

**UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE  
CASILLA 1327 PUERTO MONTT - CHILE**



**Proyecto FIPA N° 2017-29**

**Determinación y Aplicación de Indicadores Operacionales de  
Bienestar Animal en Salmónidos Cultivados en Agua Dulce**

**INFORME FINAL**

**PUERTO MONTT, 16 Diciembre 2019**

**OFERTA TECNICA:** DETERMINACIÓN Y APLICACIÓN DE INDICADORES OPERACIONALES DE BIENESTAR ANIMAL EN SALMÓNIDOS CULTIVADOS EN AGUA DULCE

**CONCURSO:** FONDO DE INVESTIGACION PESQUERA (FIP)  
Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción  
Subsecretaría de Pesca.

**PROYECTO FIP N° 2017-29**

**UNIDAD EJECUTORA:** Instituto de Acuicultura  
Universidad Austral de Chile

## **PERSONAL PARTICIPANTE**

### **INVESTIGADORES**

Dra. Sandra Bravo

Dra. Ana Strappini

Dr. Gustavo Monti

MSc. M. Teresa Silva

Ing. Civil Alex Cisterna

### **TECNICOS**

Ing. Acuicultura Nike Ponce

Ing. Acuicultura Karla Samba

## CONTENIDO

1.- RESUMEN EJECUTIVO.....	1
2.- ANTECEDENTES.....	3
3.- OBJETIVOS.....	10
3.1.- OBJETIVO GENERAL.....	10
3.2.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	10
4.- DESARROLLO OBJETIVO GENERAL.....	11
4.1.- METODOLOGÍA OBJETIVO GENERAL.....	11
5.- DESARROLLO OBJETIVO N°1.....	12
5.1.- ANTECEDENTES.....	12
5.1.1.- Ciclo de Producción Salmones.....	15
5.1.2.- Suministro de ovas para la producción de salmones y truchas en Chile.....	16
5.2.- DESARROLLO METODOLÓGICO OBJETIVO N°1.....	18
5.3.- RESULTADOS OBJETIVO N°1.....	22
5.3.1. Etapas de Producción de salmones y truchas en Chile.....	22
5.3.1.1.- Manejo de Reproductores, Desove y Fertilización.....	22
5.3.1.2.- Alevinaje – Esmoltificación.....	42
5.3.1.2.1. Manejo del Fotoperíodo.....	44
5.3.1.2.2. Evaluación de la Esmoltificación.....	45
5.3.1.2.3. Manejos Operacionales.....	47
5.3.1.2.4. Mortalidad Alevinaje-Esmoltificación.....	51
5.3.2.- Caracterización de los Sistemas de Cultivos para Salmónidos en Agua Dulce.....	55
5.3.2.1.- Pisciculturas con Flujo Abierto (FA).....	56
5.3.2.2.- Piscicultura con Recirculación (RAS).....	57
5.3.2.3.- Pisciculturas con Reúso de Agua (REU).....	61
5.3.2.4.- Centros de Esmoltificación en Balsas-Jaulas.....	61
5.3.3.- Producción de Smolt en Chile.....	62
5.3.4.- Calidad de Agua en Pisciculturas.....	64
5.3.4.1.- Oxígeno Disuelto (OD).....	69
5.3.4.2.- Temperatura.....	71

5.3.4.3.- Dióxido de Carbono (CO <sub>2</sub> ).....	71
5.3.4.4.- Amonio / Nitrito / Nitrato.....	72
5.3.4.5.- pH.....	74
5.3.4.6.- Sólidos en suspensión totales (TSS).....	75
5.3.4.7.- Alcalinidad.....	75
5.3.4.8.- Dureza.....	76
5.3.4.9.- Velocidad Agua.....	76
5.3.5.- Enfermedades, Prevención y Tratamientos.....	77
5.3.5.1.- Screening.....	77
5.3.5.2.- Desinfección de Ovas.....	79
5.3.5.3.- Enfermedades del Desarrollo.....	79
5.3.5.4.- Enfermedades Infecciosas.....	81
5.3.5.5.- Deformidades.....	85
5.3.5.6.- Tratamientos Farmacológicos.....	86
5.3.5.7.- Vacunación.....	89
5.3.5.8.- Anestésicos.....	93
5.3.5.9.- Bioseguridad.....	94
5.3.5.10.-Desinfectantes.....	97
5.3.6.- Dietas para Salmónidos en Agua Dulce.....	98
5.3.7.- Regulaciones Sanitarias en Agua Dulce.....	101
5.3.7.1.- Normativa para Centros emplazados en Agua Dulce y Pisciculturas.....	103
5.3.7.2.- Normativa Desinfección de Afluentes y Efluentes en Pisciculturas.....	106
5.3.8.- Características Generales de las Pisciculturas en Chile.....	110
5.3.8.1 Centros de Cultivo en Agua Dulce para la Producción de Salmones y Truchas.....	110
5.3.8.2.- Centros de Cultivos por Etapa de Cultivo.....	113
5.3.8.3.- Centros de Reproductores y Manejo Genético.....	114
5.3.8.4.- Centros de Incubación.....	116
5.3.8.5.- Centros de Alevinaje y Esmoltificación.....	117
5.3.8.6.- Densidades de Cultivo.....	122
5.4.- ANÁLISIS Y DISCUSIÓN OBJETIVO N°1.....	123

5.5.- CONCLUSIONES OBJETIVO N°1.....	126
5.6.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS OBJETIVO N°1.....	127
5.7.- ANEXOS OBJETIVO N°1.....	135
6.- DESARROLLO OBJETIVO N°2.....	136
6.1- ANTECEDENTES OBJETIVO N°2.....	136
6.2.- DESARROLLO METODOLÓGICO OBJETIVO N°2.....	138
6.2.1.- Revisión Bibliográfica.....	138
6.2.2.- Búsqueda de IOBs utilizados en países productores del salmón.....	139
6.2.3.- IOBs utilizados en Chile: Análisis de información generada de encuestas.....	140
6.2.4.- Selección de potenciales Indicadores Operacionales de Bienestar Animal.....	140
6.2.5.- Panel de Expertos.....	140
6.2.6.- IOBs seleccionados e incorporados al protocolo de evaluación de bienestar animal.....	140
6.2.7.- Validación del protocolo con los IOBs seleccionados.....	141
6.3.- RESULTADOS OBJETIVO N°2.....	141
6.3.1.- Revisión Bibliográfica de IOBs utilizados en la producción de salmónidos en agua dulce.....	141
6.3.2.- IOBs utilizados en los países productores de salmón.....	149
6.3.3.- IOBs utilizados en Chile.....	150
6.3.4.- Identificación y selección de potenciales IOBs.....	154
6.3.5.- Incorporación de los IOBs al Protocolo de evaluación de Bienestar Animal.....	156
6.3.6.- Validación del Protocolo con los IOBs.....	157
6.3.6.1.- Frecuencia de medición de los IOBs observada en terreno.....	159
6.3.6.2.- Tiempo empleado para la aplicación del protocolo con los IOBs.....	164
6.3.6.3.- Resultados de la validación del protocolo con los IOBs seleccionados.....	164
6.3.6.3.1.- INDICADORES OPERACIONALES INDIRECTOS.....	166
6.3.6.3.2.- OTROS IOBs INDIRECTOS MEDIDOS.....	169
6.3.6.3.3.- INDICADORES OPERACIONALES PRODUCTIVOS.....	171
6.3.6.3.4.- INDICADORES OPERACIONALES DIRECTOS.....	172
6.3.6.3.5.- OTROS NDICADORES OPERACIONALES DIRECTOS MEDIDOS.....	176

6.3.7.- Problemas de bienestar animal identificados durante la validación de los IOBs.....	179
6.3.8.-Evaluación del bienestar en la operación de vacunación por inyección.....	180
6.3.8.1.- Evaluación del bienestar de salmónidos durante la vacunación por inyección.....	180
6.4.- ANÁLISIS Y DISCUSIÓN OBJETIVO N°2.....	183
6.5. CONCLUSIONES OBJETIVO N°2.....	185
6.6.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS OBJETIVO N°2.....	186
6.7.- ANEXOS OBJETIVO N°2.....	190
7.- DESARROLLO OBJETIVO N°3.....	191
7.1.- ANTECEDENTES .....	191
7.2.- DESARROLLO METODOLÓGICO OBJETIVO N°3.....	194
7.2.1.- Identificación de Peligros.....	194
7.2.2.- Caracterización del Peligro.....	194
7.2.3.- Evaluación de Exposición .....	197
7.2.4.- Caracterización del Riesgo.....	197
7.3.- RESULTADOS OBJETIVO N°3.....	199
7.3.1.- Identificación de Peligros.....	199
7.3.2.- Caracterización del Peligro.....	200
7.3.3.- Evaluación de la Exposición .....	206
7.3.4.- Caracterización del Riesgo.....	206
7.3.5.- Caracterización del Riesgo por etapa Productiva.....	208
7.3.5.1.- Riesgos de Bienestar asociados con incubación de ovas.....	208
7.3.5.2.- Riesgos de Bienestar asociados con alevines.....	209
7.3.5.3.- Riesgos de Bienestar asociados con smolts.....	210
7.4.- DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES OBJETIVO N°3.....	210
7.5.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS OBJETIVO N°3.....	212
7.6. ANEXOS OBJETIVO N°3.....	216
8.- OBJETIVO N°4.....	217
8.1.- ANTECEDENTES.....	217
8.1.1.-Estructura de costos en la producción de salmón.....	220

8.2.- DESARROLLO METODOLÓGICO OBJETIVO N° 4.....	221
8.2.1.- Descripción del proceso de conversión y modelo de costeo.....	224
8.2.2.- Descripción de los diversos IOBs asociados a la producción de salmónidos en agua dulce .....	228
8.2.3.- Implementación de los Indicadores de Bienestar Animal (IOBs) en los procesos del Sistema Operacional.....	230
8.2.4.- Generación del Modelo Económico .....	231
8.2.5.- Validación del Modelo Económico .....	235
8.3.- RESULTADOS OBJETIVO N°4.....	236
8.3.1.- Análisis de la estructura de Costos de las pisciculturas operando en Chile .....	236
8.3.2.- Validación del Modelo Económico propuesto.....	244
8.3.3.- Fortaleza y debilidades de los IOBs Indirectos seleccionados.....	246
8.3.4.- Fortaleza y debilidades de los IOBs Directos seleccionados.....	251
8.3.5.- Implementación del Modelo Bio-Económico.....	257
8.3.6.- Implementación de los IOBs .....	259
8.3.7.- Costo-beneficio de la implementación de IOBs.....	265
8.4.- ANÁLISIS Y DISCUSIÓN OBJETIVO N°4.....	267
8.5.- CONCLUSIONES OBJETIVO N°4.....	269
8.6.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS OBJETIVO N°4.....	270
8.7.- ANEXO OBJETIVO N°4.....	272
9.- DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES.....	273
9.1.- Actividades Generales del Proyecto.....	276
9.2.- CARTA GANTT.....	279
10.- COMPOSICIÓN EQUIPO TRABAJO.....	282
11.- PLAN DE ACTIVIDADES DETALLADO DE LA ASIGNACIÓN PROFESIONAL, TÉCNICO Y ADMINISTRATIVO.....	283
12.- CRONOGRAMA MENSUAL ASIGNACIÓN HORAS-HOMBRE.....	287



## ÍNDICE FIGURAS

Figura 1. Componentes hormonales que actúan en la respuesta al estrés en los peces.....	4
Figura 2. Cascada hormonal proceso esmoltificación.....	9
Figura 3. Necesidades de bienestar de los salmónidos.....	12
Figura 4. Exportaciones de salmón y trucha en Chile, período 2006-2018.....	13
Figura 5. Participación (%) por especie en la producción total de salmónidos en Chile, período 2000–2018.....	14
Figura 6. Cosechas salmónidos período 2000–2018 en Chile.....	15
Figura 7. Ciclo de vida del Salmón.....	16
Figura 8. Producción de ovas nacionales vs ovas importadas, período 1998-2017. 8a: salmón del Atlántico; 8b: salmón coho; 8c: trucha arcoíris.....	17
Figura 9. Proceso de madurez sexual en salmones.....	23
Figura 10. Cascada hormonal proceso reproductivo salmones.....	23
Figura 11. Mortalidad acumulada en reproductores según especie.....	28
Figura 12. Extracción de ovas por inyección de aire.....	30
Figura 13. Extracción de semen.....	32
Figura 14. Fecundación.....	33
Figura 15. Desinfección ovas verdes.....	35
Figura 16. Incubación Ova verdes.....	36
Figura 17. Ovas con ojos.....	37
Figura 18. Shocking ovas.....	38
Figura 19. Sistema de Incubación ovas con ojos; 19a: batea incubadora,19b: incubador vertical CompHatch.....	39
Figura 20. Mortalidad acumulada en ova verde según especie.....	40
Figura 21. Mortalidad acumulada en ova con ojo según especie.....	40
Figura 22. Alevines eclosionados en canastillos con sustrato.....	41
Figura 23. Operación de sexaje.....	50
Figura 24. Mortalidad acumulada en alevinaje- esmoltificación según especie en pisciculturas flujo abierto.....	52

Figura 25. Mortalidad acumulada en alevinaje-esmoltificación para salmón del Atlántico según sistema de cultivo.....	53
Figura 26. Relación ovas con ojo/smolt por especie.....	54
Figura 27. Esquema general de piscicultura con sistema RAS.....	58
Figura 28. Parámetros que influyen en el bienestar de los peces cultivados en sistemas RAS.....	59
Figura 29. Evolución en el origen de producción de smolt (millones) en lagos de la Región de Los Lagos, por especie salmonídea, periodo 2010-2018.....	63
Figura 30. Producción de smolt por especie salmonídea.....	64
Figura 31. Toma de muestras post-desove para screening.....	78
Figura 32. a) Distribución porcentual de los antibacterianos administrados por principio activo en agua dulce. b) Antibacterianos administrados por especie salmonídea .....	87
Figura 33. Evolución en el reemplazo de harina y aceite de pescado en la dieta de salmones, período 1990-2018.....	101
Figura 34. Distribución de pisciculturas operando en Chile.....	110
Figura 35. Sistema de uso de agua de las pisciculturas encuestadas, por Región.....	112
Figura 36. Origen del agua de pisciculturas de las 60 pisciculturas que respondieron las encuestas, distribuidas por Región .....	113
Figura 37. Flujo de producción de piscicultura de manejo genético.....	114
Figura 38. Flujo de producción de piscicultura que realiza recepción de reproductores, desove e incubación.....	115
Figura 39. Flujo de producción de piscicultura que realiza esmoltificación a partir de la recepción de ovas con ojo.....	118
Figura 40. Flujo de producción de centros de esmoltificación en balsas-Jaulas.....	119
Figura 41. Tiempo (media $\pm$ DS) empleado en la validación del protocolo con IOBs seleccionados por el panel de expertos.....	164
Figura 42. Anormalidades registradas en terreno: a) daño ocular; b) adherencias por vacunación; c) Nefrocalcinosis, d) Escoliosis (deformidad).....	179
Figura 43. Flujo producción smolt salmón del Atlántico.....	219
Figura 44. Flujo producción smolt salmón coho/trucha arcoíris.....	219

Figura 45 Propuesta del Modelo Económico Teórico .....	221
Figura 46. Sistema operacional básico del flujo de producción.....	222
Figura 47. Diseño metodológico para validar el Modelo Económico Teórico.....	224
Figura 48. Modelo del ciclo productivo del salmón en agua dulce, conforme al modelamiento BPMN.....	225
Figura 49. Desagregación genérica de las etapas del proceso productivo.....	227
Figura 50. Indicadores de Bienestar Animal en el sistema de flujo abierto (FA).....	229
Figura 51. Indicadores de Bienestar Animal en el sistema de recirculación (RAS).....	230
Figura 52. Estructura de costos (Media $\pm$ DS) en pisciculturas FA.....	238
Figura 53. Estructura de costos (Media $\pm$ DS) en pisciculturas RAS.....	239
Figura 54. Comparación de costos en pisciculturas con sistema FA y RAS.....	241
Figura 55. Costos promedios relevantes en pisciculturas con sistema FA.....	242
Figura 56. Costos promedios relevantes en pisciculturas con sistema RAS.....	242
Figura 57. Variación porcentual de los costos por tipo de piscicultura (FA vs RAS) en Noruega .....	244
Figura 58. Productividad del personal en pisciculturas de Noruega vs pisciculturas en Chile (2018).....	265
Figura 59. Herramientas de decisión bio-económicas para evaluar los efectos de las acciones de bienestar animal en la cadena de valor de la producción de smolts en agua dulce.....	266

## ÍNDICE TABLAS

Tabla 1: Empresas salmoneras encuestadas.....	19
Tabla 2: Centros de cultivos en agua dulce por etapa de desarrollo.....	20
Tabla 3: Número de centros de reproductores, por especie y tipo de instalación.....	25
Tabla 4: Proporción de machos y hembras para desove.....	27
Tabla 5: Hormonas utilizadas en la sincronización de desove.....	28
Tabla 6: Métodos de desove hembras.....	29
Tabla 7: Score Calidad de Semen.....	31
Tabla 8: Métodos de desove machos.....	32
Tabla 9: Sistema de conteo de ovas.....	38
Tabla 10: Tamaño de ovas y fecundidad por especie.....	39
Tabla 11: Etapas de desarrollo de especies salmonídeas.....	42
Tabla 12: Cambios fisiológicos en el proceso de esmoltificación.....	43
Tabla 13: Composición iónica en la sangre de salmónidos (mmol/L).....	43
Tabla 14: Régimen de fotoperíodo declarado para salmón del Atlántico en agua dulce.....	45
Tabla 15: Evaluación de Esmoltificación.....	46
Tabla 16: Score Evaluación Esmoltificación(RSPCA) .....	46
Tabla 17: Frecuencia de muestreo declarado para alevinaje y esmoltificación.....	47
Tabla 18: Número de graduaciones y rango de tallas (g) en planteles de alevinaje y esmoltificación.....	49
Tabla 19: Densidad de carga máxima establecidas por la RSPCA para el transporte de salmones y truchas.....	51
Tabla 20: Densidades de carga y concentraciones de oxígeno declaradas para el transporte de peces en agua dulce.....	51
Tabla 21: Producción de smolt de salmón del Atlántico (MM) por ova eclosionada en Escocia.....	54
Tabla 22: Producción de smolt de salmón del Atlántico (MM) por ova eclosionada en Noruega.....	54
Tabla 23: Tipo de pisciculturas por uso de agua.....	55

Tabla 24: Dosis de radiación UV para inactivar el 99,9% de los virus.....	61
Tabla 25: Concesiones de centros de cultivos para la producción de smolt en lagos en Chile.....	62
Tabla 26: Calidad de agua para el cultivo de salmónidos.....	67
Tabla 27: Valores de calidad de agua recomendados por la RSPCA por etapa de desarrollo para agua dulce.....	67
Tabla 28: Valores de calidad de agua recomendados por Norwegian Food Safety Authority para agua dulce.....	68
Tabla 29: Análisis de agua declarados por tipo de piscicultura para alevinaje y esmoltificación .....	68
Tabla 30: Contenido de oxígeno en agua dulce y mar según temperatura del agua.....	69
Tabla 31: Consumo de oxígeno en agua dulce según temperatura del agua y tamaño de los peces.....	71
Tabla 32: Frecuencia de visita de profesional médico veterinario.....	77
Tabla 33: Enfermedades declaradas en el período de incubación-primera alimentación.....	81
Tabla 34: Enfermedades infecciosas declaradas en el período de incubación- primera alimentación.....	84
Tabla 35: Enfermedades declaradas en el período de alevinaje y esmoltificación.....	84
Tabla 36: Score Evaluación de deformidades en peces.....	85
Tabla 37: Deformidades declaradas en alevinaje-esmoltificación, según tipo de piscicultura y especie salmonídea.....	86
Tabla 38: Fármacos aplicados por enfermedad declarada.....	88
Tabla 39: Vacunas aplicadas por etapa de desarrollo y especie.....	92
Tabla 40: Escala de Speilberg.....	93
Tabla 41: Tipo y dosis de anestésico aplicado por las pisciculturas encuestadas (n=55) y recomendaciones de los laboratorios farmacéuticos.....	94
Tabla 42: Clasificación de mortalidad. Nivel Primario Agua Dulce.....	96
Tabla 43: Medidas de Bioseguridad aplicadas en pisciculturas.....	97
Tabla 44: Desinfectantes aplicados en pisciculturas.....	98

Tabla 45: Programas sanitarios generales que rigen el desove, incubación, alevinaje y esmoltificación.....	102
Tabla 46: Programas sanitarios específicos que rigen el desove, incubación, alevinaje y esmoltificación.....	103
Tabla 47: Desinfección de afluentes y efluentes en pisciculturas.....	107
Tabla 48: Concentraciones de UV y Ozono para desinfección de pisciculturas.....	109
Tabla 49: Desinfección de agua para pisciculturas que incuban ovas .....	109
Tabla 50: Centros de cultivos por tipo de piscicultura y uso de agua .....	111
Tabla 51: Centros de cultivos por origen de agua.....	112
Tabla 52: Porcentaje de recirculación de agua en pisciculturas.....	113
Tabla 53: Pisciculturas de acuerdo a la etapa de cultivo.....	114
Tabla 54: Piscicultura de reproductores y producción ovas con ojos, por especie.....	115
Tabla 55: Características de los sistemas de cultivo para reproductores, por tipo de piscicultura y especie cultivada.....	116
Tabla 56: Características de los sistemas de incubación, por especie de cultivo.....	117
Tabla 57: Número de pisciculturas en Alevinaje-Esmoltificación.....	118
Tabla 58: Características de los sistemas de cultivo alevinaje-esmoltificación en pisciculturas con recirculación (RAS).....	120
Tabla 59: Características de los sistemas de cultivo alevinaje-esmoltificación en pisciculturas con flujo abierto (FA).....	120
Tabla 60: Características de los sistemas de cultivo alevinaje-esmoltificación en pisciculturas con sistema reúso (REU).....	121
Tabla 61: Características de los sistemas de cultivo alevinaje-esmoltificación en pisciculturas con sistema Mixto.....	121
Tabla 62: Densidad de cultivo por especie y etapa de desarrollo, piscicultura flujo abierto.....	123
Tabla 63: Necesidades del salmón del Atlántico.....	137
Tabla 64: Resúmenes de trabajos científicos publicados en relación a IOBs en Salmónidos.....	142
Tabla 65: Indicadores Operacionales de Bienestar animal (IOBs) identificados por país.....	149

Tabla 66a: Protocolos declarados en Pisciculturas de Recirculación (RAS).....	150
Tabla 66b: Protocolos declarados en Pisciculturas de Flujo Abierto (FA).....	151
Tabla 66c: Protocolos declarados en Pisciculturas de Flujo Abierto/Recirculación (FA/RAS ).....	151
Tabla 66d: Protocolos declarados en Piscicultura Recirculación y Reutilización (RAS/REU).....	151
Tabla 66e: Protocolos declarados en Jaulas, agua dulce.....	151
Tabla 67: IOBs declarados en las encuestas, de acuerdo al tipo de piscicultura y etapa de desarrollo de los peces en cultivo.....	152
Tabla 68: Capacitación en bienestar animal y buenas prácticas de cultivo reportadas en pisciculturas en Chile a través de una encuesta .....	154
Tabla 69: Potenciales indicadores de bienestar animal presentados en el Taller de Expertos.....	155
Tabla 70: IOBs seleccionados por los expertos y presentados en base a su consenso.....	156
Tabla 71: Pisciculturas evaluadas, de acuerdo al tipo y etapa de desarrollo, utilizando el protocolo de IOBs.....	158
Tabla 72: Frecuencia de medición de IOBs basados en la calidad del agua en pisciculturas con sistema de flujo abierto (FA) en la etapa de incubación.....	160
Tabla 73: Frecuencia de medición de IOBs basados en la calidad del agua en pisciculturas con sistema de recirculación (RAS) en la etapa de incubación.....	161
Tabla 74: Frecuencia de medición de IOBs basados en la calidad del agua en pisciculturas con sistema de recirculación (RAS) en la etapa de alevinaje.....	162
Tabla 75: Frecuencia de medición de IOBs basados en la calidad del agua en pisciculturas con sistema de recirculación (RAS) en la etapa de Esmoltificación.....	163
Tabla 76: IOBs indirectos y directos identificados.....	165
Tabla 77: Indicadores Operacionales de Bienestar identificados en la vacunación por inyección.....	182
Tabla 78: Severidad de un efecto adverso en el bienestar asociado con un peligro.....	195
Tabla 79: Probabilidad de que ocurra un efecto adverso.....	195

Tabla 80: Scores de incertidumbre utilizados para describir la evidencia de los riesgos de bienestar.....	196
Tabla 81: Frecuencia de exposición al peligro.....	197
Tabla 82: Caracterización del riesgo.....	198
Tabla 83: Lista de indicadores de bienestar animal y su relación con las diferentes necesidades de bienestar.....	234
Tabla 84: Precios de mercado por tipo de producto por etapa de desarrollo.....	236
Tabla 85: Estructura de costos (Media $\pm$ DS) en pisciculturas FA.....	237
Tabla 86: Estructura de costos (Media $\pm$ DS) en pisciculturas RAS.....	238
Tabla 87: Comparación de costos en pisciculturas RAS y FA.....	240
Tabla 88: Variación porcentual de los costos por tipo de piscicultura (FA vs RAS) en Noruega.....	243
Tabla 89: IOBs indirectos medidos según el tipo de piscicultura.....	245
Tabla 90: IOBs directos medidos según el tipo de piscicultura.....	246
Tabla 91: Frecuencia medición parámetros de calidad de agua en incubación.....	248
Tabla 92: Frecuencia medición parámetros en calidad de agua en alevinaje-esmoltificación.....	248
Tabla 93: Desagregación de los costos porcentuales según necesidades, en pisciculturas FA.....	258
Tabla 94: Desagregación de los costos porcentuales de necesidades según en pisciculturas RAS.....	259
Tabla 95: Factibilidad de implementación de los IOBs Indirectos.....	261
Tabla 96: Factibilidad de implementación de los IOBs Directos.....	262
Tabla 97: Productividad del personal que se desempeña en pisciculturas de flujo abierto.....	264
Tabla 98: Productividad del personal que se desempeña en pisciculturas de recirculación.....	264
Tabla 99: Productividad del personal que se desempeña en pisciculturas de agua dulce en Noruega.....	264



## **INDICE ANEXOS**

Anexo I: Base de datos Piscicultura encuestadas.

Anexo II: Carta conductora SUBPESCA 16 enero 2018 y Encuestas aplicada a Pisciculturas.

Anexo III: Protocolo para la evaluación del bienestar del salmónidos etapa agua dulce y Tabla de Score.

Anexo IV: Planilla de validación IOBs.

Anexo V: Planilla y Ficha de Vacunación.

Anexo VI: Cuestionario de Panel Expertos I.

Anexo VII: Cuestionario de Panel Expertos II.

Anexo VIII: Resumen de la distribución de consenso de los IOBs.

Anexo IX: Cuestionario aplicado a Gerentes de Producción de empresas salmoneras.

Anexo X: Cotizaciones análisis de agua.

Anexo XI: Lanzamiento del Proyecto Fipa 2017-29.

Anexo XII: Taller de Trabajo N°1.

Anexo XIII: Reunión de Empresas Productoras de Vacunas.

Anexo XIV: Taller de Trabajo N°2.

Anexo XV: Workshop Bienestar Animal.

Anexo XVI: Difusión Workshop Bienestar Animal.

Anexo XVII: Difusión Proyecto.

Anexo XVIII: Taller de Difusión Resultados del Proyecto

Anexo XIX: Difusión Taller Resultados del Proyecto

## 1.- RESUMEN EJECUTIVO

En este informe se incluyen los resultados emanados de los cuatro objetivos que se establecen en los Términos Técnicos de Referencia del proyecto FIPA 2017-29, adjudicado por la Universidad Austral de Chile. Para cumplir con el objetivo N°1 se realizó una revisión bibliográfica, visitas a pisciculturas y reuniones con profesionales expertos en el tema, lo que permitió realizar una descripción detallada de las etapas de producción de salmones y truchas en la etapa de agua dulce, y de los sistemas de cultivo empleados en Chile y en otros países.

Con la finalidad de capturar información respecto a las prácticas operacionales y de manejo, se diseñaron dos encuestas, las que fueron aplicadas a 60 pisciculturas que operan en agua dulce, pertenecientes a 17 empresas salmoneras, lo que corresponde al 38,46% del universo total de pisciculturas que operan en Chile. Los resultados generados, junto al levantamiento de información bibliográfica permitió generar información respecto a los indicadores operacionales de bienestar (IOBs) a aplicar en la producción de salmones en agua dulce, los que fueron sometidos a discusión y validación en dos talleres de trabajo ejecutados con fechas 2 de agosto y 4 de octubre 2018 para dar respuesta a los objetivos N°2 y N°3. En el segundo taller de trabajo se aplicó una encuesta Delphi, la cual también fue aplicada a expertos en bienestar animal, lo que permitió someter a discusión el listado de 42 potenciales indicadores de bienestar animal obtenidos a partir de la revisión bibliográfica y de las encuestas aplicadas, obteniéndose consenso en 30 potenciales IOBs. Los indicadores operacionales seleccionados fueron agrupados en IOBs indirectos (15) e IOBs directos (15), basados en el ambiente, productivos y en el pez.

Los indicadores seleccionados fueron validados a través de un Protocolo de Bienestar Animal diseñado para estos propósitos (**Anexo III**), para los cual se realizaron visitas a terreno a 16 centros de cultivos en agua dulce, para obtener información bajo condiciones reales, de la factibilidad de su uso. Esto permitió complementar la información obtenida de la consulta a expertos de la industria nacional y de la academia,

para realizar el análisis de riesgo de los IOBs seleccionados, resultado comprometido en el Objetivo N°3.

Para conocer la estructura de los costos incurridos en la producción en agua dulce, y para dar respuesta al Objetivo N°4, se aplicó un cuestionario a cinco gerentes de producción de las empresas nacionales participantes y al gerente de producción de una empresa noruega (**Anexo IX**), lo que junto a la información colectada en terreno de las pruebas de pilotaje a los 16 establecimientos de cultivo, fue complementado con los resultados generados de los objetivos N°1; N°2 y N°3, permitiendo alimentar el modelo propuesto para evaluar el impacto económico de los IOBs seleccionados para la cadena de producción de salmónidos en agua dulce, concluyéndose que la mayoría de los IOBs son actualmente evaluados por las pisciculturas en Chile. Sin embargo, y tal cual quedó evidenciado en los resultados emanados del Objetivo N°2, no existe una estandarización de criterios, por lo que el protocolo desarrollado para la evaluación del bienestar de los salmónidos en agua dulce, podría ser una importante herramienta para estos fines.

El incremento en costos para la implementación de los IOBs estaría dado principalmente por los cursos de capacitación para certificar a los profesionales en bienestar animal. Para la evaluación del costo-beneficio de cualquier mejora en los procesos productivos, con foco en el bienestar de los peces, se deben considerar los indicadores productivos usados rutinariamente por la industria del salmón (tasa de crecimiento; eficiencia de conversión del alimento y mortalidad).

Con fecha 11 de diciembre 2019 se realizó el Workshop comprometido en las actividades del proyecto, con la participación del experto internacional Dr. Sunil Kadri y de expertos nacionales, según consta en el programa que se adjunta como **Anexo XV**. En Anexos se incluyen copia del listado de asistentes a los dos talleres de trabajo realizados con profesionales de las pisciculturas que colaboran en este estudio, (**Anexo XII y Anexo XIV**). El taller de difusión de los resultados emanados del proyecto fue realizado con fecha 5 de diciembre 2019 (Anexo XVIII).

Importante es destacar la importante colaboración de las 60 pisciculturas que operan en agua dulce, pertenecientes a las 17 empresas salmoneras que participaron en el desarrollo del proyecto, y que permitió generar los resultados presentados. Esto da cuenta del gran interés que tiene la industria en la implementación de indicadores operacionales de bienestar animal, para mejorar sus procesos en la producción de smolts. Se agradece la valiosa colaboración del Dr. Noble quien nos permitió hacer uso de información publicada en el manual "*Welfare indicators for farmed Atlantic salmon: tools for assessing fish welfare*", la cual sirvió como base para el desarrollo de este proyecto, así como también la colaboración de los expertos que participaron en los talleres de trabajo, aportando con sus conocimientos y sugerencias.

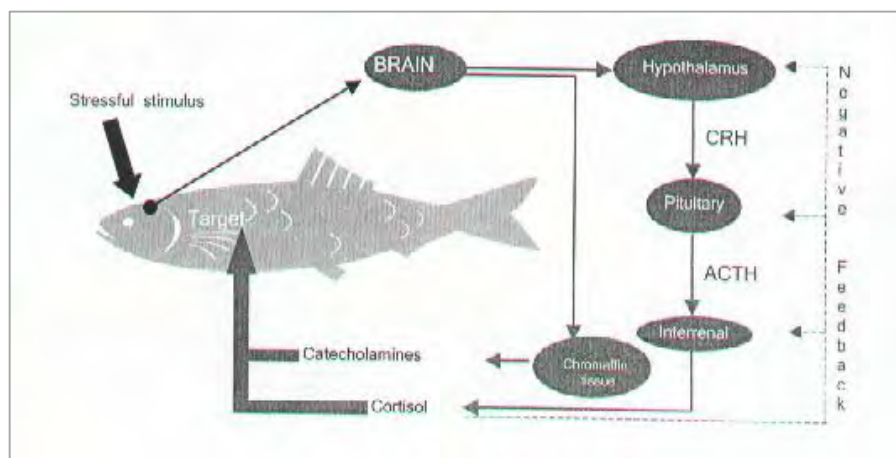
## 2.- ANTECEDENTES

En los últimos años se ha observado una creciente preocupación por el bienestar de los peces a nivel mundial lo que ha llevado a que se implementen códigos y protocolos tendientes a mejorar la calidad de vida de los peces sometidos a cultivo, minimizando el estrés y el dolor provocado por la acción humana (Bravo, 2005). Inicialmente se pensaba que los peces no experimentaban dolor ni sufrimiento, lo cual está asociado a la ausencia de neocorteza cerebral, estructura del cerebro encargada de generar la experiencia subjetiva del sufrimiento en los humanos. Actualmente se acepta que los peces son seres sintientes que pueden experimentar dolor, pero de forma diferente a la que experimenta el ser humano, ya que a través de investigaciones se ha demostrado que la ausencia de una neocorteza en los peces es suplida por otras partes del cerebro (Rose, 2002). Además, no se descarta que los peces también puedan experimentar algún tipo de sufrimiento, existiendo evidencia científica que demuestra que los peces son capaces de percibir dolor y situaciones de discomfort (Sneddon et al., 2003; Chandro et al., 2004; Ashley, 2007; Braithwaite & Boulcott, 2007).

Considerando lo anterior, el concepto de bienestar animal, aplicado a los peces de cultivo ha ido cobrando cada vez más relevancia entre los consumidores y entre los investigadores y profesionales involucrados en la actividad acuícola. Actividades propias del cultivo intensivo, tales como el manejo por selección, los muestreos y el transporte, cuando se realizan de manera inadecuada, pueden afectar el bienestar de los peces. A esto se suma el efecto que produce el confinamiento de los peces en altas densidades de cultivo, lo que puede provocar un estrés continuo en los animales, resultando en la depresión de su sistema inmunológico haciéndolos más propensos a enfermedades (Bravo, 2005; Bravo & Strappini, 2018). Las actividades que se llevan a cabo en los sistemas de cultivo pueden originar diferentes grados de estrés en los peces.

El término estrés tiene una serie de definiciones. Wedemeyer & McLeay (1981) señalan que *“el estrés es la suma de toda respuesta fisiológica que se produce cuando el animal trata de restablecer o mantener su nivel de homeostasis”*. El estrés puede ser

considerado una externalidad ambiental, la cual reduce la habilidad o capacidad del pez para mantener su homeostasis (Schreck, 1982). Todos los animales necesitan de una condición interna estable para poder crecer, sobrevivir y reproducirse, el mantenimiento de esta condición estable es denominada **homeostasis**. En respuesta a un estímulo que rompe este equilibrio (estresor), el animal trata de mantener la homeostasis a través de cambios fisiológicos y de comportamiento (respuesta al estrés). Como respuesta al estrés impartido pueden ocurrir una serie de cambios metabólicos y fisiológicos accionados por la secreción de adrenalina y cortisol. Los cambios neuroendocrinos inmediatos que ocurren cuando un pez está sometido a un estresor es denominado respuesta primaria al estrés, durante la cual se da inicio a la liberación de adrenalina y noradrenalina desde el tejido cromaffínico (tejido suprarrenal). Al mismo tiempo, el hipotálamo manda un mensaje a las células interrenales a través de la glándula pituitaria para la liberación de cortisol (Fig-1).



**Figura 1.** Componentes hormonales que actúan en la respuesta al estrés en peces (Fuente: FSBI, 2002).

Por lo general, cuando el estado de estrés es crónico (distrés), se excede el nivel de respuesta sostenida por el pez, seguido de un debilitamiento, el que a menudo es evidenciado por una enfermedad (Ashley, 2007). Los efectos que un determinado factor puede tener sobre el bienestar del pez, por ejemplo, la alta densidad de cultivo está relacionada y es frecuentemente dependiente de otros factores tales como el manejo

impartido durante las diferentes operaciones y procesos a los que los peces son sometidos durante el período de cultivo, y la calidad del medioambiente en la que son mantenidos (Ellis et al., 2002). Los peces están en íntimo contacto con el medio ambiente a través de su piel y branquias, por lo que la calidad del agua es crítica para su salud y bienestar. Este tema ha cobrado cada vez más importancia con el uso de los sistemas de cultivo hiperintensivos de recirculación (RAS), identificándose la calidad del agua como uno de los factores de riesgo más relevantes para el bienestar animal (Hjeltnes et al., 2012).

Debido a que los peces son seres sintientes que tienen la capacidad de sufrir miedo, dolor y estrés crónico (distrés), es necesario abordar el tema de su bienestar, para garantizar tanto la calidad de vida de los animales, así como también, la calidad ética del producto. En los peces sometidos a cultivo, un pobre estado de bienestar a menudo es equivalente a condiciones subóptimas de producción. Esto ha llevado a que emerjan recomendaciones y códigos de buenas prácticas por parte de instituciones científicas, gubernamentales y asociaciones de productores de salmón, en torno a mejorar las condiciones de cautiverio de los peces, considerando diferentes aspectos que van desde la selección adecuada del centro de cultivo hasta el método de sacrificio empleado.

