben estar presentes en requerimientos mínimos en las dietas formuladas para evitar deficiencias. La ausencia de un aminoácido esencial limita la síntesis de una proteína y, por lo tanto, interfiere en la fisiología normal del pez. Los aminoácidos no esenciales pueden ser sintetizados a partir de otros aminoácidos.

En la naturaleza, los peces obtienen de la diversidad de alimentos consumidos todos sus requerimientos nutricionales. Por ejemplo, en la naturaleza el salmón del Atlántico en los ríos se alimenta principalmente de insectos, crustáceos y moluscos acuáticos, incluyendo larvas y ninfas de quironómidos, efímeras, tricópteros, simúlidos y plecópteros. En el mar, el salmón del Atlántico consume una variedad de organismos marinos, incluyendo crustáceos como eufausiáceos (*krill*), anfípodos y decápodos, además de peces como el lanzón de arena (*sand lance*), eperlano (*smelt*), sábalos (*alewives*), arenque (*herring*), capelán (*capelin*), pequeñas caballas (*small mackerel*) y pequeños bacalaos (*small cod*).

Salmón del Atlántico

A continuación, la Tabla 3 presenta los requerimientos mínimos de proteína cruda en el alimento, y la Tabla 4 presenta los requerimientos mínimos de micronutrientes para cada fase de desarrollo del salmón.

Tabla 3.

Requerimientos mínimos de proteína cruda, tamaño de partícula y tasa de alimentación de acuerdo con el peso vivo y la temperatura del agua para el Salmón del Atlántico.

Peso (g)	% proteína cruda	Tamaño de partícula (mm)	Tasa de alimentación (% peso vivo/día)				
			4 °C	8 °C	12 °C	16 °C	18 °C
< 0,3	50 - 55	0,3	<i>Ad libitum</i>				
0,3 – 0,8	50	0,5	2	3	4,0	4,5	4,5
0,8 – 1,5	50	0,8	1,8	2,7	3,1 – 3,5	3,9 – 4,5	3,9
1,5 - 5	50	1 – 1,2	1,8	2,7	3,5	3,9	3,4 - 3,9
5 - 10	50	1,5 – 1,8	1,6	2,1	3,1	3,4	3,4
10 -30	45 -50	2	1 – 1,4	2	2,7	3,1	3
30 – 100	48 - 50	3	1 – 1,5	1,3 – 1,9	2 – 2,2	2,7 – 2,8	2,5 – 2,6
100 - 250	46 - 48	4	1,3 - 1,5	1,9	2,2 – 2,3	2,6 - 2,8	
250 - 500	44 - 46	5	1,2 - 1,3	1,7 – 1,9	1,7 - 2,3	2,3 – 2,6	
500 - 1000	44 - 46	6	0,8 - 1	1 – 1,4	1 – 1,4	1,8 - 2	
1000 - 2000	42	7 – 7,5	0,5 – 0,7	0,7 - 1	0,7 - 1	1,2 -1,5	
2000 - 3000	40	9	0,5	0,7	0,7	1,1	
> 3000	40	11	0,5	0,6	0,6	1	



Salmón del Atlántico

En el caso del salmón, existe una intolerancia a las altas cargas de carbohidratos, por lo que los límites máximos están entre 10-12% de la dieta. Las proporciones de PD (proteína digestible) para ED (energía digestible) para el crecimiento óptimo fueron determinadas: alevines, 23 g/MJ; juveniles, 20 g/MJ; crecimiento (0,2–2,5 kg), 19 g/MJ; y crecimiento (2,5–4 kg), 16–17 g/MJ. La necesidad de AGP (ácidos grasos esenciales) en el salmón del Atlántico solo puede ser satisfecha mediante el

suministro de ácidos grasos de cadena larga altamente insaturados: ácido eicosapentaenoico (EPA), 20:5n-3, y/o ácido docosahexaenoico (DHA), 22:6n-3. Hasta la fecha, la principal fuente de EPA y DHA es el aceite de pescado de peces marinos (MFO). Con base en los datos de la composición total de ácidos grasos del cuerpo y los tejidos, la necesidad estimada de AGP para el salmón es del 1% de la dieta para EPA y DHA combinados.

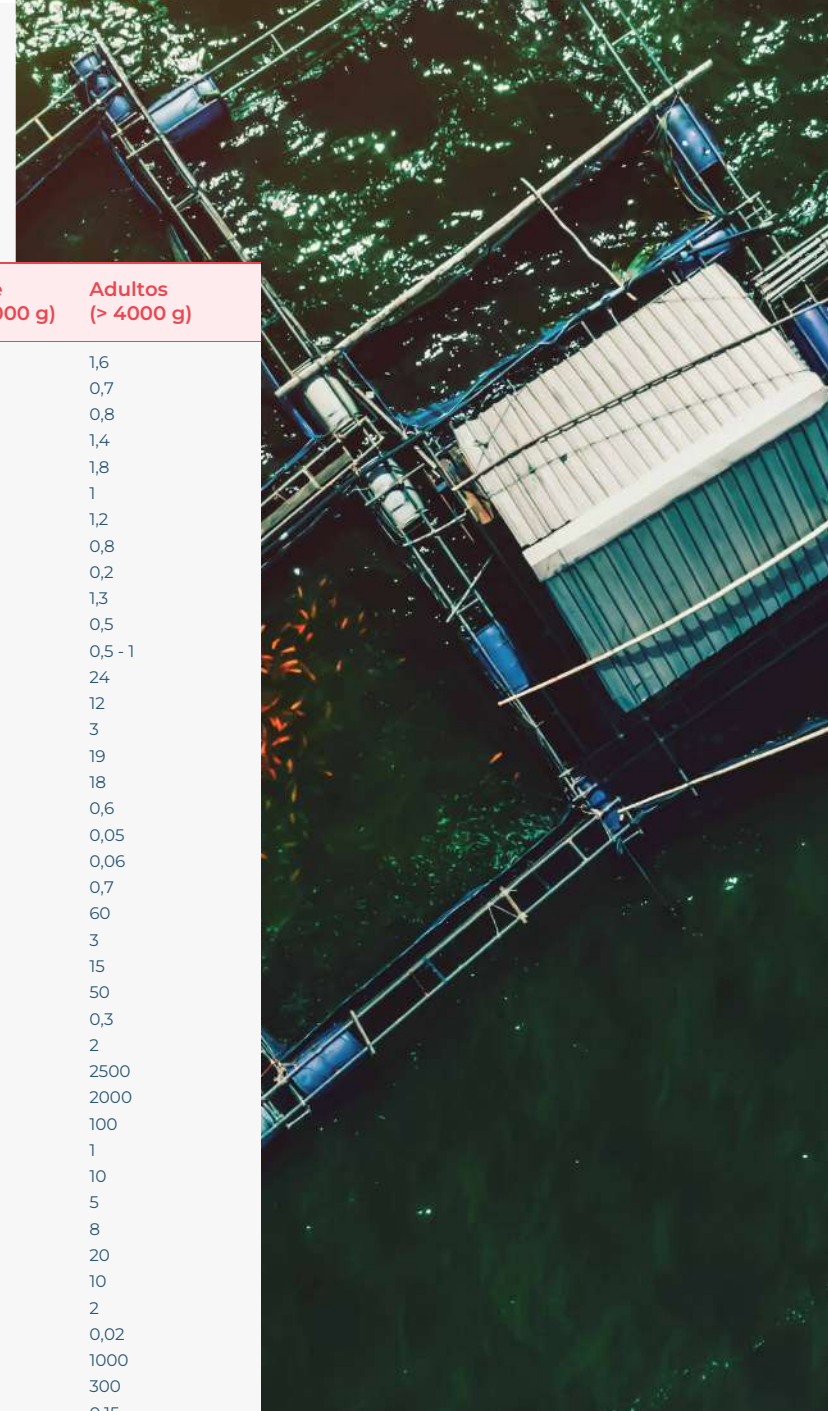
La deficiencia de AGP causa reducción en el crecimiento, aumento de la mortalidad y reducción de las concentraciones de EPA y DHA en los fosfolípidos sanguíneos y hepáticos. Investigaciones recientes han demostrado que es posible reemplazar la mayor parte del MFO con aceites vegetales y aún mantener el crecimiento y la utilización óptima del alimento durante la mayor parte del ciclo de vida. La sustitución parcial de MFO en dietas para peces por fuentes lipídicas vegetales y animales afecta la composición lipídica tisular y celular.



Tabla 4.

Requerimientos mínimos de aminoácidos, ácidos grasos esenciales, minerales y microelementos para el Salmón del Atlántico.