Los mejores resultados productivos, en términos biológicos y económicos, son logrados cuando se toma conciencia de que la mejor forma de cultivar a los peces es considerando sus necesidades fisiológicas, ambientales y conductuales. De esta manera, el pez crece en forma óptima, en un ambiente adecuado y amigable. Muchos piscicultores han experimentado que un pez cultivado bajo condiciones subóptimas presenta baja tasa de crecimiento, genera mayor gasto en el control de las enfermedades, y la calidad del producto final es precaria, generando deficientes resultados económicos. Por lo tanto, contar con códigos y protocolos diseñados para evitar el dolor y sufrimiento de los peces en sistemas de producción acuícola, es importante para garantizar el bienestar de los animales, mejorar la percepción del consumidor, y contribuir a incrementar la productividad y rentabilidad del negocio.

Entre las publicaciones más relevantes en el tema se encuentran los estándares de bienestar para salmón del Atlántico y trucha arcoíris de la RSPCA (Royal Society for the Prevention of Cruelty to Animals); el Código de salud para animales acuáticos de la OIE; las recomendaciones de la EFSA (European Food Safety Authority), entre otros documentos elaborados por países productores de salmón.

Los estándares de bienestar de la **RSPCA** están basados en las cinco libertades definidas por el Farm Animal Welfare Committee (FAWC). Estas libertades son relevantes para el bienestar animal y debieran ser consideradas en la producción de peces, tomando en consideración los procesos fisiológicos que rigen el ciclo de vida de las especies salmonídeas sometidas a cultivo.

- 1.- Libre de hambre, sed y malnutrición: Los peces deben tener acceso a un alimento adecuado para la especie, de alta calidad y en un ambiente acuático en que el balance de los fluidos y electrolitos pueda ser mantenido.
- 2.- Libre de incomodidad: La temperatura del agua y composición química deben ser mantenidas dentro de los rangos óptimos para la especie y etapa de vida. El diseño de las unidades de cultivos debe ser adecuado para la especie y etapa de desarrollo.
- 3.- Libre de dolor, lesiones y enfermedades: Evitar situaciones en las cuales los peces sufran dolor, daño mecánico o enfermedades; realizar diagnósticos oportunos y rápidos; aplicar tratamientos adecuados para curar las enfermedades que tengan control, y sacrificar al animal en forma humanitaria.
- 4.- Libre de expresar un comportamiento normal: Proveer el espacio y condiciones ambientales adecuadas, de acuerdo a la especie y etapa de desarrollo.
- 5.- Libre de miedo y distrés: Minimizar situaciones estresantes, aplicando buenas prácticas en el manejo de los peces; mantener una óptima calidad del agua, y evitar el ataque de predadores

Entre los estándares delineados por la RSPCA para salmón del Atlántico (RSPCA, 2018a) y trucha arcoíris (RSPCA, 2018b), figuran los siguientes aspectos a considerar, sobre los cuales se ha abordado el desarrollo del Objetivo N°1:

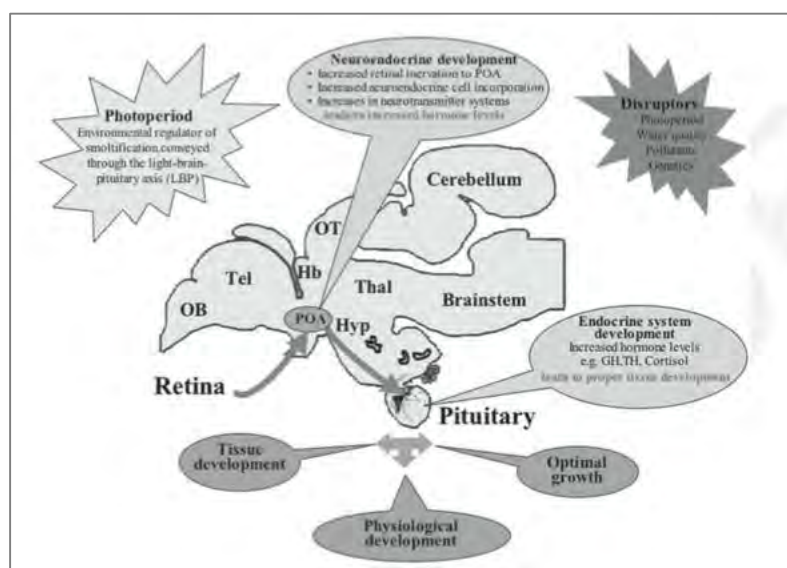


- Buenas prácticas de cultivo y asistencia veterinaria: Las enfermedades son consideradas la principal resultante de un pobre bienestar en los peces de cultivo.
- Calidad del agua de cultivo para las diferentes etapas de desarrollo
- Manejo y cuidados de las ovas
- Manejo y cuidados de los alevines
- Manejo y cuidados de los juveniles
- Manejo y cuidados en la esmoltificación.
- Manejo y cuidados en la vacunación
- Manejo y cuidados en el transporte
- Manejo y cuidados en la selección
- Medidas de bioseguridad
- Aplicación de fotoperiodo
- Calidad del alimento y frecuencia de alimentación

El estrés del cautiverio y las condiciones ambientales inadecuadas puede afectar el sistema inmune, el crecimiento y la reproducción en los peces, alterando el sistema endocrino, el desarrollo de gametos y su calidad, y el desarrollo y sobrevivencia de los huevos y larvas (Campbell et al., 1994; Pankhurst & Van der Kraak, 1997; Schreck et al., 2001; Wagner et al., 2002).

Dentro del ciclo de vida de las especies anádromas, como son el salmón del Atlántico (*Salmo salar*) y el salmón coho (*Oncorhynchus kisutch*), las etapas de mayor estrés y cuidado corresponden a la reproducción y esmoltificación, etapas en las que se activa una cascada hormonal que les permite a los peces cambiar de ambiente. En los peces anádromos, los cambios en la actividad endocrina preceden o son usualmente simultáneos con los cambios en los mecanismos de equilibrio de la sal y el agua. La pituitaria, la tiroides y las gónadas son glándulas que están primordialmente relacionadas con los cambios en el ajuste fisiológico que ocurre antes y durante la migración.

En los smolts ocurren procesos fisiológicos que le permiten a los peces migrar hacia el mar (Fig. 2), por lo contrario, en los reproductores se producen cambios fisiológicos opuestos que les permite a los peces migrar desde el mar al agua dulce. El conocimiento de estos procesos ha cobrado mayor relevancia en estos últimos años, considerando que ambas etapas de desarrollo son hoy totalmente manipuladas en la producción intensiva a través del manejo del fotoperiodo, lo que permite producir smolt durante todo el año, y modificar los tiempos de madurez de los reproductores con la finalidad de obtener ovas en cualquier época del año.



**Figura 2.** Cascada hormonal en el proceso de esmoltificación (Fuente: Stefansson et al., 2008).

### **3.- OBJETIVOS**

#### **3.1.- OBJETIVO GENERAL**

Identificar y determinar indicadores operacionales (IOBs) de bienestar animal en salmónidos en las etapas de agua dulce durante reproducción; alevinaje y esmoltificación.

#### **3.2.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

**Objetivo 1.-** Describir los diferentes sistemas de cultivo de reproducción, alevinaje y esmoltificación en agua dulce utilizadas en Chile y en los principales países productores de salmónidos.

**Objetivo 2.-** Identificar las IOBs durante las etapas de reproducción, alevinaje y esmoltificación de salmónidos en agua dulce.

**Objetivo 3.-** Desarrollar y validar metodologías de evaluación estandarizadas de los IOBs para reproducción, alevinaje y esmoltificación en agua dulce.

**Objetivo 4-** Proponer un modelo para evaluar el impacto económico del bienestar animal en la cadena producción de salmónidos.

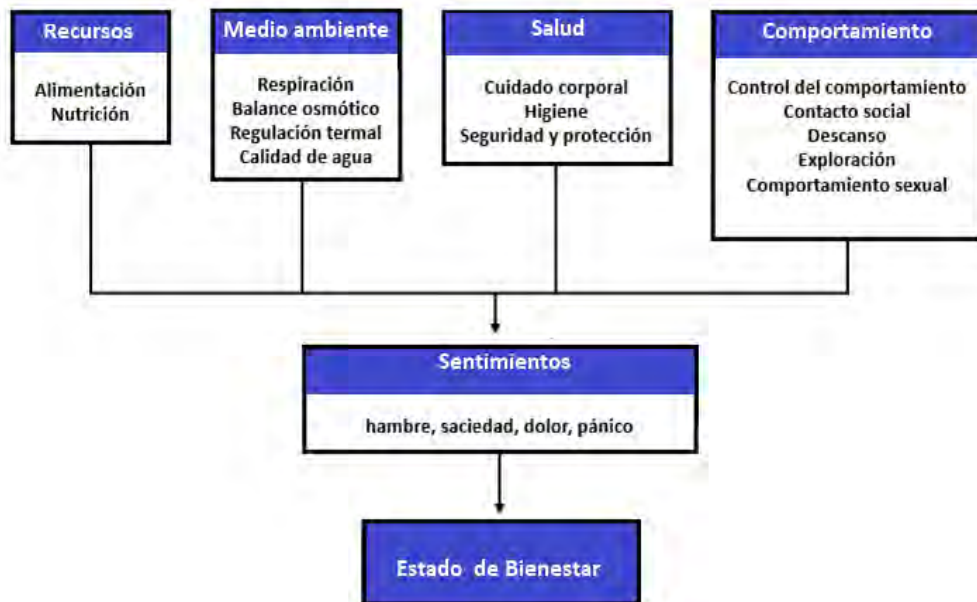
## **4.- DESARROLLO OBJETIVO GENERAL**

Identificar y determinar indicadores operacionales (IOBs) de bienestar animal en salmónidos, en las etapas de agua dulce durante reproducción, alevinaje y esmoltificación.

### **4.1.- METODOLOGÍA OBJETIVO GENERAL**

Para dar cumplimiento al objetivo general, se ha revisado literatura nacional e internacional en la materia, la que se aborda en el desarrollo de los objetivos N°1 y N°2. En base a los resultados generados se convocó a expertos en el tema y a profesionales de las empresas salmoneras a dos talleres de trabajo, realizados con fechas 2 de agosto y 4 de octubre de 2018. Estos talleres fueron ejecutados con la finalidad de determinar los indicadores de bienestar animal que fueron validados en terreno, para posteriormente desarrollar los objetivos N°3 y N°4.

La metodología está basada en las necesidades de las especies salmonídeas sometidas a cultivo en Chile (salmón del Atlántico; salmón coho y trucha arcoíris), tomando como base la categorización propuesta por Noble et al. (2018), la que considera la disponibilidad de recursos; un adecuado medioambiente acuático; buen estado de salud y la libertad para expresar comportamientos (Fig. 3). El grado de cumplimiento de estas necesidades afecta el estado mental de los peces y por consiguiente su estado de bienestar (Noble et.al, 2018).



**Figura 3.** Necesidades de bienestar de los salmónidos (Fuente: Modificado de Noble et al., 2018)

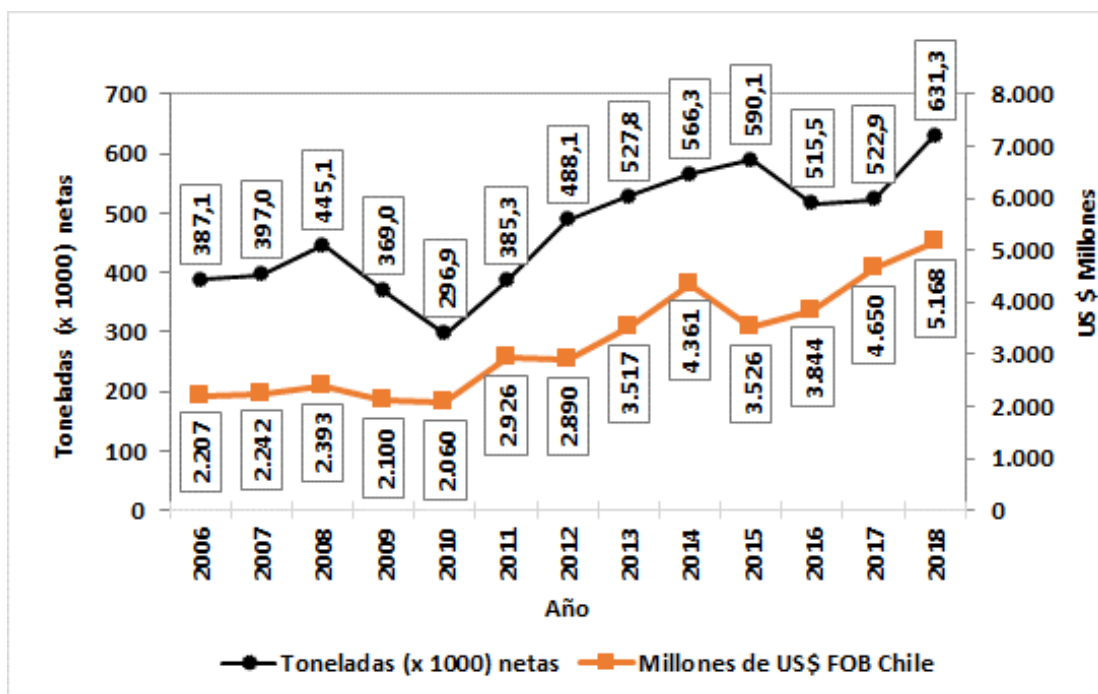
## 5.- DESARROLLO OBJETIVO N°1

*Describir los diferentes sistemas de cultivo de reproducción, alevinaje y esmoltificación en agua dulce utilizadas en Chile y en los principales países productores de salmónidos.*

### 5.1.- ANTECEDENTES

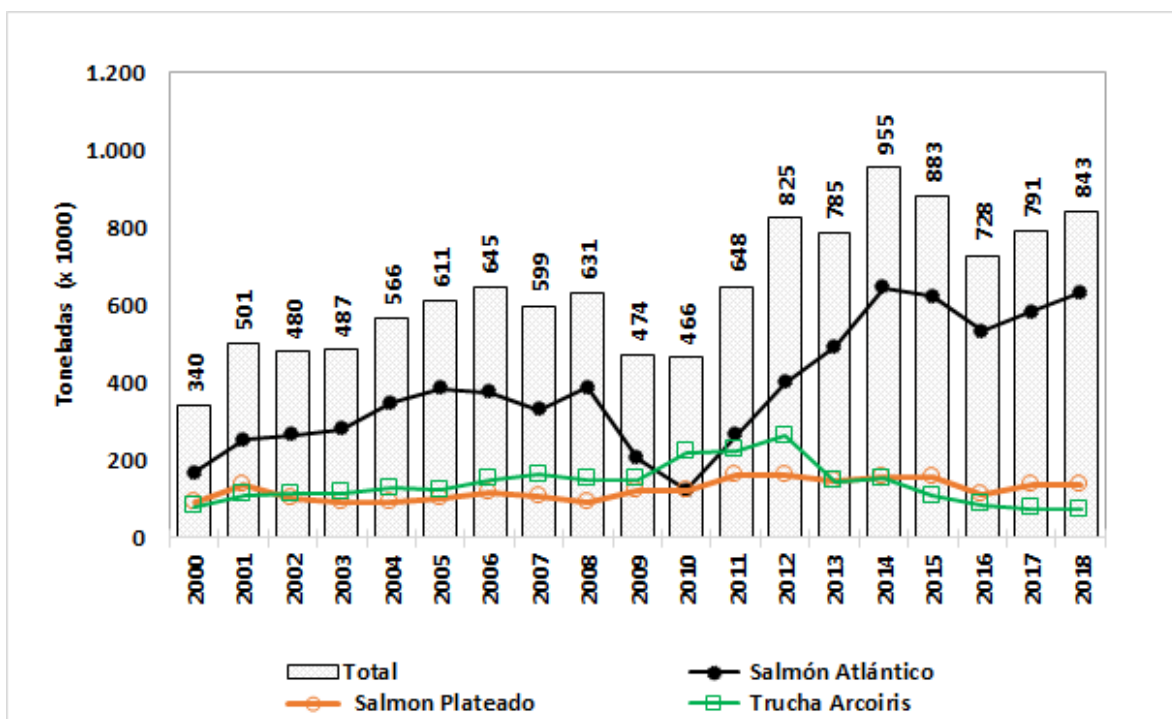
La Salmonicultura es una de las principales actividades económicas para Chile, la que se inició a fines de los años 1970's, alcanzando en 1992 el segundo lugar, después de Noruega, en la producción mundial de salmónes, lugar que ostenta hasta la fecha.

La producción de salmónidos en Chile está constituida por las especies salmón del Atlántico (*Salmo salar*), salmón coho (*Oncorhynchus kisutch*) y trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*). En la figura 4 se muestra la evolución que han tenido las exportaciones en términos de tonelaje e ingresos en millones de dólares, para el periodo 2006-2018.



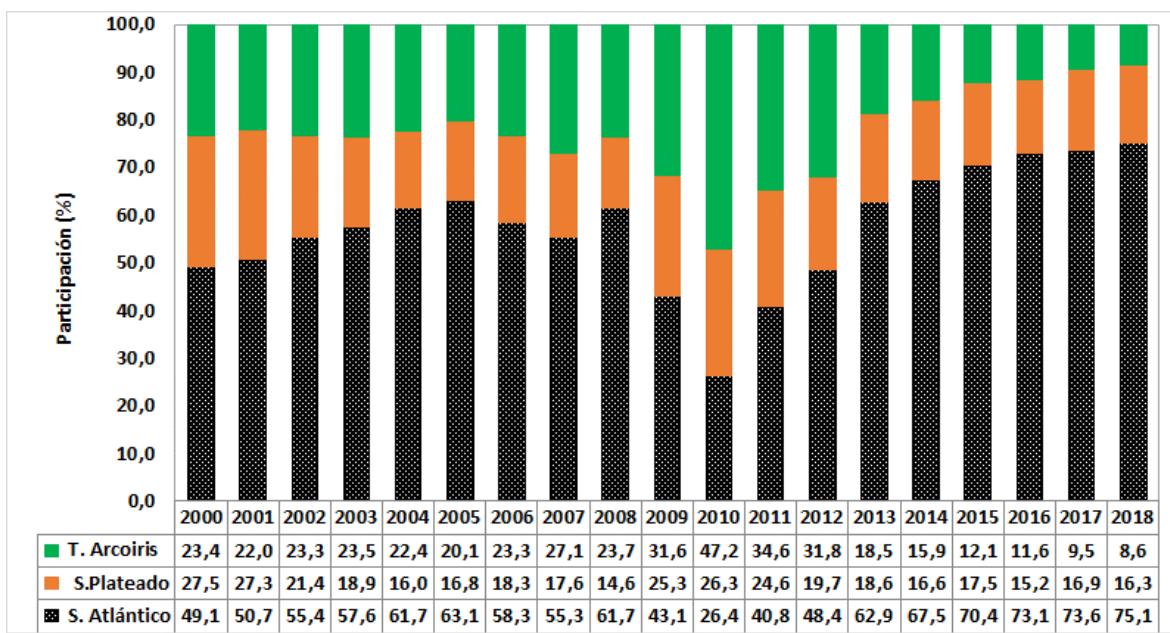
**Figura 4.** Exportaciones de salmón y trucha en Chile, período 2006-2018 (Fuente: Elaboración propia con datos de SalmonChile, 2018).

En sus inicios, la producción de salmónes estaba constituida solamente por salmón coho, posteriormente se incorporaron las especies salmón del Atlántico y trucha arcoíris. En el año 2000 el 49% de la producción estaba constituida por salmón de Atlántico, y el 51% restante por salmón del Pacífico y trucha arcoíris. A partir del 2013 la producción de salmón del Atlántico aumentó considerablemente respecto a las otras dos especies salmonídeas, registrándose en el 2018 una producción de 75% de salmón del Atlántico, 16% de salmón coho y 9 % de trucha arcoíris (Fig. 5).



**Figura 5.** Participación (%) por especie en la producción total de salmónidos en Chile, período 2000–2018 (Fuente: Elaboración propia con datos de Sernapesca, 2017).

En términos de toneladas producidas por especie desde el año 2000, el mayor volumen de producción se registró en el 2014, llegando a un total que superó las 955.000 toneladas. La mayor caída en la producción se registró en los años 2009 y 2010, producto de los brotes del virus ISA que afectaron la producción de salmón del Atlántico en dicho período (Fig. 6).



**Figura 6.** Cosechas salmónidos período 2000–2018 en Chile (Fuente: Elaboración propia con datos de Sernapesca, 2018).

### 5.1.1.- Ciclo de Producción Salmones

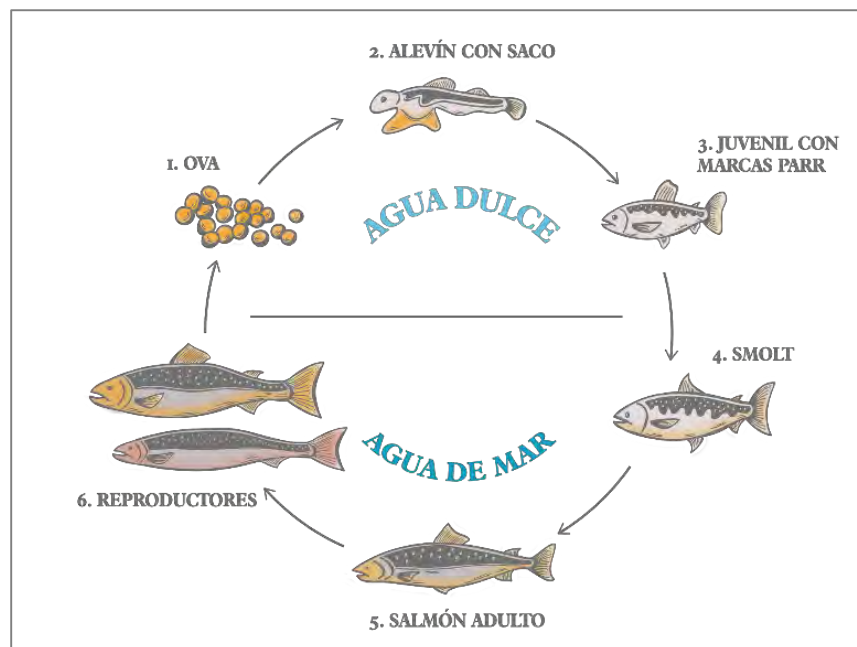
El ciclo completo de producción en agua dulce se inicia con un plantel de reproductores que tenga los atributos en términos de calidad genética que se desea privilegiar en la progenie. Actualmente los atributos más valorados son la resistencia a enfermedades, seguido de una alta tasa de crecimiento y madurez sexual tardía. De la calidad de los reproductores depende la calidad de las ovas que darán origen a los alevines que se transformarán en smolt, estado fisiológico que indica que los peces están aptos para ser trasladados al mar. De la calidad de los smolt, en términos de procesos fisiológicos y estado sanitario, depende el desempeño productivo de los salmónes en su etapa de vida en el mar. Peces que no hayan esmoltificado o que hayan esmoltificado solo parcialmente, tendrán problemas en la osmorregulación, crecimiento y en el peor de los casos morirán (Noble et al., 2018).

Las etapas de producción de los salmónidos en agua dulce están vinculadas con el desarrollo biológico y fisiológico de éstos (Fig. 7), las que corresponden a:

- **Plantel de reproductores:** Ejemplares machos y hembras que darán origen a las partidas de ovas destinadas a cultivo.



- **Producción de ovas con ojos:** Huevos que han alcanzado el estado de desarrollo, posterior a la fertilización, en el cual los ojos del embrión son claramente visibles.
- **Producción de alevines:** Etapa que se inicia con la primera alimentación y finaliza con la etapa de esmoltificación.
- **Producción de smolt:** Peces completamente esmoltificados, exhibiendo la característica coloración plateada y ausencia de manchas parr.



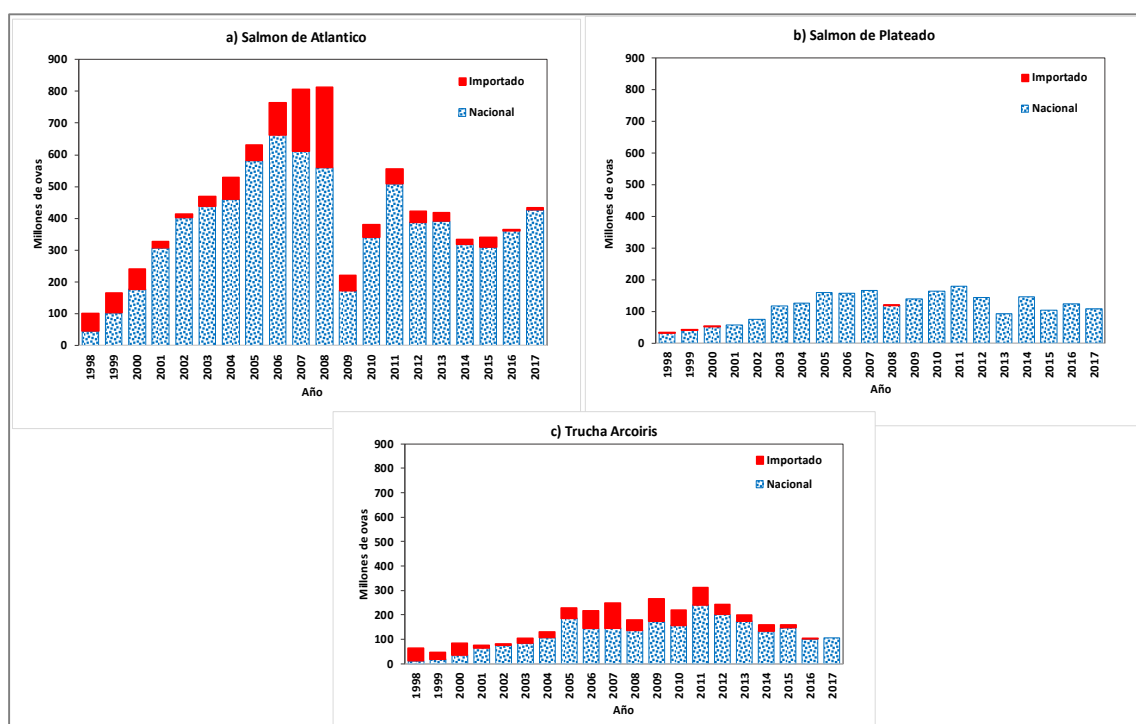
**Figura 7.** Ciclo de vida del Salmón (Fuente. ECOSALMON Patagonia sustentable)

### 5.1.2.- Suministro de ovas para la producción de salmones y truchas en Chile

En sus inicios, la Salmonicultura en Chile estuvo sustentada principalmente por ovas de salmones y truchas importadas desde diferentes países del hemisferio norte, lo que fue cambiando con los años, debido al riesgo de ingreso de patógenos. Actualmente más del 90% de la producción es sustentada por ovas nacionales, originada de plantales de reproductores que cuentan con programas de mejoras genéticas. Las importaciones de ovas de salmón del Atlántico y trucha arcoíris disminuyeron sustancialmente a partir

de 2009, posterior a los primeros brotes del virus ISA en Chile, como resultado de las más estrictas normativas sanitarias implementadas por la autoridad (**Res. Ex 070 – 2003, PSGR**).

A diciembre de 2017 la producción de ovas con ojos alcanzó los 624,1 millones, de las cuales el 66,5% correspondió a salmón de Atlántico, 17% a salmón del Pacífico y 16,5% a trucha arcoíris. Esta cifra es 6,3% mayor respecto a igual fecha del año 2016. Las importaciones de ovas acumuladas a diciembre de 2016 fueron de 4,2 millones, correspondiendo el 79% a ovas de salmón del Atlántico cuyo origen fue Islandia y 21% a ovas de trucha arcoíris importadas desde Dinamarca (Fig. 8).



**Figura 8.** Producción de ovas nacionales vs ovas importadas, período 1998-2017. 10a: salmón del Atlántico; 10b: salmón coho; 10c: trucha arcoíris (Fuente: Elaboración propia con datos de Sernapesca, 2017).

## 5.2.- DESARROLLO METODOLÓGICO OBJETIVO N°1

Para dar respuesta al Objetivo N°1, se hizo un levantamiento de información bibliográfica y también directamente desde las empresas productoras de salmón. Para esto se realizaron las siguientes actividades:

**a.- Generación de Base de datos de pisciculturas que operan en Chile:** Se confeccionaron dos bases de datos. Una con el listado de las pisciculturas que operan en el país, por región, caracterizándolas según el sistema de cultivo utilizado, pisciculturas tradicionales (flujo abierto), pisciculturas con reutilización de agua (REU) y pisciculturas de recirculación (RAS) (**Anexo I**). Esta información fue obtenida de la respuesta entregada por las 60 encuestas recepcionadas y corroborada con la base de datos proporcionada por el Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura.

La segunda base de datos incluye toda la información proporcionada por las 60 pisciculturas que respondieron las encuestas aplicadas, solicitada a través de carta conductora emitida por la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura. La información generada de las encuestas fue incluida en una base de datos general (BBDD general).

**b.- Clasificación de las pisciculturas por fase de cultivo:** Las pisciculturas actualmente operando, fueron clasificadas según la fase de cultivo, en las siguientes categorías:

- Manejo genético reproductores
- Reproducción y producción de ovas
- Incubación y alevinaje
- Producción de smolt

**c.- Elaboración y aplicación de encuestas:** Se confeccionaron dos encuestas (**Anexo II**) con preguntas cerradas y abiertas para caracterizar metodológicamente las pisciculturas que operan en el país, además de conocer las prácticas de manejo aplicadas por las empresas salmoneras en la fase de agua dulce, con foco en el bienestar de los peces. Las encuestas fueron aplicadas a 20 empresas salmoneras que operan en

Chile, y que cuentan con centros de cultivos en agua dulce, de tal forma lograr un alto número de respuestas que permitiera identificar las condiciones de cultivo de los centros del país. Las encuestas fueron respondidas por **60** centros de cultivos en agua dulce pertenecientes a **17** empresas salmoneras (Tabla 1), lo que corresponde al 85% de respuesta de las empresas contactadas, y al 38,46% del universo de pisciculturas operando en el 2018 (156), según lo publicado por Mundo Acuícola, con datos de Sernapesca (Fig. 34).

**Tabla 1.** Empresas salmoneras encuestadas

<b>Empresa</b>	<b>n° Pisciculturas encuestadas</b>
Acuicultura Toro y Cía. SPA	1
AquaChile S.A.	8
Aquagen Chile S.A.	1
Cermaq Chile S.A.	9
Salmones Blumar S.A.	1
Salmones Camanchaca S.A.	5
Salmones Chaica	1
Inversiones Gramado Ltda.	1
Hendrix Genetics Aquaculture S.A.	1
Invermar S.A.	2
Exportadora Los Fiordos Ltda.	4
Salmones Multiexport S.A.	6
Salmones Antártica S.A.	8
Salmones Austral SPA	4
Salmones de Chile Alimentos S.A.	3
Salmones Magallanes S.A.	1
Ventisqueros S.A.	4
Australis Seafoods S.A.	No responde
Cooke Aquaculture Chile S.A.	No responde
Marine Harvest Chile S.A.	No responde

- **Encuesta 1:** Aplicada a los centros de reproductores y de producción de ovas. Se obtuvo respuesta de 18 centros de reproductores, incluyendo 5 centros de manejo genético en agua dulce, que incorpora todo el ciclo de producción desde ovas a reproductores (Tabla 4).

- **Encuesta 2:** Aplicada a los centros de alevinaje y producción de smolt. Se obtuvo respuesta de 42 centros de alevinaje-esmoltificación, 34 pisciculturas y 8 centros que operan con balsas- jaulas en agua dulce (Tabla 2).

**Tabla 2.** Centros de cultivos en agua dulce por etapa de desarrollo

Tipo Piscicultura	nº	%
Manejo Genético	5	8,3
Ova-Reproductores	13	21,7
Alevinaje-Esmoltificación	34	56,7
Esmoltificación (Jaulas)	8	13,3
<b>Total</b>	<b>60</b>	<b>100</b>

Las encuestas se confeccionaron tomando en consideración los siguientes aspectos:

Especie cultivada

- especie cultivada (trucha arcoíris; salmón coho, salmón del Atlántico)
- origen de los ejemplares (nacional, importado, país de origen)

Origen del agua

- origen del agua de cultivo (río; lago; vertiente; pozo; mezcla)
- descripción de los parámetros ambientales controlados
- frecuencia en el control de los parámetros ambientales
- frecuencia de control de la calidad de agua (minerales, bacteriológico)

Centro de cultivo

- infraestructura utilizada
- flujo de agua por etapa de desarrollo
- densidad de cultivo por etapa de desarrollo (número de ovas; kilo peces/m<sup>3</sup>)
- capacidad de producción

Alimentación

- tipo de alimento y origen del alimento
- sistemas de alimentación
- frecuencia de alimentación por etapa de desarrollo

### Manejo operativo

- método de shocking empleado en las ovas.
- sistema de graduación de los peces.
- frecuencia de graduaciones realizadas en el período de producción
- sistemas de evaluación de biomasa (peso, talla)
- frecuencia de evaluación de biomasa

### Aspectos sanitarios

- frecuencia de visita profesional médico veterinario
- vacunas utilizadas (tipo y modo de aplicación, inmersión, oral, inyección)
- enfermedades diagnosticadas en el plantel
- medicamentos aplicados para el control de las enfermedades diagnosticadas
- métodos de tratamientos aplicados (inmersión, oral, baño)
- tipos de anestésicos empleado
- medidas de bioseguridad instauradas
- tipos de desinfectantes empleados
- sistemas de desinfección

### Personal

- número de personas trabajando en la piscicultura
- formación profesional y función de cada persona

### Del Bienestar Animal

- profesional (s) encargado del bienestar animal (si/no)
- capacitación en buenas prácticas de cultivo (si/no)
- capacitación en bienestar animal (si/no)
- frecuencia de capacitación
- uso de protocolos de bienestar animal
- uso de IOBs en el plantel de cultivo
- descripción de IOBs

**d.- Visita a Pisciculturas:** Con la finalidad de observar el funcionamiento de la infraestructura y operación de las pisciculturas en terreno, se visitaron cinco pisciculturas en la Región de Los Lagos.

- 1 piscicultura recirculación (RAS) (01.02.2018)
- 1 piscicultura flujo abierto (FA) (20.03.2018)
- 1 recirculación (RAS) y reutilización (REU) (20.04.2018)
- 1 piscicultura flujo abierto (FA) (17.05.2018)
- 1 piscicultura con sistema mixto: recirculación (RAS); reutilización agua (REU); flujo abierto (FA) (28.06.2018)

**e.- Caracterización de los sistemas de producción de salmónidos en Chile:** A través de la información obtenida de las dos encuestas y de las visitas realizadas a cinco pisciculturas en la Región de Los Lagos, se caracterizaron los sistemas de producción de salmónidos que operan en Chile, por etapa de desarrollo de los peces.

**f.- Caracterización de los sistemas de producción de salmónidos que operan en otros países:** Esta información fue obtenida de bibliografía consultada y contactos con expertos.

### **5.3.- RESULTADOS OBJETIVO N°1**

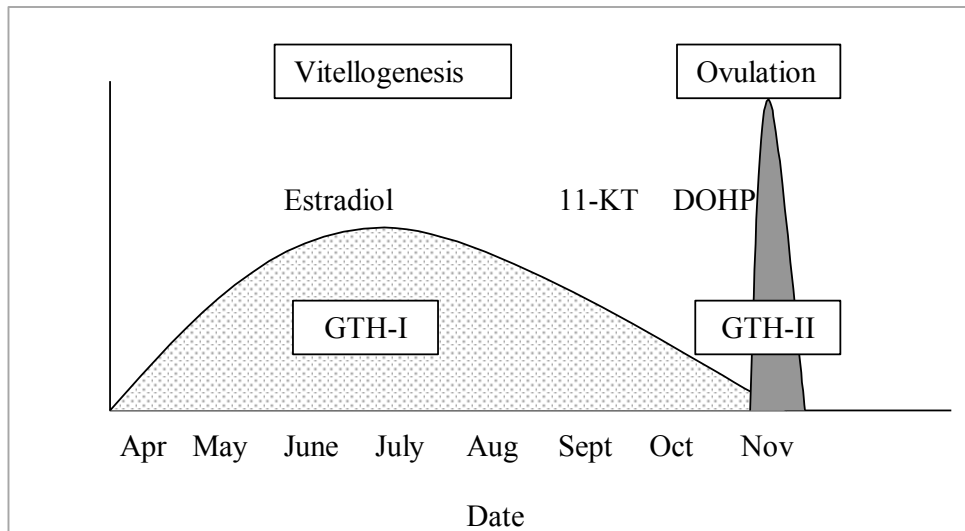
#### **5.3.1. Etapas de Producción de salmónidos y truchas en Chile**

De la revisión bibliográfica realizada y de la información obtenida a través de los resultados generados de las encuestas aplicadas a los 60 establecimientos de cultivo en agua dulce, se describen las etapas involucradas en la producción de salmónidos en agua dulce, lo que incluye desde el manejo de reproductores a la producción de smolts, destacando los aspectos de mayor relevancia para el bienestar de los peces.

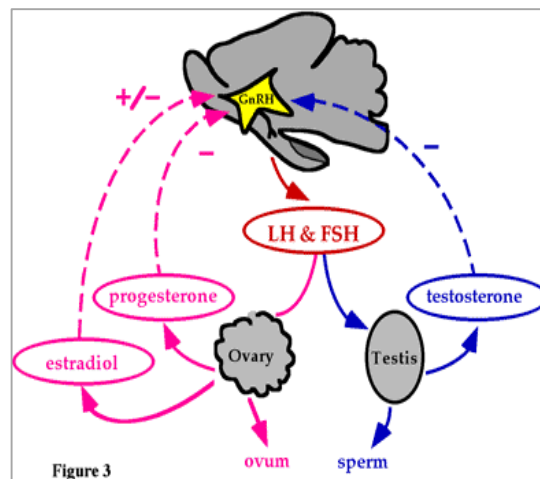
##### **5.3.1.1.- Manejo de Reproductores, Desove y Fertilización**

El proceso de madurez se inicia aproximadamente ocho meses previo al desove (Fig. 9), desencadenándose una cascada hormonal generada por el fotoperíodo en la glándula pineal alojada en el cerebro de los peces (Fig. 10). En general este proceso debe ocurrir a ciertas tallas o edad de los peces adultos, pero también es posible encontrar machos

a tallas pequeñas (< 1.0 Kg.) que maduran durante su primer otoño de vida, como es el caso de los “Jack”, registrados en algunas especies de salmón del Pacífico. Esto también suele ocurrir en algunas variedades de salmón del Atlántico, principalmente cuando son expuestos a altas temperaturas en la etapa de agua dulce (Good & Davidson, 2016).



**Figura 9.** Proceso de madurez sexual en salmones (Fuente: Powell, 2001).



**Figura 10.** Cascada hormonal proceso reproductivo salmones (Fuente: Benedet, 2008).

Entre las alteraciones registradas en reproductores atribuidas a situaciones de estrés (Gordon et al., 1987), se destacan:



- *Ausencia de desarrollo gonadal.* Los peces no logran desarrollar la vitelogénesis ni espermatogénesis.
- *Ausencia de la maduración final de los ovocitos.* A comienzo de la estación de puesta los ovocitos postvitelogénicos detienen su maduración final y se transforman en atrésicos
- *Ausencia de desove.* Las especies que presentan este problema pueden desarrollar normalmente la vitelogénesis, la maduración final de los ovocitos y la ovulación, pero no son capaces de realizar la puesta.

**a.- Plantel de Reproductores:** En términos generales, el modelo productivo en agua dulce comienza con la conformación de un plantel de reproductores, que considera el número de líneas necesarias que permitan la producción de ovas y semen durante todo el año, y en la cantidad requerida. Dependiendo de la especie, es la cantidad de ovas que genera una hembra (Tabla 10). En tanto que un macho maduro genera esperma suficiente para fertilizar hasta 100 hembras (Tabla 4).

Hasta antes del primer diagnóstico de la enfermedad Anemia Infecciosa del Salmón (ISA), registrada en el 2007, los planteles de reproductores se mantenían en centros de cultivos en el mar, los que eran transportados a las pisciculturas de reproductores en agua dulce previo al desove, operación que es rutinariamente realizada en otros países productores de salmón. Actualmente, la normativa implementada señala en el Artículo 23 D (D.S. N°319, RESA), “*los ejemplares de *Salmo salar* que sean trasladados desde centros de reproducción a piscicultura, deberán permanecer en ella **al menos un año antes de ser desovados.** Los ejemplares de *Oncorhynchus mykiss* que sean trasladados desde centros de reproducción a piscicultura, deberán permanecer en ella **al menos seis meses** antes de ser desovados. El Servicio establecerá un plan de muestreo sanitario durante el periodo previo al desove en el programa sanitario de reproducción”.*

En el programa sanitario de reproducción (**Res. Ex. N°70-2003; PSGR**) se señala entre otros puntos, que el traslado de reproductores solo podrá hacerse si se acredita ausencia de enfermedades o de sus agentes causales a través de la certificación **del**

**estado sanitario** de los ejemplares, y que las ovas y estados juveniles cuentan con circuitos de agua independiente de los que serán utilizados para los reproductores.

De acuerdo con lo informado por el Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura, 97 centros de reproductores declararon ingresos o existencia entre los años 2014 y 2016. De estos, **23** se encuentran emplazados en mar y **74** están emplazados en tierra (pisciculturas). De las instalaciones emplazadas en mar, 3 declararon operar sólo con salmón del Atlántico, 10 sólo con salmón coho y 8 sólo con trucha arcoíris. De los dos restantes, una opera con truchas arcoíris y salmón coho; y la otra con las tres especies. Respecto de los centros de reproductores emplazados en tierra, 15 operan solo con salmón del Atlántico, 22 lo hacen con trucha arcoíris y 9 operan con salmón coho. Los centros restantes operan con más de una especie (Tabla 3).

**Tabla 3.** Número de centros de reproductores, por especie y tipo de instalación (período 2014-2016).

Tipo de Instalación	Número	Porcentaje (%)	Especie producida
<b>Concesión de acuicultura</b>	3	13,0	<i>Salmo salar</i>
	10	43,5	<i>Oncorhynchus kisutch</i>
	8	34,8	<i>Oncorhynchus mykiss</i>
	1	4,3	<i>Salmo salar, Oncorhynchus kisutch y Oncorhynchus mykiss</i>
	1	4,3	<i>Oncorhynchus kisutch y Oncorhynchus mykiss</i>
<b>Total</b>	<b>23</b>	<b>100%</b>	
<b>Piscicultura</b>	15	20,3	<i>Salmo salar</i>
	9	12,2	<i>Oncorhynchus kisutch</i>
	22	29,7	<i>Oncorhynchus mykiss</i>
	5	6,8	<i>Salmo salar, Oncorhynchus kisutch y Oncorhynchus mykiss</i>
	10	13,5	<i>Oncorhynchus kisutch y Oncorhynchus mykiss</i>
	7	9,5	<i>Salmo salar y Oncorhynchus mykiss</i>
	6	8,1	<i>Salmo salar y Oncorhynchus kisutch</i>
<b>Total</b>	<b>74</b>	<b>100%</b>	

Fuente: Sernapesca, 2017

**b.- Manejo de Reproductores en Cautiverio:** Una de las primeras actividades es la evaluación de madurez para determinar si los ejemplares están aptos para el desove. Bajo condiciones de cultivo artificial los ovocitos de los salmónidos son ovulados, pero no desovan espontáneamente, por lo que los gametos de los machos y hembras deben extraerse manualmente para provocar la fertilización artificial (Donaldson et al., 1997; Valdebenito et al., 2013). Para la evaluación de madurez se toma en consideración los siguientes aspectos:

En las hembras se evalúa:

- Nivel de dilatación y color del poro urogenital
- Liberación de las ovas a través del poro urogenital
- Nivel de ablandamiento del vientre y liberación de las ovas dentro de éste. Según sea el caso se clasifican en hembras duras, blandas, avanzadas y ovuladas.

En los machos se evalúa:

- Nivel de coloración de la piel
- Cantidad de mucus secretado
- Cantidad de liberación de semen a través del poro urogenital.

Los reproductores que no están listos para desovar, permanecen en los estanques de mantención y son revisados nuevamente en el proceso de palpaje cada 2 a 4 días hasta el desove, de esta forma se evita que los gametos pierdan calidad por los cambios morfológicos y bioquímicos que ocurren cuando están sobremaduros (Estay et al., 1994; Barnes et al., 2000). Según lo reportado en las encuestas, se señaló que, para la evaluación de madurez en hembras y machos, se aplica revisión manual (palpaje) y ecografía con una frecuencia mensual o quincenal dependiendo del estado de madurez de los ejemplares.

En la tabla 4 se presenta la proporción de hembras y machos utilizada en el desove, según la especie salmonídea, reportada en las encuestas. Para salmón del Atlántico se reportó usar el semen de 1 macho para fecundar las ovas de 6 a 100 hembras. Las pisciculturas proveedoras de ovas son las que utilizan la más alta relación de hembras

por macho en reproductores de salmón del Atlántico. Esto se logra al cuantificar por espectrofotómetro, el número de espermios contenidos en el semen, lo que permite calcular el número de ovas a fecundar. Para salmón coho la relación fue 3 a 25 hembras por un macho y para trucha arcoíris 3 a 20 hembras por un macho.

**Tabla 4.** Proporción de machos y hembras para desove (n= 14)

<b>Especie</b>	<b>Machos: Hembras</b>
<b>Salar</b>	<b>1:6</b>
	<b>1:10</b>
	<b>1:20</b>
	<b>1:100</b>
<b>Coho</b>	<b>1:3</b>
	<b>1:4</b>
	<b>1:5</b>
	<b>1:10</b>
	<b>1:25</b>
<b>Trucha</b>	<b>1:3</b>
	<b>1:5</b>
	<b>1:10</b>
	<b>1:20</b>

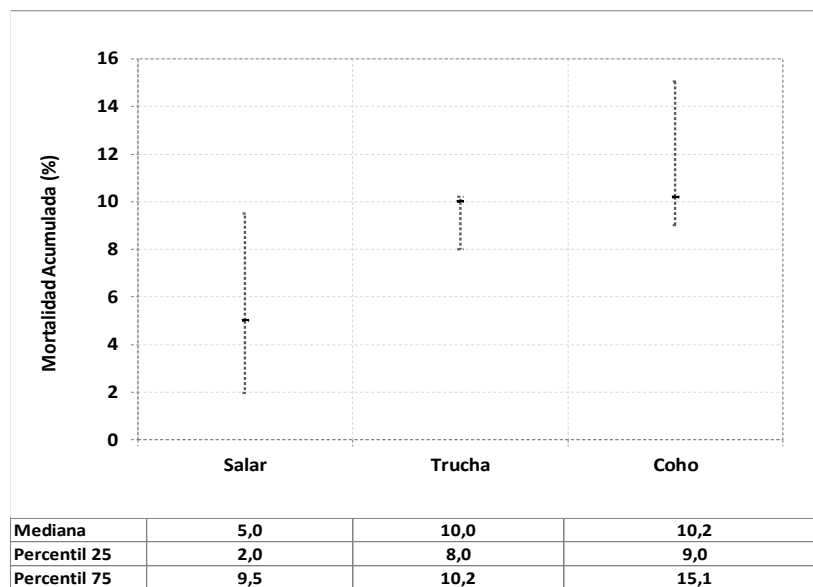
**c.- Inducción Hormonal:** El uso de hormonas (Tabla 5) para el control de la reproducción en peces se ha centrado en la inducción de la maduración final del ovocito (FOM); coordinación y sincronización de los tiempos de desove; incremento en la producción de semen, o bien como una forma de optimizar el manejo (rendimiento) productivo de una piscicultura. Los productos comerciales disponibles son OVAPLANT y OVAPRIM.

**Tabla 5.** Hormonas utilizadas en la sincronización de desove

Hormona	Dosis 1	Dosis 2
GNRH implante	50 ug/kg; 20 días previo al desove	
GNRH inyección	10 ug/kg; 10 días previo al desove	20 ug/kg; 7 días previo al desove
LHRH implante	35 ug/kg; 20 días previo al desove	
LHRH inyección	10 ug/kg; 10 días previo al desove	20 ug/kg; 7 días previo al desove

Fuente: Elaboración propia en base a fichas publicadas por laboratorios.

De la respuesta generada de 17 pisciculturas que operan con reproductores, en 11 señalaron no usar hormonas, en cinco se señaló usar hormonas solo en machos previo al desove, lo que ha mostrado incrementar el volumen de semen y también prolongar la motilidad de los espermios, y en una usar hormonas para sincronizar desove en hembras y en machos. En la figura 11 se presenta la mortalidad declarada para los reproductores por especie, registrándose la menor mortalidad para salmón del Atlántico (5%).



**Figura 11.** Mortalidad acumulada en **reproductores** según especie (mediana y rango intercuartílico) (n=17).

**d.- Sacrificio de Reproductores:** De acuerdo a los estándares de bienestar animal de la RSPCA, los peces deben ser humanamente sacrificados (eutanasia). Según lo reportado por las pisciculturas que operan con reproductores, los peces son sacrificados previo al desove con una sobredosis de anestésico, siendo la benzocaína el anestésico usado.

**e.- Desove de hembras:** Puede ser realizado a través de tres métodos:

- Masajeando gentilmente el abdomen para que las ovas sean liberadas sin daño. Un masaje violento puede provocar la ruptura de la membrana y dañar los ovarios, dando como resultado una baja sobrevivencia.
- Incisión en el abdomen, liberando las ovas desde la cavidad abdominal.
- Inyectando aire a través de una jeringa, en la zona posterior a la cavidad pericardial, con presión de aire entre 2 a 4 psi para que las ovas salgan a través del poro urogenital (Fig. 12).

Según lo reportado por las 17 pisciculturas que operan con reproductores, ocho declararon aplicar inyección de aire, siete cortes abdominales, y dos realizar solo masaje abdominal (Tabla 6).

**Tabla 6.** Métodos de desove hembras (n=17)

<b>Método Desove Hembras</b>	<b>n° Pisciculturas</b>
<b>Inyección de aire</b>	<b>8</b>
<b>Corte abdominal</b>	<b>7</b>
<b>Masaje</b>	<b>2</b>



**Figura 12.** Extracción de ovas por inyección de aire (Foto: Cristina Pesse)

Los criterios usados para la eliminación de las ovas verdes por parte de los piscicultores son:

- alta dispersión en el tamaño de la ova
- fluido celómico con salinidad superior al rango crítico (20 ppm)
- fluido celómico contaminado (sangre, fecas)
- ovas con polos pigmentados
- ruptura de ovas
- ovas polarizadas
- ovas con escasa pigmentación

Los criterios usados para la clasificación del fluido ovárico como aceptable son:

- líquido (color transparente)
- viscosidad
- pH (neutro)
- volumen
- temperatura

Fluido ovárico descartable:

- contaminado con orina y/o heces
- presencia de bilis
- exceso de sangre en el fluido.

**f.- Examen Calidad de Semen:** Un semen de buena calidad es de color blanco o levemente rosado y de consistencia lechosa a cremosa. Si la consistencia del semen es grumosa o acuosa debe ser desechado (Estay et al., 1994).

Para conocer la viabilidad del semen, debe ser sometido a observación microscópica para determinar el tiempo de la motilidad espermática y el período de sobrevivencia, para lo cual se hace uso del score presentado en la tabla 7 (Billard, 1992). Este examen se realiza mezclando en un portaobjetos una gota de semen con una gota de fluido ovárico o suero fisiológico (solución salina al 0,9%). En un semen de buena calidad, la motilidad debe ser inicialmente explosiva y mantenerse activa por a lo menos durante 15 a 20 segundos (Estay et al., 1994).

**Tabla 7.** Score Calidad de Semen

<b>Valor</b>	<b>Motilidad</b>
<b>5</b>	Todos los espermatozoides se desplazan vigorosamente y es imposible fijar la vista en ellos.
<b>4</b>	La mayoría de los espermatozoides se desplazan rápido. Algunos se desplazan lento.
<b>3</b>	Los espermatozoides presentan tres comportamientos. -Algunos de desplazan vigorosamente . - Algunos se desplazan lentamente - Algunos están inmóviles
<b>2</b>	Pocos espermatozoides se desplazan rápidamente , muchos lo hacen lentamente , la mayoría está inmóvil.
<b>1</b>	Algunos espermatozoides se agitan ligeramente . La mayoría permanece inmóvil.
<b>0</b>	Ningún espermatozoide se mueve

Fuente: Billard, 1992.

El semen es colectado al masajear la zona abdominal de los ejemplares maduros, en sentido craneocaudal. El semen es extraído directamente en un recipiente o a través de una cánula inserta en el poro urogenital (Fig. 13). De las 17 pisciculturas que



respondieron la encuesta, 11 declararon masaje abdominal y seis declararon además usar cánula para la extracción del semen (Tabla 8).

**Tabla 8.** Métodos de desove machos (n=17)

Método de Extracción de Semen	n° Pisciculturas
Masaje Abdominal	11
Masaje Abdominal + Cánula	6



**Figura 13.** Extracción de semen (Foto: Cristina Pesse)

El semen es colectado previo al desove de las hembras y almacenado refrigerado para mantener los espermatozoides vivos. También puede ser criopreservado, almacenado en nitrógeno líquido hasta por cinco años. En este caso, el semen es almacenado en una solución criopreservante. En las pisciculturas que realizan manejo genético y en las cuales se tiene producción de ovas fuera de temporada, declararon usar semen criopreservado.

**g.- Fecundación:** Este es un proceso complejo y altamente especializado de cambios bioquímicos y biofísicos desencadenados por la interacción de los gametos, que culmina

con la formación del cigoto y el inicio del desarrollo. La penetración del espermatozoide ocurre a través del micrópilo, el cual tiene forma de embudo, permitiendo el paso de un solo espermatozoide (Estay et al., 1994). Una vez que el espermatozoide atraviesa el micrópilo, se produce la unión y fusión de la membrana plasmática de ambos gametos y se da inicio a la transformación del huevo en un cigoto funcional (Estay et al., 1994).

La fecundación se realiza en forma manual, mezclando el semen con las ovas de la hembra (Fig. 14). Para la fecundación existen dos métodos aceptados.

- **Método húmedo:** Los gametos (ovas y semen) son vertidos en un recipiente y mezclados con agua.
- **Método seco:** La mezcla de los gametos se realiza en ausencia de agua. Este es el método universalmente utilizado ya que se ha demostrado que se logran mejores resultados que con el método húmedo (Fig. 14).



**Figura 14.** Fecundación (Foto: Cristina Pesse)

La actividad de los espermatozoides es más prolongada en presencia de fluido ovárico que en agua. La actividad espermática se comporta mejor en un medio isotónico, idealmente con un pH levemente alcalino (8-9) y con baja concentración de potasio (Estay et al., 1994). Como una forma de mejorar la eficacia de la fecundación artificial, las empresas utilizan diversos buffers salinos, químicamente similares al fluido ovárico, reemplazando el fluido ovárico por esta solución isotónica, siendo la solución de Billard (1992) la más usada.

Las 17 pisciculturas que operan con reproductores declararon usar el método seco, mezclando las ovas con el semen y una solución activante para facilitar la fecundación, principalmente cuando se utiliza semen criopreservado.

**h.- Hidratación ovas:** Normalmente después de 5 minutos de efectuada la fecundación (método seco), se realiza un prolijo enjuague de las ovas para producir la activación y eliminar el resto de semen o cualquier impureza que acompañe a las ovas. El huevo se hidrata, se forma el disco germinal o blastodisco, el corion se endurece y el micrópilo se cierra. El disco germinal se distingue claramente a través del corion, siendo más prominentes en los huevos fecundados, aun cuando no presenta división celular.

Posterior al lavado de las ovas, estas se dejan reposar por alrededor de 30 a 40 minutos para su hidratación, antes de traspasarlas a los canastillos o jarras de incubación. En esta etapa pueden ser eliminadas las ovas blancas, muertas durante el proceso de hidratación, esto minimiza la proliferación de Saprolegnia.

**i.- Desinfección ovas verdes:** Después de la hidratación, las ovas se desinfectan antes de depositarlas en los canastos o baldes de incubación (Fig. 15). Se aplica una solución de 100 ppm de yodo libre /10 min. El yodóforo elimina a los patógenos presentes en la superficie de las ovas, pero no elimina a los patógenos intraova como son el virus del IPN, y las bacterias intracelulares *Renibacterium salmoninarum*, causante de la Enfermedad Bacteriana del Riñón (BKD) y *Piscirickettsia salmonis*, causante del Síndrome Rickettsial de los Salmónidos (SRS).



**Figura 15.** Desinfección ovas verdes (Foto: Cristina Pesse)

**j.- Incubación:** Entre los requerimientos a considerar se destacan:

- Utilizar agua de óptima calidad, con concentraciones de sólidos en suspensión menor a 3 mg/l (Estay et al., 1994).
- Mantener una temperatura adecuada según los requerimientos de la especie.
- Mantener un adecuado flujo de agua para satisfacer la demanda de oxígeno de los embriones en desarrollo, mínimo de 10 L/min por cada 100.00 ovas (Estay et al., 1994), a una temperatura  $\leq 8^{\circ}\text{C}$ .
- Mantener los canastillos o jarras de incubación protegidos de la luz solar, ya que la luz blanca del espectro de la luz UV daña el ADN de las ovas, provocando mortalidad (Estay et al., 1994).
- Mantener bajo control la proliferación de hongos (Saprolegnia).

**k.- Ovas verdes:** Etapa que se inicia con la ova recién fertilizada y termina en la etapa en la cual se hacen visible los ojos del embrión a través del corion (ova con ojos). Para cuantificar el desarrollo del embrión, se lleva un registro constante de la temperatura del agua, lo que, sumado al número de días de incubación, arroja las unidades térmicas acumuladas (UTA) o grados-días acumulados ( $^{\circ}\text{D}$ ) (Tabla 11).

En las primeras horas posterior a la fecundación se puede realizar algún tipo de manejo, especialmente el picado de la mortalidad acumulada. Posterior a esta actividad, las ovas deben mantenerse sin movimiento hasta la aparición de los ojos. En esta etapa se da inicio a los procesos de segmentación del disco germinal en las ovas fecundadas, el cual comienza alrededor de las 9 horas post desove en trucha arcoíris, mantenidas a 8°C. (3°D). Sucesivas divisiones continúan ocurriendo hasta alrededor de las 30 horas (10°D), cuando ya se ha conformado una mórula, estructurada por miles de blastómeros, células a partir de las cuales comenzará la diferenciación celular. En esta etapa se puede hacer una estimación del porcentaje de fecundación lograda, mediante soluciones aclaradoras que permiten visualizar los blastómeros en el disco germinal. Para esto se utilizan entre 10 a 20 ovas por hembra y se sumergen en 20 ml de solución aclaradora (ácido acético). Después de 1 a 2 minutos se observan bajo la lupa, determinando el porcentaje de fecundación (Estay et al., 1994).

Las ovas verdes son dispuestas en baldes (Fig. 16) o jarras (Zoug-jarr), codificadas de acuerdo con el número establecido para el screening, hasta que los ojos aparecen.



**Figura 16.** Incubación ovas verdes (Foto: Cristina Pesse)

**I.- Ovas con ojos:** En esta etapa la organogénesis está avanzada y se encuentran en desarrollo la mayoría de los órganos y estructuras anatómicas que tendrá el adulto. Los ojos del embrión están totalmente pigmentados y son fácilmente distinguibles a simple vista a través del corion (Fig. 17). Tres cuartas partes del saco vitelino ya se ha

vascularizado y la cabeza del embrión se ha desprendido totalmente del saco vitelino. Se ha producido la abertura bucal y los hemisferios cerebrales están en formación. El corazón está latiendo y tres o cuatro pares de arcos aórticos branquiales presentan circulación sanguínea. Se ha completado el número de somitos y las ovas pueden ser manipuladas y realizar una serie de procedimientos, por ejemplo: shocking; limpieza y eliminación de la mortalidad; cuantificación del número de ovas y sobrevivencia; traslado y transporte.



**Figura 17.** Ovas con ojos. (Foto: Sandra Bravo)

**m.- Shocking:** Una vez alcanzada la etapa de ova con ojos, en la cual se pueden manipular las ovas, se realiza el shocking, operación que consiste en provocar un shock mecánico, haciendo caer las ovas desde una altura de 30-40 cm, o provocándole algún tipo de shock equivalente. Con esta técnica se provoca la mortalidad de las ovas no fecundadas o con embriones débiles, sobreviviendo las más resistentes (Fig. 18). De acuerdo con las recomendaciones de la **RSPCA** las ovas de salmón del Atlántico no deben ser sometidas a shocking antes de los 250°D o posterior a los 370°D, y el método seleccionado no debe causar mortalidad en las ovas viables. El shocking sobre superficies seca no es aceptado por la RSPCA.

Después del shocking, las ovas de las diferentes jarras se mezclan y se distribuyen en los canastillos de incubación, dando inicio a la incubación de ovas con ojo hasta la

absorción del saco vitelino. En esta etapa se puede realizar el picado de ovas muertas y no viables, las que deben ser removidas con el mínimo disturbio posible para minimizar las infecciones por Saprolegnia. Los sistemas más utilizados por las pisciculturas en Chile son bateas horizontales y sistemas de incubadores verticales CompHatch, lo que permite un mejor manejo de los alevines antes de su traslado a los estanques de primera alimentación (Fig. 19).

De las 17 pisciculturas que realizan incubación de ovas verdes, cuatro declararon no realizar shocking y 13 declararon shocking mecánico por gravedad, dejando caer las ovas desde una altura aproximada de 40 cm a un balde conteniendo agua. Las pisciculturas que declararon no realizar shocking indicaron que el manejo ejercido al traspasar las ovas desde las jarras de incubación a los canastillos de incubación generaba suficiente estrés y que no era necesario ejercer un nuevo shock mecánico. El sistema de conteo de ovas se realiza después del shocking a través de conteo automatizado o manual (Tabla 9). En la tabla 10 se presenta el tamaño de ova por especie salmonídea y el número de ovas por kilo de hembra.

**Tabla 9.** Sistema de conteo de ovas (n=17)

Sistema de Conteo de Ovas	n° Pisciculturas
Automatizada	8
Manual	7
Automatizada y Manual	2



**Figura 18.** Shocking ovas (Foto: Sandra Bravo).



**Figura 19.** Sistemas de incubación ovas con ojos. 19a: batea incubadora. 19b: incubador vertical CompHatch (Foto: Sandra Bravo).

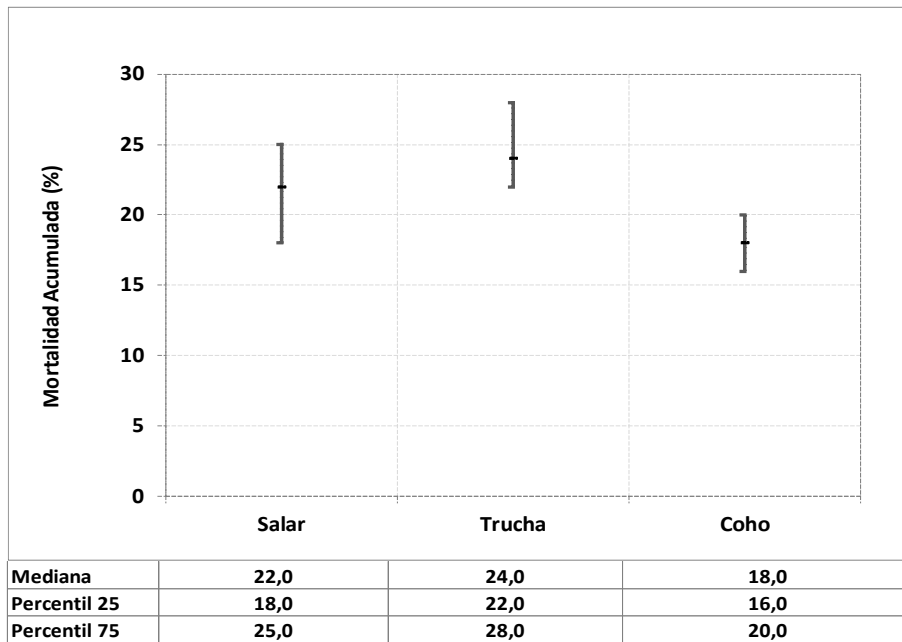
**Tabla 10.** Tamaño de ovas y fecundidad por especie

Especie	Tamaño Ovas (mm)	n° ovas / Kg Hembra
Salar	5-6	1.500 - 1.650
Coho	6-8	800 - 1.100
Trucha	4-5	2.200

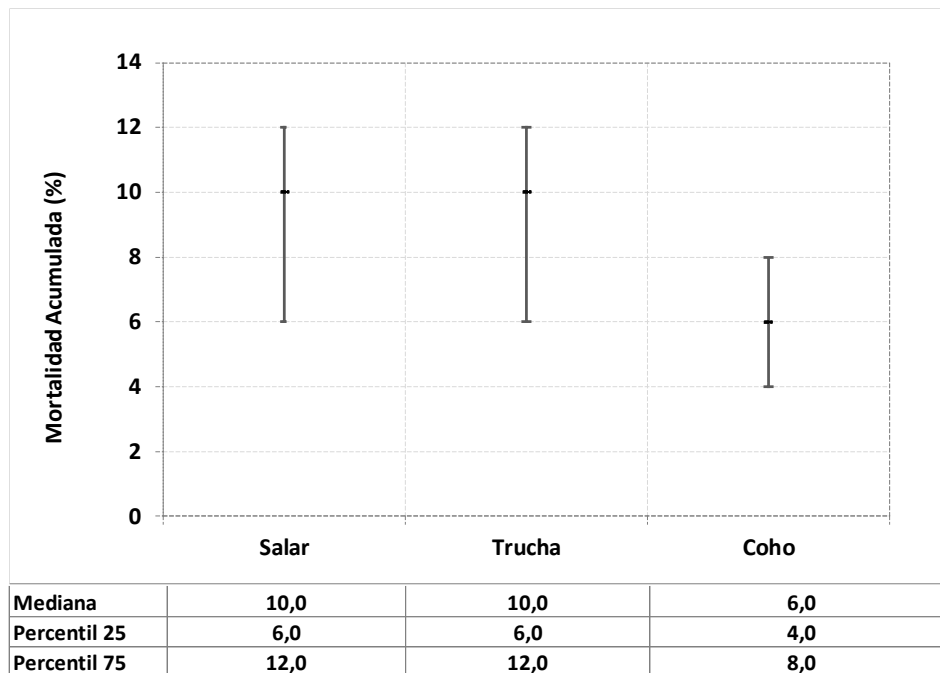
Fuente: Elaboración propia en base a información entregada por las empresas encuestadas.

La mortalidad declarada en la etapa de incubación ova verde es presentada en la figura 20, en tanto que la mortalidad de ovas con ojos es presentada en la figura 21, registrándose los mayores valores de mortalidad en la etapa de ova verde para las tres especies salmonídeas. La trucha arcoíris presentó los mayores valores de mortalidad en la etapa de ova verde (Fig.20), y el salmón coho la menor mortalidad tanto en la etapa de ova verde (Fig.20) como en la de ova con ojos (Fig. 21). No se registraron diferencias significativas en las medianas entre especies, tanto para ovas verdes como para ovas con ojos. ( $p > 0,05$ ; Kruskal Wallis).





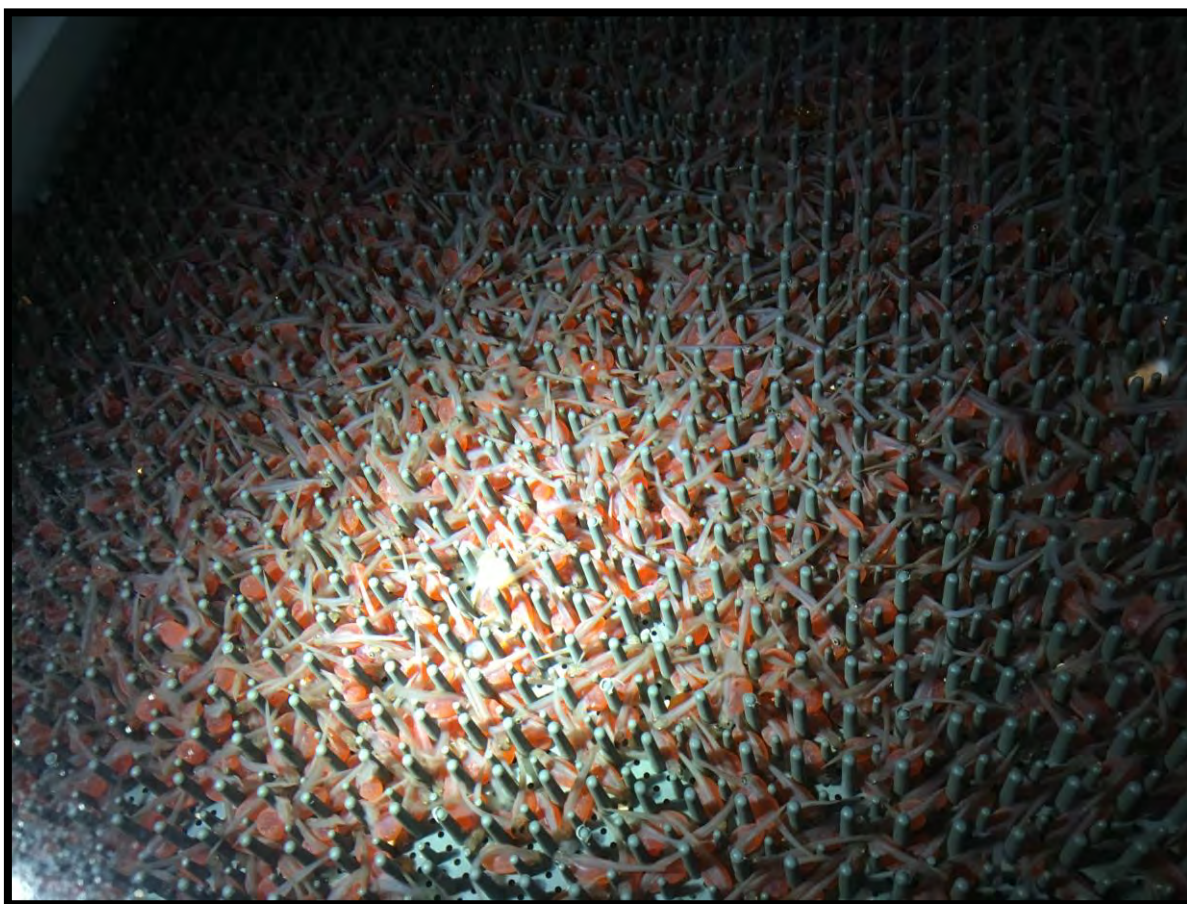
**Figura 20.** Mortalidad acumulada en **ova verde** según especie (mediana y rango intercuartílico) (n=17).



**Figura 21.** Mortalidad acumulada en **ova con ojos** según especie (mediana y rango intercuartílico) (n=17).

**n.- Eclosión:** Esta es una de las etapas más importantes ya que se da inicio al alevinaje. En esta etapa la embriogénesis ha terminado y el corion se rompe dando origen a la

eclosión. En el caso de la trucha arcoíris, el alevín con saco al eclosionar mide entre 15 a 20 mm (Estay et al., 1994). Su característica externa más destacable es el saco vitelino (Fig. 22), en el cual existen las suficientes reservas nutricionales para alimentarlo durante las primeras semanas de vida. Previo a la eclosión la RSPCA recomienda un adecuado sustrato para el salmón del Atlántico.



**Figura 22.** Alevines eclosionados en canastillos con sustrato (Foto: Sandra Bravo)

**ñ.- Primera Alimentación:** La **RSPCA** recomienda iniciar la alimentación con alimento inerte (pellet), cuando el 90% de los alevines ha reabsorbido el saco vitelino, principalmente para salmón del Atlántico, especie que durante el período de alevín con saco permanece posada en el fondo del estanque, lo que predispone a infecciones por hongos y flavobacterias. Además, la **RSPCA** recomienda para esta etapa evitar cambios abruptos en la intensidad de luz, así como fluctuaciones en la temperatura del agua. En la

tabla 11 se presentan los grados-días acumulados (°D) para cada etapa de desarrollo, de acuerdo a la especie salmonídea.

**Tabla 11.** Etapas de desarrollo de especies salmonídeas.

Etapa	salmón Atlántico	salmón coho	trucha arcoíris
Ova con ojo	220 - 350 °D	210 - 330 °D	140 - 210 °D
Eclosión	450 - 550 °D	420 - 475 °D	300 - 380 °D
1° Alimentación	800 - 900 °D	700-750 °D	600 - 320 °D

Fuente: Elaboración propia en base a información entregada por las empresas.

### 5.3.1.2.- Alevinaje - Esmoltificación

La transformación alevín-parr a smolt en salmónidos involucra una metamorfosis morfológica, fisiológica y de comportamiento de los peces desde una forma adaptada a agua dulce a una forma que se debe adaptar al ambiente marino (Folmar & Dickhoff, 1980; Mc Cormick, 2013). Esta es una etapa crucial, en que el pez sufre una serie de cambios fisiológicos que lo hacen susceptible de tener bajos rendimientos productivos, presentar problemas de adaptación y cursar procesos infecciosos, principalmente si este proceso no es realizado adecuadamente. En la tabla 12 se presentan los cambios morfológicos y de comportamiento presentados por los salmones durante la esmoltificación.

**Tabla 12.** Cambios fisiológicos en el proceso de esmoltificación.

<b>Cambios Fisiológicos</b>	<b>Condición</b>
Comportamiento migratorio	Incrementa
Tolerancia a la salinidad	Incrementa
Coloración plateada; margen negro de las aletas	Incrementa
Tasa de crecimiento	Incrementa
Factor de condición	Decrece
Consumo de oxígeno	Incrementa
Producción de amonio	Incrementa
Glicógeno en el hígado	Decrece
Glucosa en la sangre	Decrece
Hormona del crecimiento	Incrementa
Cortisol	Incrementa
Hormona Tiroxina	Incrementa
Hormona Prolactina	Decrece
ATPasa branquial	Incrementa

Fuente: Wedemeyer et al., 1980

En la tabla 13 se presentan los valores de la composición iónica en la sangre de salmónidos en agua dulce y mar. Iversen et al. (2009) señalan que cambios en el balance de magnesio han mostrado ser un buen indicador de estrés agudo, observándose una alta correlación entre los niveles de magnesio en el plasma sanguíneo y la mortalidad después de que los peces han sido sometidos a un estresor.

**Tabla 13.** Composición iónica en la sangre de salmónidos (mmol/L).

	<b>Cl<sup>-</sup></b>	<b>Na<sup>+</sup></b>	<b>K<sup>+</sup></b>	<b>Mg<sup>+</sup></b>	<b>Ca<sup>+</sup></b>
<b>Salmónidos agua dulce</b>	<b>115 - 135</b>	<b>130 - 150</b>	<b>2,9</b>	<b>0,9 - 1,5</b>	<b>2,7</b>
<b>Salmónidos mar</b>	<b>135 - 160</b>	<b>140 - 175</b>	<b>3,4</b>	<b>1,6 - 2,0</b>	<b>3,3</b>

Fuente: Noble et al., 2018.

Entre los principales problemas detectados en la calidad del smolt en Noruega, figuran altas densidades de carga; estimulación de luz desigual (fotoperíodo); variación en el tamaño de los peces; madurez sexual precoz; pobre calidad del agua y problemas branquiales; nefrocalcinosis y selección sesgada de los peces por análisis del estado de la esmoltificación. Además, el incremento en peso de traslado de los smolts de salmón del Atlántico al mar y la mala calidad de los smolts, se señala puede contribuir al desarrollo del síndrome de runt (peces desadaptados) (Hjeltnes et al., 2012).

#### **5.3.1.2.1. Manejo del Fotoperíodo**

Con la finalidad de manejar la esmoltificación y poder obtener smolts fuera de temporada, en cualquier época del año, los peces son sometidos a fotoperíodo artificial de luz constante desde la etapa de primera alimentación. Para iniciar el proceso de esmoltificación, los salmones son sometidos por cuatro a seis semanas a un régimen de 12 h luz: 12 h oscuridad, simulando un invierno, seguido de otro período de cuatro a seis semanas de largos días de luz, simulando la primavera, para inducir la transformación parr-smolt (Berge et al., 1995; Hjeltnes et al., 2012).