Grupo	Nutrientes	Larvas (0,3 – 1 g)	Alevines (1 – 5 g)	Alevin Parr (5 – 30 g)	Juvenil Smolt (30 – 80 g)	Engorde (100 – 4000 g)	Adultos (> 4000 g)
Amino ácidos, % mínimo da proteína	Arginina	2	2	2	1,6	1,6	1,6
	Histidina	0,7	0,7	0,7	0,8	0,7	0,7
	Isoleucina	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
	Leucina	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
	Lisina	2	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
	Metionina	1,1	1	1	1	1	1
	Fenilalanina	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
	Treonina	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
	Triptofano	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Ácidos grasos esenciales, % min	Valina	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
	20:5n-3	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
	22:6n-3	0,5 - 1	0,5 - 1	0,5 - 1	0,5 - 1	0,5 - 1	0,5 - 1
Lípidos, % min		16 – 18	20	20	20 -24	20-30	24
Carbohidratos % max		10	10	12	12	12	12
Fibra, % max		2	3	3	3	3	3
Energía digestivel, min kJ/g		19	19	19	20	20	19
Relación proteína/energía, mg/kJ		23 – 24	22 – 23	21 – 22	20 - 21	17 – 18	18
Minerales (%)							
	Fósforo, min	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6
	Magnesio, min	0,05	0,05	0,05	0,05		0,05
	Sodio, min	0,06	0,06	0,06	0,06		0,06
Microelementos, min mg/kg	Potasio	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
	Hierro	60	60	60	60	60	60
	Cobre	3	3	3	3	3	3
	Manganeso	15	15	15	15	15	15
	Zinc	50	50	50	50	50	50
	Selenio	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
	Yodo	1	1	1	2		2
	Vit A	2500	2500	2500	2500	2500	2500
	Vit D	2400	2400	2400	2000	2000	2000
Vitaminas, min IU/kg	Vit E	50 - 100	50 - 100	50 - 100	50 – 100	100	100
	Vit K	1	1	1	1	1	1
Vitaminas, min mg/kg	Tiamina	10	10	10	10	10	10
	Riboflavina	5	5	5	5	5	5
	Piridoxina	8	8	8	6	6	8
	Ácido pantoténico	20	20	20	20	20	20
	Niacina	10	10	10	10	10	10
	Ácido fólico	2	2	2	2	2	2
	Vit B12	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
	Colina	800	800	1000	1000	1000	1000
	Inositol	300	300	300	300	300	300
	Biotina	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
	Vit C	50	50	50	50	50	50



En el salmón, los signos de deficiencia mineral y de otros nutrientes incluyen:

- mineralización ósea reducida
- anorexia (potasio)
- catarata del cristalino (zinc)
- deformidades esqueléticas (fósforo, magnesio, zinc)
- erosión de las aletas (cobre, zinc)
- nefrocalcinosis (toxicidad por magnesio y selenio)
- tetania (potasio)
- hiperplasia de la tiroides (yodo)
- distrofia muscular (selenio)
- anemia microcítica hipocrómica (hierro)

Tilapia

En el caso de la tilapia, los requerimientos de proteína cruda, tipo de gránulo, tamaño del gránulo, tasa de alimentación en relación al peso vivo y el número de comidas pueden encontrarse en la Tabla 5. Aunque faltan informaciones sobre las necesidades cuantitativas exactas de nutrientes para otras etapas de

vida de la tilapia, puede esperarse que los peces juveniles (0.02-10.0 g) necesiten una dieta más rica en proteínas, lípidos, vitaminas y minerales y más baja en carbohidratos. Los juveniles (10-25 g) requieren más energía de lípidos y carbohidratos para el metabolismo y una menor proporción de proteína para el crecimiento.

crecimiento. Los peixes (>25,0 g) necesitan aún menos proteína en la dieta para el crecimiento y pueden utilizar niveles aún mayores de carbohidratos como fuente de energía.

Tabla 5.
Requerimientos mínimos de proteína cruda, tamaño de partícula, tasa de alimentación de acuerdo con el peso vivo y frecuencia de alimentación para tilapia.

Fase de vida	Peso (g)	Proteína cruda %	Tipo de alimento	Tamaño da partícula (mm)	Tasa de alimentación (% peso vivo)	Frecuencia mínima de alimentación (Nº/día)
Larvas	0 - 1	45 - 50	Polvo	0,2 - 1	15 -30	<i>Ad libitum</i>
Alevinos	1 - 5	40	Pellet	1 – 1,5	5- 15	> 3
	5 -20	35-40	extrusado	1,5 – 2	4 – 8	> 3
Juveniles	20 - 100	30 -36	Pellet extrusado	2	3 – 6	> 3
Engorde	> 100	28-32	Pellet extrusado	3 - 4	2	> 2
Reproductores	> 150	40 - 45	Pellet extrusado	4	2	> 2

Tabla 6.
Requerimientos mínimos de aminoácidos, ácidos grasos
esenciales, minerales y microelementos para tilapia.

Grupo	Nutrientes	% min de proteína en la dieta
Aminoácidos	Arginina	1.18
	Histidina	0.48
	Isoleucina	0.87
	Leucina	0.95
	Lisina	1.43
	Metionina	0.75
	Fenilalanina	1.05
	Treonina	1.05
	Triptófano	0.28
	Valina	0.78
Ácidos grasos esenciales, % min	18:2n-6	0.5 – 1.0
	22:4n-6	1.0
Carbohidratos % max		40
Fibra, % máx		8 -10
Relación proteína/energía, mg/kJ		110 -120
Minerales (%)	Calcio, max	0.7
	Fósforo, min	0.8 – 1.0
	Magnesio, min	0.06 – 0.08
	Potasio	0.21 – 0.33
Microelementos, min mg/kg	Hierro	60
	Cobre	2-3
	Manganeso	12
	Zinc	30 -79
	Selenio	0.4
	Cromo	139.6
	Vit A	5,000
Vitaminas, min IU/kg	Vit D	375
	Vit E	50 – 100
Vitaminas, min mg/kg	Vit K	4.4
	Tiamina	4
	Riboflavina	5 – 6
	Piridoxina	1.7 – 9.5
	Ácido pantoténico	10
	Niacina	26 – 121
	Ácido fólico	0.5
	Vitamina B12	No es necesario
	Colina	1000
	Inositol	400
	Biotina	0.06
	Vit C	420



Pangasius

En general, los estudios sobre las necesidades nutricionales del pangasius son limitados y muy dispersos. Las investigaciones más recientes se han concentrado en las necesidades de proteínas, lípidos y carbohidratos, con estudios sobre la utilización de ingredientes del alimento (digestibilidad) y las necesidades de aminoácidos siendo conducidos principalmente para alevines.

La necesidad de proteína cruda para el crecimiento máximo es de 38,5% para el pangasius de aproximadamente 2 g, y el nivel adecuado de proteína para el crecimiento ideal es de 29% a 33%. Los alevines más grandes (5–6 g) requieren una dieta con menos proteína, aproximadamente 32,2%, con un contenido energético de 20 KJ/g. Existe una relación inversa entre el tamaño del pez y la necesidad proteica

De acuerdo con Glencross et al. (2010), peces de 5 a 50 g requieren 34 a 36% de proteína en la dieta, peces de 50 a 100 g requieren 32 a 34%, peces de 100 a 300 g requieren 30 a 32%, peces de 300 a 500 g necesitan 28 a 30% y peces con más de 500 g requieren 24 a 26% de proteína.



Tabla 7.
Requerimientos nutricionales de panga.

Grupo	Nutrientes	% mín da proteína en la dieta
Aminoácidos	Lisina	5.35
	Metionina	2.27
Proteína, % mín		38.5
Lípidos, % mín		6.5
Carbohidrato, % max		47
Fibra, % máx		2
Energía, min kJ/g		21

Tabla 8.

Características del alimento para panga con tamaño de partícula, tasa de alimentación y número de comidas por día.

Fase de vida	Peso (g)	Días de eclosión	Tipo de alimento	Tamaño de partícula (mm)	Tasa de alimentación (% peso vivo)	Frecuencia mínima de alimentación (Nº/día)
Larvas	0.01	1				<i>Ad libitum</i>
	0.5	2 -15				<i>Ad libitum</i>
Alevinos	30	16 -30	Harina/pellet	< 0.7	8 -10	> 4
	31 - 100	31 - 90	Pellet	1.2 - 2	6 - 8	> 3
Juveniles	101 - 800	91 - 150	Pellet	3	2 - 5	> 2
Engorde	801 - 1220	151 - 330	Pellet	5	1.5 - 3.5	> 2
Reproductor	> 1220	> 330	Pellet	8	1.5 - 3.5	> 2

Almacenamiento de alimentos y bioseguridad

El almacenamiento del alimento deberá realizarse en espacios acondicionados especialmente para ello, en un lugar seco y protegido de la luz, con control de acceso a otros animales como aves y roedores. Los sacos de alimento deberán colocarse sobre paletas y no directamente sobre el piso, y alejados de las paredes.

En caso de alimentación manual, los equipos de cuidadores deberán contar con utensilios separados para cada sala y/o categoría de pez (larvas, alevines, engorde). Los utensilios nunca deberán compartirse entre grupos de peces de distintas categorías, ya que representa un riesgo en la diseminación de patógenos.

Almacene el alimento en lugares cerrados, secos y protegidos del ingreso de plagas, coloque los sacos de alimento sobre paletas y alejados de las paredes.

Tiempos de ayuno

El control del tiempo de ayuno se vuelve fundamental para evitar estados de hambre prolongada previo a los manejo, transporte y sacrificio. Además, en casos donde las condiciones climáticas impidan la alimentación de los peces en mar abierto, deberán existir protocolos de contingencia para el suministro de alimento a los peces.

El ayuno prolongado, más allá del hambre, induce el catabolismo de proteínas para suplir las necesidades metabólicas; este período es más crítico en especies tropicales como la tilapia y el pangasius que poseen un metabolismo acelerado, en contraste con peces de aguas frías como el salmón del Atlántico. Antes del sacrificio, el ayuno prolongado puede cambiar la composición de la grasa intramuscular, llevando a alteraciones sensoriales indeseadas en el producto final.

● Salmón del Atlántico:

antes de manejo 48h fase de agua dulce,
antes de manejo 72h fase de agua marina,
antes del sacrificio hasta 7 días, o 70 grados día.

● Tilapia:

antes de manejo hasta 24h, antes del
sacrificio hasta 48h

● Pangasius:

antes de manejo hasta 24h, antes del
sacrificio hasta 48h

Distribución del alimento y frecuencia de alimentación

La distribución adecuada del alimento depende del tiempo en que el alimento debe ser consumido por los peces, del espacio en la lámina de agua, del tamaño de partícula y de las características del alimento.