En la tabla 14 se presenta el régimen de fotoperíodo artificial al cual son sometidos los ejemplares de salmón del Atlántico en Chile, según la respuesta obtenida de 28 pisciculturas. En el régimen de verano, la exposición de 24 h luz artificial fue la estrategia más usada. En el régimen de invierno se observó una mayor diversidad de estrategias de fotoperíodo, lo cual es dependiente de cada empresa, siendo 8 h luz :16 h oscuridad la más usada, seguida de 12h luz: 12h oscuridad.

Los salmones Coho mantenidos en piscicultura hasta smolt son sometidos a un régimen de luz artificial de 12 h luz y 12 h oscuridad, simulando las condiciones naturales de día y noche. En tanto para reproductores en pisciculturas de manejo genético, el régimen de fotoperíodo es dependiente de la fecha en la cual se planifica el desove.

Para la manipulación del fotoperíodo en pisciculturas, los encuestados declararon utilizar lámparas LED. Para las etapas de primera alimentación y alevinaje se utilizan

lámparas de color blanco, ubicadas en forma aérea, en tanto que para la etapa de esmoltificación algunas empresas declararon usar lámparas de color verde, sumergidas, o una combinación de lámparas con ampollitas de color blanco y verde.

Los centros de esmoltificación para salmón coho y trucha arcoíris en balsas jaulas, declararon no usar fotoperíodo. Para estas dos especies salmonídeas solo se usa fotoperíodo de luz continua (24 h) en la etapa de alevinaje en piscicultura.

La **RSPCA** (2018) solo señala que la luminosidad debe ser adecuada a la etapa de desarrollo del pez, no aborda el tema de la manipulación del fotoperíodo. Tampoco se encontró información científica que señale, desde el aspecto bienestar animal, cual debiera ser el mejor régimen de fotoperíodo para los salmones.

**Tabla 14.** Régimen de fotoperíodo declarado para salmón del Atlántico en agua dulce (n=24)

Especie	n°	Fotoperiodo	
		Verano	Invierno
Salar	8	24:0	8:16
	6	24:0	12:12
	5	24:0	10:14
	3	20:4	6:18
	1	24:0	14:10
	1	16:8	12:12

### 5.3.1.2.2. Evaluación de la Esmoltificación

El proceso de esmoltificación debe ser estrechamente monitoreado por varias semanas previas. El método más utilizado por las pisciculturas encuestadas para evaluación de esmoltificación es el análisis de ATPasa, seguido de las técnicas de histoquímica para ATPasa (IHQ-ATPasa). Cinco pisciculturas declararon no realizar análisis de esmoltificación y las pisciculturas de manejo genético que mantienen durante todo el ciclo a los peces en agua dulce, no realizan esmoltificación (Tabla 15). Cuatro pisciculturas declararon contar con manuales y scores de esmoltificación, lo que complementa los resultados obtenidos de laboratorio.

**Tabla 15.** Evaluación de Esmoltificación (n=34).

Análisis	n°
ATPasa	22
IHQ ATPasa	3
Na+ Cl-	2
Na+ Cl- K+	1
Desafío Salino	1
No Realiza	5

La **RSPCA** recomienda un sistema de evaluación visual (score) para evaluar esmoltificación (Tabla 16), además de los patrones de comportamiento. El uso de agua con salinidad > 35 ppt para evaluar sobrevivencia de smolts no es aceptado por la RSPCA, siendo la técnica recomendada para evaluar esmoltificación el test de la ATPasa. Además, recomienda que el ayuno previo a la transferencia al mar no supere las 48 horas.

**Tabla 16.** Score Evaluación Esmoltificación

Score	Apariencia
1	Manchas Parr visibles; lomo de color claro; flancos de color verdoso; abdomen amarillo; sin coloración plateada.
2	Manchas Parr borrosas; lomo y aletas con coloración clara; los flancos muestran una leve coloración plateada; abdomen amarillo.
3	Manchas Parr débiles; el lomo y las aletas oscurecidas; flancos plateados; abdomen de color blanco.
4	Manchas Parr levemente visibles; lomo oscuro; coloración amarilla solamente alrededor de la base de las aletas y opérculo; flancos plateados.
5	Manchas Parr ausentes; lomo oscuro; margen de las aletas oscuro; flancos coloración plateada; abdomen blanco. La coloración plateada es dominante.

Fuente: RSPCA, 2018.

### 5.3.1.2.3. Manejos Operacionales

Durante el período de alevinaje los peces son sometidos a diferentes manejos que generan diferentes grados de estrés, destacándose las siguientes operaciones:

**Muestreos:** Con la finalidad de lograr un buen desempeño productivo, los peces son muestreados periódicamente para conocer los incrementos en peso que se generan según la etapa de desarrollo. En el muestreo, se extrae una fracción de peces que sea representativa del tamaño poblacional. Dependiendo del tamaño, los peces son pesados individualmente, previa sedación con anestésico. La RSPCA señala que el tiempo del pez fuera del agua, sin sedación, no debe exceder los 15 segundos.

De los resultados generados de las encuestas respondidas por 42 pisciculturas que realizan el proceso de alevinaje-esmoltificación, los muestreos de peso se realizan principalmente con una frecuencia semanal y quincenal, en tanto que los muestreos de longitud se realizan principalmente para evaluar la condición de los peces en el período de esmoltificación (Tabla 17). La condición de los peces se evalúa aplicando la fórmula de Fulton ( $K=(W \times 100) / L^3$ ).

Según lo declarado por los piscicultores, el número de peces muestreados fluctúa entre 100 y 120 por unidad de cultivo, independientemente del número total de peces por unidad. Los peces son sometidos a ayuno el mismo día del muestreo, previo al manejo, y alimentados finalizada la operación.

**Tabla 17.** Frecuencia de muestreo declarado para alevinaje y esmoltificación (n=38).

Variable Evaluada	Frecuencia	n°
Peso	Semanal	20
	c/10 días	1
	Quincenal	14
	Mensual	3
Longitud	Semanal	11
	Quincenal	4
	Mensual	6
	Pre-Transferencia Mar	8



**Graduaciones:** Con la finalidad de que los peces logren un mejor desempeño productivo, son sometidos a selección por talla, de tal forma lograr poblaciones homogéneas y de alto crecimiento. Para esto, los peces se hacen pasar por una máquina seleccionadora automática. Dependiendo del tamaño y la dispersión de los peces, se obtienen entre tres a cuatro tallas. Previo al manejo, los peces son sometidos a ayuno de 24 horas. Los peces se extraen con bomba succionadora desde el estanque de origen, se pasan por la máquina seleccionadora y luego son distribuidos al estanque de destino. La RSPCA recomienda que el ayuno pre-graduación no debe exceder las 48 horas, y los peces no se deben mantener atrapados en la red de lance por más de 2 horas. El sistema de graduación debe ser adecuado para el tamaño del pez. Además, la **RSPCA** no recomienda graduar alevines con un peso inferior a 1,3 g.

Según lo declarado por 48 pisciculturas, el número de graduaciones realizadas varía dependiendo del tiempo que permanecen los peces en la piscicultura. En el mar los peces no son sometidos a graduación, por lo que la última graduación se realiza pre-transferencia al mar. De acuerdo con lo presentado en la tabla 18, en el período de alevinaje-esmoltificación los peces son sometidos a un mínimo de 2 graduaciones y un máximo de 4 graduaciones. La primera graduación se realiza cuando los peces tienen entre 1,0 y 5 g y la última graduación pre-traslado al mar. Del total de pisciculturas que respondieron la encuesta, solo dos pisciculturas que cultivan las tres especies salmonideas declararon realizar la primera graduación con peces de 1g (5%). Las demás pisciculturas realizan la primera graduación cuando los peces tienen un tamaño mayor a 3 g, lo que está en sintonía con lo recomendado por la RSPCA. Importante es destacar que solo una piscicultura que cultiva salmón coho y salmón del Atlántico (2,5%) declaró realizar cuatro graduaciones, lo que da cuenta de la creciente preocupación de la industria por el bienestar de los peces, en términos de minimizar el manejo por graduación.

**Tabla 18.** Número de graduaciones y rango de tallas (g) en planteles de alevinaje y esmoltificación (n=48).

Especie	n° Graduaciones	n°	1°	2°	3°	4°
Salar		19	1-10	25-80		
	2	2	20-40	80-120		
		3	60-90	110-160		
	3	1	1,5-2	3-10	30-40	
		1	1-10	50	100	
	4	1	1,8-2	15-28	40	80-100
Coho	2	2	30	100		
	3	15	1 - 10	30 - 70	90 - 120	
	4	1	1,8 - 2	15 - 28	40	80 - 100
Trucha	2	7	5-6	30-160		
	3	7	1-10	20-45	95-120	

**Sexaje:** Proceso en el cual los peces son separados por sexo (hembras y machos) a través de ecografía, con la finalidad de incrementar las tasas de crecimiento en el mar (Fig. 23). Esta operación es realizada por algunas pisciculturas, previo a la vacunación. De acuerdo con la información proporcionada, los machos logran en el mar un incremento en la tasa de crecimiento entre 10 a 17% mayor, registrándose también un incremento en crecimiento en las hembras. Esta operación se realiza cuando los peces presentan un peso superior a los 25 gramos. No se encontró información respecto a este nuevo manejo incorporado en la fase de agua dulce (pre-esmoltificación), tampoco de sus implicancias en el bienestar de los peces, y de sus necesidades de contacto social (Fig. 6; Noble et al., 2018)

Al igual que en la operación de vacunación, la cuadrilla de sexaje se instala en un sector habilitado para llevar a cabo la operación, la que consiste en someter a los peces a una ecografía abdominal. El proceso de sexaje consta de las siguientes etapas: ayuno 24 horas; bombeo de los peces desde el estanque de origen a la mesa de sedación; sedación con anestésico; traspaso de peces sedados a mesa para la ecografía; traspaso a canaleta de recuperación; bombeo a lona de recuperación en estanque de destino. En esta

operación se aprovecha de descartar a los machos precoces (maduros sexualmente) y a peces que presentan algún tipo de daño, malformación o bajo calibre, los que son sacrificados usando una sobredosis de anestésico (eutanasia).



**Figura 23.** Operación de sexaje (Foto: Sandra Bravo)

**Transporte de Peces:** Dependiendo del tipo de piscicultura, los peces son transportados entre pisciculturas hasta alcanzar la etapa de smolt. Previo al traslado los peces son sometidos a ayuno de al menos 24 h. Una vez que llegan a destino. los ejemplares son descargados en el estanque o jaula dependiendo de la especie y etapa de cultivo.

El transporte es considerado un evento altamente estresante para los peces, los cuales son bombeados desde la unidad de cultivo a los estanques de transporte, en densidades de carga superiores a las de cultivo. Sin embargo, se señala que el bombeo de los peces no es tan significativo como el proceso de hacinamiento al que son sometidos durante esta operación, y que tiempos de transporte de menos de 4,5 horas es suficiente para inducir estrés (Iversen et al., 1998).

En la tabla 20 se entregan los valores de densidad de carga declarados por 32 pisciculturas que respondieron las encuestas. De acuerdo a lo reportado, las densidades

de carga tanto para el traslado de alevines como de smolt, se encuentran por debajo de los niveles máximos establecidos por la RSPCA (Tabla 19).

La calidad del agua durante el transporte es considerada también un factor estresante, siendo el oxígeno disuelto y el CO<sub>2</sub> los dos elementos de mayor consideración. En la tabla 19 se listan las concentraciones de oxígeno declaradas por las pisciculturas encuestadas para el transporte de alevines y smolts. La RSPCA recomienda un nivel mínimo de oxígeno de **7 mg/L**.

**Tabla 19.** Densidad de carga máxima establecidas por la RSPCA para el transporte de salmones y truchas.

Tamaño pez (g)	Máxima densidad (kg/m <sup>3</sup> )
1 - 4	40
5 -19	85
20 - 49	95
50 - 99	110
100 - 224	130
225 - 500	140

**Tabla 20.** Densidades de carga y concentraciones de oxígeno declaradas para el transporte de peces en agua dulce (n=32).

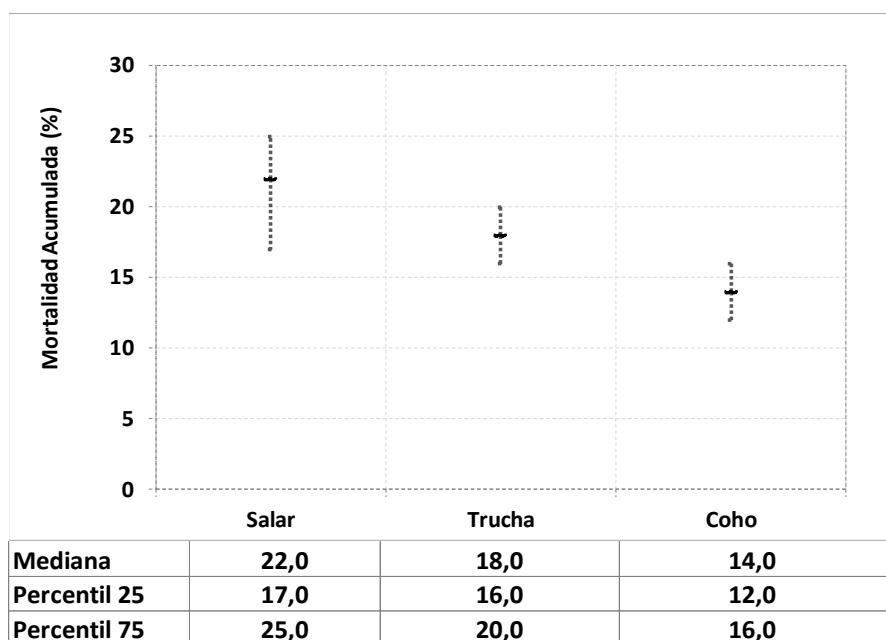
Especie	Estado Desarrollo	Peso (g)	Densidad Carga (Kg/m <sup>3</sup> )	Máx. Densidad RSPCA (Kg/m <sup>3</sup> )	Oxígeno (ppm)
Salar	Alevín	5 - 20	20-60	40-85	9 -12
	Smolt	100-150	35-80	130	9 - 12
Coho	Alevín	5 - 30	40-50	40-85	10 - 12
	Smolt	100-180	55-60	130	10 -12
Trucha	Alevín	5 - 30	40-55	40-85	8,5-12
	Smolt	100-200	50-60	130	8,5 - 12

#### 5.3.1.2.4. Mortalidad Alevinaje-Esmoltificación

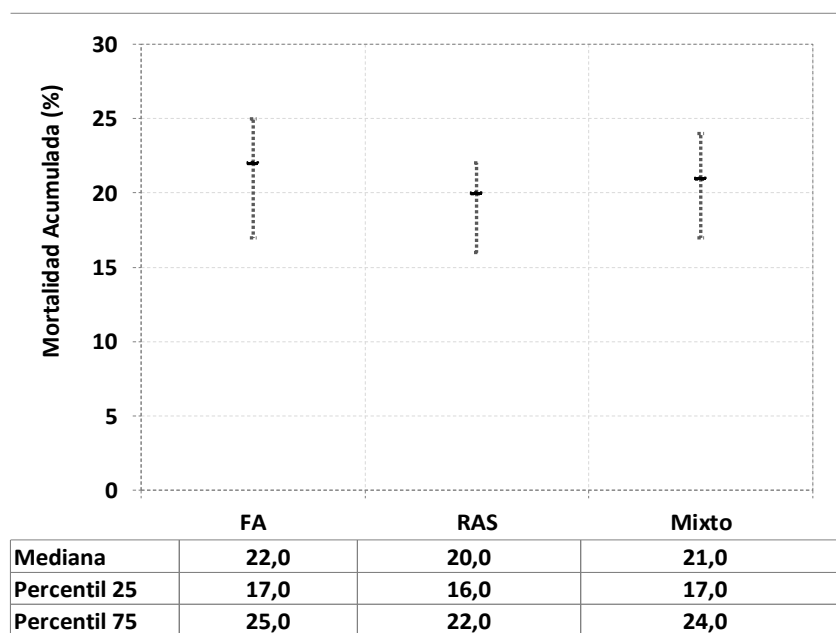
La mortalidad declarada por las pisciculturas encuestadas, en la etapa de alevinaje-esmoltificación por especie cultivada es presentada en la figura 24, la que incluye las eliminaciones y descartes, registrándose los mayores porcentajes de mortalidad para

salmón del Atlántico. En la figura 25 se presenta la mortalidad registrada para salmón del Atlántico de acuerdo al sistema de cultivo, registrándose la menor mortalidad para las pisciculturas RAS. No se registraron diferencias significativas en las medianas entre especies y tampoco en salmón del Atlántico según sistema de cultivo ( $p > 0,05$ ; Kruskal Wallis).

De acuerdo a lo declarado por las empresas encuestadas, 0,05% es el límite de mortalidad diaria aceptado como normal. La RSPCA señala que si la mortalidad en una semana supera el 0,5% (excluyendo a alevines con saco), el profesional encargado de salud de peces debe ser notificado para identificar las causas de esta situación. El porcentaje de eliminación declarado durante el proceso de graduación fluctúa entre 10 y 15%, dependiendo de las características de los lotes de peces.



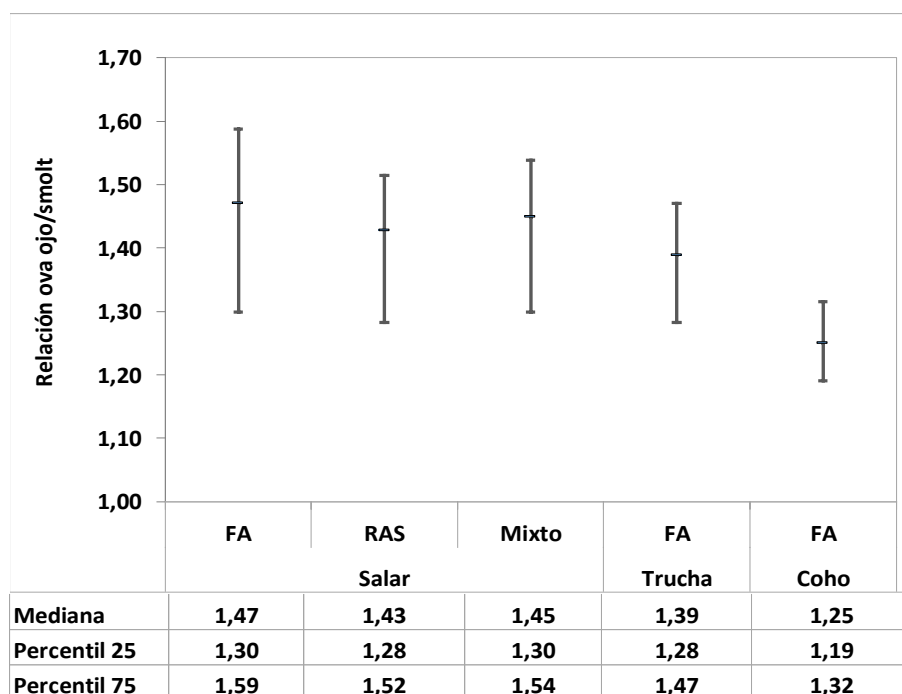
**Figura 24.** Mortalidad acumulada en **alevinaje-esmoltificación** según especie en pisciculturas flujo abierto (mediana y rango intercuartílico) (n=23).



**Figura 25.** Mortalidad acumulada en **alevinaje-esmoltificación** para salmón del Atlántico según sistema de cultivo (mediana y rango intercuartílico) (n=31).

En la figura 26 se presenta la relación ovas con ojo para producir un smolt (ovas con ojo/smolt). La mejor relación se registra para salmón coho con 1,25 ovas/smolt producido. La peor relación se registró para salmón del Atlántico, con una mediana de 1,47 ovas/smolt en piscicultura de flujo abierto. De acuerdo a lo declarado por las pisciculturas encuestadas, la mortalidad acumulada desde la etapa de ova con ojos a smolt es aproximadamente 30%, lo que incluye los descartes generados en los procesos de vacunación, sexaje y graduación.

En las tablas 21 y 22 se presenta la relación número de ovas con ojos por smolt de salmón del Atlántico producido en Escocia y Noruega respectivamente, la que en 2017 fue de 1,4, similar a lo reportado en este estudio para Chile (Fig.26).



**Figura 26.** Relación ovas con ojo/smolt por especie (mediana y rango intercuartílico) (n=49).

**Tabla 21.** Producción de smolt de salmón del Atlántico (MM) por ova eclosionada en Escocia

Año	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Smolt producidos (MM)	36,4	36,9	36,9	43,6	44,3	40,5	45,0	44,6	42,9	46,2		
Ovas ingresadas / Smolt	1,70	1,80	1,90	1,50	1,40	1,60	1,60	1,50	1,50	1,40		

Fuente: Marine Scotland Science, 2018

**Tabla 22.** Producción de smolt de salmón del Atlántico (MM) por ova eclosionada en Noruega

Año	N° Ovas c/ojo (x1000)	N° smolt (x1.000)	N° ovas / smolt
2018	523.014	374.861	1,4
2017	492.055	361.309	1,4
2016	478.031	340.839	1,4

Fuente: Directorate of Fisheries, Noruega

### 5.3.2.- Caracterización de los Sistemas de Cultivos para Salmónidos en Agua Dulce

Los sistemas de producción de salmones y truchas en agua dulce en Chile y en países del hemisferio norte se caracterizan por ser altamente intensivos. Esto significa que la producción es altamente controlada, e involucra sistemas de inventarios de la producción, control de los parámetros ambientales y tecnología asociada a cada etapa de la producción. Diferentes métodos son actualmente utilizados en el cultivo de salmones en agua dulce, empleando diferentes niveles de infraestructura, los que van desde estanques en tierra a sistemas de recirculación (RAS) como los más comúnmente empleados.

Las pisciculturas actualmente operando en Chile se pueden clasificar en pisciculturas de flujo abierto (**FA**); pisciculturas de recirculación (**RAS**) y pisciculturas con reúso de agua (**REU**). Hay pisciculturas que además usan una combinación de sistemas, dependiendo de las etapas de producción que incorporen y del origen y volumen de agua, a las que para efecto de análisis se les ha denominado sistemas **Mixtos**. En la tabla 23 se presentan los tipos de pisciculturas, de acuerdo al uso de agua, de las 60 pisciculturas que respondieron las encuestas.

**Tabla 23.** Tipo de pisciculturas por uso de agua (n=60).

<b>Tipo Piscicultura</b>	<b>n°</b>	<b>%</b>
<b>FA</b>	<b>31</b>	<b>51,7</b>
<b>RAS</b>	<b>10</b>	<b>16,7</b>
<b>REU</b>	<b>6</b>	<b>10,0</b>
<b>FA - RAS</b>	<b>2</b>	<b>3,3</b>
<b>FA - REU</b>	<b>2</b>	<b>3,3</b>
<b>FA - RAS - REU</b>	<b>1</b>	<b>1,7</b>
<b>Jaulas</b>	<b>8</b>	<b>13,3</b>
<b>Total</b>	<b>60</b>	<b>100,0</b>



### **5.3.2.1.- Pisciculturas con Flujo Abierto (FA)**

Este tipo de pisciculturas toma el agua desde el origen y una vez que ha pasado por las unidades de cultivo, es retornada al sistema acuático. Se caracterizan por usar un bajo nivel de tecnología en el tratamiento del agua que abastece a los sistemas de cultivo. La mayoría de estas instalaciones cuentan con inyectores de oxígeno, con la finalidad de incrementar las densidades de carga y/o como sistemas de emergencia en caso de un siniestro que ponga en riesgo la población de peces.

Los sistemas de cultivo con flujo abierto en Chile son principalmente utilizados en la producción de salmón coho y trucha arcoíris, para la etapa de incubación a primer alevinaje (15-30g). Por lo general, posterior a esta etapa los juveniles de ambas especies son trasladados a balsas jaulas en lagos o ríos hasta alcanzar la talla de traslado al mar. Flujo abierto es también utilizado en la etapa de incubación para las tres especies de salmónidos (salmón del Atlántico; salmón coho y trucha arcoíris).

Dependiendo del origen del agua, estas pisciculturas realizan tratamiento del agua antes del ingreso a los sistemas de estanques (afluentes). Las partículas en suspensión son retenidas haciendo pasar el agua por un filtro tambor de 70 micras y desinfectando el agua de ingreso con ozono y/o luz ultravioleta. Los efluentes son tratados, cumpliendo con la normativa establecida por la Subpesca (**Res. Ex. N°4866-2014; PSG AE**). El agua de salida (efluente) es filtrada a través de un filtro tambor de 70 a 90 micras. Los lodos son floculados y dispuestos en vertederos autorizados.

El principal problema observado en pisciculturas de flujo abierto que se surten con agua directamente de un río es la fluctuación en la temperatura del agua en la etapa de alevinaje y esmoltificación, la que es dependiente de la temperatura ambiental imperante, registrándose en verano hasta 14°C de diferencia durante el día. En incubación esto se resuelve enfriando o calentando el agua, para mantener una temperatura alrededor de los 8°C.

### 5.3.2.2.- Piscicultura con Recirculación (RAS)

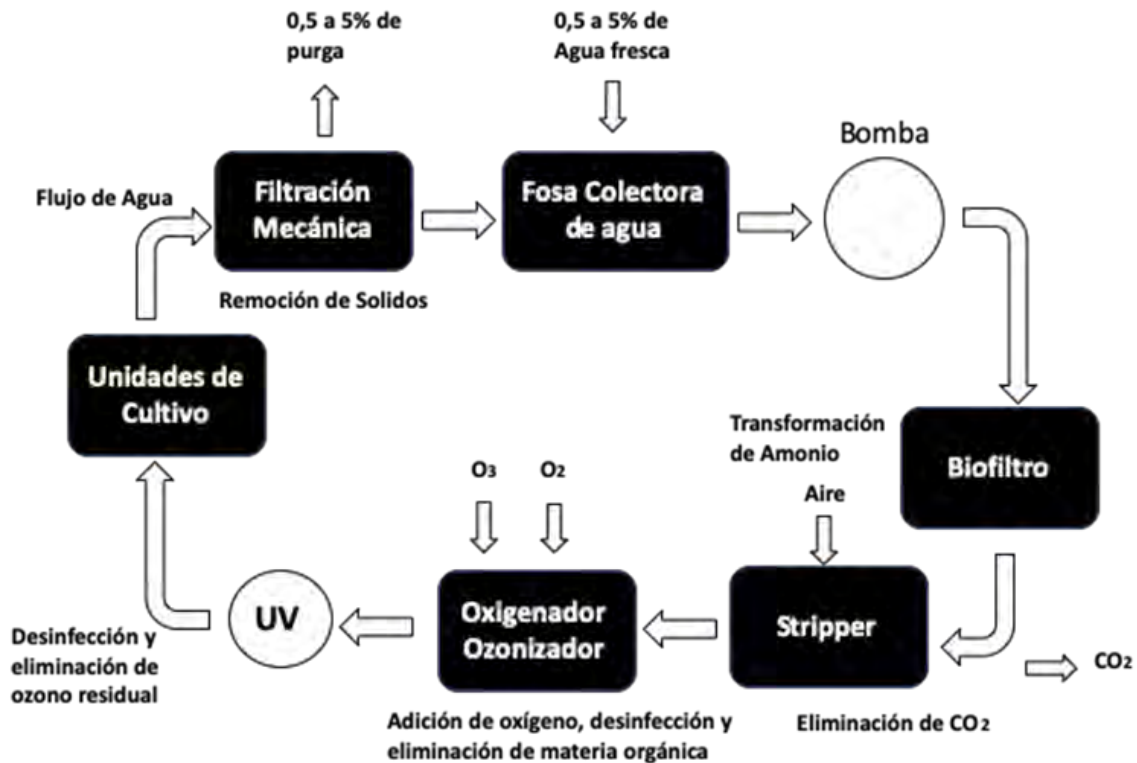
Las pisciculturas con recirculación de agua han sido usadas por muchos años para el cultivo de salmonidos en Los Estados Unidos y Canadá, y en las Islas Faroe han sido usadas por más de 30 años en la producción de salmón del Atlántico. En los últimos años estos sistemas han sido adoptados en Noruega y Chile para la producción de salmón del Atlántico (Hjeltnes et al., 2012).

En 1994 se instaló la primera piscicultura con aireación suplementaria en las Islas Faroe, con filtración de partículas en suspensión y tratamiento UV. En el 2000, 14 de 18 pisciculturas productoras de smolt de salmón del Atlántico eran operadas con biofiltro, y sistemas intensivos de recirculación. Actualmente todos los smolt en las Islas Faroe son producidos con sistemas RAS (Hjeltnes et al., 2012). Al año 2013, de las 193 pisciculturas operando en Noruega, 168 correspondieron a flujo abierto y solo 25 (26,9%) a sistemas RAS. En el 2015 las instalaciones con sistemas RAS se incrementaron a 34 (Norwegian Veterinary Institute, 2017).

Debido a la alta inversión en este tipo de instalaciones, se utilizan mayores densidades de carga que en los sistemas de flujo abierto para lograr una mayor rentabilidad, por lo que la biomasa por estanque es clave para determinar la tasa de alimentación, la tasa de intercambio de agua y la magnitud del flujo de agua dado por tiempo de retención hidráulica (HRT) en el estanque (Hjeltnes et al., 2012). Conocida la tasa de flujo de agua y la temperatura del agua (tasa metabólica), los factores básicos que limitan el número de peces que pueden ser incorporados en el sistema están relacionados con el adecuado abastecimiento de oxígeno y la tasa de remoción de los desechos metabólicos generados por los peces (Hjeltnes et al., 2012).

Las pisciculturas de recirculación se caracterizan por la reutilización de hasta un 99,5% del agua y un alto nivel de tecnología y control de los procesos de cultivo (Fig. 27). Estas instalaciones previenen la transferencia de enfermedades y aseguran una producción continua. El sistema RAS, por ser un sistema cerrado requiere de stocks libre de

patógenos y de calidad de agua estable a través del tiempo. El potencial efecto perjudicial de las pisciculturas sobre el medioambiente puede ser mitigado por los sistemas RAS, reduciendo la demanda de agua, así como la cantidad de efluente descargado a los cuerpos de agua, lo que ha motivado la expansión en el uso de estos sistemas por parte de la industria salmonicultora a nivel mundial.



**Figura 27.** Esquema general de piscicultura con sistema RAS (Fuente: modificado de Inacui S.A.)

Según estudios en bienestar animal realizados en este tipo de sistemas, el mayor riesgo para los peces es el deterioro de la calidad del agua, lo que puede causar severo compromiso de su bienestar. En sus inicios el principal problema que debieron enfrentar los profesionales en pisciculturas RAS fueron los altos niveles de CO<sub>2</sub> que se generaban, lo que provocó problemas de crecimiento y supervivencia de los peces en el mar. Esto se resolvió con la construcción de mejores sistemas de desgasificación; implementación de un intenso sistema de monitoreo, y mayor conocimiento sobre los diferentes parámetros fisicoquímicos del agua (Hjeltnes et al., 2012).

El sistema RAS es esencialmente un sistema de producción cerrado con estanques de peces, sistemas de filtración, tratamiento de agua y limitado intercambio de agua. En estos sistemas cerrados el oxígeno es consumido y los metabolitos generados tanto por los peces como por las bacterias que habitan estos sistemas son excretados al agua. Estos sistemas dependen de la suplementación de oxígeno y del tratamiento del agua que permita acondicionar los parámetros fisicoquímicos, de manera tal que no sean nocivos para la especie cultivada. Asegurar la adecuada calidad de los métodos analíticos es también relevante para asegurar la correcta lectura de los parámetros medidos, así como el continuo monitoreo del comportamiento de los peces, y de los datos productivos (Fig.28; Bregnballe 2015).



**Figura 28:** Parámetros que influyen en el bienestar de los peces cultivados en sistemas RAS (adaptado de Bregnballe, 2015).

Los procesos involucrados en los sistemas de recirculación de agua son:

**Eliminación de sólidos:** A través de filtros rotatorios con tamaño de mallas entre 60 y 90 micras para remover los sólidos en suspensión generados por el alimento no consumido y por las heces excretadas por los peces.

**Eliminación de amonio:** Se utilizan biofiltros cargados con bacterias que ayudan en la desnitrificación, transformando el amonio excretado por los peces a través de las orina y branquias en nitritos (bacterias *Nitrosomonas*) y estos en nitratos (bacterias *Nitrobacter*). La capacidad de remoción del amonio total (TAN) de un biofiltro depende

del área total disponible para el crecimiento bacteriano. Dentro del biofiltro es necesario disponer de algún tipo de sustrato de alta área específica para favorecer dicho crecimiento.

**Eliminación de CO<sub>2</sub>:** Los peces generan CO<sub>2</sub> en el proceso de la respiración, el cual es altamente tóxico en los sistemas de recirculación, por lo que el agua es pasada por un desgasificador para su remoción, mediante columna de desorción con flujo de aire inducido.

**Adición de oxígeno:** Una vez extraído el CO<sub>2</sub> se adiciona oxígeno según los requerimientos de biomasa, utilizando columnas de absorción de baja presión.

**Desinfección:** Antes de retornar el agua a los estanques con peces, el agua es desinfectada para la eliminación de gérmenes y patógenos. La desinfección puede realizarse con luz ultravioleta, ozono o una combinación de ambos sistemas de desinfección.

El ozono es usado para desinfectar altos caudales de agua. Tiene una rápida velocidad de reacción, la vida media del ozono disuelto es sólo de 15 segundos (Bullock et al., 1997) y se genera oxígeno como producto final de la reacción; oxida directamente el nitrito a nitrato; ayuda a eliminar el material particulado fino y disuelto que no fue removido por el filtro mecánico.

La desinfección por radiación ultravioleta (UV) actúa al desnaturalizar el DNA de los patógenos, matando o desactivando a los microorganismos. La dosis UV real aplicada al flujo de agua depende del flujo del agua y volumen de operación dentro del contenedor UV, de la intensidad de la lámpara (incluyendo pérdidas en camisa de cuarzo), y de la transmisión UV del agua. En la tabla 24 se presentan valores de radiación UV para inactivar el 99,9% de patógenos virales, según tipo de virus (Liltved et al., 2006).

**Tabla 24.** Dosis de radiación UV para inactivar el 99,9% de los virus.

Patógeno	MicroW-seg/cm <sup>2</sup>
Virus ISA	4.000 - 10.000
Virus IHN	1.000 - 3.000
Virus IPN	100.000 - 200.000
Virus del bagre del canal	2.000
Herpesvirus salmonis	2.000
Baculovirus	900.000

Fuente: Liltved et al., 2006

### 5.3.2.3.- Pisciculturas con Reúso de Agua (REU)

Reutilizan entre 50 y 70% del agua, el porcentaje restante corresponde a agua fresca. Este tipo de piscicultura tiene un mayor nivel de tecnología que los sistemas de flujo abierto, haciendo uso de filtros rotatorios para la retención de sólidos y desinfección del agua con luz ultravioleta u ozono antes del ingreso a las unidades de cultivo. La diferencia con los sistemas de recirculación es que no usan filtros biológicos para desnitrificar el amonio generado. Este tipo de piscicultura se alimenta principalmente con agua de pozo, siendo el principal problema la eliminación del CO<sub>2</sub> del sistema, para lo cual utilizan desgasificadores.

### 5.3.2.4.- Centros de Esmoltificación en Balsas-Jaulas

En los inicios de la salmonicultura en Chile, y como una forma de abaratar los costos de producción en agua dulce, la producción de smolt fue realizada en balsas-jaulas en lagos. Entre 1984 y 1991 el gobierno de Chile otorgó un total de 51 concesiones lacustres para el cultivo de salmónidos (~676 ha) (León et al., 2007). Posterior a ese período la autoridad cesó la entrega de concesiones en lagos para el cultivo de peces, registrándose 46 concesiones lacustres vigentes en 2018 (Visión Acuícola, 2019) (Tabla 25).

De acuerdo a la legislación noruega, no hay un límite en la solicitud de licencias para pisciculturas en Noruega, tampoco hay un límite en el número de peces a producir por piscicultura, y tampoco en el tamaño de la piscicultura, pero no está permitido cultivar salmones en jaulas en cuerpos de agua dulce (Norwegian Directorate of Fisheries, 2018). A diferencia de lo que ocurre en Escocia, en donde si está autorizada la producción de smolts en jaulas en agua dulce (Marine Scotland Science, 2018).