Salmón del Atlántico:

El alimento es peletizado y se hunde al entrar en contacto con el agua; el salmón consume el alimento en la columna de agua.

Tilapia:

El alimento pasa por un procedimiento de extrusión que permite que las partículas floten en la superficie del agua, por lo tanto, las tilapias ascienden a la superficie para consumir el alimento.

Pangasius:

Es un pez que se alimenta en el fondo; en este sentido, el alimento debe ser peletizado y extruido para lograr diferentes densidades, permitiendo que la partícula se hunda a distintas velocidades. De esta manera, el consumo del alimento ocurrirá en la superficie del agua, en la columna de agua y en el fondo del tanque.



Las condiciones de calidad del agua determinan las prácticas de alimentación. Antes del suministro de alimento, verifique las condiciones de temperatura, oxígeno disuelto (OD) y NH_3 en el agua. El régimen de alimentación deberá ajustarse de acuerdo con la temperatura del agua en el caso de la tilapia y el pangasius.

Se recomienda evitar lugares de producción donde la temperatura del agua esté por debajo de los 15 °C o por encima de 32 °C, ya que a estas temperaturas no se recomienda alimentar a las tilapias.

Verifique las condiciones de coloración, olor y textura del alimento antes de ser suministrado a los peces; nunca proporcione alimento con apariencia u olor alterados.

Verifique que el tamaño de partícula del alimento sea compatible con el tamaño y categoría de cada especie que será alimentada.

Distribuya el alimento en más del 70% de la superficie del agua; de esta manera se garantiza que todos los peces puedan tener acceso al alimento, reduciendo interacciones agresivas.

Evite alimentar tilapias y pangasius durante las primeras horas de la mañana entre las 5-8 AM debido a los bajos niveles de oxígeno disuelto.

Verifique las condiciones de calidad del agua. Valores de oxígeno por debajo de 4 mg/L o valores de nitrógeno amoniacal no ionizado (NH_3) por encima de 0,1 mg/L pueden perjudicar gravemente la conversión alimenticia.

En la naturaleza, el salmón, la tilapia y el pangasius se alimentan varias veces al día dependiendo de la disponibilidad de alimento, presentando su primer pico de actividad en la mañana y al final de la tarde. En la acuicultura, el salmón se alimenta regularmente a lo largo del día en pequeñas porciones, incluyendo el inicio de la noche.

Alimente al salmón a lo largo del día en pequeñas porciones, verificando el comportamiento de los peces mediante cámaras subacuáticas.

Después de verificar los niveles de oxígeno disuelto, confirme el "apetito" de los peces al inicio de cada alimentación, para evitar el desperdicio de alimento.

Registre la cantidad de alimento suministrada diariamente y monitoree el crecimiento de los peces realizando biometrías al menos cada 3 semanas, en una muestra representativa.

Calcule la conversión alimenticia (FCR).

Buenas prácticas de alojamiento

Calidad del agua

Los peces de producción son alojados en condiciones de confinamiento; en este sentido, los productores son responsables de proporcionar un ambiente acuático adecuado que permita el desarrollo adecuado de cada especie, que permita la libertad de movimientos y una calidad de agua dentro del rango de tolerancia para cada especie.

Las jaulas flotantes deben estar bien fijadas al lecho del cuerpo de agua para garantizar que soportarán las condiciones climáticas del lugar de producción. La planificación previa es fundamental para elegir un lugar que cumpla con condiciones de mantenimiento y de suministro de agua de buena calidad.

En el caso de sistemas de estanques excavados, o IPRS, las condiciones del suelo determinan también el éxito en la piscicultura. Evite suelos con alta porosidad, con pH extremadamente ácidos o alcalinos.

Disponibilidad de agua

Garantice la disponibilidad de agua incluso en las épocas de sequía.

Realizar análisis fisicoquímicos

Se recomienda realizar análisis fisicoquímicos completos en el agua de abastecimiento que permitan evaluar la presencia de metales (Cd, Cu, Zn, Al, H₂S) y otros compuestos tóxicos al menos una vez al año.

Flujo y la calidad del agua

El flujo y la calidad del agua son fundamentales para el desarrollo zootécnico, garantizando que parámetros como oxígeno disuelto, temperatura, pH, alcalinidad, dureza y compuestos nitrogenados se mantengan dentro del rango de tolerancia para cada especie y fase de desarrollo.

Los parámetros de calidad del agua

Los parámetros de calidad del agua deberán ser monitoreados con una frecuencia mínima que permita tomar acciones en caso de alteraciones fuera del rango de tolerancia.

Tanques en sistemas (indoor)

Los tanques en sistemas indoor con más de 5 m³ de capacidad deben contar con alarmas de oxígeno disuelto y de nivel de agua.

Tabla 9.
Principales parámetros de calidad de agua recomendados
para Salmón del Atlántico, Tilapia y Pangasius.

Parámetro	Salmón del Atlántico fase de agua dulce	Salmón del Atlántico fase de agua marina	Tilapia	Panga	Frecuencia de monitoreo	Método de análisis	Rango de precio (USD)
OD (mg/L)	7	7	4	2	Dos veces al día	Instrumentos portátiles de monitoreo en línea, análisis electroquímico	100 - 2000
OD saturación (%)	70 - 110	70 - 110	>40% - < 110%	>40% - < 110%	Dos veces al día	Instrumentos portátiles de monitoreo en línea, análisis electroquímico	100 - 2000
T °C	<15	5-15	21 - 35	28-32	Dos veces al día	Instrumentos portátiles de monitoreo en línea, análisis electroquímico	2 -20
pH	5,5 – 8,0	5,5 – 8,0	6,0 – 8,5	6,8 – 8,0	Dos veces al día	Instrumentos portátiles de monitoreo en línea, análisis electroquímico	20 - 100
Alcalinidad (mg/L de CaCO ₃)	50-300	-	30 - 100		Una vez a la semana	Método de titulación estándar (ISO9963-1:1994) Hach Method 8203 – Titulación Digital con Ácido Sulfúrico, pruebas	100
Transparencia (cm)		-	30-45		Una vez a la semana	Observación visual del disco de Secchi	10
Amoníaco no ionizad (mg/L de NH ₃)	<0,025 *	-	<0,05	<0,05	Una o dos veces a la semana	Cromatografía iónica, instrumentos portátiles IC en línea - monitoreo de pruebas espectrofotométricas rápidas	20 - 100
Nitrito (mg/L de NO ₂)	150 *	-	<0,5	<0,1	Una o dos veces a la semana	Cromatografía iónica, instrumentos portátiles IC en línea - monitoreo de pruebas espectrofotométricas rápidas	
Salinidad (ppt parts per thousand)	Esmoltificación	15-35	<10 ppt	<13 ppt	Una vez a la semana	Cromatografía iónica, IC portátil, instrumentos.	20 -100
CO ₂ (mg/L)	<20*				Una vez a la semana	Instrumentos portátiles de monitoreo en línea, análisis electroquímico, test	20

*No aplica para sistemas de flujo abierto (flow-through systems)
- No aplica para sistemas de jaulas en el mar.
Los espacios en blanco significan que no existe información suficiente.



Densidades de alojamiento

Salmón del Atlántico

La densidad debe ser adecuada para cada especie y fase de desarrollo, permitiendo así un espacio adecuado para cada individuo; el aumento de la densidad puede llevar a problemas de comportamiento, siendo un agente estresor que empeora el grado de bienestar de los peces. En la Tabla 10 se muestran valores de densidades máximas recomendadas para salmón del Atlántico.
Fuente: [HFAC para salmón del atlántico \(2025\)](#).

Tabla 10.
Densidades máximas de alojamiento
recomendadas para salmón del atlántico.

Incubación (canastillo 40 x 40 cm)	Primera alimentación (peces/m²)	Hasta 1 g	1 - 5 g	5 - 30 g	30 – 50 g	> 50 hasta 130 g	Smolt hasta sacrificio
<20.000 ovas	<12.000	< 10 kg/m³	< 25 kg/m³	< 35 kg/m³	< 50 kg/m³	< 60 kg/m³	< 22 kg/m³

Tilapia e Panga

En el caso de la tilapia, las densidades máximas en la fase de incubación y alevinaje dependen del mantenimiento de la calidad del agua. En el caso de la etapa de engorde donde se almacenan peces de más de 50 g, se recomiendan las densidades máximas de acuerdo con el sistema de producción (Tabla 11, fuente: ICA, 2023).

Tabla 11.
Densidades máximas de alojamiento recomendadas para tilapia.

Estanque en tierra	IPRS (Intensive Pond Raceway System)	Jaula de red	Estanques con geomembrana	RAS (Recirculating Aquaculture System)
2-9 kg/m ²	< 15 kg/m ³	-	9 kg/m ³	10 kg/m ³

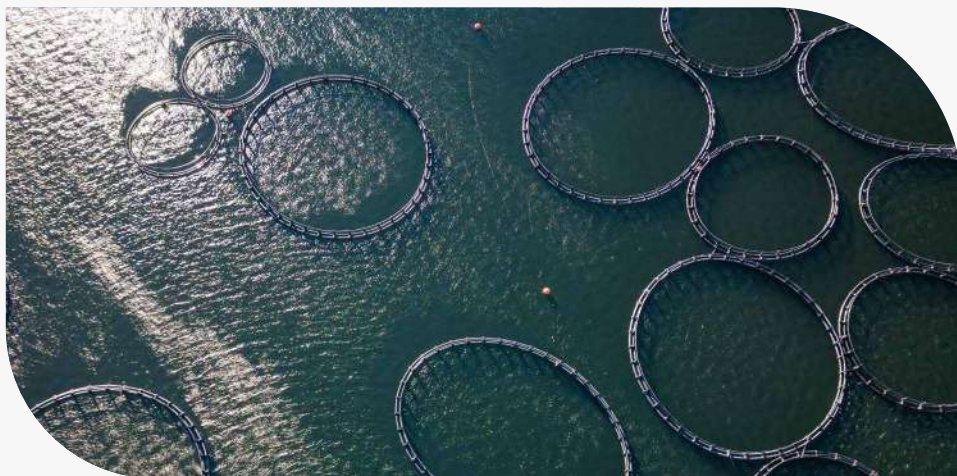
Estas densidades para tilapia aún se encuentran en desarrollo y estudio; la investigación necesita garantizar que dichas densidades cumplan con criterios mínimos de bienestar animal.