**Tabla 25.** Concesiones de centros de cultivos para la producción de smolt en lagos en Chile

<b>Lagos</b>	<b>2005</b>	<b>2018</b>
Ranco	2	2
Popetan	1	1
Huillinco	5	3
Cucao	1	1
Natri	0	3
San Antonio	1	1
Puyehue	2	2
Rupanco	7	7
Llanquihue	15	14
Chapo	6	6
Yelcho	2	2
Riesco	3	3
Tepuhueico	1	0
Tarahuin	2	0
Natri	3	0
Laguna de los Palos	0	1
<b>Total</b>	<b>51</b>	<b>45</b>

Fuente: Elaboración propia con información de León et al., 2007 y Visión Acuícola, 2019

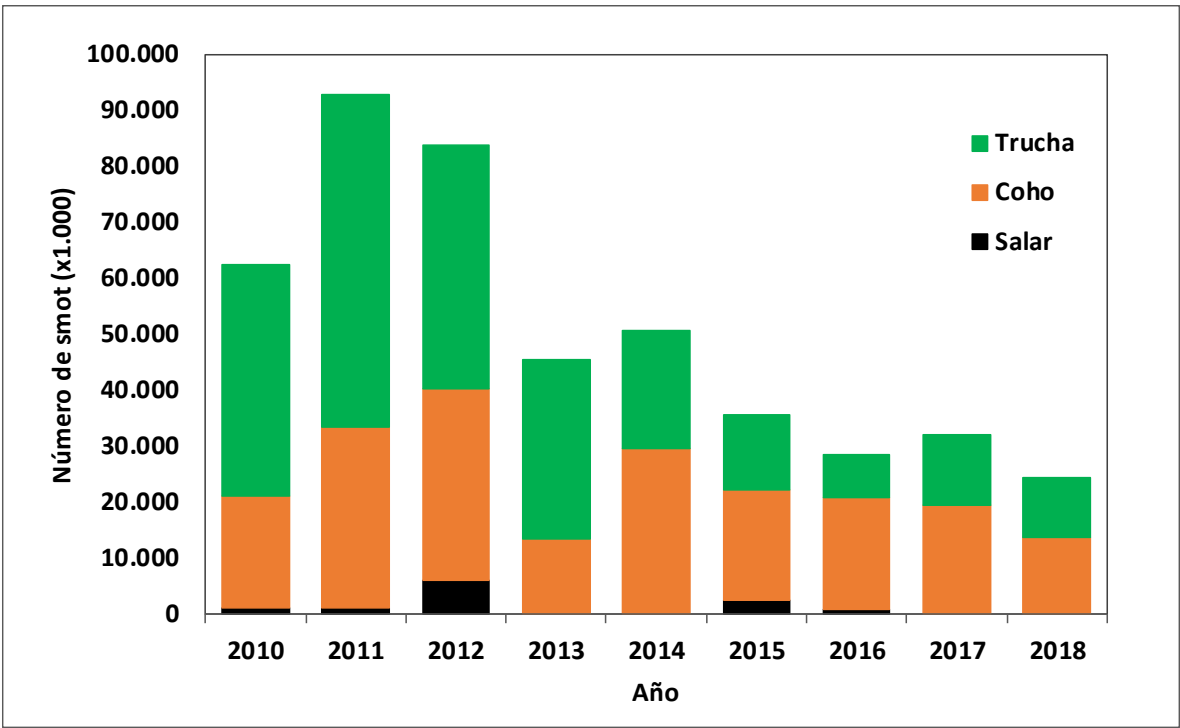
### 5.3.3.- Producción de Smolt en Chile

En el año 2005 se produjeron 111 millones de smolt en lagos (León et al., 2007). Sin embargo, esta situación cambió después de los brotes del virus ISA en 2007, registrándose una disminución de la producción de salmón del Atlántico en balsas jaulas en los lagos y también en zonas estuarinas a partir de 2009 (Fig. 29).

Actualmente el 100% de la producción de smolt de salmón del Atlántico se realiza solo en pisciculturas en tierra, tanto en pisciculturas de flujo abierto (FA) como en pisciculturas de recirculación (RAS).

La producción de trucha arcoíris y de salmón coho es realizada en pisciculturas con flujo abierto, utilizando en la mayoría de los casos, instalaciones con balsas jaulas en lagos y ríos para la esmoltificación (Fig. 29).

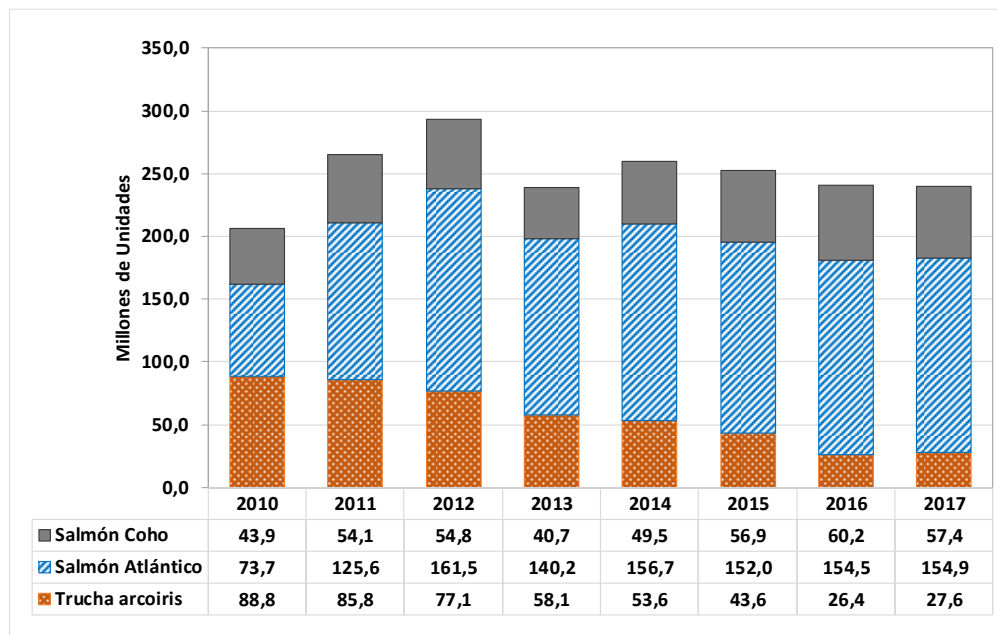
Los principales problemas registrados en la producción de smolts en balsas jaulas están relacionados con la presencia de Saprolegnia, en tanto que en sistemas RAS se ha registrado un incremento de machos prematuros (maduros sexualmente), lo que ha sido asociado a altas temperaturas de cultivo y a la aplicación de fotoperíodo (Good & Davidson, 2016).



**Figura 29.** Evolución en el origen de producción de smolt (millones) en lagos de la Región de Los Lagos, por especie salmonídea, periodo 2010-2018 (Fuente: elaboración propia con información de Sernapesca).



En la figura 30 se presenta la evolución anual en la producción de smolt para el período 2010-2017. En el año 2017 se produjeron 239,9 millones de smolt de los cuales el 64,6% correspondió a salmón del Atlántico, el 23,9% a salmón coho y el 15,5% a trucha arcoíris.



**Figura 30.** Producción de smolt por especie salmonídea (Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por Editec desde [www.indexsalmon.cl](http://www.indexsalmon.cl)).

### 5.3.4.- Calidad de Agua en Pisciculturas

Las pisciculturas en Chile son abastecidas con agua dulce proveniente de diferentes orígenes los que presentan ventajas y desventajas dependiendo de la fuente:

**Río:** Entre las ventajas se destaca el alto caudal de agua y alta concentración de oxígeno. Como desventajas se registran temperaturas altamente fluctuantes; altamente variable en la calidad química y carga de sedimentos debido a las variaciones climáticas, principalmente en los eventos de crecidas de los ríos, lo que genera incrementos en la turbidez y en la concentración de metales, principalmente aluminio (Atland & Bjerckness, 2009).

**Vertiente:** Como ventajas se destacan flujo y temperatura de agua constante; libre de sedimentos; libre de patógenos. Como desventajas se identifica la baja concentración

de oxígeno y sobresaturación de gases

**Pozo:** Como ventaja se tiene una calidad de agua similar a la originada en las vertientes. Siendo su principal desventaja el alto costo por bombeo. Se señala que una de las desventajas que presenta esta fuente de abastecimiento de agua en Chile, es la alta concentración de hierro, y en algunos casos también de aluminio y cobre (Atland & Bjerkness, 2009).

**Lagos:** Como ventaja se tiene grandes volúmenes de agua disponible, y como desventajas se tiene la dependencia de los cambios ambientales y climáticos, polución y presencia de patógenos.

La calidad del agua es uno de los aspectos de mayor relevancia para las pisciculturas. La robustez de un pez en su vida adulta es altamente dependiente de la calidad del agua a la que estuvo expuesto en su fase temprana de vida, siendo la etapa de ova a primera alimentación la de mayor susceptibilidad. Esto es mucho más relevante en las pisciculturas de recirculación, en las cuales el deterioro de la calidad del agua es identificado como un potencial factor de riesgo que compromete el bienestar de los peces (Huntingford et al., 2006; MacIntyre et al., 2008).

Niveles altos de aluminio, hierro y cobre generan problemas a nivel branquial, principalmente cuando los niveles de CO<sub>2</sub> son también altos. El aluminio es un metal que se encuentra con frecuencia en agua dulce y genera daño a nivel branquial en los peces expuestos a altas concentraciones, provocando alteraciones respiratorias provocada por una acidosis plasmática, hipoxia e hipercapnia con pérdida de la osmorregulación (Kroglund et al., 2001). Otras alteraciones reportadas incluyen la producción excesiva de células mucoides (Muniz & Leivestad, 1980); inhibición de la actividad de las enzimas anhidrasa carbónica y de la ATPasa branquial (Staurnes et al., 1993). En aguas ácidas los efectos son mucho más severos que en aguas alcalinas. A pH 5,2 puede causar alteraciones en la natación, en el apetito y en el crecimiento. En la etapa de reproducción se ha reportado retraso de la maduración de los ovocitos y del desove, e incluso puede llegar a inhibir la ovulación (Mount et al., 1988). Concentraciones elevadas de aluminio también generan eclosión temprana, lo que se

traduce en mortalidad elevada, y alteración en la estructura del corión, lo que provoca inmadurez de los órganos vitales (Sandoval et al., 2017).

**Hierro:** Es el segundo metal más abundante en la tierra y es esencial para los organismos vivos. Forma parte de la hemoglobina de la sangre de los peces y debe ser incluida dentro de la premezcla mineral del alimento. Sin embargo, cuando el hierro se encuentra en una concentración más elevada en el agua puede generar daño branquial en los peces expuestos, lo que puede ocasionar la muerte. Esto es más riesgoso cuando se producen fuertes lluvias en pisciculturas que se alimentan con agua de ríos, ya que el hierro es transportado en grandes cantidades desde las cuencas hasta las fuentes de agua. Pero también es altamente riesgoso en pisciculturas que se abastecen con agua de pozos profundos, ya que, al emerger y entrar en contacto con el oxígeno, generan precipitación de óxido de hierro generando daño branquial severo (Peuranen, 2000).

**Cobre:** Metal que comúnmente contamina aguas superficiales, siendo su principal fuente de contaminación las condiciones geológicas naturales. La toxicidad del cobre varía dependiendo de la formulación química del metal. Los factores que afectan la toxicidad del cobre son: alcalinidad; pH; temperatura; fuerza iónica y sólidos disueltos. El efecto del cobre en los peces genera cambios en el comportamiento; disminución del crecimiento; alteraciones en la osmorregulación y capacidad reproductiva; interrupción de la actividad enzimática y mortalidad a altas concentraciones (Chakoumakos et al., 1979). En la tabla 26 se entregan los valores límites para la salud de los peces. En la tabla 27 se entregan los valores de calidad de agua recomendados por la **RSPCA** para salmónidos en agua dulce según la etapa de desarrollo. En la tabla 28 se presentan los valores de calidad de agua dulce recomendados por la Norwegian Food Safety Authority. En la tabla 29 se presenta el listado de los parámetros controlados en las pisciculturas que respondieron las encuestas.

**Tabla 26.** Calidad de agua para el cultivo de salmónidos

<b>Parámetro</b>	<b>Concentración Segura</b>
CO <sub>2</sub>	≤ 10 mg /L
CaCO <sub>3</sub> ( dureza total)	10 - 400 mg/L
Calcio	4 -160 mg/L
Amonio ( NH <sub>3</sub> )	≤0,0125 mg/L
Nitrito (NO <sub>2</sub> )	0,1 mg/L ; <100 ppm alcalinidad 0,2 mg/L ; >100 ppm alcalinidad
Nitrato (NO <sub>4</sub> )	3 mg/L
Nitrógeno	110 % saturación
Nitrógeno total	≤ 0,02 mg/L
Hidrógeno sulfídrico (H <sub>2</sub> S)	≤ 0,002 mg/L
Fósforo	0,01 - 3 mg/L
Manganeso	≤ 0,01 mg/L
Ph	6,5 - 8,0
Aluminio	≤ 0,01 mg/L
Cobre	≤ 0,015 mg/L
Fierro	≤ 0,03 mg/L
Zinc	≤ 0,05 mg/L
Plomo	≤ 0,03 mg/L
Arsénico	≤ 0,07 mg/L
Mercurio	≤ 0,002 mg/L
Cromo	≤ 0,05 mg/L

Fuente: Wedemeyer, 1996

**Tabla 27.** Valores de calidad de agua recomendados por la RSPCA por etapa de desarrollo para agua dulce.

<b>Parámetro</b>	<b>Ovas verdes</b>	<b>Ovas con ojos</b>	<b>Alevines</b>	<b>Esmoltificación</b>
Oxígeno (mg/L)	7	7	7	7
% Saturación	> 90	> 70	> 70	> 70
Amonio ( NH <sub>3</sub> ) (mg/L)	N/A	> 0,025	> 0,025	> 0,025
CO <sub>2</sub> (mg/L)	< 6	< 6	< 15	< 17
T° max ( °C)	8	10	14	N/A
ph	5,5 - 8,0	5,5 - 8,0	5,5 - 8,0	5,5 - 8,0
Cloro : Nitrito (mg/L)	≤ 20:1	≤ 20:1	≤ 20:1	≤ 20:1
Nitrato (mg/L)	N/A	< 50	< 150	< 150

\* No aplica (N/A) para pisciculturas flujo abierto. Fuente: RSPCA, 2018

**Tabla 28.** Valores de calidad de agua recomendados por Norwegian Food Safety Authority para agua dulce.

Parámetros	Límites
pH (interior)	6,2-6,8
Oxígeno disuelto	100% saturación máxima en estanque 80% saturación salida estanque
Dióxido de Carbono	<15 mg/L
TAN (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> + NH <sub>3</sub> )	<2 mg/L
Nitrito	<0,1 mg/L
Carbón orgánico total (TOC)	<10 mg/L
Aluminio	<5 µg/L (lábil) <20 µg/g de branquia

Fuente: Hjeltnes et al., 2012

**Tabla 29.** Análisis de agua declarados por tipo de piscicultura para alevinaje y esmoltificación (n=60).

Parametros Calidad Agua	FA	RAS	REU	MIX	Jaulas
Oxígeno (mg/L)	31	11	7	3	8
Temperatura °C	31	11	7	3	8
pH	31	11	7	3	3
Dióxido de carbono (mg/L)	18	11	4	3	-
Dióxido de nitrógeno (mg/L)	-	-	-	1	-
Alcalinidad (mg/L)	9	10	4	2	-
Dureza (mg/L)	10	5	3	2	-
Alcalinidad + Dureza (mg/L)	-	1	-	-	-
Nitrito (mg/L)	13	11	3	3	1
Nitrato (mg/L)	13	10	2	3	1
Nitrógeno Total (mg/L)	1	1	-	1	-
Amonio(mg/L)	10	11	2	3	2
Amonio no ionizado (mg/L)	8	9	1	3	-
Amoniaco	-	2	-	-	-
Sólidos Totales Suspendidos	1	2	-	-	-
Aluminio (mg/L)	15	9	1	2	-
Cobre (mg/L)	16	8	1	2	1
Hierro (mg/L)	16	8	1	2	-
Fosforo (mg/L)	19	2	1	-	1
Zinc (mg/L)	-	2	-	-	-
Manganeso (mg/L)	-	1	-	-	-
Ácido sulfhídrico	-	1	-	-	-
Ozono	-	1	-	-	-
TGP	-	1	-	-	-
Salinidad	-	6	1	1	1
Cloruros	1	-	-	-	-
Aceites y grasas	1	-	-	-	-
DBO5	1	-	-	-	-
Transparencia	-	-	-	-	2
Poder Espumante	1	-	-	-	-

\* TGP= presión total de gases; DBO5=Demanda bioquímica de oxígeno Fuente: elaboración propia

Las aguas dulces en Chile tienen un alto contenido mineral y variación en el tiempo asociado a factores estacionales y a la presencia de volcanes. Se han registrado importantes variaciones en parámetros que modulan el efecto benéfico o tóxico de algunos micronutrientes y metales como son el pH, conductividad, alcalinidad, dureza y especialmente el calcio. Entre los parámetros más importantes a tener en consideración, se destacan:

#### 5.3.4.1.- Oxígeno Disuelto (OD):

El oxígeno disuelto en el agua es el parámetro más importante en los sistemas de cultivo. El oxígeno disponible en el agua es menor que el oxígeno disponible en el aire. El aire tiene aproximadamente un 20% de oxígeno. Es así como la cantidad de oxígeno disuelto en el agua contiene 20 a 30 veces menos oxígeno por unidad de volumen que el aire. Para una misma temperatura, el nivel de oxígeno disuelto en el mar bajo condiciones normales tiene aproximadamente un 20% menos que en agua dulce (Smith, 1982) (Tabla 30).

**Tabla 30.** Contenido de oxígeno en agua dulce y mar según temperatura del agua.

Temperatura °C	Agua dulce		Mar	
	ml O <sub>2</sub> /L	ppm (mg/L)	ml O <sub>2</sub> /L	ppm (mg/L)
0	10,22	14,6	8,2	11,71
5	8,93	12,75	7,26	10,37
10	7,89	11,27	6,52	9,31
15	7,05	10,07	5,93	8,47
20	6,35	9,07	5,44	7,77
25	5,77	8,24	5	7,14
30	5,28	7,54	4,58	6,54

Fuente: Smith, 1982

En condiciones de cultivo a medida que aumenta la temperatura, se incrementa el consumo de alimento y la tasa de consumo de oxígeno aumenta. A su vez, las heces y el alimento no consumido se descomponen, consumiendo oxígeno para este proceso. A mayor temperatura se incrementa la tasa metabólica y la respiración disminuye la

concentración de oxígeno en el agua, lo que puede provocar estrés y en casos severos la muerte.

El consumo de oxígeno en los peces depende de la especie; del tamaño de los peces; temperatura del agua; la actividad de los peces; la tasa de alimentación; la tasa de crecimiento; la velocidad de natación, y del nivel de estrés (Thoraresen & Farrel, 2011). Bajo condiciones favorables, los peces pueden remover entre el 85 y 90% del oxígeno disuelto en el agua que pasa a través de las branquias, normalmente remueven entre el 50 y 60%. En tanto que, en condiciones de baja disponibilidad de oxígeno, altas temperaturas e incremento del volumen respiratorio, la utilización puede ser tan baja como 10 y 20% (Smith, 1982).

Cuando los peces son sometidos a bajas de oxígeno, experimentan cambios que le generan estrés, los que los predispone a enfermedades y finalmente a la muerte. Los problemas de caída de oxígeno críticas en pisciculturas se evidencian por lo general después de la alimentación, debido al incremento natural del consumo de oxígeno. Thoraresen & Farrel (2011), recomiendan que 85% de saturación sea considerado el valor límite para la producción de salmónidos, en tanto que niveles de saturación sobre 100% (hiperoxia) pueden tener efectos dañinos, ya que pueden causar embolia en los tejidos, provocando la enfermedad de las burbujas, la que puede manifestarse a nivel de branquias, piel y saco vitelino en alevines (Noga, 2000). Una sobresaturación de oxígeno sobre 120% generan reducción del crecimiento en los peces, cambios en la química de la sangre, e incrementos de problemas por IPN e infecciones fungales. También se han registrado un incremento en las deformidades vertebrales por esta causa (Atland & Bjerkness, 2009).

En la tabla 31 se entregan los valores de consumo de oxígeno, expresado como kg de oxígeno por hora por 100 toneladas de salmón, a diferentes tallas y temperatura.

**Tabla 31.** Consumo de oxígeno de salmones en agua dulce según temperatura del agua y tamaño de los peces (kg O<sub>2</sub>/h/100 ton).

		Temperatura °C							
		2	4	6	8	10	12	14	16
Talla (gr.)	1	85	170	255	340	425	510	595	680
	5	64	127	191	254	318	382	445	509
	10	56	112	169	224	281	337	393	449
	25	47	95	143	190	238	286	333	381
	50	42	84	126	168	210	252	294	336
	75	39	78	117	156	196	235	274	313
	100	37	74	111	148	185	223	260	297
	200	33	65	98	131	164	196	229	262

Fuente: Ficha Técnica Storvik Aqua.

#### 5.3.4.2.- Temperatura:

Es el segundo factor de importancia después del oxígeno, desde el punto de vista de producción intensiva de peces, ya que influye directamente en los procesos fisiológicos: respiración; eficiencia de alimentación y asimilación; crecimiento; comportamiento y reproducción, entre otros procesos de mayor complejidad.

Los peces al ser poiquiloterms necesitan la temperatura del medio para realizar sus procesos fisiológicos, teniendo gran relevancia en la respuesta inmune humoral y celular (Avtalion et al., 1980). La temperatura del agua debe estar dentro del rango óptimo para cada especie, es decir, a medida que la temperatura aumenta acercándose al óptimo, la tasa de crecimiento de los peces hará lo mismo y la conversión de alimento será más eficiente. Por el contrario, al sobrepasar esta temperatura óptima no existirá mayor crecimiento y la conversión de alimento será menor. Con temperaturas más allá del óptimo se podría llegar a niveles letales.

#### 5.3.4.3.- Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>):

Normalmente las concentraciones de CO<sub>2</sub> en el agua, en equilibrio con el aire, es de 0,5-1 mg/L. Las concentraciones de CO<sub>2</sub> en aguas puras son bajas (0.54 mg/L a 20°C). En agua subterránea puede variar de 0 – 100 mg/L (Sanni & Forsberg, 1996).



El CO<sub>2</sub> en los peces es excretado a través de las branquias. Niveles altos de CO<sub>2</sub> en el agua (> 20 mg/L) reducen la excreción de CO<sub>2</sub> en las branquias de los peces y disminuye su tolerancia a concentraciones de oxígeno disuelto menores a los requeridos (Sanni & Forsberg, 1996). Al aumentar la concentración de CO<sub>2</sub> en la sangre de los peces, disminuye el pH del plasma sanguíneo, lo que genera acidosis respiratoria. A niveles bajos de oxígeno disuelto la toxicidad del CO<sub>2</sub> incrementa (Wedemeyer, 1997).

En pisciculturas de recirculación (RAS), los biofiltros también generan CO<sub>2</sub> a través del metabolismo de las bacterias, lo que se suma a la carga total del sistema, registrándose un incremento de hasta 37% del CO<sub>2</sub> total (Summerfelt et al., 2004). La combinación de altos niveles de CO<sub>2</sub> (hipercapnia), bajo pH y alta concentración de aluminio es considerada una de las mayores amenazas para el bienestar de los peces en esmoltificación (Fivelstad et al., 2003a). La hipercapnia puede también generar calcificación del riñón (Nefrocalcinosis) y reducción del crecimiento (Fivelstad et al., 2003b). Los niveles máximos de CO<sub>2</sub> para mantener un buen bienestar y lograr un máximo crecimiento en los salmónidos varía entre 10 y 20 mg/L (Timmons et al., 2001).

#### **5.3.4.4.- Amonio / Nitrito / Nitrato:**

Estos derivados del nitrógeno son contaminantes en la columna de agua de los sistemas de acuicultura. El nitrógeno es un nutriente esencial para todos los organismos vivos y se encuentra en proteínas, ácidos nucleicos, adenosin fosfatos, nucleótidos de piridina y pigmentos (Wright & Anderson, 2001). Sin embargo, el nitrógeno se requiere en pequeñas cantidades, y las necesidades fisiológicas se satisfacen fácilmente. Las cantidades excedentes se convierten en desechos nitrogenados y es necesario extraerlos.

Los peces producen y excretan diversos productos de desecho por difusión a través de las branquias, por intercambio de cationes en branquias y excreción de orina y heces (Wright & Anderson, 2001). Además de la urea, ácido úrico y aminoácidos excretados por los peces, los desechos nitrogenados se acumulan desde los restos orgánicos de los organismos muertos y moribundos, alimento no ingerido y del gas nitrógeno de la atmósfera. Por lo tanto, es particularmente importante descomponer estos compuestos

nitrogenados en los sistemas intensivos de recirculación acuícola, debido a la toxicidad del amonio, nitritos y, hasta cierto punto, nitratos.

**Amonio ( $\text{NH}_3$   $\text{NH}_4^+$ ):** El amonio es un desecho de los aminoácidos y del metabolismo de los nucleótidos. La excreción del amonio a través de las branquias incrementa con la temperatura; la exposición a bajos niveles de pH; el ejercicio; altos niveles de  $\text{CO}_2$  (hipercapnia); alimentación y altos niveles de aminoácidos en la composición de la dieta (Cameron & Heisler, 1983).

El amonio total del sistema es descrito como TAN ( $\text{NH}_4^+\text{N}+\text{NH}_3\text{-N}$ ). La toxicidad del  $\text{NH}_3$  es dependiente del pH en el sistema. Cambios repentinos en el pH del agua pueden generar catastróficas consecuencias (Eshchar et al., 2006). Durante un evento de estrés exhaustivo, los peces incrementan la producción de amonio y son más sensibles al amonio externo, de igual forma peces en ayuno son más sensibles que los peces en un régimen de alimentación normal (Alabaster et al., 1979).

Para proveer buenas condiciones de cultivo y un adecuado bienestar a los peces, los niveles límites de amonio para salmónidos fluctúan entre **0,012 y 0,025 mg  $\text{NH}_3/\text{L}$**  y las concentraciones del TAN deben ser **<1,0 mg/L** para exposiciones de largo tiempo (Timmons et al., 2001).

**Nitrito** El amonio es convertido en nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) por las bacterias nitrificantes, y subsecuentemente en nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ). Si la cantidad de materia orgánica es excesivamente alta en los sistemas de recirculación, el proceso de nitrificación será menos efectivo, por lo que el acondicionamiento y monitoreo de los biofiltros es esencial (Timmons et al., 2001).

El nitrito es tóxico porque afecta la habilidad de la hemoglobina para transportar oxígeno. Cuando el nitrito ingresa al torrente sanguíneo, oxida el hierro de la molécula de hemoglobina desde el estado ferroso al férrico. El producto resultante es la

metahemoglobina ( $\text{Fe}^{3+}$ ), impidiendo que la sangre transporte el oxígeno (Jensen, 2003). Un visible síntoma de alto nivel de metahemoglobina es el color café de las branquias (enfermedad de la sangre café). La cantidad de nitrito que ingresa a la sangre depende de la proporción de nitrito a cloruro en el agua. El nivel recomendado de nitrito en aguas blandas es  $<0,1$  mg/L (Wedemeyer, 1997). La toxicidad del incremento de nitrito en las pisciculturas de recirculación (RAS) puede ser neutralizada agregando sal (NaCl) al sistema, en concentraciones de 0,3 ppm (Bregnballe, 2015). En Chile, las pisciculturas RAS adicionan sal en concentraciones que fluctúan entre 3 y 5 ppt.

**Nitrato:** Es el producto final de la nitrificación y es el menos tóxico de los compuestos nitrogenados, con valores de 96-h LC que generalmente exceden los 1.000 mg  $\text{NO}_3\text{-N/L}$  (Colt, 2006). En los sistemas de recirculación, los niveles de nitrato son generalmente controlados mediante intercambio diario de agua fresca. En los sistemas RAS la máxima concentración de nitrato recomendada para agua dulce en salmones es de 150 mg/L (Hjeltnes et al., 2012).

#### **5.3.4.5.- pH:**

En la mayor parte de las aguas subterráneas y superficiales, el pH es regulado por el sistema tampón bicarbonato-carbonato y tienen valores que van entre **5** y **9**. Son excepciones de esto el agua subterránea con altas concentraciones de dióxido de carbono disuelto y el agua que escurre de algunas minas (drenaje ácido de minas (DAM)). El DAM es el resultado de la oxidación de sulfuros minerales, que se convierten en ácido sulfúrico.

El pH óptimo para el crecimiento y la salud de la mayoría de los animales acuáticos de agua dulce está en el rango de **6.5** a **9.0**. La exposición a un pH extremo puede ser estresante o letal, pero lo más importante en acuicultura son los efectos indirectos resultantes de las interacciones del pH con otras variables. El pH controla una amplia variedad de reacciones de equilibrio y solubilidad, de las cuales la más importante es la relación entre la forma no ionizada y la ionizada del amonio y los nitritos. El pH también

influye en la toxicidad del ácido sulfhídrico y de metales tales como cobre, cadmio, zinc y aluminio.

En pisciculturas RAS, el proceso de desnitrificación en el biofiltro produce ácido, por lo que se recomienda adicionar hidróxido de sodio (NaOH) al sistema para mantener el pH alrededor de 7,0 y así lograr una alta eficiencia del biofiltro (Bregnballe, 2015).

#### **5.3.4.6.- Sólidos en Suspensión Totales (TSS):**

Puede ser descrito como la masa de material suspendido (orgánico e inorgánico) de tamaño mayor a  $1\mu\text{m}$  de diámetro presente en un volumen de agua (Timmons & Ebeling, 2007). Se recomienda que los sólidos suspendidos totales no superen los 15 mg/L. En los sistemas RAS los sólidos suspendidos contribuyen al consumo de oxígeno, generación de biofouling y formación de depósitos de limo. Además, los sólidos en suspensión pueden tener un efecto negativo sobre la función y estado de las branquias, comprometiendo la transferencia de gases (respiración) y propiciando el asentamiento de patógenos.

#### **5.3.4.7.- Alcalinidad:**

Es una medida de la capacidad de neutralización del pH o la capacidad neutralizante-ácida del agua (Wilson et al., 1998). En términos químicos, la alcalinidad se define como la cantidad total de bases titulables en el agua expresadas como mg/L equivalente de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ). Los iones de origen que contribuyen a la alcalinidad son el carbonato ( $\text{CO}_3$ ) y el bicarbonato ( $\text{HCO}_3$ ).

La alcalinidad del agua dulce fluctúa desde valores menores a **5 mg/L** en agua blanda a más de **500 mg/L**, y es determinado por la geología del acuífero o vertiente. Las concentraciones necesarias de alcalinidad están ligadas directamente al pH del sistema y a las concentraciones de  $\text{CO}_2$ . El mantener concentraciones de  $\text{CO}_2$  menores a 15 mg/L y un pH entre 7.0 y 7.4 requiere una concentración de alcalinidad menor a 70 mg/L  $\text{CaCO}_3$  (condición de pH alto) a 190 mg/L  $\text{CaCO}_3$  (condición de pH bajo).

Aguas altamente alcalinas pueden causar problemas a los peces al inhibir la excreción de amonio (Wilson et al., 1998). Los niveles de alcalinidad recomendados son  $>20$  mg/L, y el nivel más alto  $< 150$  mg/L (Wedemeyer, 1996). En sistemas RAS, operando con un mínimo intercambio de agua, se recomienda una alcalinidad de 200 mg de  $\text{CaCO}_3/\text{L}$  para un óptimo funcionamiento del biofiltro (Chen et al., 2006).

#### **5.3.4.8.- Dureza:**

Es el término utilizado para describir la capacidad del agua para precipitar el jabón. En términos químicos, la dureza se define como la concentración total, en primer lugar, de calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) y magnesio ( $\text{Mg}^{2+}$ ), hierro y manganeso en términos de mg/L equivalentes a carbonato de calcio. En términos prácticos, la dureza se mide mediante titulación. La dureza total de las aguas naturales varía desde valores menores de **5 mg/L  $\text{CaCO}_3$**  a más de **10.000 mg/L  $\text{CaCO}_3$** . Según el grado de dureza (Wedemeyer, 1996), el agua se puede clasificar como:

- blandas:  $<75$  mg/L ( $\text{CaCO}_3$ )
- moderada: 75-150 mg/L
- duras: 150-300 mg/L
- muy duras:  $>300$  mg/L

#### **5.3.4.9: Velocidad de Agua:**

La velocidad de la corriente de agua ha mostrado ser un parámetro de alta relevancia en el bienestar de los peces. Una baja velocidad de corriente limita la habilidad de autolimpieza de los estanques para eliminar desechos de alimentos y heces, afectando la calidad del agua a la que están expuesto los peces. La velocidad de la corriente influye también en la natación de los peces. Una velocidad de corriente alta que excede los límites de máxima natación sostenible genera exhaustación en los peces, lo que impide que mantengan su posición en la columna de agua. La velocidad de natación se expresa en longitud corporal por segundo (BL/seg) (Noble et al., 2018).

- Ovas: se ha sugerido una velocidad de corriente de 100 cm/h para asegurar una buena sobrevivencia de los huevos (Crisp, 1996).

- Alevines parr: Para alevines entre 7 y 13 cm a temperatura entre 12,5 y 19°C se ha sugerido 6-10 BL/seg (Peake et al., 1997).
- Smolts: se ha sugerido una velocidad de natación persistente absoluta de 50 cm/seg (Booth et al., 1997), y entre 1,2 y 1,5 BL/seg como favorable (Hjeltnes et al., 2012).

### 5.3.5.- Enfermedades, Prevención y Tratamientos

Los peces deben ser protegidos del dolor, daño y enfermedades, a través de buenas prácticas de manejo y de cultivo (RSPCA, 2018), por lo que es relevante la rápida detección y tratamiento de las enfermedades que los afecten. Las enfermedades son el resultado de un pobre bienestar y la principal causa de mortalidad en salmones de cultivo, por lo que es esencial minimizar su ocurrencia.

La condición de los peces debe ser permanentemente monitoreada, de tal forma identificar a tiempo cualquier signo de enfermedad, problemas ambientales o de manejo. De acuerdo a lo declarado en las encuestas, todas las pisciculturas señalaron contar con asistencia de médico veterinario. En la tabla 32 se presenta la frecuencia de visita del profesional médico veterinario a los planteles de cultivo de agua dulce.

**Tabla 32.** Frecuencia de visita profesional médico veterinario (n=60).

Frecuencia visita médico veterinario	n° Pisciculturas	%
Permanente	2	3,3
Semanal	39	65,0
Quincenal	14	23,3
Mensual	5	8,3
<b>Total</b>	<b>60</b>	<b>100,0</b>

#### 5.3.5.1.- Screening:

Los reproductores, posterior al desove deben ser analizados individualmente (screening), para las enfermedades Anemia Infecciosa del Salmón (ISA), Necrosis Pancreática Infecciosa (IPN) y Renibacteriosis (BKD), con el fin de disminuir la

prevalencia de estas enfermedades en la progenie, cumpliendo con la normativa establecida por la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (**Res. Ex. N°70-2003; PSGR**). No se permite utilizar las ovas de reproductores cuyo examen individual haya resultado positivo al screening para ISA, IPN o BKD. Las ovas positivas deben ser destruidas. Para cumplir con esta normativa, posterior al proceso de desove, se extraen muestras de riñón anterior, corazón y branquias, las cuales son derivadas a un laboratorio de diagnóstico certificado por SERNAPESCA (**Res. Ex. N°63-2003; PSGDL**). Las muestras son codificadas con la identificación de la unidad de incubación (Fig. 31). La metodología de muestreo y análisis de las muestras se encuentra informada en las normas técnicas LABD/NT1 (toma de muestra) y LABD/NT2 (técnica de análisis).

Según lo declarado en las encuestas, los machos al igual que las hembras son sometidos a screening antes de usar el semen para la fecundación. Se declaró realizar screening para IPN; BKD, ISA y SRS con los métodos de detección PCR y RT-PCR.



**Figura 31.** Toma de muestras post-desove para screening (Foto: Sandra Bravo)

### 5.3.5.2.- Desinfección de Ovas:

De acuerdo con lo señalado por la normativa (**Res. Ex. N°65-2003; PSGO**), las ovas deben ser desinfectadas en una solución constante de 100 ppm de yodo libre por 10 minutos, en una cantidad máxima por vez de 250 ovas/L, sin superar las 2.000 ovas por litro de solución desinfectante. La solución yodada debe estar en el rango de pH 6 - 8. Las ovas deben ser desinfectadas en las siguientes ocasiones:

- **Ovas verdes:** Inmediatamente después del endurecimiento y antes de ser dispuestas en agua corriente, libre de patógenos.
- **Ovas con ojos:** En el caso de tratarse de ovas adquiridas desde otra piscicultura, región o país, las ovas deben ser desinfectadas antes de ser dispuestas en agua corriente en la piscicultura de destino. El embalaje y hielo también debe ser desinfectado.

En las encuestas se declaró desinfectar las ovas con Buffodine® y Aquayodo® con la concentración y tiempos recomendados por la autoridad oficial (**Res. Ex. N°65-2003; PSGO**).

### 5.3.5.3.- Enfermedades del Desarrollo

Corresponde a enfermedades que se manifiestan en la etapa de incubación y primera alimentación. Se cree que la causa principal es la presencia de metales pesados en el agua, principalmente zinc y cobre. También se atribuyen las causas a factores químicos, tales como presencia de amonio y a la alteración del pH, sin que necesariamente esté involucrado algún agente infeccioso. Sin embargo, en alevines que manifiestan esta condición se pueden observar bacterias oportunistas como infección secundaria. También se ha indicado que bajos flujos de agua y bajo contenido de oxígeno podrían desarrollar estas anomalías. Entre las enfermedades más frecuentes se destacan:

**1.- Huevos Blancos:** Por lo general corresponden a huevo infértiles, los cuales no fueron fertilizados. Si la proporción de ovas infértiles supera el 20%, es recomendable rechazar el lote.



**2.- Enfermedad de las ovas flácidas (soft eggs):** Los huevos adquieren una consistencia blanca, pegajosa y tienden a agruparse. Pierden elasticidad y tienden a deformarse. La causa puede estar relacionada con el exceso de amonio en el agua y también ha sido asociada a infecciones por amebas (Wolf, 1971).

**3.- Microftalmia:** Condición patológica registrada en las ovas con ojos, en las cuales los globos oculares se observan de menor tamaño. No hay información respecto a los factores que podrían predisponer a esta anomalía, pero se asocia a deformidades del embrión. Los alevines que emergen de estos huevos presentan deformidad y alta mortalidad.

**4.- Enfermedad del Saco Coagulado (white spot):** Se presenta tanto en ovas como en alevines con saco. Se observan manchas blancas de vitelo blanco y coagulado en el interior del huevo y más tarde en el saco del alevín. Se señala que factores químicos son la principal causa de esta anomalía, tales como presencia de metales pesados; fluctuaciones del pH; niveles altos de amonio; tratamientos químicos y también manejo brusco durante las fases críticas de desarrollo de las ovas (Wolf, 1984; Bruno et al., 2013).

**5.- Hidrocele o Enfermedad del Saco Azul:** Se presenta en alevines con saco, observándose un aumento de tamaño del saco, lo que impide que el alevín pueda nadar en posición normal. El cuadro se debe al aumento del líquido en el saco vitelino, lo que le da una coloración azulada. La causa primaria es atribuida a la acumulación de productos de desechos tóxicos; condiciones ambientales desfavorables y manejo brusco (Wolf, 1969; Bruno et al., 2013).

**6.- Deformidad del Saco Vitelino:** Esta anomalía se registra principalmente en salmón del Atlántico. Afecta la parte posterior del saco vitelino, produciéndose un estrangulamiento que impide que la fuente de energía esté disponible para el desarrollo del alevín. La causa está asociada al caudal del agua (insuficiente o muy fuerte), inadecuado sustrato, y también a temperatura elevada del agua durante el período de incubación (Bruno et al., 2013).