Densidad del Pangasius

En el caso del pangasius, no se han establecido densidades máximas de cultivo. Estudios recientes demuestran un mejor desempeño zootécnico y menores niveles de estrés en juveniles de pangasius mantenidos a 60 individuos/m³, con un peso promedio inicial de 17.5 ± 0.2 g y un peso promedio final de 180 g después de 90 días de cultivo en sistema cerrado con recambio del 30% del volumen de agua y remoción de heces por sifoneo cada dos días

Un estudio en condiciones de laboratorio estimó densidades ideales para pangasius (5.5 g) en 10 peces/150 L, equivalentes a 66 peces/m³ durante 60 días de producción, incluyendo la remoción diaria de heces por sifoneo y la reposición del agua. Las condiciones de calidad del agua se mantuvieron en: temperatura 27-29 °C, oxígeno disuelto (OD) 5.6-6.8 mg/L, pH 7.3-7.7 y amoníaco total 0.7-1.4 mg/L.



Un ensayo en condiciones de laboratorio utilizando Tecnología de Bioflocos (*Bioflocs Technology – BFT*), demostró que pangasius (7.34 ± 0.06 g) cultivados durante 90 días en densidades más bajas (150 peces/m³), en comparación con densidades más altas (180, 210, 240 o 270 peces/m³), presentaron mayor ganancia de peso, mejor conversión alimenticia, menores niveles de enzimas hepáticas, mejor control de los parámetros de calidad del agua y mayor tasa de supervivencia tras un desafío con (*Aeromonas hydrophila*).

Un estudio en condiciones de cultivo en Bangladesh (país tropical) mostró que pangasius alojados en jaulas (6 m x 3 m x 2.1 m) con un peso inicial de 50 g y un peso final de 649 g, después de 90 días de cultivo, presentaron un mejor desempeño con una densidad de 19 peces/m³ en comparación con densidades mayores (22 o 25 peces/m³) en términos de ganancia de peso diaria, conversión alimenticia y tasa de supervivencia. Las condiciones de calidad del agua registradas fueron: temperatura 28.59 ± 0.38 °C, OD 5.06 ± 0.06 mg/L, pH 7.02 ± 0.06, amoníaco 0.115 ± 0.0048 mg/L y transparencia 35.85 ± 0.26 cm.



Los sistemas intensivos como IPRS o RAS que renuevan el agua constantemente conducen a la eliminación constante de productos tóxicos que se acumulan en el agua, pero también eliminan sustancias químicas de comunicación entre los peces. Por lo tanto, el lavado constante de estas sustancias causa un estrés adicional, principalmente en especies con el olfato desarrollado como es el caso de la tilapia y el pangasius.

En este escenario, los peces deben señalar su estatus social de forma física mediante interacciones agresivas, un aspecto problemático para especies altamente territorialistas como la tilapia; además, en este tipo de sistema productivo se practica el alojamiento de peces del mismo tamaño, incrementando aún más las interacciones agresivas.

Control de depredadores y escapes

De la misma manera, el control de depredadores aéreos, acuáticos y terrestres usando mallas o redes es fundamental para evitar estrés adicional en los peces. El control de depredadores deberá seguir las normas ambientales y de protección animal de acuerdo con cada país, pero se recomienda no utilizar métodos letales para su control. El alojamiento de los sistemas acuáticos deberá poseer barreras físicas que eviten la entrada de depredadores acuáticos, terrestres y aéreos. El uso de mallas en la fuente de abastecimiento de agua es fundamental para evitar la presencia de otras especies de peces.

De la misma forma, para seguir criterios de sostenibilidad, los sistemas de producción deberán ser diseñados para evitar el escape de peces. La verificación regular de las redes y mallas para evitar que los peces escapen deberá estar insertada en la rutina de manejo de los sistemas de producción. En el caso de estanques excavados, el uso de lagunas de decantación, además de sistemas para remover los compuestos nitrogenados del agua, sirven también como filtro para capturar peces que escaparon de los estanques.

Buenas prácticas sanitarias y de comportamiento

La salud es un pilar fundamental para garantizar un desarrollo zootécnico adecuado. Por lo tanto, la implementación de buenas prácticas sanitarias es esencial en la acuicultura. Las buenas prácticas sanitarias deben incluir un plan de medicina veterinaria preventiva, con medidas de bioseguridad; manejo fuera del agua e estrategias para reducir el estrés; selección de alevines de calidad; recepción y transporte de peces; control de la calidad del agua; eutanasia de peces y planes de contingencia. Reconocer tempranamente los signos de peces enfermos es esencial para reducir la carga de patógenos, así como para aplicar eutanasia en peces moribundos.

El enriquecimiento ambiental ayuda a estimular comportamientos naturales reduciendo el estrés. En conjunto, estas medidas mejoran el bienestar animal, aumentan la productividad y reducen pérdidas económicas, beneficiando a toda la cadena productiva. Algunas medidas básicas de bioseguridad en la acuicultura incluyen:

- Implementar un sistema de identificación de los lotes de peces
- Plan sanitario realizado por médico veterinario
- Registro de la condición sanitaria de los peces
- Registro de ingreso de vehículos y personas en las instalaciones de producción
- Registro de actividad de limpieza y desinfección
- Registro de hallazgos clínicos en la mortalidad discriminando las causas de la mortalidad
- Registro de tratamientos aplicados
- Registro sanitario de los peces nuevos que ingresan al sistema, incluyendo un período de cuarentena
- Registro de control de plagas y almacenamiento de alimento
- Registro de contaminantes en la fuente de agua de abastecimiento.



Buenas prácticas sanitarias y de comportamiento

El manejo de los peces fuera del agua constituye uno de los principales agentes estresantes en la rutina de la piscicultura. En este sentido, se recomienda redactar un protocolo de manejo para situaciones en las que los peces deban permanecer fuera del agua durante más de 30 segundos, como es el caso de biometrías, clasificaciones por tamaño o vacunaciones. El uso de anestésicos antes de la vacunación es esencial para reducir las tasas de mortalidad posvacunación como consecuencia de lesiones traumáticas durante el manejo, y para que la respuesta vacunal sea la esperada.

Después de la vacunación, los peces deben permanecer durante un mínimo de dos semanas en período de descanso, antes de ser transferidos o transportados.

Las recomendaciones generales de buenas prácticas de salud y de comportamiento se encuentran a continuación:



- Monitore el comportamiento de los peces diariamente, al menos dos veces al día durante el momento de la alimentación
- Disponga de la carcasa de los peces muertos de forma adecuada, siguiendo las normativas ambientales locales
- No permita que animales silvestres tengan acceso a la mortalidad
- Evite compartir los utensilios y equipos entre estanques o tanques donde esté ocurriendo un problema sanitario, o se sospeche de una enfermedad
- Desinfecte los utensilios y equipos, lávelos bien con agua corriente antes de cada uso
- Establezca barreras sanitarias para la desinfección de vehículos y personas
- Identifique y retire los peces muertos para evitar la propagación de patógenos a los peces sanos y no empeorar la calidad del agua
- Identifique y retire los peces moribundos y realice un procedimiento de eutanasia recomendado de acuerdo con el tamaño de los peces, siguiendo las recomendaciones del médico veterinario
- Garantice que cada tanque o estanque en tierra tenga una entrada y salida de agua independiente, sin compartir el agua entre estanques
- El compartir agua entre estanques conduce a un empeoramiento de la calidad del agua y favorece la propagación de patógenos
- Realice una limpieza y desinfección general de todas las instalaciones de producción antes de iniciar un nuevo ciclo productivo
- Exija que su proveedor de alevines suministre peces sanos y cumpla con la legislación local sobre pruebas diagnósticas obligatorias

- Solo implemente tratamientos bajo la supervisión y orientación del médico veterinario
- Realice como máximo tres clasificaciones por tamaño durante el período de engorde en el caso de la tilapia y del pangasius
- Realice procedimientos de manejo bajo sedación o anestesia cuando la exposición al aire sea mayor a 30 segundos
- Nunca deje peces morir por asfixia en el aire
- Establezca protocolos de eutanasia para peces moribundos o gravemente lesionados
- Implemente estrategias de enriquecimiento ambiental, principalmente en fases iniciales como la alevinaje



Buenas prácticas sanitarias y de comportamiento

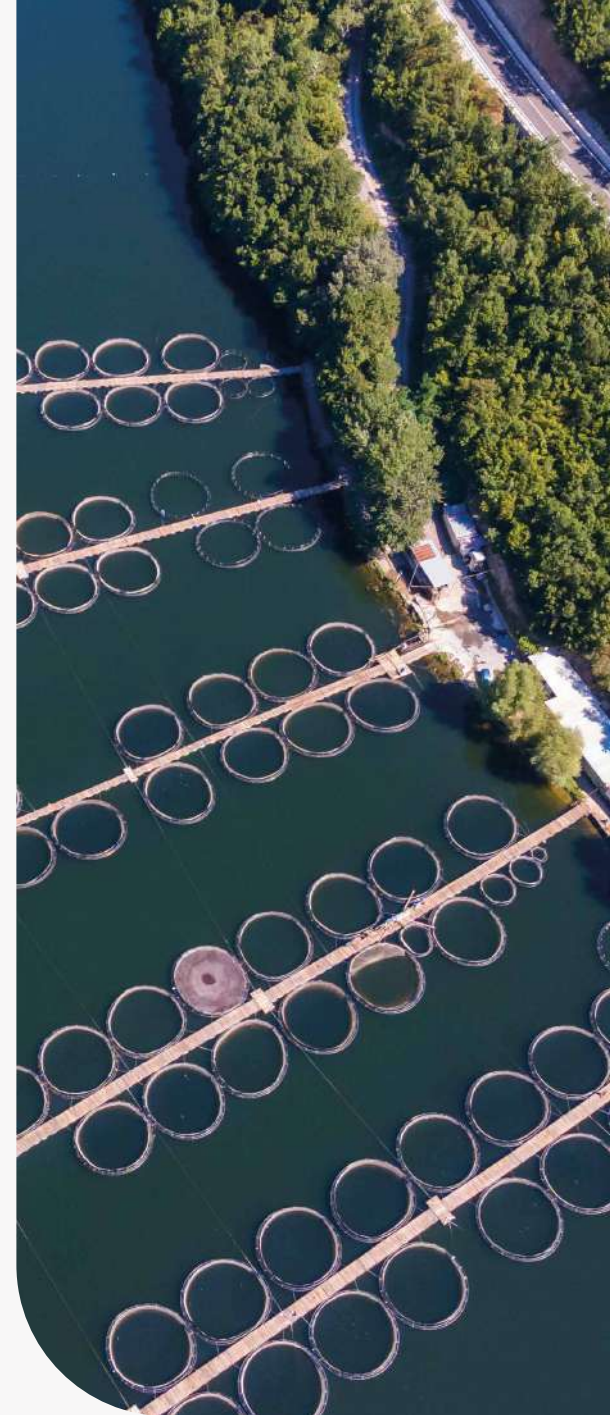
La presencia de hembras en lotes de engorde de tilapia (>150 g) desencadena una cascada de disfunciones zootécnicas: los machos inician comportamiento territorial reproductivo excavando nidos y disputando áreas en el fondo de los tanques. Estas interacciones agresivas generan estrés crónico, con reducción de 30-50% en el consumo de alimento; las interacciones agresivas causan lesiones en la piel y funcionan como puertas de entrada para patógenos.

Consecuentemente, se observa disminución de 15-20% en la tasa de crecimiento y mayor heterogeneidad de tamaño, comprometiendo la eficiencia alimenticia. En este sentido, en la fase larval las tilapias reciben hormona masculinizante en el proceso conocido como reversión o masculinización sexual. Desde el punto de vista de bienestar animal, para evitar la presencia de hembras la tasa de reversión deberá garantizar mínimo 99% de machos.

Enriquecimiento Ambiental

La implementación del enriquecimiento ambiental en la acuicultura surge como una herramienta para promover el bienestar animal y, al mismo tiempo, aumentar la eficiencia productiva. Al introducir elementos que imitan la complejidad del hábitat natural – como estructuras físicas subacuáticas, corrientes de agua variables u oportunidades de forrajeo – es posible estimular comportamientos naturales y reducir significativamente los niveles de estrés crónico en los peces. Este estímulo positivo tiene implicaciones directas y mensurables: la disminución del estrés está intrínsecamente ligada a un sistema

inmune más robusto, lo que se traduce en una menor incidencia de enfermedades y una reducción en el uso de medicamentos. En el ámbito productivo, los animales menos estresados canalizan energía que sería gastada en respuestas de estrés hacia procesos anabólicos, resultando en mejores tasas de crecimiento y conversión alimenticia. Adicionalmente, la reducción de comportamientos estereotipados y de interacciones agresivas (como mordeduras de aletas) mejora la integridad física, reflejándose en un producto final de calidad superior.



Ejemplos prácticos de enriquecimiento ambiental en la acuicultura.



Estructural -Sustrato

El sustrato es particularmente importante para todas las especies durante la época de reproducción. Este sustrato está presente de forma natural en los estanques de tierra para tilapia y pangasius. Este tipo de enriquecimiento puede ser utilizado en sistemas RAS (Sistemas de Recirculación de Acuicultura) para salmón del Atlántico.

Mas información: [Janhuneni et al. \(2021\)](#)



Estructural - Estructuras de refugios y complejidad

El uso de estructuras de refugio para peces, como tubos de PVC cortados longitudinalmente, constituye un método sencillo para implementar este tipo de enriquecimiento en los tanques. Adicionalmente, pueden emplearse estructuras que imiten la vegetación acuática.

Mas infomación [Neto et al. \(2025\)](#), [Prentice et al. \(2025\)](#), [Oliveira et al. \(2024\)](#)



Sensorial – música

La utilización de música clásica ha demostrado beneficios en condiciones de laboratorio y podría ser explorada en condiciones de cultivo comercial.



Sensorial - corriente

La posibilidad de que los peces naden contra o a favor de la corriente constituye una alternativa de enriquecimiento fácilmente implementable en sistemas RAS o en sistemas donde la corriente natural del cuerpo de agua cumple esta función.



Buenas prácticas en el transporte de *smolts* o alevines

Consecuencias del transporte inadecuado

El transporte de smolts en el caso de salmón del atlántico, o alevines de tilapia y pangasius es una parte fundamental del proceso productivo.

La mortalidad de peces postransporte es la principal consecuencia del transporte inadecuado. Además, el estrés de los peces sobrevivientes tendrá consecuencias productivas y sanitarias, debido a que pueden ser peces que no desarrollan su potencial productivo, además de volverse susceptibles a enfermedades.

Los factores de riesgo para un transporte inadecuado están relacionados con el manejo operacional, el estado sanitario de los animales, la pobre calidad del agua, los tiempos largos de transporte y los cambios bruscos de temperatura.



Buenas prácticas en el transporte de *smolts* o alevines

Planificación previa

Antes de los procedimientos, planifique el transporte, incluyendo la ruta, el material necesario y los documentos obligatorios de acuerdo con la legislación local, y estime las densidades en g/L.

En la planificación, también se debe suspender el suministro de alimento de los *smolts* o alevinos a transportar 24 horas antes de los manejos, teniendo en cuenta un tiempo máximo de ayuno de 48 horas.

El día del acondicionamiento, identifique y separe los peces enfermos, con alteración de natación o moribundos. No aglomere los peces durante más de dos horas.

Con objetivo didáctico, siga la siguiente lista de verificación de planificación

1 Planificación del transporte

Incluya ruta, vehículo, condiciones climáticas, planes de emergencia, estado y limpieza de utensilios, capacitación del personal, documentos obligatorios.

2 Cálculo de densidades

¿Han sido calculadas las densidades en kg/m³ o g/L de acuerdo con las particularidades de la ruta?

3 Responsabilidades y operación

¿Están todos los involucrados en el proceso -proveedor, transportista, receptor- conscientes de sus responsabilidades y de la operación?

4 Limpieza y desinfección

¿Están los materiales, utensilios y vehículos debidamente limpios y desinfectados?

5 Equipos y sensores

¿Están todos los equipos y sensores debidamente calibrados?

6 Calidad del agua

¿Está el agua de transporte debidamente preparada?

7 Apoyos en ruta

¿Existe una fuente de agua en la ruta en caso de ser necesaria su utilización?

8 Documentación

Verifique los documentos obligatorios para el transporte.

9 Oxígeno

¿Está disponible el oxígeno?

10 Capacitación del equipo

¿Está el personal debidamente capacitado para el manejo?

11 Eutanasia

¿Existe un protocolo de eutanasia para peces lesionados o moribundos que no puedan ser transportados?

Buenas prácticas en el transporte de *smolts* o alevines

Procedimiento de transporte de *smolts*

Para *smolts* de salmón del Atlántico, planifique no exceder densidades de transporte en los camiones de 100 kg/m³. Recuerde que la densidad depende de la ruta, la capacidad del sistema para mantener la temperatura y los niveles mínimos de oxígeno disuelto (OD) de >7 mg/L.

Todo el procedimiento de transferencia desde los tanques hacia las cajas de transporte debe realizarse dentro del agua y con la mínima exposición al aire.

Verifique que todas las bombas, tuberías y mangueras funcionen correctamente, y recuerde tener un plan de contingencia en caso de falla de los equipos.

El sistema de difusión de oxígeno en los tanques de transporte debe estar libre de aceite, ser capaz de cubrir las necesidades de oxígeno como mínimo en el 50% de la ruta, y contar con un sistema de monitoreo de los niveles de oxígeno.

La transferencia de los *smolts* desde los camiones a los *wellboats* debe realizarse por gravedad, utilizando siempre superficies lisas.

El *wellboats* debe contener un sistema para el monitoreo adicional de CO₂ y contar con extractores para garantizar niveles menores a 20 mg/L.

Generalmente, en los *wellboats* se recomienda utilizar densidades máximas de 50 kg/m³.

Durante el trayecto hacia los lugares de cultivo en el mar, el *wellboat* debe tener un sistema de control de temperatura para que, en el momento de la descarga, la temperatura del agua en el tanque no tenga una diferencia mayor a 2 °C con la temperatura del mar.

- Identifique y separe los peces enfermos, muertos o moribundos.
- No aglomere los *smolts* durante más de dos horas.
- Mantenga niveles mínimos de 7 mg/L de OD en el tanque de aglomeración y durante el transporte.
- Utilice densidades menores a 100 kg/m³ en los tanques de transporte en camiones.
- Utilice densidades menores a 50 kg/m³ en los *wellboats*
- Garantice niveles de CO₂ menores a 20 mg/L en los *wellboats*
- Asegure una diferencia de temperatura entre el *wellboat* y el lugar de cultivo en el mar menor a 2 °C.