**7.- Enfermedad de las Burbujas:** Producida por una sobresaturación del agua por gases. Uno de los signos más característicos es la natación anormal de los alevines debido a las burbujas de gas en el interior del saco vitelino. Los alevines afectados por

lo general nadan con el vientre hacia arriba o con sus cabezas dirigidas verticalmente y las pérdidas pueden ser variables. Entre las causas se señalan el exceso de gases en aguas de pozo sin aireación, y/o fugas de cañerías o bombas.

En la tabla 33 se presentan las enfermedades reportadas en las primeras etapas de desarrollo para salmón del Atlántico; salmón coho y trucha arcoíris por 16 de las 18 encuestas recibidas para incubación. Del análisis de las encuestas aplicadas, la presencia de huevos blancos fue reportada para las tres especies salmonídeas, en tanto que el estrangulamiento del saco vitelino fue reportado con mayor severidad en salmón del Atlántico.

**Tabla 33.** Enfermedades declaradas en el período de incubación-primera alimentación (n=17).

Enfermedades del Desarrollo	Salar	Coho	Trucha
Huevo blanco	3	4	5
Ovas flácidas ( soft eggs)	1	0	0
Saco coagulado ( white spot)	2	1	1
Estrangulamiento saco vitelino	4	1	2
Enfermedad de las Burbujas	1	1	1
Microftalmia	1	3	0

#### 5.3.5.4.- Enfermedades Infecciosas

A través del Programa Sanitario General de Registro de Datos y Entrega de Información de Laboratorios (**Res. Ex. N°63-2003; PSGDL**), el Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura recopila los resultados de los análisis realizados por los laboratorios de diagnóstico que forman parte del Programa de Vigilancia Pasiva (PVP), cuya información se relaciona con enfermedades endémicas que no cuentan con un Programa Sanitario Específico de Vigilancia y Control.

La metodología de muestreo y de análisis con el cual se lleva a cabo este programa se encuentra en las normas técnicas LABD/NT1 y LABD/NT2. El muestreo considera un

tamaño muestral calculado a partir de una prevalencia de la enfermedad de 5% y un nivel de la confianza de 95%. Los muestreos deben ser realizados por médicos veterinarios, certificadores de la condición sanitaria (**D.S. N°15 de 2011**).

Entre las enfermedades reportadas para agua dulce por los laboratorios de diagnóstico, autorizados por Sernapesca para el año 2016 (Sernapesca, 2018), figuran:

- **Saprolegniasis:** Enfermedad fungal causada por *Saprolegnia parasítica* que afecta principalmente a los salmónidos en la etapa de ova, esmoltificación y reproducción. Invade principalmente a peces que han sido estresados o que presentan un sistema inmune deprimido (Pickering, 1994). La infección puede ser particularmente severa cuando la resistencia de los peces a la enfermedad es baja, principalmente después de un proceso de vacunación o de un manejo estresante que implique remoción de mucus, pérdida de escamas y daño de aletas. La especie más susceptible es el salmón del Atlántico en la etapa de esmoltificación, debido a la fragilidad de escamas que presenta en esta etapa de desarrollo. *Saprolegnia* es tolerante a un amplio rango de temperatura que va desde 3 a 33 °C (Pickering & Willoughby, 1982), siendo su temperatura óptima entre los 14 y 16 °C. Su rango de tolerancia a la salinidad es aproximadamente 1,75% de NaCl. No soportando concentraciones iguales o superiores a 3,5% de NaCl.
- **Yersiniosis:** Enfermedad causada por la enterobacteria *Yersinia ruckeri*, reportada en salmón del Atlántico en Chile en 1992 (Bravo, 1993). El problema a gran escala se presenta cuando los peces infectados crónicamente son expuestos a condiciones de estrés, tales como altas densidades de carga y pobre calidad de agua (Austin & Austin, 2007). Para su prevención se dispone de vacunas aplicadas por inmersión en agua dulce, lo que ha permitido mantener bajo control la enfermedad.
- **Flavobacteriosis:** Enfermedad causada por bacterias Gram (-) del género *Flavobacter* (*F. Psychrophilum*; *F. Columnaris*; *F. spp.*), las que afectan principalmente la superficie corporal y branquias de los peces. Registrándose la etapa de alevinaje como la más susceptible. Las patologías más frecuentes, son

la Enfermedad del Agua Fría (Holt, 1988), Columnaris (Snieszko & Bullock, 1976) y Podredumbre de las aletas (Fin Rot Disease) (Schneider & Nicholson, 2011).

- **RTFS (Rainbow Trout Fry Syndrome):** Enfermedad causada por *Flavobacter psychrophilum*. Reportada en Chile en 1993 (Bustos et al., 1995), introducida desde Dinamarca en ovas de trucha arcoíris. Se transmite horizontalmente en agua dulce, y verticalmente a través de las ovas. No hay vacunas efectivas para su prevención, por lo que para su control se utilizan tratamientos con antibacterianos suministrados vía oral.
- **BKD (Bacterial Kidney Disease):** Enfermedad causada por la bacteria intracelular *Renibacterium salmoninarum*, de transmisión vertical, intraova. Reportada en salmón coho en Chile en 1970 (Wood, 1970). Las especies susceptibles en orden de severidad son, salmón Chinook; salmón coho; salmón del Atlántico y trucha arcoíris. Para su control se aplican tratamientos con eritromicina suministrada vía oral.
- **IPN (Necrosis Pancreática Infecciosa):** Enfermedad causada por el virus de la familia Ortomixividae. En 1984 fue reportada en trucha arcoíris la cepa Americana VR-299 (McAllister & Reyes, 1984). A partir de 1997 fue reportada la cepa europea Sp en salmón del Atlántico. Se transmite verticalmente, intraova. Para su prevención se utilizan vacunas administradas por inyección, y también vía oral.
- **PRV (Piscine Orthoreovirus):** Enfermedad causada por el virus de la familia Reoviridae, denominado como virus “huérfano” por encontrarse en el tracto respiratorios y tracto gastrointestinal, pero no asociado a enfermedad (Sabin, 1959). Este virus fue reportado por primera vez en 2011 en Chile (Bustos et al. 2011). De acuerdo con Finstad et al. (2014), la presencia de PRV no necesariamente indica que los peces cursen un cuadro de HSMI

En la tabla 34 se presentan las enfermedades infecciosas declaradas en las encuestas para la etapa de incubación y primera alimentación, siendo Saprolegniasis y Flavobacteriosis las dos únicas enfermedades reportadas. En la tabla 33 se presentan

las enfermedades infecciosas declaradas para la etapa de alevinaje y esmoltificación, siendo Saprolegniasis y Flavobacteriosis las patologías más recurrentes para las tres especies salmonídeas. PRV e ISA (HPRO) fueron reportadas solo para salmón del Atlántico

Entre las enfermedades no infecciosas se reportó solo Nefrocalcinosis, la que afecta los túbulos renales con depósitos de calcio presente en elevadas concentraciones en la sangre u orina. Esta enfermedad está asociada a la composición de las dietas y a la calidad del agua (Herman, 1971). En salmónidos esta enfermedad ha sido asociada a la exposición a altos niveles de CO<sub>2</sub> en pisciculturas (>15 mg/L). Esta patología fue reportada para las tres especies salmonídeas, siendo más frecuente su presencia en salmón del Atlántico (Tabla 345).

**Tabla 34.** Enfermedades infecciosas declaradas en incubación- primera alimentación (n=16)

Enfermedades Infecciosas	Salar	Coho	Trucha
Saprolegniasis	8	5	5
Flavobacteriosis	1	0	1

**Tabla 35.** Enfermedades declaradas en alevinaje y esmoltificación (n=41)

Tipo	Enfermedad	Salar *		Coho	Trucha
		RAS	FA		
Infecciosa	Saprolegniasis	8	19	9	5
	Flavobacteriosis	7	18	8	13
	Yersiniosis	1	0	0	0
	Furunculosis	1	0	0	0
	Amebiasis	1	0	0	0
	BKD	3	13	2	0
	IPN	2	7	4	7
	PRV	3	7	2	0
	ISA(HPRO)	3	1	0	0
<b>No Infecciosa</b>					
	Nefrocalcinosis	1	9	2	1

### 5.3.5.5.- Deformidades

Uno de los principales problemas registrados en la etapa de alevinaje son las anomalías en los peces de cultivo, las que pueden tener diferentes orígenes. La causa de estas anomalías es a menudo incierta, aunque se han sugerido factores de tipo genéticos, nutricionales y de cultivo, asociados a temperaturas de incubación y a alteraciones en la etapa de desarrollo del embrión, entre otros. Un pez deforme puede ser más vulnerable al manejo, al estrés y puede ser particularmente más susceptible a mortalidad durante los tratamientos por baño. En la tabla 36 se muestra el score desarrollado por la RSPCA para evaluar deformidades en peces.

**Tabla 36.** Score evaluación de deformidades en peces

Tipo de daño	Score		
	0	1	2
Daño/perdida de ojos	no	un ojo	dos ojos
Daño en hocico	no	medio	severo
Deformidad mandíbula	no	medio	severo
Deformidad opérculo	no	medio	severo y/o en ambos lados
Daño aleta dorsal	no	medio	severo
Daño aletas pectorales	no	medio	severo y/o en ambos lados
Daño aleta caudal	no	medio	severo
Deformidad columna	no	medio	severo
Perdida de escamas/daño en la piel	no	< 10% en cada lado y superficial	>10% en cada lado y profundo

Fuente: RSPCA, 2018

En la tabla 37 se listan las anomalías declaradas por especie y tipo de piscicultura en 35 de las 38 encuestas que reportaron deformidades, registrándose mayores anomalías para el salmón del Atlántico, siendo la deformidad del opérculo la más recurrente para esta especie, seguida de la deformidad del pedúnculo caudal y del hocico. Para salmón coho la deformidad del pedúnculo caudal fue la más recurrente, en tanto que para trucha arcoíris fue la deformidad opercular.

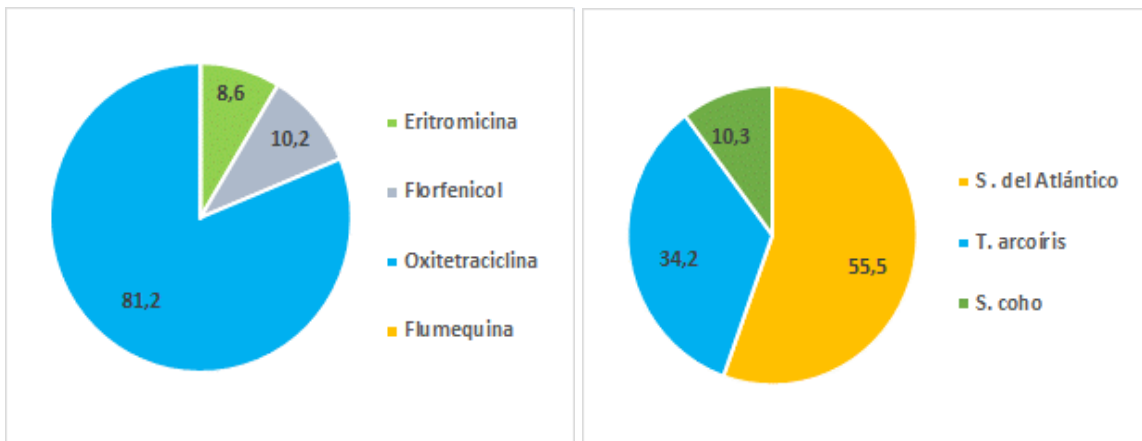
**Tabla 37.** Deformidades declaradas en alevinaje-esmoltificación, según tipo de piscicultura y especie salmonídea (n=35).

Deformidad	Salar	Coho	Trucha
Aletas pélvicas	1	0	0
Hocico	14	4	1
Columna	1	1	0
Embrionaria	2	2	2
Lordosis - Escoliosis	2	2	1
Opérculo	25	6	5
Pedúnculo Caudal	15	10	4

#### 5.3.5.6.- Tratamientos Farmacológicos:

En el **Artículo 55 (Res. N°319; RESA)** se señala que *“sólo podrán utilizarse productos farmacéuticos de uso exclusivamente veterinario registrados o autorizados para su aplicación en especies hidrobiológicas, conforme a la normativa vigente”*. En tanto que en el **Artículo 22 (Res. N°319; RESA)** se señala que *“los centros de cultivo deberán mantener los comprobantes o las copias que respalden los tratamientos quimioterápicos o medidas profilácticas utilizadas, así como toda información adicional que el Servicio disponga a través de los Programas Sanitarios”*.

Para el tratamiento de las enfermedades que afectan a los salmones y truchas de cultivo en agua dulce en Chile, se utilizan tratamientos antifúngicos y antibacterianos. Según el reporte emitido por Sernapesca, del total de antibacterianos usados por la salmonicultura en Chile en el 2018 (322,7 ton de producto activo), el 4,5% fue administrado en agua dulce. De estos, 81,2% correspondió a oxitetraciclina, 10,2% a florfenicol y 8,6% a eritromicina. El 55,5% fue administrado a salmón del Atlántico, el 34,2% a trucha arcoíris y el 10,3% a salmón coho (Fig. 32).



**Figura 32.** a) Distribución porcentual de los antibacterianos administrados por principio activo en agua dulce. b) Antibacterianos administrados por especie salmonídea (Fuente: Sernapesca, 2019).

En la tabla 38 se listan los fármacos y las concentraciones aplicadas para las diferentes enfermedades reportadas en agua dulce por 48 encuestas. Las enfermedades más recurrentes en la etapa de agua dulce son Saprolegniasis y Flavobacteriosis (Tabla 33), para su control se aplican tratamientos por baños, siendo la formalina, el bronopol y la sal común (NaCl) los productos más usados. Para el control de Caligidosis, en tres pisciculturas se declaró usar Lufenuron y en una Benzoato de Emamectina en agua dulce, previa transferencia de los smolts al mar.



**Tabla 38.** Fármacos aplicados por enfermedad declarada (n=48)

Enfermedad	Medicamento	Dosis	Modo de Aplicación	n°
Saprolegnia	Bronopol	20 - 100 ppm	Baño	24
	Formalina	35 -250 ppm	Baño	28
	Cloramina T	8 ppm	Baño	1
	NaCl	1 - 3 %	Baño	14
Flavobacteriosis	Florfenicol	12 - 20 mg/Kg Pez Día	Oral	8
	Formalina	60 -150 ppm	Baño	4
	Cloramina T	8 - 12 ppm	Baño	11
	Oxitetraciclina	80 - 150 mg/Kg	Baño	2
	Bronopol	20 - 50 ppm	Baño	5
RTFS	Florfenicol	12-30 mg/kg Pez / Día	Oral	7
	Oxitetraciclina	80 - 150 mg/Kg	Oral	2
BKD	Eritromicina	75-90 mg /kg	Oral	1
	Oxitetraciclina	20-35 mg/kg Pez	Inyección	3
		80 - 150 mg/kg Pez /Día	Oral	1
Caligidosis	Lufenuron	27-35 mg/kg Pez / Día	Oral	3
	Emamectina	0,05 mg/kg pez/ Día	Oral	1

Las características de los fármacos declarados para la etapa de agua dulce son:

**Oxitetraciclina:** Antibacteriano sistémico de amplio espectro, perteneciente al grupo farmacológico de la tetraciclina, cuyo mecanismo de acción es inhibir la síntesis de las proteínas bacterianas por fijarse a la subunidad 30s del ribosoma (Chopra & Roberts, 2001). Según lo declarado en las encuestas, la oxitetraciclina en agua dulce se utiliza para el control de RTFS; Flavobacteriosis y BKD.

**Eritromicina:** Antibacteriano sistémico perteneciente al grupo de los antibióticos macrólidos, cuyo mecanismo de acción es inhibir la síntesis de proteínas (Leclercq & Courvalin, 2002). Efectiva contra bacterias Gram (+). Según lo declarado en las encuestas, la Eritromicina en agua dulce se utiliza para el control de BKD

**Florfenicol:** Antibacteriano sistémico de amplio espectro, con un rango de actividad similar al cloranfenicol, que incluye microorganismos Gram (+) y Gram (-). Según lo declarado en las encuestas, el Florfenicol en agua dulce se utiliza para el control de RTFS y Flavobacteriosis.

**Sal común (NaCl):** Utilizado para el control de Saprolegnia y Flavobacterias en pisciculturas. Aplicada por baños de 1 hora en concentraciones de 1,0 – 2,0%. Según lo declarado en las encuestas, la sal común es utilizada para el control de Saprolegnia y Flavobacterias.

**Bronopol:** Compuesto ampliamente usado en acuicultura para el control de Saprolegnia. De acuerdo con lo declarado en las encuestas, el Bronopol es el segundo producto más utilizado para el control de Saprolegnia y Flavobacterias.

**Formalina:** El formaldehído (metanal, CH<sub>2</sub>O) es un monoaldehído que existe como un gas soluble en agua. La solución de formaldehído es una solución acuosa saturada al 37% p/p, que se conoce como formalina (Burka et al, 1997). Es bactericida, esporicida y viricida. De acuerdo con lo declarado en las encuestas, la formalina es el producto más utilizado para el control de Saprolegnia. También es utilizado para el control de Flavobacterias.

**Cloramina-T:** Desinfectante en polvo que libera cloro activo cuando se adiciona al agua. Compuesto halogenado. Se utiliza para el tratamiento de algunas enfermedades en peces, presentando acción bactericida, fungicida, viricida y sobre algunos parásitos. De acuerdo con lo declarado en las encuestas, la Cloramina-T es el producto más utilizado para el control de Flavobacterias. También es utilizado para el control de Saprolegnia.

#### **5.3.5.7.- Vacunación**

En el Artículo **58B (D.S. N°319; RESA)** se señala que *“solo se considerará el uso de vacunas y productos inmunológicos registrados por el Servicio Agrícola y Ganadero, productos experimentales o autovacunas, o que cuenten con autorización específica de empleo otorgada bajo las condiciones de urgencia a que se refiere el Reglamento de Productos Farmacéuticos de Uso Veterinario, aprobado mediante D.S. N° 25 de 2005, del Ministerio de Agricultura o la normativa que la reemplace, todas extendidas bajo prescripción médico Veterinaria”*.

La vacunación es una de las herramientas más importantes para la prevención de enfermedades en peces, no solo por su potencial preventivo y correctivo sino también

por sus bondades con el ambiente y con la salud pública que contrastan notoriamente con los tratamientos antibióticos. (Gudding et al., 1999; Vendrell et al., 2013). La primera vacuna comercial se registró en USA en 1976, y fue contra la enfermedad de la Boca Roja. Esta operación se realiza 600°D antes de que el pez entre en contacto con el patógeno, de tal forma que los anticuerpos estén activados en el torrente sanguíneo.

Los métodos de inoculación de las vacunas son:

- **Inyección:** Los peces son inmunizados individualmente. Es considerado hasta ahora el método más efectivo de inmunización, ya que asegura una dosis idéntica en todos los individuos, pero debido a que los peces deben ser sedados y manipulados, generan un alto nivel de estrés.
- **Inmersión:** Los peces son sumergidos en una solución vacunal concentrada, durante un período de tiempo determinado. Es un método simple y rápido e ideal para vacunar gran número de peces pequeños. El antígeno penetra a través de las branquias generando una alta protección.
- **Oral:** Este es el método ideal de inmunización en acuicultura por la facilidad del procedimiento, por el relativo bajo costo y porque no causa estrés a los peces, sumado a la posibilidad de vacunar grandes poblaciones de peces pequeños en corto tiempo. La desventaja de este método es la dificultad para conocer la dosis consumida por cada pez. Además, los antígenos se pueden degradar en el estómago del pez antes de que se produzca la absorción intestinal.

Las vacunas inyectables son aplicadas por empresas de servicios contratadas por las empresas farmacéuticas que suministran las vacunas. Considerando que esta es una de las operaciones más estresantes para los peces, y que incrementa significativamente el costo de los smolt transados en el mercado, las empresas farmacéuticas que comercializan las vacunas han asumido la operación de la vacunación, capacitando a las cuadrillas de vacunación a través de sus respectivos equipos técnicos, para lo cual han elaborados protocolos de vacunación para asegurar el éxito de la inmunización, con foco en el bienestar de los peces.

El proceso de vacunación consta de las siguientes etapas: ayuno mínimo de 24 horas; bombeo de los peces desde el estanque de origen a la mesa de sedación; sedación con anestésico; traspaso de peces sedados a mesa de vacunación; inyección vía intraperitoneal; traspaso a canaleta de recuperación; bombeo a lona de recuperación en estanque de destino. En esta operación se aprovecha de descartar peces que presentan algún tipo de daño, malformación y/o bajo calibre, los que son sacrificados usando una sobredosis de anestésico.

En la tabla 39 se presentan los tipos de vacunas y modo de aplicación, declarados en 48 encuestas para las tres especies salmonídeas cultivadas en Chile. La mayor variedad de formulaciones de vacunas es utilizada en salmón del Atlántico. Solo para IPN se declaró usar vacunas aplicadas vía oral para salmón del Atlántico y salmón coho. Todos los encuestados declararon aplicar las vacunas 600°D antes de que los peces entren en posible contacto con el patógeno.

**Tabla 39.** Vacunas aplicadas por etapa de desarrollo y especie (n=48)

<b>Especie</b>	<b>Tipo de Vacuna</b>	<b>Peso Vacunación</b>	<b>Modo Aplicación</b>	<b>n*</b>
<b>Salar</b>	Aeromona-Vibrio-IPN-SRS-ISA	35-100	Inyección	18
	BDK	20-100	Inyección	11
		90	Oral	1
	Flavobacteriosis	1-7	Inmersión	6
	Furunculosis	5	Inmersión	1
	IPN	1-7	Inmersión	16
		100	Inyección	2
		3	Oral	1
	IPN-SRS	12-90	Inyección	7
	IPN-SRS-ISA-Vibrio	40	Inyección	1
	IPN-SRS-Vibrio	90	Inyección	1
	ISA	24	Inyección	1
	Livac SRS	35-100	Inyección	9
	SRS	35-100	Inyección	5
	Yersiniosis	1	Inmersión	1
<b>Coho</b>	Aeromona-Vibrio-IPN-SRS-ISA	35	Inyección	1
	BKD	20-500	Inyección	5
	Flavobacteriosis	1-5	Inmersión	3
	IPN	1	Inmersión	6
		2 - 30	Oral	5
	IPN-SRS	30 -70	Inyección	9
	IPN-SRS-ISA-Vibrio	5	Inmersión	1
	SRS	2 - 6	Inmersión	1
		35	Inyección	1
	Livac SRS	35	Inyección	1
<b>Trucha</b>	Aeromona-Vibrio-IPN-SRS-ISA	35	Inyección	1
	BKD	35	Inyección	2
	IPN	1-3	Inmersión	7
		5 - 10	Inyección	1
		2	Oral	2
	IPN-SRS	5 - 150	Inyección	11
	Livac SRS	35	Inyección	1

La evaluación de los efectos adversos de las vacunas aplicadas por inyección intraperitoneal se realiza usando la Escala de Speilberg (Tabla 40). Esta evaluación se

realiza rutinariamente durante el eviscerado de los salmones en plantas de proceso, pero también en peces muertos post-vacunación en agua dulce.

**Tabla 40.** Escala de Speilberg

Score	Apariencia visual	Severidad de la lesión
0	Lesiones no visibles	Ninguna
1	Adherencias muy leves, la mayoría localizada cerca del punto de inyección.	Ninguna u opacidad menor del peritoneo.
2	Adherencias menores, las cuales pueden estar conectadas con el colon, bazo o ciegos pilóricos a la pared abdominal.	La opacidad del peritoneo persiste al desconectar la adherencia manualmente.
3	Adherencia moderada, parcialmente involucra los ciegos pilóricos, el hígado o ventrículo, conectándolos a la pared abdominal.	Lesiones menores, visibles.
4	Adherencias mayores, con granulomas, interconectando extensivamente los órganos internos.	Lesiones moderadas.
5	Lesiones extensivas afectando la mayoría de los órganos internos en la cavidad abdominal.	Daño visible por las lesiones severas.
6	Lesiones severas, a menudo con considerable melanosis.	Daño severo.

Fuente: Midtlyng et al., 1996

### 5.3.5.8.- Anestésicos

Los anestésicos son ampliamente usados en acuicultura para sedar a los peces antes de someterlos a manejos que signifiquen un alto nivel de estrés, tales como muestreos, vacunación y sexaje. También se utiliza sobredosis para el sacrificio de peces deformes y sin valor comercial. Los anestésicos autorizados para uso en peces son:

**Benzocaina:** Es el anestésico más usado en Chile. Se utiliza principalmente para sedar a los peces durante las operaciones de muestreo. También es usada para la eutanasia de los peces durante la operación de desove y descarte de ejemplares durante las operaciones de muestreo y vacunación. El período de resguardo es de 210°D. La concentración recomendada es de 15 ml/100 L de agua, por un periodo de 10 a 15 minutos de exposición, y de 8 a 12 minutos de exposición para 20 ml/100 L.

**Isoeugenol:** Usado para los muestreos de peso y transporte. No presenta período de carencia. La concentración recomendada es de 25 ml de solución stock por cada 100 L

de agua, lo que es equivalente a 12,5 mg de ingrediente activo/L de agua, por 12 a 15 minutos de exposición.

**Tricaína:** Utilizada principalmente para la operación de vacunación. El período de resguardo es de 210°D. La concentración recomendada es dependiente de la temperatura del agua y del período de exposición de los peces.

En la tabla 41 se presentan las dosis de anestésicos reportadas por las pisciculturas encuestadas y las dosis de anestésicos recomendadas por los laboratorios farmacéuticos, además de los períodos de resguardo para cada producto.

**Tabla 41.** Tipo y dosis de anestésico aplicado por las pisciculturas encuestadas (n=55) y recomendaciones de los laboratorios farmacéuticos.

Encuestas				Laboratorios farmacéuticos		
Anestésico	Motivo Aplicación	Dosis	n°	Recomendación* (Laboratorio)	Tiempo exposición	Carencia
Benzocaína	Eutanasia	20 - 10 ml / 100 L agua	8	20 ml / 100 L agua	8 - 12 min	210° D
	Manejo peces	10 - 75 ml / 100 L agua	44	15 ml / 100 L agua	10 - 15 min	
	Vacunación	15 - 20 ml / 100 L agua	3			
Isoeugenol	Eutanasia	17 - 25 ml / 100 L agua	2	13 mg / L agua	12 - 15 min	0° D
	Manejo peces	12,5 - 50 mg /L agua	1	26 ml / 100 L agua		
		12,5 - 13,0 mg/ L agua	2			
		5 - 25 ml / 100 L agua	8			
Tricaina	Manejo peces	30 mg / L agua	1	80 - 120 mg / L agua	4 - 12 min	210 °D
	Vacunación	30 - 120 mg / L agua	6	40 - 60 mg /L agua	20 - 30 min	
					15 - 30 mg /L agua	6 h

Fuente: Elaboración propia con información de las encuestas aplicadas.

\*Información extraída de fichas de laboratorios farmacéuticos.

### 5.3.5.9.- Bioseguridad

Posterior a los reportes del virus ISA en Chile, la autoridad sanitaria reforzó las medidas de bioseguridad para minimizar los riesgos sanitarios en los planteles de cultivo. Todas las pisciculturas que colaboraron en este proyecto declararon contar con medidas de bioseguridad para evitar la introducción de agentes infecciosos a los planteles de peces. Estas medidas son más estrictas en las pisciculturas con sistemas RAS debido a la dificultad de erradicar a los patógenos, y por los efectos que los tratamientos en base a

antibacterianos pueden generar sobre el funcionamiento del biofiltro. Algunos de los patógenos reportados en sistemas RAS en Noruega incluyen al parásito flagelado *Ichthyobodo* (Costia); hongos; *Yersinia ruckeri* y el virus IPN (Hjeltnes et al., 2012). En Chile son Saprolegniasis y Flavobacteriosis las patologías declaradas como más recurrentes en sistemas RAS, sin embargo, también fueron reportadas BKD; PRV; ISA (HPRO); Yesiniosis; Furunculosis y Amebiasis (Tabla 35).

Entre las medidas de bioseguridad implementadas en las pisciculturas en Chile se destacan: el manejo de la mortalidad, la desinfección de equipos y de camiones previo al ingreso a las instalaciones, el establecimiento de vacío sanitario y de barreras sanitarias, y la desinfección total de la piscicultura una vez al año. Los procedimientos específicos de limpieza y desinfección están descritos en el Programa Sanitarios General de Limpieza y Desinfección (PSGL-2011).

De acuerdo con el Programa Sanitario General de Manejo de la Mortalidad (PSGM-1468), *“cada centro deberá realizar el retiro diario de la mortalidad de peces desde cada unidad de cultivo, salvo en el caso de los centros de incubación de ovas en el que el retiro de mortalidades se realizará conforme a la estrategia establecida por la empresa”*. En este mismo programa se establecen los criterios de clasificación de la mortalidad, considerando dos niveles:

- *Nivel primario*: Se clasificará la totalidad de la mortalidad extraída de acuerdo con las características externas exhibida por los peces muertos (Tabla 42).
- *Nivel secundario*: Se clasificará solamente la mortalidad que en la etapa previa se clasificó como “sin causa aparente”.



**Tabla 42.** Clasificación de mortalidad. Nivel Primario Agua Dulce

1	Ambiental
2	Embrionaria
3	Daño Mecánico
4	Deforme
5	Maduro
6	Eliminación
7	Otros
8	Desadaptado / Rezagado
9	Depredadores
10	Sin causa aparente

Fuente: PSGM-1468; Sernapesca

En este programa también se señala que *“cada centro deberá contar con un sistema de desnaturalización de la mortalidad, la que deberá ser desnaturalizada dentro de las 24 horas de extraída”*. Se indica también que los sistemas de desnaturalización aceptado son: ensilaje; incineración y compostaje.

Las 60 pisciculturas encuestadas declararon la extracción diaria de la mortalidad, y el ensilaje como el método de tratamiento de la mortalidad en 58 pisciculturas, y el incinerado en las dos pisciculturas restantes. En la tabla 43 se listan las medidas de bioseguridad reportadas por tipo de pisciculturas por 55 de las 60 pisciculturas encuestadas. Importante es señalar que todos los centros de cultivos en agua dulce tienen incorporadas las medidas de bioseguridad señaladas en el Programa Sanitario General de Limpieza y Desinfección (PSGL-2011), y en el Párrafo 6º del Título VI del D.S. N°319. Solo dos empresas declararon contar con unidades epidemiológicas independientes en sus pisciculturas.

**Tabla 43:** Medidas de Bioseguridad aplicadas en pisciculturas (n=55)

Medidas de Bioseguridad	FA	RAS	REU	Mix	Jaulas
Maniluvio	x	x	x	x	x
Pediluvio	x	x	x	x	x
Rodiluvio	x	x	x	x	x
Arco de desinfección	x	x	x	x	x
Ropa protección para visitas	x	x	x	x	x
Vacío sanitarios para visitas	x	x	x	x	x
Acceso restringido a zonas de cultivo	x	x	x	x	x
Desinfección de materiales	x	x	x	x	x
Desinfección equipos y camiones que ingresen	x	x	x	x	x

\*FA piscicultura de flujo abierto; RAS recirculación; REU reutilización; MIX (FA/RAS; FA/RAS/REU).

**5.3.5.10.-Desinfectantes:** Para prevenir la introducción y diseminación de patógenos en las instalaciones de cultivo, la industria acuícola hace uso de desinfectantes en los diferentes procesos productivos con la finalidad de eliminar la posibilidad de vectores y reservorios de los patógenos que causan enfermedad. Los desinfectantes son utilizados para la desinfección de las instalaciones, estanques, bateas, utensilios de trabajo (chinguillos, baldes, etc.) y equipos (seleccionadores, bombas, etc.). Los desinfectantes son también ampliamente usados en pediluvios, maniluvios y rodaluvios. En el transporte de peces, los desinfectantes son usados para la desinfección de estanques, utensilios de trabajo y equipos (bombas, mangueras, etc.).

En el **Artículo 22H (D.S. N°319; RESA)** se señala que *“todos los procedimientos de desinfección deberán usar agentes de limpieza y desinfección registrados por el Ministerio de Salud y autorizados por la Dirección General del Territorio Marítimo y cumplir la normativa vigente sobre emisión. Los productos de limpieza y desinfectantes deberán ajustarse a las condiciones indicadas en el programa sanitario respectivo”*.

En la tabla 44 se listan los desinfectantes declarados en 54 pisciculturas encuestadas, siendo la mezcla de amonio cuaternario y glutaraldehído el desinfectante más usado.

**Tabla 44.** Desinfectantes aplicados en pisciculturas (n=54)

Desinfectantes	n°
Amonio Cuaternario - Glutaraldehído	51
Menopersulfato de Potasio	10
Yodo	4
Gel Anticéptico	4
Peróxido de Hidrógeno- Acido Peracético - Acido Acético	2
Peróxido de Hidrógeno	2
Ketoconazol 2%	2
Dioxido de Cloro	2
Amonio Cuaternario	2
Aldehído - Quaternario	2
Acido Peracético	2
Surfactante	1
Hipoclorito de Sodio	1
Hidróxido de Sodio	1
Glutaraldehído	1
Formalina	1
Alcohol Etilico	1
Alcohol	1
Acido Acético	1

Fuente: Elaboración propia con información de las fichas de laboratorios farmacéuticos.

### 5.3.6.- Dietas para Salmónidos en Agua Dulce

La formulación de las dietas y la calidad del pellet ha cobrado mayor importancia en los últimos años con la incorporación de los sistemas RAS en la producción de salmones en agua dulce. Es así como la capacidad de carga del sistema RAS está estrechamente relacionado con la máxima carga de alimento que el sistema puede soportar (Timmons & Ebeling, 2007). Considerando lo anterior, se recomienda evitar variaciones en el suministro de alimento diario, ya que aún con pequeñas variaciones se podrían generar

alteraciones en el desempeño del biofiltro. Emparanza (2009) recomienda no realizar incrementos mayores a 15% en la cantidad de alimento suministrado por día.

De acuerdo a lo señalado por la RSPCA (2018), los peces deben estar libres de hambre y malnutrición; tener acceso a una dieta de alta calidad; apropiada para la especie, y que permita mantenerlos sanos.

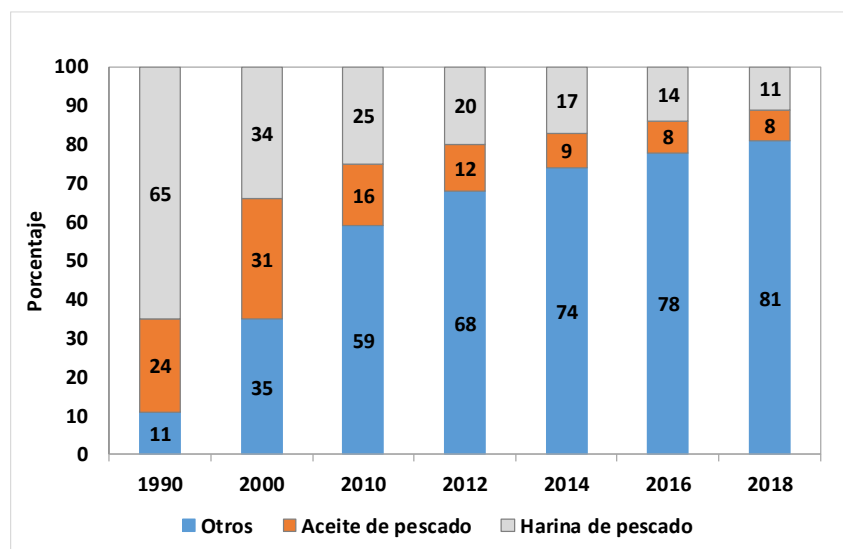
- El alimento debe ser distribuido de tal manera que los peces puedan comer sin que se genere una competencia indebida.
- La calidad, cantidad y frecuencia de alimentación debe ser óptima para la etapa de desarrollo de los peces.
- El alimento debe ser manufacturado con materias primas que estén libres de parásitos, patógenos y/o contaminantes.
- El alimento debe ser producido en concordancia con la normativa establecida por la autoridad.
- No está permitido en el alimento el uso de hormonas ni reguladores de crecimiento.
- El uso de productos de medicina veterinaria en el alimento es prohibido, excepto para uso terapéutico en el control de brotes de enfermedad o cuando el bienestar de los peces se vea comprometido, según lo aconsejado por un profesional médico veterinario.
- Los peces deben ser observados a lo menos una vez al día durante la alimentación.
- Se debe asegurar que todos los peces tengan la oportunidad de alimentarse.
- Evitar la sobrealimentación.

El método de alimentación debe minimizar la competencia y agresión y debe garantizar que todos los peces tienen acceso al alimento. Según lo declarado en las encuestas, la frecuencia de alimentación y el método de alimentación empleado según la etapa de desarrollo es:

- *Reproductores:* En el caso del salmón coho no se alimentan en agua dulce. En el caso de truchas y salmón del Atlántico, se dejan de alimentar entre 1 mes a 2 meses previo desove.
- *Primera alimentación:* A saciedad, con alimentación manual.
- *Alevinaje y pre-smolt:* Alimentación continua las 24 h luz, entregada por microraciones, con sistemas automatizados en horas luz.
- *Esmoltificación:* Alimentación solo en las horas luz, entregada por microraciones con sistemas automatizados

En Chile operan cuatro empresas productoras de alimento para peces: Biomar; Ewos; Salmofood y Skretting. Las empresas Salmones Antártica y Los Fiordos preparan su propio alimento, comprando solo el alimento para primera alimentación y primer alevinaje. De acuerdo con lo señalado por las cuatro empresas, todas las dietas en la etapa de agua dulce son multiespecies. Solo Biomar informó de dietas desarrolladas para salmón coho.

En la figura 33 se observa la evolución que ha tenido el reemplazo de harina y aceite de pescado en el período 1990-2018 en las dietas para peces, registrándose un incremento del reemplazo desde el 11% en 1990 al 81% en 2018. Esto no ha tenido efectos sobre los sistemas RAS, cobrando mayor importancia la calidad técnica del pellet, el cual debe tener una consistencia tal que minimice la liberación de partículas en el agua, reduciendo así la carga orgánica en el sistema.



**Figura 33.** Evolución en el reemplazo de harina y aceite de pescado en la dieta de salmones, período 1990-2018 (Fuente: SalmonChile, 2018).