Buenas prácticas en el transporte de *smolts* o alevines

Procedimiento de transporte de alevines

Utilice bolsas plásticas resistentes al contacto con los peces. En sistemas cerrados, la densidad de transporte depende de la ruta y del tamaño del alevino, pudiendo variar de 50 a 500 gramos de alevinos por litro de agua.

En altas densidades, la duración del transporte no puede exceder las 5 horas

Utilice materiales lisos durante el manejo de los peces. Para una estimación eficiente de la biomasa, utilice tamices plásticos estandarizados para retirar los peces del agua.

Realice el muestreo recolectando los animales con el tamiz y contando el número de individuos contenidos en una carga completa.

Repita este procedimiento en tres puntos distintos del lote para obtener una muestra representativa, calculando luego el promedio de peces por tamiz.

Con este valor de referencia, transfiera la cantidad equivalente de peces a un recipiente liso y húmedo, posiciionándolo sobre una balanza calibrada para registrar el peso total. La división de este peso por el número de peces muestreados proporcionará el peso promedio individual con un margen de error controlado.

Coloque agua de buena calidad y los peces utilizando 1/3 del espacio de la bolsa plástica y llene los restantes 2/3 con oxígeno puro.

Para tilapia, el uso de hasta 6 g/L de sal marina sin yodo demuestra ser eficiente en la reducción del estrés.

No utilice sal en el caso del transporte de pangasius.

La bolsa plástica debe ser cerrada herméticamente para evitar fugas. Las bolsas plásticas deben ser colocadas en cajas de cartón o de icopor para mantener la temperatura.

La transferencia de los *smolts* desde los camiones a los *wellboats* debe realizarse por gravedad, utilizando siempre superficies lisas. El *wellboats* debe contener un sistema para el monitoreo adicional de CO₂ y contar con extractores para garantizar niveles menores a 20 mg/L.

Generalmente, en los *wellboats* se recomienda utilizar densidades máximas de 50 kg/m³. Durante el trayecto hacia los lugares de cultivo en el mar, el *wellboat* debe tener un sistema de control de temperatura para que, en el momento de la descarga, la temperatura del agua en el tanque no tenga una diferencia mayor a 2 °C con la temperatura del mar.

- Identifique y separe los peces enfermos, muertos o moribundos
- No aglomere los peces durante más de dos horas
- Mantenga niveles mínimos de 5 mg/L de oxígeno disuelto en el tanque de aglomeración
- Calcule la densidad en g/L de acuerdo con el tiempo total de transporte
- Calcule la biomasa y el número de peces a ser asignados por bolsa plástica
- Coloque agua de buena calidad hasta 1/3 del volumen de la bolsa plástica
- Llene el resto de la bolsa (2/3) con oxígeno puro y cierre la bolsa herméticamente
- Coloque la bolsa en cajas de poliestireno o en cajas de cartón

Buenas prácticas en el transporte de *smolts* o alevines

Recepción de alevines

En la recepción de los animales, los peces deben ser descargados en el nuevo sistema sin demoras, con la bolsa aún cerrada.

Aproximadamente 20 minutos después de que la bolsa esté en contacto con el agua del nuevo tanque, abra la bolsa y verifique la temperatura en su interior; esta no debe diferir en más de 2°C con la temperatura del agua del tanque de recepción.

Garantice que el agua de recepción tenga una concentración mínima de OD >5 mg/L de oxígeno y amoníaco <0.1 mg/L. Agregue agua del tanque dentro de la bolsa en pequeñas cantidades cada 10 minutos durante 40 minutos.

Verifique las temperaturas y posteriormente voltee la bolsa con cuidado para que los peces ingresen a los nuevos tanques.



Buenas prácticas en el transporte de peces para sacrificio

Antes del transporte, la planificación de la cosecha es fundamental para garantizar la calidad del manejo y asegurar el proceso de sacrificio humanitario.

Se considera como sacrificio humanitario todos los procedimientos desde la cosecha hasta el sacrificio, cumpliendo con los preceptos de bienestar animal.

En la planificación, el tiempo total de ayuno estimado desde la retirada del alimento hasta el momento del sacrificio no debe exceder 24 horas para especies tropicales como tilapia y pangasius, o 70 grados día para salmón del Atlántico.

Además, de acuerdo con los datos de peso del último muestreo, se debe calcular la densidad (kg/m^3) a transportar. Recuerde que el medio de transporte debe contener una estructura mínima de soporte para mantener los parámetros de calidad del agua dentro de los rangos de tolerancia para cada una de las especies.

Durante la cosecha, utilice siempre redes sin nudos y equipos con superficies lisas que eviten lesiones al entrar en contacto con los peces. Evite al máximo el tiempo de asfixia (<30 segundos) colocando los peces en los tanques de transporte.

Para tilapia se recomienda usar $3\text{-}5 \text{ kg}/\text{m}^3$ de sal marina para ayudar a reducir el estrés durante el transporte. El yeso agrícola también puede ayudar a reducir el estrés en las tilapias a $1\text{-}2 \text{ kg}/\text{m}^3$. En aguas con dureza total superior a $80\text{-}100 \text{ mg de CaCO}_3/\text{L}$ no es necesario agregar yeso al agua de transporte.

A la llegada al matadero frigorífico, la descarga debe ser sin demora; si existen tanques de recepción, estos deben contar con un sistema para mantener la calidad del agua. La descarga debe realizarse por gravedad, verificando que no queden peces en los tanques de transporte, siempre reduciendo los períodos de asfixia. La mortalidad debe ser retirada antes de conducir a la sala de sacrificio.



Buenas prácticas en el transporte de peces para sacrificio

Prepare la documentación obligatoria para el transporte

En caso de fallas, garantice un sistema de soporte para mantener la calidad del agua durante al menos el 50% de la programación de la ruta

Calcule la densidad en kg/m^3

Utilice sal marina en el agua de transporte, en el caso de la tilapia

Para salmón del Atlántico utilice densidades menores a 125 kg/m^3

Descargue el camión por gravedad y sin demora

Para tilapia y pangasius utilice densidades menores a 500 kg/m^3

Mantenga un registro con la información del transporte

Recuerde que la densidad depende del tiempo de la ruta de transporte y de los equipos de soporte para mantener la calidad del agua dentro del rango de tolerancia

Remueva la mortalidad

Incluya en la planificación acciones en caso de imprevistos y emergencia

Mantenga un sistema para preservar la calidad del agua en los tanques de recepción

Verifique que todos los utensilios y equipos estén funcionando antes de los procedimientos

Conduzca los peces al lugar de sacrificio sin exposición al aire

Buenas prácticas de sacrificio humanitario

El sacrificio humanitario se refiere a todos los procedimientos para inducir la muerte sin dolor, en el momento del sacrificio. Para ello, el pez debe pasar por el procedimiento de aturdimiento, donde queda en un estado de inconsciencia en el que no puede percibir estímulos externos ni estímulos dolorosos. La inconsciencia debe ser de suficiente duración para garantizar la muerte sin dolor. Garantizar el procedimiento de sacrificio humanitario es esencial para el bienestar de los peces de cultivo.

El procedimiento de sacrificio humanitario es recomendado por la Organización Mundial de Sanidad Animal (WOAH) en su Código de Animales Acuáticos. Algunos de los métodos comúnmente aplicados en la industria como la hipotermia, asfixia en hielo o en aire, baños de amoníaco o sal, desangrado o procesamiento sin aturdimiento previo no cumplen con los requisitos de bienestar animal, por lo tanto no son recomendados.

El uso de tecnología es crucial para garantizar un aturdimiento eficiente en volúmenes comerciales de sacrificio.

Existen tres métodos principales para inducir inconsciencia en peces: **aturdimiento eléctrico, aturdimiento por concusión mecánica o el uso de anestésicos** (naturales o químicos). Cada método tiene sus propias ventajas y desventajas, como se muestra a continuación (Tabla 12).

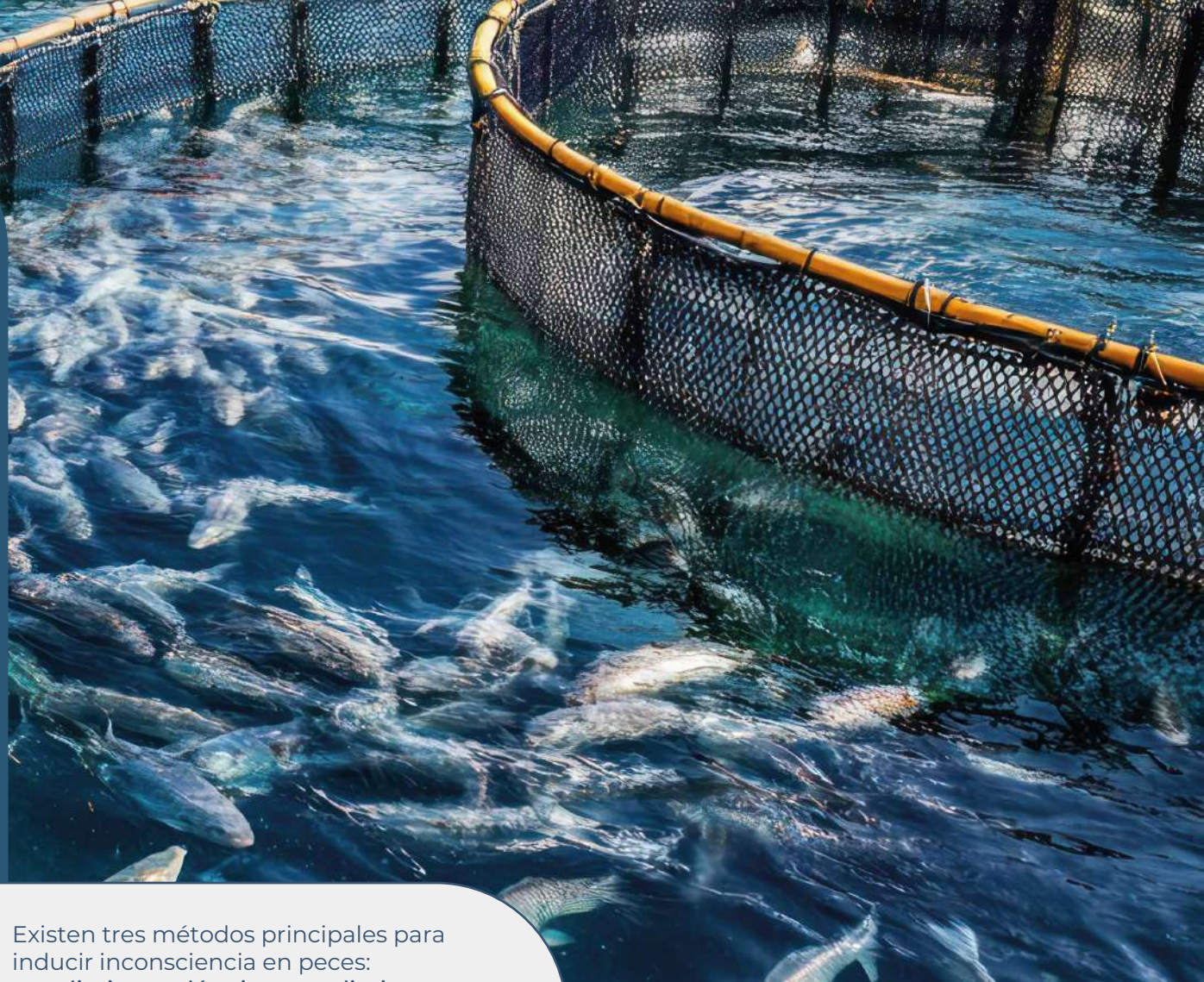


Tabla 12.

Ventajas y desventajas de los métodos de aturdimiento para peces, para cumplir con criterios de sacrificio humanitario.

	Ventajas	Desventajas	Observaciones
Aturdimiento eléctrico	<p>Alto volumen de procesamiento</p> <p>Aturdimiento dentro del agua</p>	<p>Riesgo de electroinmovilización debido al uso de parámetros eléctricos sin comprobación científica en la mayoría de las especies</p> <p>Inconsciencia temporal y riesgo de recuperación durante el desangrado</p> <p>Alto costo de equipos</p> <p>Riesgo de hemorragias en los filetes</p>	<p>Requiere la validación de los parámetros eléctricos utilizados por estudios de electroencefalograma (EEG)</p>
Concusión cerebral mecánica	<p>Si bien aplicado, puede inducir inconsciencia permanente</p> <p>Sin interferencia en la calidad de la carne</p> <p>Alto volumen de procesamiento (8 mil peces/hora)</p>	<p>Requiere un sistema para remoción del agua</p> <p>Alto costo de los equipos</p>	<p>Requiere alto nivel de inversión</p>
Anestesia profunda	<p>Alto volumen de procesamiento</p> <p>Aturdimiento dentro del agua</p> <p>Sin interferencia en la calidad de la carne</p> <p>Menor costo de equipos</p>	<p>Falta de estudios a nivel comercial</p> <p>Falta de estudios sobre la inocuidad del alimento</p>	<p>Requiere estudios comerciales y estudios sobre la inocuidad del alimento</p>

Aturdimiento eléctrico

El aturdimiento eléctrico puede realizarse dentro del agua, donde los electrodos forman un campo eléctrico en el agua (Figura 1A), o fuera del agua en sistema seco, donde los electrodos entran en contacto directo con el pez (Figura 1B). Este último sistema presenta mayores desafíos de bienestar, ya que requiere un sistema para extraer los peces del agua.

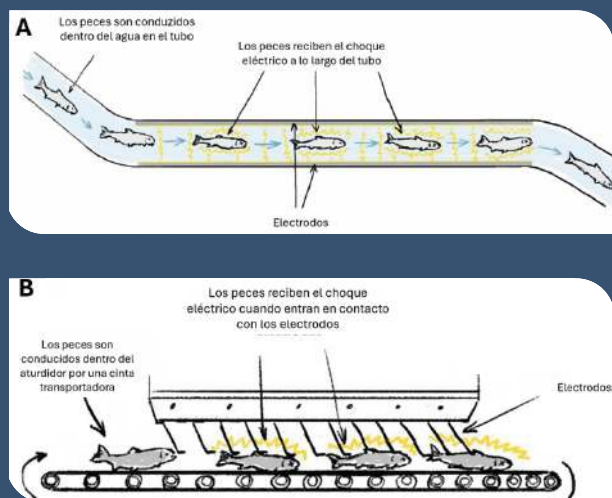


Figura 1. Sistemas posible para insensibilización eléctrica en salmón del Atlántico, tilapia y pangasius. Adaptado: [WELFARM](#) ©.

Concusión cerebral mecánica

El aturdimiento por concusión mecánica cerebral consiste en aplicar un golpe preciso en la cabeza del animal. Este impacto causa una alteración neurológica que induce rápidamente al estado de inconsciencia. El golpe en la cabeza se realiza mediante una pistola de proyectil cautivo no penetrante. El restrainer asegura que los peces reciban el golpe en la posición correcta, alcanzando el cerebro.

La entrada de los peces al sistema puede realizarse de forma manual (Figura 2A) o automática mediante una corriente de agua en la que los peces deben nadar para ingresar al restrainer (Figura 2B).

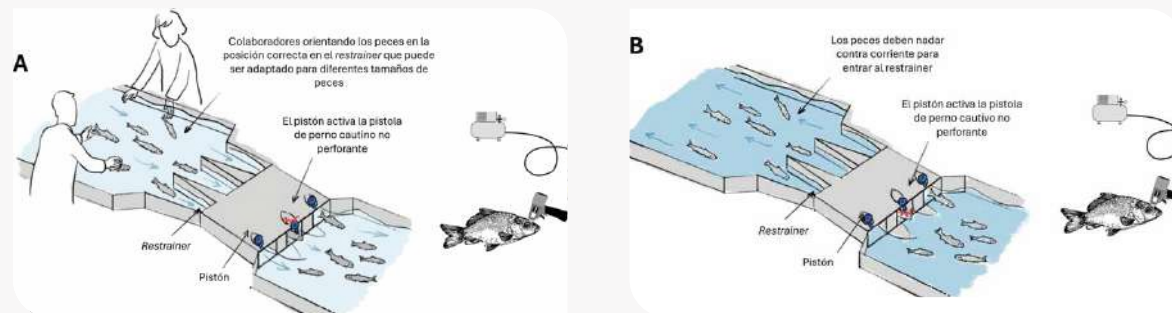


Figura 2. Sistema de insensibilización por concusión mecánica para salmón del Atlántico, tilapia y Pangasius. Adaptado: [WELFARM](#) © e [LAMBOOIJ](#) et al. (2007).

Método de insensibilización y reinsensibilización

Como parte del programa de bienestar animal en el sacrificio de peces de producción, es esencial establecer un protocolo para evaluar la eficacia del método de insensibilización y reinsensibilización de cualquier pez que pueda estar recuperando la conciencia. Dicho protocolo de evaluación debe incluir al menos tres puntos de verificación: a la salida del insensibilizador, después del corte de la aorta o branquias para el desangrado, y antes del procesamiento. Esto garantiza que el 100% de los peces procesados estén muertos (Figura 3).

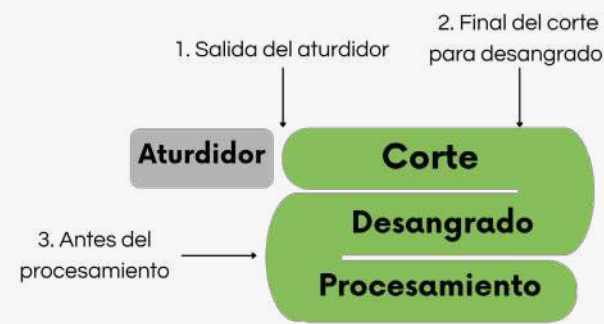


Figura 3. Esquema de los puntos para el monitoreo de la eficiencia de la insensibilización en el sacrificio de peces.

Los indicadores de comportamiento a ser observados durante el monitoreo de la eficiencia del aturdimiento están descritos en la Tabla 13.

Cualquier comportamiento que sugiera conciencia o recuperación de la conciencia deberá ser interpretado como un riesgo para el bienestar animal y deberá aplicarse una intervención inmediata con un nuevo aturdimiento.

Tabla 13.
Indicadores de comportamiento a observar en el monitoreo de la eficiencia del aturdimiento en peces

Comportamiento	Método de evaluación	Inconsciente	Consciente o recuperando la conciencia
Respiración (Aire o agua)	Observe el movimiento rítmico opercular	No presenta movimientos de boca u opérculo	Por lo menos 2 movimientos rítmicos de boca u opérculo
Respuesta al estímulo doloroso (Aire)	Observe la posición de los ojos cuando el pez es girado de un lado para otro	Los ojos acompañan los movimientos de la cabeza	Uno o dos ojos tienden a permanecer en la posición vertical cuando el pez es girado
Respuesta al estímulo doloroso (Aire)	Aplique un pinchazo en la boca del pez	Sin respuesta al pinchazo en la boca	Respuesta al pinchazo en la boca
Respuesta al manejo (Agua)	Aplique presión en la aleta caudal del pez	Sin respuesta	Respuesta parcial al momento de la captura
Equilibrio (Agua)	Altere el eje de nado del pez y observe	Sin control del eje de nado	Control rápido o lento del eje de nado
Comportamiento natatorio (Agua)	Observe el comportamiento natatorio	Sin movimientos natatorios	Movimientos natatorios lentos, anormales o normales

Se recomienda registrar el número de peces que requieren pasar por un nuevo aturdimiento con el fin de refinar el método de aturdimiento de forma continua.