### 5.3.7.- Regulaciones Sanitarias en Agua Dulce

A comienzos de 2002 entró en vigencia el D.S N° 319 “Medidas de Protección, Control y Erradicación de Enfermedades de Alto Riesgo para las especies Hidrobiológicas”, conocido como Reglamento Sanitario para la Acuicultura (RESA). Este cuerpo normativo se enmarca dentro de la Ley General de Pesca y Acuicultura (D.S. N° 430) y de él emanan una serie de reglamentos para las distintas actividades que se desarrollan en el sector acuícola a nivel nacional. El objetivo del RESA es resguardar el patrimonio sanitario nacional, clasificar las patologías de alto riesgo, evitar su introducción al país, aislar su presencia, evitar la propagación y propender a la erradicación de éstas del territorio nacional.

A mediados del año 2007 la salmonicultura nacional se vio gravemente afectada por un brote de la enfermedad viral Anemia Infecciosa del Salmón (ISAv), la que hasta esa fecha era considerada una patología exótica para el país, provocando la más severa crisis sanitaria que ha tenido la salmonicultura chilena desde sus inicios en los años 80s. Posterior a los brotes de virus ISA, la autoridad realizó modificaciones a la normativa sanitaria con foco en la bioseguridad, con el fin de minimizar los riesgos sanitarios.

Dentro de las disposiciones legales creadas sobre la base que es deber del Estado proteger el patrimonio sanitario del país, los programas sanitarios generales y sus modificaciones, que rigen al desove, incubación, alevinaje y esmoltificación son presentados en la tabla 45. En la tabla 46 se presenta el Programa Sanitario Específico de Vigilancia y Control de ISA (PSEVC-ISA) que rige a los reproductores. En ninguno de estos programas se contempla el bienestar de los peces.

**Tabla 45.** Programas sanitarios generales que rigen el desove, incubación, alevinaje y esmoltificación

Nombre del Programa	Número de Resolución	Código
Programa Sanitario General de Vacunaciones (PSGV)	Res. Ex. Nº 60-2003	PSGV-60
Programa Sanitario Específico de Vigilancia Activa de Enfermedades de Alto Riesgo en Peces (PSEVA-EAR)	Res. Ex. Nº 61-2003	PSEVA-61
Mod. Programa Sanitario Específico de Vigilancia Activa de Enfermedades de Alto Riesgo en Peces (PSEVA-EAR)	Res. Ex. Nº 227-2018	PSEVA-227
Programa Sanitario General de Registro de Datos y Entrega de Información de Laboratorio (PSGDL)	Res. Ex. Nº 63-2003	PSGL-63
Programa Sanitario General de Procedimiento de Transporte (PSGT)	Res. Ex. Nº 64-2003	PSGT-64
Mod. Programa Sanitario General de Procedimiento de Transporte (PSGT)	Res. Ex. Nº 2010-2014	PSGT-2010
Programa Sanitario General de Desinfección de Ovas de Salmonídeos (PSGO)	Res. Ex. Nº 65-2003	PSGO-65
Programa Sanitario General de Manejo de Mortalidades (PSGM)	Res. Ex. Nº 66-2003	PSGM-66
Mod. Programa Sanitario General de Manejo de Mortalidad (PSGM)	Res. Ex. Nº 1468-2012	PSGM-1468
Programa Sanitario General de Manejo de Enfermedades (PSGE)	Res. Ex. Nº 67-2003	PSOE-67
Programa Sanitario General de Manejo de Desechos (PSGD)	Res. Ex. Nº 68-2003	PSGD-68
Programa Sanitario General de Manejo Sanitario de la Reproducción de Peces (PSGR)	Res. Ex. Nº 70-2003	PSGR-70
Programa Sanitario General de Manejo de Alimentos (PSGA)	Res. Ex. Nº 71-2003	PSGA-71
Mod. Programa Sanitario General de Manejo de Alimentos (PSGA)	Res. Ex. Nº 2515-2018	PSGA-2515
Programa Sanitario General de Limpieza y Desinfección aplicable a la producción de peces (PSGL)	Res. Ex. Nº 72-2003	PSGL-72
Mod. Programa Sanitario General de Limpieza y Desinfección aplicable a la producción de peces (PSGL)	Res. Ex. Nº 2011-2014	PSGL-2011
Programa Sanitario General de Control de Residuos (PSGRES)	Res. Ex. Nº 1925-2003	PSGRES-1925
Programa Sanitario General de Técnicas y Métodos de Desinfección de Afluentes y Efluentes (PSG AE)	Res. Ex. Nº 4866-2014	PSG AE-4866

**Tabla 46.** Programas sanitarios específicos que rigen el desove, incubación, alevinaje y esmoltificación.

Nombre del Programa	Número de Resolución	Código
Programa Sanitario Específico de Vigilancia y Control- ISA (PSEVC-ISA)	Res. Ex. N° 2368-2008	PSEVC-ISA
Mod. Programa Sanitario Específico de Vigilancia y Control- ISA (PSEVC-ISA)	Res. Ex. N° 1577-2011	PSEVC-ISA-1577

### 5.3.7.1.- Normativa para Centros emplazados en Agua Dulce y Pisciculturas.

Los artículos que norman a pisciculturas y centros de cultivos en agua dulce, incluidos en el Reglamento Sanitario para la Acuicultura (RESA) están señalados en el Párrafo 6° del D.S. N° 319.

**Artículo 23 N.** Comprenden normas referidas a pisciculturas que funcionen con flujo abierto, cerrado o mixto, centros emplazados en ríos, lagos y estuarios, sea que se dediquen a alevinaje, esmoltificación o engorda en piscicultura. Las pisciculturas que posean más de una especie, cepa o grupo productivo deberán tener identificada claramente la ubicación de los ejemplares y deberán controlar los registros de mortalidad por separado. En el caso de existir mezcla de diferentes grupos o cepas productivas, se deberá dejar registro.

**Artículo 23 Ñ.** Anualmente, los centros de cultivo de peces ubicados en ríos y lagos deberán retirar todos los ejemplares por el plazo mínimo de un mes. Dicho descanso deberá ser coordinado entre los centros de cultivo que se ubiquen en el mismo río o lago, lo que se determinará por resolución del Servicio. Se deberá realizar la limpieza y desinfección de las estructuras del centro. Los centros emplazados en estuarios, ríos y lagos solo podrán esmoltificar una especie por ciclo productivo, debiendo iniciarse a partir de ese momento el descanso sanitario de un mes, sin perjuicio del descanso coordinado a que se refiere el inciso 1°. La siembra de un ciclo productivo deberá realizarse en un plazo máximo de sesenta, setenta y cinco o noventa días corridos, dependiendo si el centro se encuentra clasificado en bioseguridad baja, media o alta



respectivamente, de conformidad con el procedimiento a que se refiere el artículo 22 Ñ.

**Artículo 23 O.** Los centros emplazados en estuarios, dedicados a alevinaje o esmoltificación, se someterán a los descansos sanitarios coordinados establecidos por el Servicio para la agrupación de concesiones dentro de la cual se encuentre la concesión. Los centros emplazados en ríos, lagos y estuarios, dedicados a alevinaje o esmoltificación, deberán realizar la selección o graduación, desdobles o el movimiento de balsas jaulas asegurando el buen estado sanitario de los peces, previo manejo. Se prohíbe el manejo de peces enfermos sin autorización del Servicio. Los centros de esmoltificación emplazados en ríos, lagos y estuarios, sólo podrán trasladar peces hacia centros de engorda, dando cumplimiento a las demás normas referidas a traslados establecidas en el presente reglamento.

**Artículo 23 P.** Las agrupaciones de concesiones que sean declaradas por la Subsecretaría conforme al artículo 2, N° 52) de la ley, podrá comprender centros dedicados exclusivamente a la esmoltificación de especies salmonídeas. La distancia que deberán mantener los centros de esmoltificación emplazados en ríos y estuarios respecto de centros de engorda y centros de acopio, será de 3 millas náuticas. La distancia entre centros de esmoltificación integrantes de una agrupación de concesiones o entre centros que realicen esmoltificación que no sean integrantes de una agrupación, deberá ser de 1,5 millas náuticas. Podrá autorizarse una distancia inferior a la señalada, por resolución de la Subsecretaría y previa aprobación de un estudio que demuestre con antecedentes oceanográficos y epidemiológicos que una distancia inferior no favorece la transmisión y diseminación de patógenos.

La **esmoltificación** en ríos, lagos y estuarios de ejemplares de las especies Salmón del Atlántico *Salmo salar*, Trucha arcoíris *Oncorhynchus mykiss*, Salmón coho *Oncorhynchus kisutch*, Salmón rey o Chinook *Oncorhynchus tshawytscha* solo podrá realizarse en zonas que hayan sido declaradas libres de enfermedades de alto riesgo sometidas a un

programa sanitario específico de control por el Servicio, de acuerdo a las normas sobre zonificación previstas en el Título V de este reglamento.

**Artículo 23 Q.** Las pisciculturas deberán mantener una distancia mínima de separación entre ellas de 3 kilómetros, la que se medirá siguiendo el eje principal del río, desde los lugares de descarga de las aguas efluentes de un establecimiento y hasta las áreas de captación del establecimiento más cercano ubicado aguas abajo.

Las pisciculturas deberán mantener un sistema que asegure en todo momento una apropiada calidad y suministro de agua y oxígeno. Las pisciculturas de **flujo abierto** deberán paralizar sus actividades al menos una vez al año para realizar limpieza y desinfección de todas las salas, paredes, pisos y techo cuando corresponda y de todas las unidades de cultivo. En el caso que las diferentes secciones o salas de la piscicultura cuenten con barreras físicas entre ellas y con circuitos de agua independiente, podrá realizarse este proceso por sección o sala. Se deberá comunicar al Servicio una semana antes del vaciado del centro y entregar el cronograma de actividades.

En las pisciculturas de **recirculación** la exigencia de paralización deberá cumplirse cada dos años, salvo que se encuentre sometida a un programa específico de vigilancia o control y erradicación, en cuyo caso deberá someterse a una más frecuente desinfección conforme lo establezca el programa.

En las pisciculturas de **recirculación o con sistema mixto de cultivo**, en caso de que se constate la presencia de un agente o se manifieste una enfermedad de alto riesgo de Lista 1, de etiología desconocida, o el programa sanitario específico de una enfermedad de alto riesgo de Lista 2 así lo disponga, se deberá eliminar el biofiltro, de conformidad con lo dispuesto en el respectivo programa aplicable al efecto. Previo a la eliminación del biofiltro, deberá informarse al Servicio de acuerdo a lo estipulado en el Título II.

Las pisciculturas que reciban **ejemplares o gametos** desde pisciculturas que sean clasificadas en bioseguridad baja de conformidad con el **Artículo 22 Ñ**, solo podrán enviar los ejemplares hacia centros de engorda.

Las pisciculturas que mantengan **reproductores** deberán contar con tratamiento de efluentes. Exceptuase de esta exigencia a las pisciculturas que toman y descargan agua de un mismo curso o cuerpo de agua que nace, corre y muere dentro de la misma heredad.

#### **5.3.7.2.- Normativa Desinfección de Afluentes y Efluentes en Pisciculturas.**

Todo tipo de piscicultura emplazadas en tierra rigen sus normas sanitarias a través del Programa Sanitario General de Técnicas y Métodos de Desinfección de Afluente y Efluentes, sus Sistemas de Control y Tratamiento de Residuos Sólidos Orgánicos (**Res. Ex. N°4866-2014; PSG AE**). En este programa se definen los procedimientos específicos que deberán aplicarse a la desinfección de afluentes y efluentes, así como al tratamiento de residuos sólidos orgánicos tendientes a la eliminación de microorganismos patógenos causantes de Enfermedades de Alto Riesgo de Lista 1 o alguna Enfermedad de Alto Riesgo de Lista 2, de origen bacteriano o viral, para la cual se esté aplicando el Programa Sanitario Específico de Vigilancia y Control.

Debe ser aplicado para todo tipo de afluentes de pisciculturas que incuben ovas y no se abastezcan de aguas que provengan de pozo natural o artificial sin población de peces. Entre los aspectos generales del sistema de desinfección de afluentes y/o efluentes en que se consigne, al menos:

- Características técnicas del sistema de desinfección, tales como, caudal a tratar, ficha técnica del agente desinfectante o equipo empleado, dosis y tiempo de exposición del desinfectante, potencia del equipo, puntos de monitoreo y mantenciones necesarias para el buen funcionamiento del sistema de desinfección.

- En los sistemas de UV se deberán señalar las características, número y vida útil de las lámparas según el fabricante, y recambio y limpieza de éstas.
- Características fisicoquímicas que requiere el sistema de desinfección previo a la aplicación de la desinfección.
- Metodologías de inactivación de los agentes desinfectantes y las condiciones de almacenamiento de los productos, cuando sea requerido.
- Plan de contingencia ante fallas del sistema de desinfección.
- Sistema de control de la desinfección, en donde se señalen, mediante un esquema o diagrama, los puntos críticos de control, indicando el o los responsables de su ejecución y los registros necesarios que respaldan la desinfección según lo que especifique el presente Programa.

Previo a la desinfección, los residuos líquidos deberán ser tratados, de tal manera que la calidad del agua cumpla con los requisitos establecidos en la presente norma y lo requerido por cada equipo de desinfección. Los sistemas de desinfección y las dosis para la desinfección de afluentes y/o efluentes, se presentan en la tabla 47.

**Tabla 47.** Desinfección de afluentes y efluentes en pisciculturas.

Sistema de Desinfección	Afluente de Pisciculturas que incuban ovas	Efluentes de pisciculturas en general	Efluentes de centros experimentales
Luz Ultravioleta	$\geq 70 \text{ mJ/cm}^2$	$\geq 70 \text{ mJ/cm}^2$	$\geq 70 \text{ mJ/cm}^2$
Ozono	0,5 - 1 mg/L /3min OR $\geq 0,3 \text{ mg/L}$	0,5 - 1 mg/L /3min OR $\geq 0,3 \text{ mg/L}$	0,5 - 1 mg/L /3min OR $\geq 0,3 \text{ mg/L}$
Hipoclorito de Sodio (Cloro Libre)	$\geq 25 \text{ ppm/25min}$ . Residual $\geq 5 \text{ mg/L}$	NA	25 ppm/25min. Residual $\geq 5 \text{ mg/L}$
Dióxido de cloro	$\geq 100\text{ppm/5min}$	NA	$\geq 100\text{ppm/5min}$

Fuente: RES. EX. N°4866-2014, PSG AE

El sistema de control de la desinfección de afluentes y efluentes comprende el monitoreo del funcionamiento del sistema de desinfección, el que incluye las siguientes actividades:

- Estado, mantención y funcionamiento de los sistemas de pretratamiento y tratamiento.
- Evaluación de la calidad del agua que ingresa al sistema de desinfección, sin perjuicio que, para dar cumplimiento a otras normas, se requiera medir otros parámetros.
- Monitoreo en forma permanente y continúa del funcionamiento del sistema de desinfección a través de dosis y/o dosis residual del agente desinfectante aplicado, caudal a desinfectar, potencia del equipo, intensidad y horometría de lámparas, si corresponde. La continuidad tendrá relación directa con la duración del respectivo proceso o actividad, según sea el caso calibración y mantención del equipo asociado al sistema de desinfección y del o los equipos de control según las recomendaciones del fabricante.

Las referidas actividades deberán quedar registradas incluyendo al menos fecha, hora, lugar y responsable. En el caso de utilizarse sistemas de desinfección con UV u ozono, los equipos nuevos deberán registrar las actividades referidas en el literal “c” precedente de forma automática e inviolable.

Cuando el Servicio lo requiera, podrá exigir la presencia de un certificador de acuerdo a lo señalado en la Ley General de Pesca y Acuicultura o en el Reglamento, con el fin de verificar el cumplimiento del correcto funcionamiento del sistema de desinfección, quien verificará al menos: dosis o dosis residual, según el sistema de desinfección utilizado, caudal a desinfectar, registros del funcionamiento continuo del sistema de desinfección, registros de los parámetros señalados en la presente norma, registros de mantención de los equipos de desinfección, registro de calibración de equipos de medición de los parámetros señalados en la presente norma.

**Pisciculturas:** La frecuencia de registro de la dosis y/o dosis residual, deberá ser, al menos, diaria. Para los sistemas de desinfección que utilicen UV, deberá medirse además la transmitancia, SST y turbidez en forma trimestral durante período de

actividad y en días hábiles, inmediatamente antes de la aplicación del desinfectante y como muestra compuesta de 24 horas (Tabla 48).

**Tabla 48.** Concentraciones de UV y Ozono para desinfección de pisciculturas.

Efluente	Dosis	Dosis Residual	Transmitancia agua (%)	Sólidos Suspendedos Total (SST)
Luz Ultravioleta	$\geq 70 \text{ mJ/cm}^2$	NA	$\geq 60$	$\leq 25 \text{ mg/L}$
Ozono	0,5 - 1 mg/L /3 min	OR $\geq 0,3 \text{ mg/L}$		

Fuente: RES. EX. N°4866-2014, PSG AE

**Pisciculturas que incuban ovas:** Las pisciculturas que incuban ovas y no se abastezcan de aguas que provengan de pozo natural o artificial sin población de peces, deberán cumplir con lo siguiente. La frecuencia de registro de la dosis y/o dosis residual, deberá ser, al menos, diaria. Para los sistemas de desinfección que utilicen UV, deberá medirse además la transmitancia y turbidez en forma trimestral durante el periodo de actividad y como muestra compuesta de 24 horas (Tabla 49).

**Tabla 49.** Desinfección de agua para pisciculturas que incuban ovas.

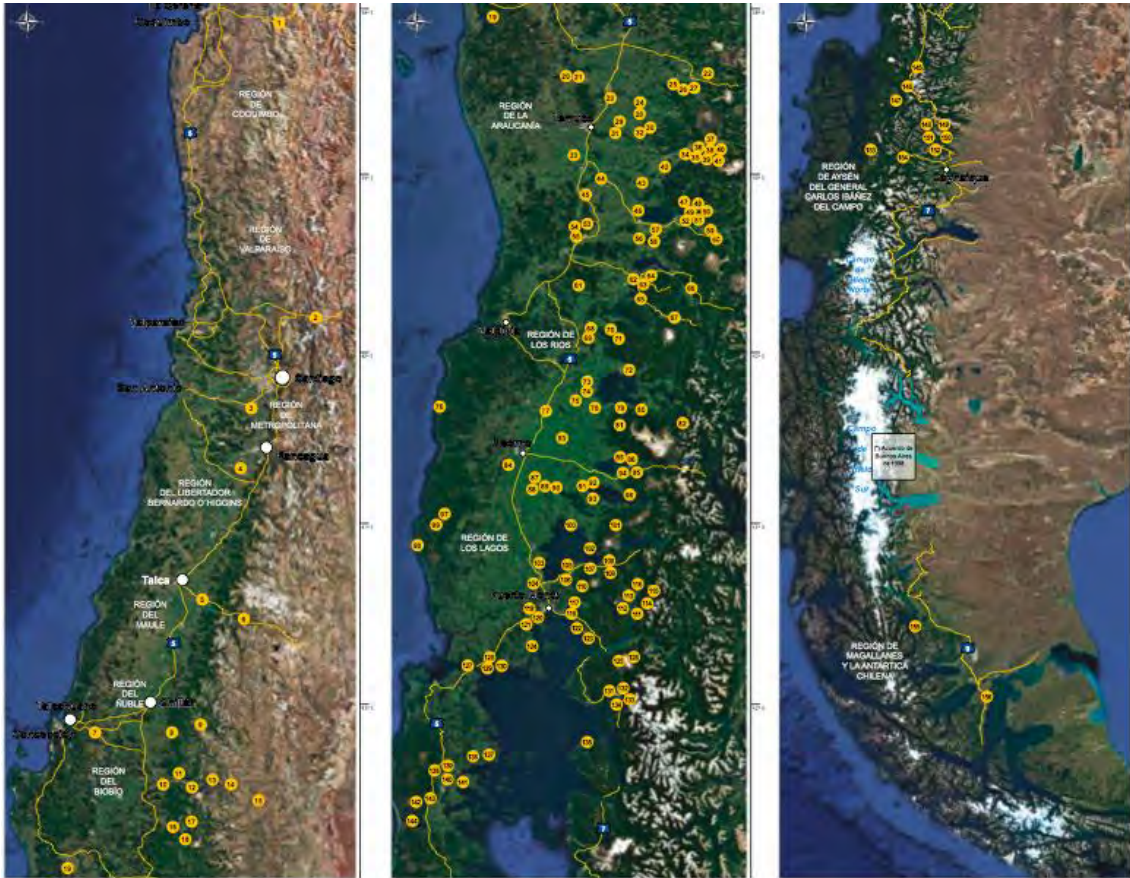
Efluente	Dosis	Dosis Residual	Transmitancia agua (%)
Luz Ultravioleta	$\geq 70 \text{ mJ/cm}^2$	NA	$\geq 60$
Ozono	0,5 - 1 mg/L /3min.	OR $\geq 0,3 \text{ mg/L}$	
Hipoclorito de Sodio (cloro libre)	$\geq 100 \text{ ppm/5min}$	NA	NA
Dióxido de cloro	$\geq 25 \text{ ppm/25min.}$	$\geq 5 \text{ mg/L} < 2 \text{ mg/L}$	NA

Fuente: RES. EX. N°4866-2014, PSG AE

### 5.3.8.- Características Generales de las Pisciculturas en Chile

#### 5.3.8.1 Centros de Cultivo en Agua Dulce para la Producción de Salmones y Truchas en Chile.

En la figura 34 se presenta la distribución de 156 pisciculturas operando en Chile, mapa elaborado por Mundo Acuícola, con información oficial de Sernapesca a julio de 2018.



**Figura 34.** Distribución de pisciculturas operando en Chile (Gentiliza: Mundo Acuícola)

En la tabla 50 se lista el número de pisciculturas según tipo y uso de agua. De las 60 encuestas recibidas de las 17 empresas que participaron en el estudio (**Anexo I**), lo que corresponde al 38,46% del universo total de pisciculturas que operan en Chile, 31 corresponden a pisciculturas con flujo abierto (51,7%); 10 corresponden a pisciculturas con recirculación (16,7%); 6 a pisciculturas con reutilización de agua

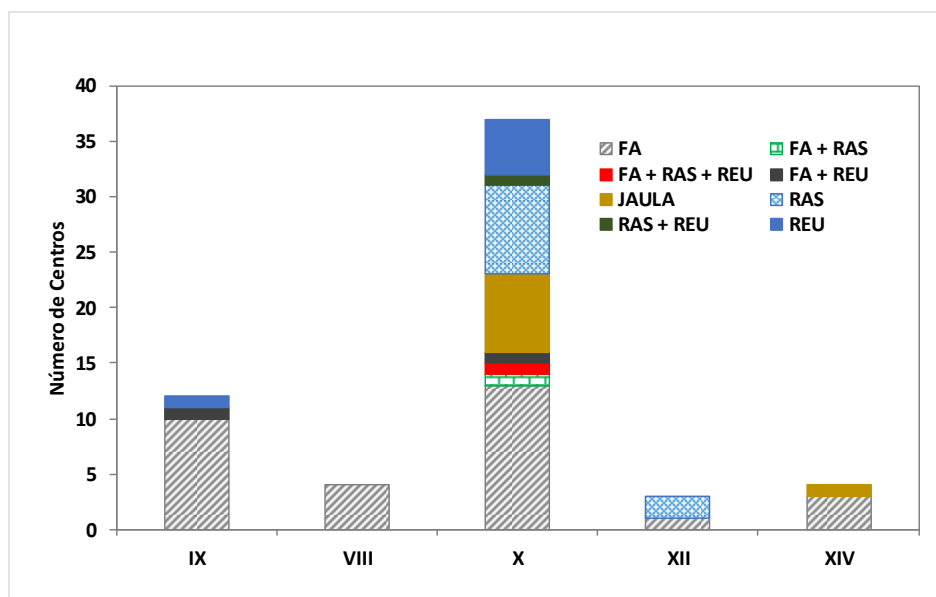
(10%); 8 a centros con balsas-jaulas (13,3%) y las 5 pisciculturas restantes a combinaciones (8,3%).

En la figura 35 se presenta el tipo de piscicultura por Región. En la tabla 51 se listan las pisciculturas según el uso de agua y en la figura 36 se presenta el origen del agua que abastece a los centros de producción de agua dulce, por Región. De acuerdo con lo presentado, 25 pisciculturas se abastecen con agua de río; 9 con agua de pozo; 7 de vertiente; 5 de lago, y las 14 restante con una combinación de las tres fuentes de agua. En la tabla 52 se presenta el grado de recirculación de agua dependiendo del reuso. Las pisciculturas con reuso de agua (REU), declararon reutilizan entre 15 y 85% del agua, en tanto que las pisciculturas RAS declararon reutilizar entre 70 y 99% del agua.

**Tabla 50.** Centros de cultivos por tipo de piscicultura y uso de agua (n=60)

Tipo Cultivo	Tipo Piscicultura	n°
Manejo Genético	FA	3
	RAS	1
	FA+REU	1
Ova-Reproductores	FA	9
	REU	2
	RAS	1
	FA + RAS	1
Alevinaje- Esmoltificación	FA	19
	RAS	8
	REU	4
	FA + RAS	1
	FA + REU	1
	FA + RAS + REU	1
	JAULAS	8
<b>Total</b>		<b>60</b>





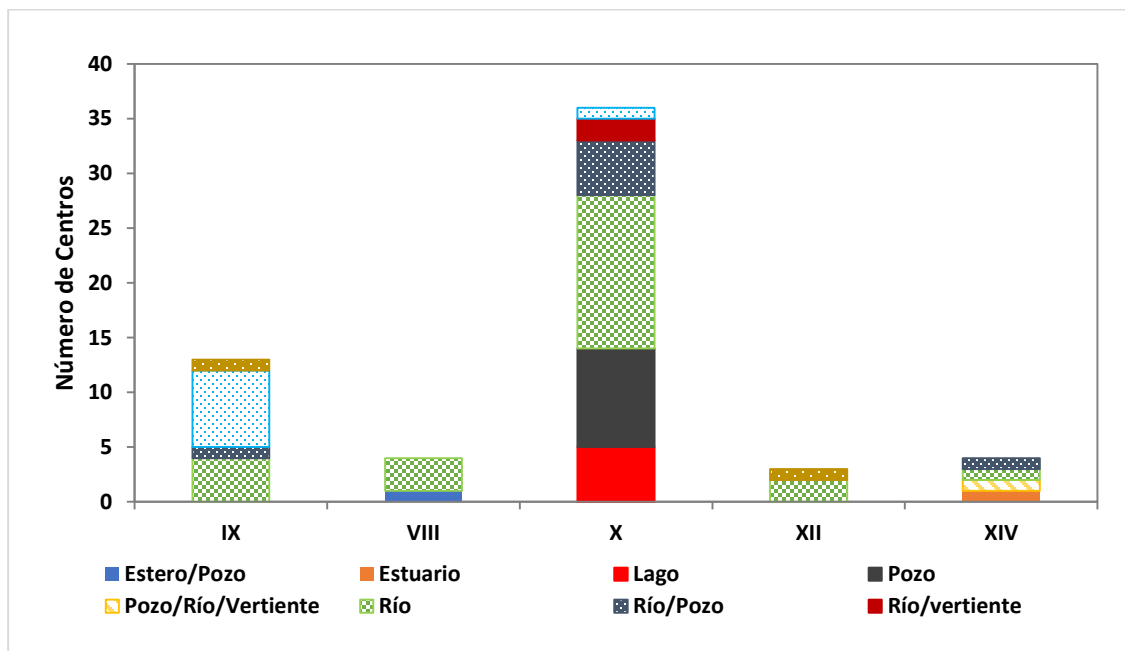
**Figura 35.** Sistema de uso de agua de las pisciculturas encuestadas, por Región (n=60)

**Tabla 51.** Centros de cultivos por origen de agua (n=60)

Tipo	Origen del agua	n°Piscicultura
FA	Río	19
	Vertiente	6
	Río y pozo	2
	Río y vertiente	2
	Río, pozo y vertiente	1
	Estero y pozo	1
FA - RAS	Río y pozo	1
FA - REU	Pozo y vertiente	1
	Río y pozo	1
FA - RAS - REU	Pozo	1
RAS	Río y pozo	1
	Río	1
	Pozo	7
	Vertiente y pozo	1
RAS - REU	Pozo	1
REU	Río	3
	Vertiente	1
	Río y pozo	2
JAULAS (Esmoltificación)	Río	2
	Lago	5
	Estuario	1
<b>Total</b>		<b>60</b>

**Tabla 52.** Porcentaje de recirculación de agua en pisciculturas (n=21)

n°	% Recirculación
2	< 50 %
6	51 - 70 %
1	71 - 80 %
4	81 - 90 %
8	> 90 %



**Figura 36.** Origen del agua de las 60 pisciculturas que respondieron las encuestas, distribuidas por Región.

### 5.3.8.2.- Centros de Cultivos por Etapa de Cultivo.

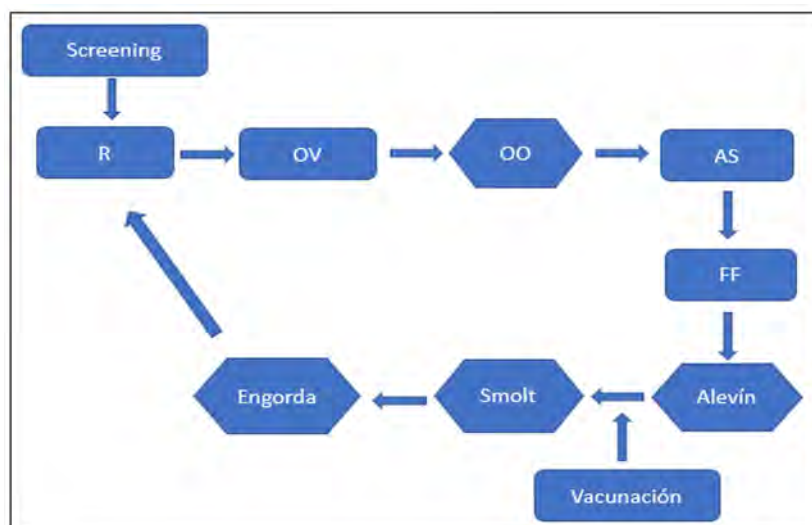
De las 60 encuestas recibidas, 13 correspondieron a producción de ovas y reproductores; 5 a pisciculturas de manejo genético; 34 a la etapa de alevinaje y esmoltificación y 8 a centros con balsas-jaulas (Tabla 53).

**Tabla 53.** Pisciculturas de acuerdo a la etapa de cultivo (n=21)

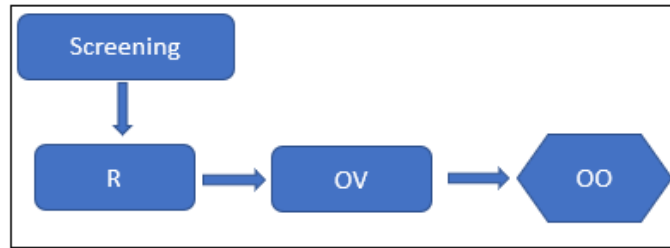
Etapa de Cultivo	n°	%
Manejo Genético	5	8,3
Ovas-Reproductores	13	21,7
Alevinaje-Esmoltificación	34	56,7
Esmoltificación(Jaulas )	8	13,3
<b>Total</b>	<b>60</b>	<b>100,0</b>

### 5.3.8.3.- Centros de Reproductores y Manejo Genético:

De los 46 centros de cultivos analizados, 10 corresponden a centros de reproductores y producción de ovas y cuatro corresponden a centros de reproductores de salmón del Atlántico con manejo genético (Fig. 37). Los reproductores son seleccionados de familias que cuentan con los atributos genéticos que se les desea transmitir a la descendencia y son criados desde la etapa de ova a reproductores. Para el caso del salmón del Atlántico, hay una piscicultura que declaró realizar desove e incubación hasta ova con ojo, para su posterior traslado a piscicultura de recirculación, en donde se desarrolla la etapa de incubación hasta esmoltificación (Fig. 38).



**Figura 37.** Flujo de producción de piscicultura de manejo genético. R= reproductores; OV= ova verde; OO=ova con ojos; AS=alevín con saco; FF=primera alimentación.



**Figura 38.** Flujo de producción de piscicultura que realiza recepción de reproductores, desove e incubación. R= reproductores; OV= ova verde; OO=ova con ojos.

De acuerdo con lo informado en las encuestas aplicadas, los reproductores de salmón coho y trucha arcoíris son mantenidos en el mar hasta que se encuentran aptos para ser trasladados a agua dulce. Los reproductores de salmón coho son trasladados a las pisciculturas de agua dulce aproximadamente dos meses antes del desove, pero hay pisciculturas que declararon mantener los planteles de reproductores de salmón coho durante todo el ciclo de desarrollo en agua dulce. Los reproductores de trucha arcoíris son trasladados desde el mar a agua dulce entre 4 y 6 meses previo al desove.

En la tabla 54 se presenta el número de pisciculturas por especie de cultivo para reproductores y ovas, correspondiendo a 18 instalaciones. En la tabla 55 se presentan las características de las unidades utilizadas en reproductores, de acuerdo con la especie y sistemas de cultivo. Registrándose densidades de carga de 60 Kg/m<sup>3</sup> para salmón del Atlántico en sistema RAS y 50 Kg/m<sup>3</sup> para salmón coho y trucha arcoíris en sistemas mixtos y de flujo abierto (FA).

**Tabla 54.** Piscicultura de reproductores y producción ovas con ojos, por especie (n=18).

Especie	n° Pisciculturas
Salar	6
Coho	3
Trucha	4
Salar - Coho	2
Coho - Trucha	1
Salar - Trucha	2

**Tabla 55.** Características de los sistemas de cultivo para reproductores, por tipo de piscicultura y especie cultivada (n=15)

Especie	Tipo Piscicultura	n*	Volumen (m <sup>3</sup> )	Caudal (L/seg)	Tasa Cambio/h	Densidad (Kg/m <sup>3</sup> )
Salar	FA	4	25 -250	6,9 -30,0	0,43 -1	25 -50
	RAS	5	200 -1100	0,83 -444,4	0,8 -1,5	35 - 60
	Mix	1	2190	608,3	1	50
Coho	FA	6	4 -100	0,5 -33,3	0,9 -2	12 -50
	REU	3	20	2 -15	0,3 - 1,5	35 - 50
Trucha	FA	3	70 -90	25	1,0 - 1,3	40 - 50
	REU	1	20	8,5	1,2	30
	Mix	1	200	66,6	1,2	40

#### 5.3.8.4.- Centros de Incubación:

Según lo declarado en las encuestas, las ovas verdes generadas por una hembra son dispuestas en jarras de incubación (Zoug-jar) con tamaños de 5 L; 10 L y 14 L. Los tamaños de jarras más usados son de 10L, en densidades de:

- 10.000 a 20.000 ovas/jarra para salmón del Atlántico
- 12.00 a 15.000 ovas/ jarra para salmón coho
- 15.00 a 20.000 ovas / jarra para trucha arcoíris

Para la incubación de ovas con ojos se utilizan bandejas dispuestas en incubadores verticales CompHatch y canastillos dispuestos en bateas horizontales. Los incubadores CompHatch a diferencia de los incubadores verticales tradicionales, tienen ingreso de agua independiente para cada bandeja y desagüe común, lo que minimiza los riesgos de dispersión de patógenos y de deterioro de la calidad del agua. En la tabla 56 se entregan las características de los sistemas de incubación usados por 17 pisciculturas encuestadas, por especie salmonídea.

La **RSPCA** recomienda no exceder las 20.000 ovas de salmón del Atlántico por bandeja (tamaño 55 x 53 cm) y 60.000 ovas por bandeja para trucha arcoíris, con un máximo de tres capas de ovas. De acuerdo a lo declarado en las encuestas, para las bandejas

CompHatch (tamaño 60 x 57 cm) el número de ovas de salmón del Atlántico fluctúa entre 19.000 y 20.000; en tanto que, para las bateas horizontales, en salmón del Atlántico se usan 4.000 ovas/canastillo; entre 3.000 a 6.000 ovas/canastillo para salmón coho y entre 5.000 a 9.000 ovas /canastillo para trucha arcoíris.

**Tabla 56.** Características de los sistemas de incubación, por especie de cultivo (n=17).

Especie	Etapas	Tipo Incubador	Tamaño	Caudal (L/seg)	Nº ovas /contenedor	
Salar	Ova Verde	Zoug-Jar	14 L	0,2	40.000	
		Baldes	10 L	1,7	20.000	
	Ova con ojo	Baldes	10 L	0,01-0,02	5.000-15.000	
		Zoug-Jar	14 L	0,2	20.000	
		Baldes	5 L	0,003	15.000	
		Comphatch	0,60 x 0,57 x 0,11 m	0,005 - 0,01	10.000	
Bateas	2,75 x 0,49 x 0,25 m	0,07 - 0,08 *	19.000 - 20.000			
Coho	Ova Verde	Zoug-Jar	10 L	0,03 - 0,04	12.000	
				0,17	15.000	
				0,03	6.000 - 12.000	
	Ova con ojo	Bateas	10 L	0,03 - 0,04	20.000 - 30.000	
				3 x 0,40 x 0,25 m	0,25 *	3.000
				3 x 0,52 x 0,50 m	0,33 *	3.000
3,6 x 0,40 x 0,15 m				0,2 *	5.000	
			3,40 x 0,40 x 0,17 m	0,1 *	5.000	
Trucha	Ova Verde	Zoug-Jar	10 L	0,1	30.000	
		Baldes	10 L	0,016	10.000	
	Ova con ojo	Bateas		3,60 x 0,40 x 0,20 m	1,04 - 1,74 *	5.000 - 6.000
				3,40 x 0,40 x 0,15 m	2,17 - 3,6 *	5.000 - 6.000
				3 x 0,40 x 0,25 m	0,25 *	7.000 - 9.000
				3 x 0,52 x 0,50 m	0,33 *	7.000 - 9.000

\* caudal por batea

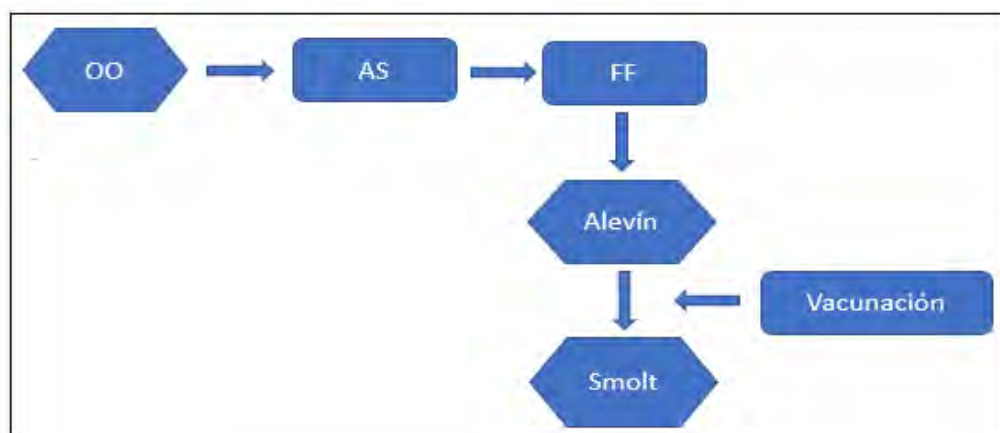
### 5.3.8.5.- Centros de Alevinaje y Esmoltificación:

En total se registraron 42 centros de esmoltificación. Para salmón del Atlántico se registraron 21 pisciculturas; 5 pisciculturas para trucha arcoíris; 8 centros de cultivos con balsas jaulas (3 con salmón coho; 3 con trucha arcoíris y 2 con combinación de salmón coho y trucha arcoíris); 4 pisciculturas con combinación de salmón del Atlántico y salmón coho; 1 piscicultura con combinación de salmón del Atlántico y trucha arcoíris y 3 piscicultura con la combinación de las tres especies (Tabla 57).