El principal método recomendado para aplicar un nuevo aturdimiento es la concusión cerebral mecánica. El éxito de los procedimientos de sacrificio humanitario depende en gran medida del entrenamiento del personal para realizar las operaciones de manejo de forma adecuada, con el mínimo estrés posible, además de identificar peces conscientes que requieren un nuevo aturdimiento.

El programa de entrenamiento en sacrificio humanitario garantiza que el proceso sea refinado y no sea afectado por la rotación del personal.

Consideraciones finales

Bienestar animal

El éxito productivo en la acuicultura depende de la consideración del bienestar animal

Dietas balanceadas

El suministro de dietas balanceadas, incluyendo buenas prácticas de alimentación, garantiza una buena nutrición

Calidad del agua

El control de la calidad del agua es fundamental para garantizar confort en el alojamiento

Medicina veterinaria preventiva

El plan de medicina veterinaria preventiva permite gestionar la sanidad de los lotes

Transporte en agua y sacrificio

El transporte en agua y sacrificio con aturdimiento previo permiten cumplir criterios de sacrificio humanitario

Monitoreo de la efectividad del aturdimiento

El monitoreo de la efectividad del aturdimiento es la actividad clave en la planta de sacrificio

Enriquecimiento ambiental

Las estrategias de enriquecimiento ambiental pueden mejorar la capacidad de adaptación al estrés

Referencias

Ammar, A., Khattaby, A. E. R., & Ahmed, K. (2020). Effect of different combinations of initial weights and stocking densities on growth parameters and culture economics of earthen ponds raised Nile tilapia. *Egyptian Journal for Aquaculture*, 10(4), 57–71. <https://doi.org/10.21608/eja.2021.64899.1045>

Arechavala-Lopez, P., Cabrera-Álvarez, M. J., Maia, C. M., & Saraiva, J. L. (2022). Environmental enrichment in fish aquaculture: A review of fundamental and practical aspects. *Reviews in Aquaculture*, 14(2), 704–728. <https://doi.org/10.1111/raq.12620>

Arechavala-Lopez, P., Diaz-Gil, C., Saraiva, J. L., Moranta, D., Castanheira, M. F., Nuñez-Velázquez, S., Ledesma-Corvi, S., Mora-Ruiz, M. R., & Grau, A. (2019). Effects of structural environmental enrichment on welfare of juvenile seabream (*Sparus aurata*). *Aquaculture Reports*, 15(September), 100224. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2019.100224>

Barcellos, L. J. G. (2022a). Manual de boas práticas na criação de peixes de cultivo. Brasília, MAPA/SDI. Available on: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/producao-animal/boas-praticas-de-producao-animal/arquivos/Manual_BP_cultivo_ISBN_ok2.pdf

Barcellos, L. J. G. (2022b). Manual de boas práticas no transporte de peixes. Brasília, MAPA/SDI. Available on: https://www.defesa.agricultura.sp.gov.br/arquivos/educacao-sanitaria/manual_bp-transporte_isbn_ok2-compactado.pdf

Barcellos, L. J. G. (2022c). Manual de abate humanitário de peixes. Brasília, MAPA/SDI. Available on: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/producao-animal/arquivos-publicacoes-bem-estar-animal/Manual_3_Abate_Humanitario_peixes_ISBN.pdf

Banhara, D. G. A., Mendonça, W. C. B., Goes, E. S. R., Goes, M. D. G., Braz, P. H., & Honorato, C. A. (2021). Effect of different stocking densities on pre-slaughter stress based on respiratory parameters in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, 16(3), 270–275. <https://doi.org/10.54451/PanamJAS.16.3.270>

Chowdhury, Md. A., Roy, N. C., & Chowdhury, A. (2020). Growth, yield and economic returns of striped catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*) at different stocking densities under floodplain cage culture system. *Egyptian Journal of Aquatic Research*, 46(1), 91–95. <https://doi.org/10.1016/j.ejar.2019.11.010>

FAO. 2024. The State of World Fisheries and Aquaculture 2024 – Blue Transformation in action. Rome. Available on: <https://doi.org/10.4060/cd0683en>

Gómez-Sanchez, M., Barato, P. (2023). Guidebook on Biosecurity and Good Aquaculture Policies and Practices for small-scale farmers of tilapia (*Oreochromis* sp.) and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). APEC Sub-Committee on Standards and Conformance. 36 p. [https://www.apec.org/publications/2023/04/guidebook-on-biosecurity-and-good-aquaculture-policies-and-practices-for-small-scale-farmers-of-tilapia-\(oreochromis-sp-\)-and-rainbow-trout-\(oncorhynchus-mykiss\)](https://www.apec.org/publications/2023/04/guidebook-on-biosecurity-and-good-aquaculture-policies-and-practices-for-small-scale-farmers-of-tilapia-(oreochromis-sp-)-and-rainbow-trout-(oncorhynchus-mykiss))

Glencross, B., Hien, T. T. T., Phuong, N. T., & Cam Tu, T. L. (2011). A factorial approach to defining the energy and protein requirements of Tra Catfish, *Pangasianodon hypophthalmus*. *Aquaculture Nutrition*, 17(2). <https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2010.00774.x>

Islam, Md. A., Uddin, Md. H., Uddin, Md. J., & Shahjahan, Md. (2019). Temperature changes influenced the growth performance and physiological functions of Thai pangas *Pangasianodon hypophthalmus*. *Aquaculture Reports*, 13, 100179. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2019.100179>

Kestin, S., van de Vis, J., & Robb, D. (2002). Protocol for assessing brain function in fish and the effectiveness of methods used to stun and kill them. *Veterinary Record*, 150, 302–307. <https://doi.org/10.1136/vr.150.10.302>

Nageswari, P., Verma, A. K., Gupta, S., Jeyakumari, A., & Chandrakant, M. H. (2022). Optimization of stocking density and its impact on growth and physiological responses of *Pangasianodon hypophthalmus* (Sauvage, 1878) fingerlings reared in finger millet based biofloc system. *Aquaculture*, 551, 737909. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.737909>

Oliveira, C. G., López-Olmeda, J. F., Costa, L. S., Espírito Santo, A. H., Santos, F. A. C., Luz, R. K., & Ribeiro, P. A. P. (2022). Gastrointestinal emptying and daily patterns of activity of proteinolytic enzymes in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, 546. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737338>

Pedrazzani, A. S., Quintiliano, M. H., Bolfe, F., Sans, E. C. de O., & Molento, C. F. M. (2020). Tilapia On-Farm Welfare Assessment Protocol for Semi-intensive Production Systems. *Frontiers in Veterinary Science*, 7(November), 1–16. <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.606388>

Pedrazzani, A. S., Cozer, N., Quintiliano, M. H., Tavares, C. P. dos S., Biernaski, V., & Ostrensky, A. (2023). From egg to slaughter: monitoring the welfare of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, throughout their entire life cycle in aquaculture. *Frontiers in Veterinary Science*, 10. <https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1268396>

Referencias

Phan, L. T., Bui, T. M., Nguyen, T. T. T., Gooley, G. J., Ingram, B. A., Nguyen, H. v., Nguyen, P. T., & de Silva, S. S. (2009). Current status of farming practices of striped catfish, *Pangasianodon hypophthalmus* in the Mekong Delta, Vietnam. *Aquaculture*, 296(3–4), 227–236. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2009.08.017>

Rucinque, D. S., Watanabe, A. L., & Molento, C. F. M. (2018). Electrical stunning in pacu (*Piaractus mesopotamicus*) using direct current waveform. *Aquaculture*, 497, 42–48. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.07.035>

Saraiva, J., Castanheira, M., Arechavala-López, P., Volstorf, J., & Heinzpeter Studer, B. (2019). Domestication and Welfare in Farmed Fish. In *Animal Domestication*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.77251>

Saraiva, J. L., & Arechavala-Lopez, P. (2019). Welfare of fish—no longer the elephant in the room. *Fishes*, 4(3), 1–4. <https://doi.org/10.3390/fishes4030039>

Saraiva, J. L., Rachinas-Lopes, P., & Arechavala-Lopez, P. (2022). Finding the “golden stocking density”: A balance between fish welfare and farmers’ perspectives. *Frontiers in Veterinary Science*, 9. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fvets.2022.930221>

Zaki, M. A. A., Khalil, H. S., Allam, B. W., Khalil, R. H., Basuini, M. F. el, Nour, A. E.-A. M., Labib, E. M. H., Elkholy, I. S. E., Verdegem, M., & Abdel-Latif, H. M. R. (2023). Assessment of zootechnical parameters, intestinal digestive enzymes, haemato-immune responses, and hepatic antioxidant status of *Pangasianodon hypophthalmus* fingerlings reared under different stocking densities. *Aquaculture International*, 31(5), 2451–2474. <https://doi.org/10.1007/s10499-023-01092-w>

-

Redigida por: Daniel Santiago Rucinke
FWS Consultoria em bem-estar animal aplicado à aquicultura

Revisado por: Equipe de Bienestar Animal de Minerva Foods