**Tabla 57.** Número de pisciculturas en Alevinaje-Esmoltificación (n=42).

Espece	n°Pisciculturas	n° Jaulas
Salar	21	0
Coho	0	3
Trucha	5	3
Salar-Coho	4	0
Salar-Trucha	1	0
Coho - Trucha	0	2
Salar-Coho-Trucha	3	0

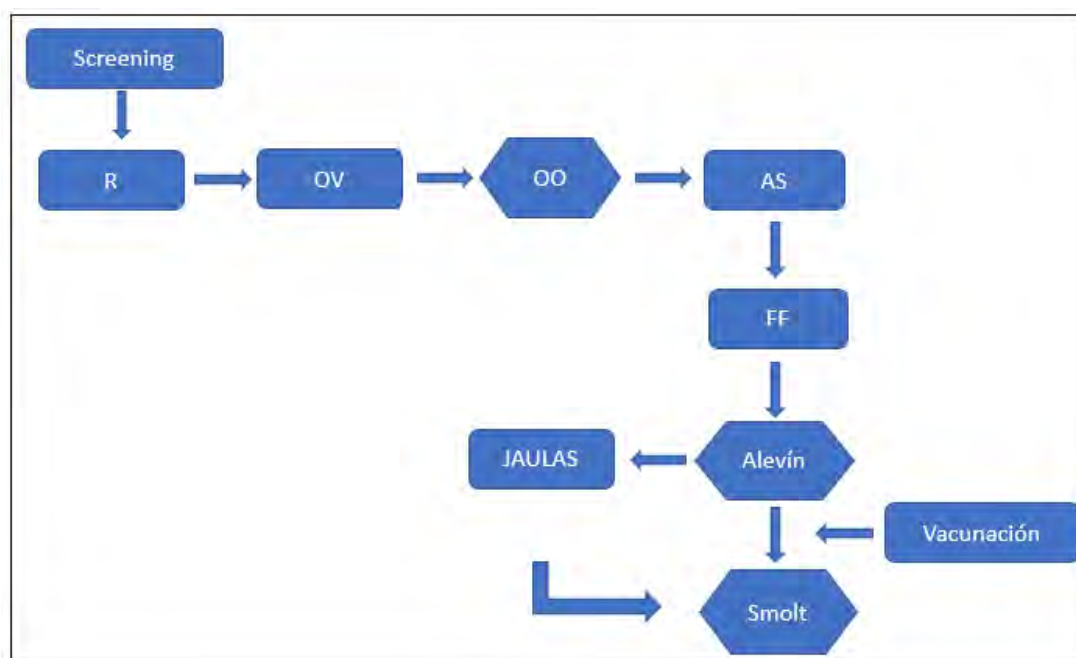
**Salmón del Atlántico:** Las pisciculturas que realizan esmoltificación, comienzan la crianza con la recepción de las ovas con ojos hasta la etapa de esmoltificación (Fig. 39).



**Figura 39.** Flujo de producción de piscicultura que realiza esmoltificación a partir de la recepción de ovas con ojos. OO=ova con ojos; AS=alevín con saco; FF=primera alimentación.

**Salmón coho y Trucha arcoíris:** En la producción de salmón coho y trucha arcoíris. El cultivo se inicia con la recepción de los reproductores. Para el caso del salmón coho, estos son recepcionados desde los centros de mar dos meses antes del desove y en el caso de la trucha arcoíris entre cuatro y seis meses previos al desove. En la misma piscicultura se realiza el desove, la incubación y el primer alevinaje.

La esmoltificación de salmón coho y la producción de juveniles de trucha arcoíris se realiza en piscicultura y también en balsas jaulas en ríos y lagos (Fig. 40).



**Figura 40.** Flujo de producción de centros de esmoltificación en balsas-jaulas. R= reproductores; OV= ova verde; OO=ova con ojos; AS=alevín con saco; FF=primera alimentación.

Las características de la infraestructura, según el tipo de piscicultura, declarada por las 42 pisciculturas que respondieron la encuesta alevinaje-esmoltificación, se presentan en las tablas 58 (RAS); tabla 59 (FA); tabla 60 (REU) y tabla 61 (Mixto). En estas tablas se presentan además los valores de caudales y tasas de cambio según el tamaño de los estanques. La **RSPCA** (2018) recomienda que el flujo de agua debe ser tal que el pez pueda mantener confortablemente su posición en la columna de agua, y que el número de alevines de salmón del Atlántico en la primera alimentación no exceda los 10.000 ejemplares/m<sup>2</sup>.



**Tabla 58.** Características de los sistemas de cultivo alevinaje-esmoltificación en pisciculturas con recirculación (RAS) (n=9).

Especie	Etapa	n*	Volumen (m <sup>3</sup> )	Caudal(L/seg)	Tasa de Cambio/h	Densidad (Kg/m <sup>3</sup> )
Salar	1° Alimentación	7	5-20	2,5-10	1-2,5	20-60
	< 10 g.	2	30-100	16,7-55,6	2	30-40
	10-50 g	10	16-310	4,4-138,9	0,9-2	45-65
	Smolt	9	69-730	19,2-202,8	1-2	50-70

n\*: número de sistemas de cultivo

**Tabla 59.** Características de los sistemas de cultivo alevinaje-esmoltificación en pisciculturas con flujo abierto (FA) (n=27).

Especie	Etapa	n*	Volumen (m <sup>3</sup> )	Caudal(L/seg)	Tasa de Cambio/h	Densidad (Kg/m <sup>3</sup> )
Salar	1° Alimentación	7	2-10	0,2-5	1,2-1,5	20-50
	< 10 g.	6	7-30	2,3-8,3	0,7-1,2	50-50
	10-50 g	15	1-70	6,9-30	1-2,5	30-50
	Smolt	13	25-250	6,9-66,7	0,5-1,2	25-85
Coho	1° Alimentación	4	2-8	0,7-18	1,2-2,0	35-45
	< 10 g.	5	1-30	0,2-8,3	0,1-1,5	14-35
	10-50 g	11	4-70	1,3-29,2	1-1,5	24-50
	Smolt	7	90-150	3,6-37,5	0,9-1,5	35-50
Trucha	1° Alimentación	2	5	0,4-1,9	1,5-2	15-25
	< 10 g.	9	26-30	0,1-7,5	0,9-2	20-25
	10-50 g	2	25-70	0,4-29,2	1,5	25-25
	Smolt	4	90-235	1,1-37,5	0,9-1,5	35-50

n\*: número de sistemas de cultivo

**Tabla 60.** Características de los sistemas de cultivo alevinaje-esmoltificación en pisciculturas con sistema reuso (REU) (n=5).

Especie	Etapa	n*	Volumen (m <sup>3</sup> )	Caudal (L/seg)	Tasa de Cambio/h	Densidad (Kg/m <sup>3</sup> )
Salar	1° Alimentación	1	2	0,5	0,9 -0,9	35
	< 10 g	1	16	5,3	1,2 -1,2	50
	10-50 g	2	85	28,3	1,2 -1,2	45
	Smolt	4	45 - 317	16,3-153,2	1,3 -2	60 -110
Coho	1° Alimentación	-	-	-	-	-
	< 10 g	3	5 - 200	2 - 15	0,3 - 1,4	30 - 35
	10-50 g	-	-	-	-	-
	Smolt	-	-	-	-	-
Trucha	1° Alimentación	-	-	-	-	-
	< 10 g	1	30	8,3	1	35
	10-50 g	-	-	-	-	-
	Smolt	1	120	33,3	1	40

n\*: número de sistemas de cultivo

**Tabla 61.** Características de los sistemas de cultivo alevinaje-esmoltificación pisciculturas con sistema mixto (n=5).

Especie	Etapa	n*	Volumen (m <sup>3</sup> )	Caudal(L/seg)	Tasa de Cambio/h	Densidad (Kg/m <sup>3</sup> )
Salar	1° Alimentación	1	12,5	3,47	1	20
	< 10 g	-	-	-	-	-
	10-50 g	1	55	15,3	1	20
	Smolt	4	38 -360	4,2 -200	0,1 -2	35 -70
Coho	1° Alimentación	1	13	3,5	1	20
	< 10 g	3	7 -12	1,9 -3,3	1	35
	10-50 g	2	70-100	11,1 - 33,3	0,4 - 1,2	40 -45
	Smolt	-	-	-	-	-
Trucha	1° Alimentación	-	-	-	-	-
	< 10 g	1	-	0,2	2	-
	10-50 g	-	-	-	-	-
	Smolt	1	200	66,6	1,2	40

n\*: número de sistemas de cultivo

#### 5.3.8.6.- Densidades de Cultivo

Altas densidades de cultivo pueden ocasionar problemas de estrés (Turnbull et al., 2005). También se ha reportado reducción de la tasa de crecimiento, pobre condición de salud e incremento de la mortalidad (Wedemeyer, 1997; Ellis et al., 2002). Sin embargo, si las condiciones de calidad del agua son buenas, se reporta que se puede cultivar trucha arcoíris a densidades de 80 kg/m<sup>3</sup> (North et al., 2006). Para sistemas RAS, la máxima densidad de cultivo sugerida es de 100 kg/m<sup>3</sup> a 12°C (Roque d'Orbcastel et al., 2009).

Los límites máximos de densidad de cultivo para salmónidos en agua dulce son dependientes de la máxima capacidad de materia orgánica que soporta el sistema y por ende de la calidad del agua. Hay también una relación entre el tamaño de los peces y las densidades de cultivo máxima (Hjeltnes et al., 2012). Peces pequeños tienen menor tolerancia a altas densidades de cultivo que peces más grandes (Tabla 62).

En la tabla 62 se presentan los valores máximos de densidad de carga (kg/m<sup>3</sup>) para salmónidos en agua dulce en pisciculturas de flujo abierto, según las recomendaciones de indicadores de bienestar de la **RSPA** (2018), y las densidades de carga declaradas en las encuestas para cada especie salmonídea en piscicultura de flujo abierto. Las densidades de carga declaradas por las pisciculturas que respondieron las encuestas, son mayores a los límites máximos establecidos por la **RSPCA** para peces menores a 5 g, en pisciculturas con flujo abierto.

**Tabla 62.** Densidad de cultivo por especie y etapa de desarrollo, piscicultura flujo abierto (n=29).

Peso (g)	RSPCA (Kg/m3)	Salar		Coho		Trucha	
		Kg/m3	%	Kg/m3	%	Kg/m3	%
<1	10	≤ 10	0,0	≤ 10	0,0	≤ 10	0,0
		13-45	100,0	13-45	100,0	13-25	100,0
1-5	20	≤ 20	33,3	≤ 20	60,0	≤ 20	42,9
		35-50	66,7	21-35	40,0	25-35	57,1
5-30	30	≤ 30	12,5	≤ 30	16,7	≤ 30	0,0
		35-50	87,5	35-45	83,3	> 30	100,0
30-50	50	≤ 50	100,0	≤ 50	100,0	≤ 50	100,0
>50	60	≤ 60	91,7	≤ 60	100,0	≤ 60	100,0
		> 60	8,3				

#### 5.4.- ANALISIS Y DISCUSIÓN OBJETIVO N°1

La información presentada en el Objetivo N°1 corresponde a los resultados generados del levantamiento de información desde las dos encuestas aplicadas a los 60 centros de cultivos en agua dulce, complementada con información recabada directamente desde las empresas a través de entrevistas personales y visitas a pisciculturas, y del levantamiento de información bibliográfica en el tema. En este objetivo se puso énfasis en la descripción de las etapas de producción de salmones y truchas, y en los aspectos fisiológicos y ambientales a los que son expuestos, con foco en el bienestar de los peces.

**Uso de hormonas para sincronizar desove:** De la respuesta entregada a través de las encuestas, de las 17 pisciculturas que operan con reproductores, el 64,7% (11) declaró no usar hormonas para sincronizar desove, y cinco señalaron mantener a los reproductores durante todo el ciclo de vida en cautiverio. Los reproductores son sometidos a fotoperíodo lo que permite abastecer con ovas durante todo el año, ya que el semen es criopreservado hasta por 5 años, requiriéndose solo del semen de un macho para fertilizar hasta 100 hembras. Para el sacrificio de los reproductores declararon usar sobredosis de anestésico, cumpliendo con los estándares de bienestar animal. Todos los machos y hembras son sometidos a screening individual, eliminando las ovas

de los ejemplares positivos.

**Incubación:** Posterior a la fertilización, las ovas de cada hembra son incubadas en jarras individuales hasta la aparición de los ojos. La mortalidad reportada en la etapa de ova verde a ova con ojos fluctúa entre 18 y 25% para salmón del Atlántico; entre 22 y 28% para trucha arcoíris y entre 16 y 20% para salmón coho. En tanto que para ova con ojos a primera alimentación la mortalidad reportada para salmón del Atlántico y trucha arcoíris fluctuó entre 6 y 12%, y entre 4 y 6% para salmón coho, siendo 8% el límite máximo considerado para mortalidad normal, de acuerdo con lo declarado por las empresas.

**Alevinaje:** Las 34 pisciculturas que realizan alevinaje y esmoltificación inician el proceso de producción en la etapa de ova con ojos. Las ovas son adquiridas directamente de sus planteles de reproductores o adquiridas desde las empresas que comercializan ovas en el país. Las ovas con ojos son incubadas en canastillos dispuestos en bateas o en incubadores verticales Compatch, lo que permite un mejor manejo de éstas al momento de la eclosión. Una vez que los alevines han reabsorbido el 90% del saco se da inicio a la primera alimentación, lo que coincide con lo recomendado por la RSPCA.

**Uso de fotoperíodo:** De las 60 instalaciones encuestadas, 24 pisciculturas que cultivan salmón del Atlántico declararon manejo de fotoperíodo. En la etapa de primer alevinaje se utiliza luz aérea blanca y en la etapa de esmoltificación algunas pisciculturas declararon usar luces verdes sumergidas. El 83,3% de las pisciculturas declaró usar 24 h luz en el período de verano; 12,5% usar 20 h luz: 4 h oscuridad y una declaró usar 16 h luz: 8 oscuridad (4,16%). Para el régimen de invierno, el fotoperíodo usado varió entre 14 h luz: 10 h oscuridad (20,8%) a 6 h luz: 18 h oscuridad (12,5%), siendo la relación más utilizada 8 h luz: 16 h oscuridad (33,3%). No se encontró información científica respecto a cuál debiera ser el régimen de fotoperíodo a aplicar para un buen bienestar de los peces. La información disponible señala que los peces responden bien a un régimen de 24 h luz y que fotoperíodos de 18 h luz:6 h oscuridad incrementan la madurez precoz en machos (Good et al., 2016).

**Evaluación de esmoltificación:** El 73,5% de las pisciculturas declaró evaluar

esmoltificación a través del análisis de ATPasa y el 14,7% declaró no realizar análisis de esmoltificación. Todas declararon aplicar un score de evaluación visual del estado de esmoltificación basado en las características externas exhibidas por los peces, lo que es coincidente con las recomendaciones de bienestar.

**Graduaciones:** Para la evaluación de crecimiento, todas las empresas declararon muestrear entre 100 a 120 ejemplares por unidad de cultivo para minimizar el estrés por manejo. Los muestreos de longitud y factor de condición son realizados preferentemente antes de la transferencia al mar. Para salmón del Atlántico la mayoría de las pisciculturas declaró realizar solo dos graduaciones en el ciclo productivo, realizando una tercera y cuarta graduación solo cuando los peces presentan una alta dispersión en tamaño después de la segunda graduación. En la mayoría de las empresas se señaló eliminar la fracción de peces pequeños en la primera graduación, descartando entre el 10 y 12% de la población que no presenta un buen desempeño productivo.

**Madurez precoz:** Uno de los problemas evidenciados en las pisciculturas con sistemas RAS, fue el incremento de machos maduros precoces. Los factores asociados al incremento de la prevalencia de machos precoces son numerosos, sin embargo, según algunos investigadores, el uso de fotoperíodo y el incremento de la temperatura del agua por sobre los rangos óptimos, los que tienen como objetivo promover el crecimiento de los peces, serían los factores más relevantes. El fotoperíodo influye en la decisión de iniciar o retrasar la maduración y la temperatura del agua determina la magnitud de la maduración (Good & Davidson, 2016).

**Evaluación de sexo:** Algunas pisciculturas declararon realizar sexaje a través de ecografía en la etapa previa a la vacunación, con la finalidad de eliminar a los machos maduros precoces, pero otras también declararon realizar esta operación con la finalidad de separar a los machos de las hembras, y así trasladarlos al mar separados por sexo, argumentando que los machos muestran un incremento en crecimiento entre 15 y 17% mayor que cuando comparten jaula con las hembras. No hay información científica respecto al efecto de esta medida sobre el comportamiento social de los peces asociados a su bienestar.

**Calidad de agua:** De los 60 establecimientos encuestados, el 51,7% correspondió a

pisciculturas; el 15% a pisciculturas con sistemas RAS; el 11,7% a sistemas con reuso de agua (REU); el 13,3% a cultivo en jaulas y el 8,3% restante a pisciculturas con sistema mixto.

Uno de los mayores riesgos en términos de bienestar animal para las pisciculturas con sistema RAS es la calidad del agua, por lo que son las que realizan un monitoreo permanente y exhaustivo de su calidad, con especial atención en las concentraciones de CO<sub>2</sub> y minerales como aluminio, hierro y cobre, los cuales presentan el riesgo de generar problemas de toxicidad en los peces. Para minimizar estos riesgos, la mayoría utiliza bicarbonato y/o carbonato de sodio para estabilizar el pH. Además, mantienen una salinidad entre 5 y 7 ppt para neutralizar la toxicidad del incremento de nitrito en las pisciculturas de recirculación (RAS). Pisciculturas con alto contenido de hierro y aluminio utilizan silicato para detoxificar las aguas y prevenir la movilización del hierro. Para el caso de las pisciculturas con flujo abierto los riesgos son menores ya que no se recircula el agua y son abastecidas con agua de ríos, en tanto que para las pisciculturas con reuso de agua las cuales se alimentan principalmente con agua de pozo, el factor relevante es eliminar el CO<sub>2</sub> del sistema, para lo que utilizan degasificadores.

**Enfermedades:** Las principales enfermedades infecciosas reportadas para la etapa de agua dulce son Saprolegnia y Flavobacterias y para su control los fármacos más usados son formalina, bronopol y sal (NaCl). Todas las pisciculturas declararon vacunar a los peces 600°D previo a su transferencia al mar.

Posterior a los brotes de virus ISA, la autoridad realizó modificaciones a la normativa sanitaria con foco en la bioseguridad, con el fin de minimizar los riesgos sanitarios, pero en ninguno de los programas sanitarios se contempla el bienestar de los peces.

## **5.5.- CONCLUSIONES OBJETIVO N°1**

De los 60 centros de agua dulce que colaboraron en el estudio; 48,3% correspondió a pisciculturas con flujo abierto; 13% a pisciculturas RAS; 21,7% a sistemas mixtos; 13%

a centros de cultivos en julas y 3,3% a sistemas con reúso de agua.

Todas las pisciculturas declararon manejar el fotoperiodo a través de luz artificial. En la primera alimentación y alevinaje se aplica fotoperiodo de 24 h luz con luz blanca aérea para incentivar la alimentación, y en la etapa de esmoltificación utilizan lámparas Led sumergidas con luz verde para evitar la maduración precoz.

Los principales problemas detectados en esmoltificación en balsas jaulas fue Saprolegniosis. En pisciculturas con flujo abierto abastecidas con agua de río los problemas están asociados a la gran variación en la temperatura del agua, principalmente en la época de verano. En pisciculturas RAS, los problemas más importantes están asociados a la calidad del agua y a problemas de madurez precoz en machos de salmón del Atlántico, lo que aparentemente es generado por altas temperaturas del agua y manejo de fotoperiodo artificial, similar situación ha sido reportada en otros países.

No fue posible conseguir información detallada de las operaciones de cultivo en otros países. Solo fue posible conseguir información detallada de las operaciones de cultivo en Chile a través de las encuestas aplicadas y visitas en terreno realizadas. La información generada de las encuestas fue almacenada en una base de datos general (BBDD general). Esta información fue codificada para asegurar la confidencialidad de las empresas y centros de cultivos que colaboraron en el proyecto.

## **5.6- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS OBJETIVO N°1**

Alabaster J., Shurben D., Knowles G. 1979. Effect of dissolved-oxygen and salinity on the toxicity of ammonia to smolts of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *J. Fish Biol.* XX: 705-712.

Ashley P. J. 2007. Fish welfare: current issues in aquaculture. *Applied Animal Behaviour Science.* 104(3): 199-235.

Atland A., Bjerkness V. 2009. Calidad de Agua para el Cultivo de Smolts en Chile. NIVA Chile. 138 pp.

Austin B., Austin D.A. 2007. Bacterial Fish Pathogens: Diseases in farmed and wildlife fish. 4<sup>th</sup> Ed. Springer-Praxis. 52 pp.

Avtalion R.R., Wishkovsky A., Katz D. 1980. Regulatory effects of temperature on specific



suppression and enhancement of humoral response in fish. In *Inmunological Memory* (M.J.Manning). Amsterdam, North Holland.

Barnes M., Hanten R., Sayler W., Cordes R. 2000. Viability of Inland fall Chinook salmon spawn containing overripe eggs and the reliability of egg viability estimates. *North Amer. J. Aquaculture*. **62**, 237-9.

Berge Å. I., Berg A., Fyhn H. J., Barnung T., Hansen T., Stefansson S. O. 1995. Development of salinity tolerance in underyearling smolts of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) reared under different photoperiods. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 52, 243-251.

Billard R. 1992. Reproduction in rainbow trout: Sex differentiation, dynamics of gametogenesis, biology and preservation of gametes. *Aquaculture* 100:263-298.

Booth R. K., Bombordier E. B., McKinley R. S., Scruton D. A., Goosney R. F. 1997. Swimming performance of post spawning adult (kelts) and juvenile (smolts) Atlantic salmon, *Salmo salar*. *Canadian Manuscript Report of Fisheries and Aquatic Sciences* No 2406.

Braithwaite V.A., Boulcott P. 2007. Pain perception, aversion and fear in fish. *Dis Aquat Org* 75:131-138

Bravo S. 2005. Welfare en la Producción de Peces. *Revista Versión Diferente*. 2: 10-13.

Bravo S. 1993. Diseases reported in pen reared salmonids from Chile. *FHS/AFS Newsletter*, Vol. 21 (3), 3.

Bravo S., Strappini A. 2018. Bienestar Animal en la Producción de salmones en agua dulce. *Revista Versión Diferente*. 28: 19-22.

Bregnballe J. 2015. A guide to recirculation aquaculture: an introduction to the new environmentally friendly and highly productive closed fish farming systems. Published by FAO and Eurofish International Organization. 95 pp.

Bruno D. W., Noguera P.A., Poppe T.T. 2013. *A Colour Atlas of Salmonid Diseases*. Second Edition. Springer. 211 pp.

Bullock G., Herman R., Heinen J., Noble A., Weber A., Hankins J., 1997. Observations on the occurrence of bacterial gill disease and amoeba gill infestation in rainbow trout cultured in water recirculation system. *J. Aquat. Anim. Health*. 6, 310-317.

Burka J.F., K.L. Hammell., T.E. Horsberg., G.R. Johnson., D.J. Rainnie., D.J. Speare. 1997. Drugs in salmonid aquaculture- a review. *J. Vet. Pharmacol. Therap* 20: 333-349.

Bustos P.A., Calbuyahue J., Montaña J., Opazo B., Entrala P., Solervicens R. 1995. First isolation of *Flexibacter psychrophilus*, as causative agent of rainbow trout fry syndrome (RTFS), producing rainbow trout mortality in Chile. *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists*, 15(5): 162-164.

Bustos P., Rozas M., Bohle H., Iidefonso R., Sandoval A., Gaete A., Rojas M. 2011. Primer reporte de piscine reovirus en Salmon del Atlántico, *Salmo salar*, cultivado en Chile. Versión diferente, 7, 1-4.

Cameron J.N., Heisler N. 1983. Studies of ammonia in the rainbow trout: physico-chemical parameters, acid-base behaviour, and respiratory clearance. *J. Exp. Biol.* 105: 107-125.

Campbell P.M., Pottinger T.G., Sumpter J.P. 1994. Stress reduces the quality of gametes produced by rainbow trout. *Biol Reprod* 47, 1140-1150.

Chakoumoukos C., Russo R.C., Thurston R.V. 1979. Toxicity of copper to Cutthroat trout (*Salmo clarki*) under different conditions of alkalinity, pH and hardness. *Environ. Sci. Technol.* 13: 213-219.

Chandroo K.P., Duncan I.J.H., Moccia R.D. 2004. Can fish suffer? perspectives on sentience, fear and stress. *App Anim Behav Sci* 86:225-250.

Chen S., Ling J., Blancheton J.P. 2006. Nitrification kinetics of biofilm as affected by water quality factors. *Aquacult. Eng.* 34: 179-197.

Chopra I., Roberts M. 2001. Tetracycline antibiotics: mode of actions. Applications. molecular biology. and epidemiology of bacterial resistance. *Microbiol Mol Biol Rev* 65 (2): 232-260.

Colt J. 2006 Water quality requirements for reuse systems. *Aquacult. Eng.* 34: 143-156.

Crisp, D. T. 1996. Environmental requirements of common riverine European salmonid fish species in fresh water with particular reference to physical and chemical aspects. *Hydrobiologia* 323(3), 201-221.

Directorate of Fisheries <https://www.fiskeridir.no/English/Aquaculture/Statistics>

Donaldson E.M., Devlin R.H., Piferrer F., Solar I. 1997. Hormones and sex control in fish with particular emphasis on salmon. *Asian Fisheries Science* 9, 1-8

Ellis T., North B., Scott A. P., Bromage N. R., Porter M., Gadd D. 2002. The relationships between stocking density and welfare in farmed rainbow trout. *Journal of Fish Biology* 61(3), 493-531.

Empananza E.J.M. 2009. Problems affecting nitrification in commercial RAS with fixed-bed biofilters for salmonids in Chile. *Aquacult. Eng.* 41: 91-96.

Eshchar M., Lahav O., Mozes N., Peduel A., Ron B. 2006. Intensive fish culture at high ammonium and low pH. *Aquaculture* 255: 301-313.

Estay F., Cerisola H., Téllez V. 1994. Biología del desarrollo y reproducción artificial en la trucha Arcoiris. 43 pp.

Finstad O.W., Dahle M.K., Lindholm T.H., Nyman I.B., Lovoll M., Wallace C., Olsen C.M., Storset A.K., Rimstad E., 2014. Piscine orthoreovirus (PRV) infects Atlantic salmon erythrocytes. *Veterinary Research.* 45:35

- Fivelstad S., Olsen A.B., Åsgård T., Baeverfjord G., Rasmussen T., Vindheim T., Stefansson S. 2003a. Long-term sublethal effects of carbon dioxide on Atlantic salmon smolts (*Salmo salar* L.): ion regulation, haematology, element composition, nephrocalcinosis and growth parameters. *Aquaculture* 215: 301-319.
- Fivelstad S., Waagbø R., Zeitz S.F., Hosfeld A.C.D., Olsen A.B., Stefansson S. 2003b. A major water quality problem in smolt farms: combined effects of carbon dioxide, reduced pH and aluminium on Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) smolts: physiology and growth. *Aquaculture* 215: 339-357
- Folmar F. C., Dickhoff W. W. 1980. The parr–smolt transformation (smoltification) and seawater adaptation in salmonids: a review of selected literature. *Aquaculture* 21, 1-37.
- FSBI. 2002. Fish Welfare. Briefing Paper 2, Fisheries Society of the British Isles, Granta Information Systems. 25 pp.
- Good C., Davidson J. 2016. A review of factors influencing maturation of Atlantic salmon, *Salmo salar*, with focus on water recirculation aquaculture system environments. *Journal of World Aquaculture Society*. Vol.47. 5: 605-632.
- Good C., Weber G. M., May T, Davidson J., Summerfelt S. 2016. Reduced photoperiod (18 h light vs. 24 h light) during first-year rearing associated with increased early male maturation in Atlantic salmon *Salmo salar* cultured in a freshwater recirculation aquaculture system. *Aquaculture Research*. 47: 3023–3027.
- Gordon M. R., Klotins K.C., Campbell V.M., Cooper M.N. 1987. Farmed salmon broodstock management. Ministry of Environment Victoria, B.C. Industrial Research Assistance Program National Research Council of Canada, Sea-1 Aquafarms Ltd, Vancouver, BC, Canada
- Gudding R., Lillehaug A., Evensen E. 1999. Recent developments in fish vaccinology *Veter Immunol Immunopathol* 72:203-212.
- Herman R.L. 1971. Visceral Granulomas and Nephrocalcinosis. Fish Disease Leaflet (FDL-32). Fish and Wildlife Center. United States Department. 2 pp.
- Hjeltnes B., Bæverfjord G., Erikson U., Mortensen S., Rosten T., Østergård P. 2012. Risk Assessment of Recirculation Systems in Salmonid Hatcheries. Norwegian Scientific Committee for Food Safety (VKM). Doc.no 09-808-Final.
- Holt R.A. 1988. *Cytophaga pschrophilum*, the causative agent of bacterial cold water disease in salmonid fish. PhD Thesis, Oregon State University.
- Huntingford F.A., Adams C., Braithwaite A., Kadri S., Pottinger T.G., Sandøe P., Turnbull, J.F. 2006. Review paper: Current issues in fish welfare. *J. Fish. Biol.* 68: 332-372.
- Iversen M., Eliassen R. A., Finstad B. 2009. Potential benefit of clove oil sedation on animal welfare during salmon smolt, *Salmo salar* L. transport and transfer to sea. *Aquaculture Research* **40**, 233-241.
- Iversen M., Finstad B., Nilssem K.J. 1998. Recovery from loading transport stress in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) smolts. *Aquaculture*. 168:387-394.

Kroglund F., Teen H.C., Rosseland B.O., Salbu, B., Lucassen E.C.H.E. 2001. Water quality dependent recovery from aluminium stress in Atlantic salmon smolts. *Water, Air & Soil Pollution* 130: 911-916.

Leclercq R., Courvalin P. 2002. Resistance to macrolides and related antibiotics in *Streptococcus pneumoniae*. *Antimicrob Agents Chemother* 46 (9): 2727-2734.

León, J., Tecklin, D., Farias, A., Diaz, S., 2007. Salmonicultura en los Lagos del Sur de Chile – Ecorregión Valdiviana. *Sociedad Chilena de Limnología* 23-30

Liltved H., Vogelsang C., Modahl I., Dannevig B. 2006. High resistance of fish pathogenic viruses to UV irradiation and ozonated seawater. *Seawater* 34:72-82.

Marine Scotland Science. 2018. Scottish Fish Farm Survey 2017. 55 pp. [www.scotland.gov.uk](http://www.scotland.gov.uk).

McAllister P.E., Reyes X. 1984. Infectious pancreatic necrosis virus: isolation from rainbow trout *Salmo gairdneri* Richardson, imported into Chile. *Journal of Fish Diseases*, 7: 319–322.

McCormick, S. D. 2013. Smolt Physiology and Endocrinology. In: *Euryhaline Fishes*. McCormick, S. D., Farrell, A. P. & Brauner, C. J. (eds.). Academic Press, USA, 199-251.

McIntyre C.M., Ellis T., North B.P., Turnbull J.F. 2008. The influences of water quality on the welfare of farmed rainbow trout: a review. In: Branson, E. (Ed.) *Fish Welfare*: 150- 178. Blackwell Scientific Publications, London.

Midtlyng P. J., Reitan L. J., Speilberg L. 1996. Experimental studies on the efficacy and side-effects of intraperitoneal vaccination of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) against furunculosis. *Fish & Shellfish Immunology* 6, 335–350.

Mount D.R., Ingersoll C.G., Gulley D.D., Fernandez J.D., La Point T.W., Bergmann H.L. 1988. Effects of long-term exposure to acid, aluminum, and low calcium on adult brook trout (*Salvelinus fontinalis*). 1. Survival, growth, fecundity, and progeny survival. *Ca. J. Fish Aquat. Sci.* 45:1623-1633.

Muniz I. P., Leivestad H. 1980. Acidification effects on freshwater fish. *Proc. Int. Conf. Ecol. Impac. Acid Precip.* Norway, 1980. SNSF Project, 8492.

NIVA. 2016. Asesoría Especializada: Identificación de factores claves para asegurar una alta calidad de smolt. Informe Final. 62 pp.

Noble C., Gismervik K., Iversen M.H., Kolaveric J., Nilsson J., Stien L.H., Turnbull J.F. 2018. Welfare indicators for farmed Atlantic salmon: tools for assessing fish welfare. 351 pp.

Noga E.J. 2000. *Fish Disease: Diagnosis and Treatment*. Iowa State University press, Ames.

North B.P., Turnbull J.F., Ellis T., Porter M.J., Migaud H., Bron J., Bromage N.R. 2006. The impact of stocking density on the welfare of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture* 255: 466-479.

Norwegian Veterinary Institute. 2017. The Health Situation in Norwegian Aquaculture 2016. Rapport 4b-2017, 127 pp. [www.vetinst.no:fiskehelse/rapporten/Fiskehelse/rapporten](http://www.vetinst.no/fiskehelse/rapporten/Fiskehelse/rapporten).

Pankhurst N.W., Van der Kraak G. 1997. Effects of stress on reproduction and growth of fish. In *Fish Stress and Health in Aquaculture*. Society for Experimental Biology, Seminar Series 62, pp 73–93. Eds GK Iwama, AD Pickering, JP Sumpter & CB Schreck. Cambridge, UK: University Press.

Peake S. J., McKinley R. S., Scruton D. A. 1997. Swimming performance of various freshwater Newfoundland salmonids relative to habitat selection and fishway design. *Journal of Fish Biology* 51: 710-723.

Peruanen S. 2000. The effect of aluminium and iron on fish gills. PhD Thesis, University of Helsinki. 42 pp. ISBN 951-776-295-5.

Pickering A.D. 1994. Factors which predispose salmonid fish to Saprolegniasis. *Edited by G. J. Mueller*. U.S. Department of Energy, Bonneville Power Administration, Portland, Oregon. pp. 67-84.

Pickering A.D., Willoughby L.G. 1982. In *Microbial Diseases of Fish*. *Edited by R.J. Roberts*. Academic Press, London, England. pp. 271-297.

Powell J. 2001. Factors affecting spawning performance. Syndel International, Canada.

Risikoreport Norsk Fiskeoppdrett. 2018. Havforskningsinstituttet. 184 pp.

Roque d'Orbcastel E., Person-Le Ruyet J., Le Bayon N., Blancheton J-P. 2009. Comparative growth and welfare in rainbow trout reared in recirculating and flow-through systems. *Aquacult. Eng.* 40: 79-86.

Rose, J. D. 2002. The neurobehavioral nature of fishes and the question of awareness and pain. *Reviews in Fisheries Science* 10: 1-38.

RSPCA. 2018a. RSPCA welfare standards for farmed Atlantic salmon. <https://science.rspca.org.uk/sciencegroup/farmanimals/standards/salmon>

RSPCA. 2018b. RSPCA welfare standards for farmed rainbow trout. <https://science.rspca.org.uk/sciencegroup/farmanimals/standards/trout>

Sabin A., 1959. Status of field trials with an orally administered, live attenuated poliovirus. *JAMA* 171(7):.863–868.

Sandoval C., Paredes E., Mejia J.M., Ulloa M. 2017. Intoxicación crónica y aguda por aluminio (Al). *Revista Versión Diferente* N°27: 18-20.

Sanni S., Forsberg O.I. 1996. Modelling pH and carbon dioxide in single-pass seawater aquaculture systems. *Aquacult. Eng.* 15: 91-110.

- Schneider R., Nicholson B.L. 2011. Bacteria Associated with Fin Rot Disease in Hatchery-Reared Atlantic Salmon (*Salmo salar*). Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 37(10):1505-1513. DOI: 10.1139/f80-195
- Schreck CB., Contreras-Sanchez W., Fitzpatrick M.S. 2001. Effects of stress on fish reproduction, gamete quality, and progeny. Aquaculture 197, 3-24
- Schreck C.B., 1982. Stress and rearing of salmonids. Aquaculture, 28: 241-249.
- Sernapesca. 2019. Informe sobre uso de antimicrobianos en la salmonicultura nacional. Año 2018. Departamento de Salud Animal, Subdirección de Acuicultura. 9 pp.
- Sernapesca. 2018. Resultados programa sanitario específico de vigilancia de peces y moluscos y reproductores salmonídeos. Reporte Período Enero-Diciembre 2016. Departamento de Salud Animal, Subdirección de Acuicultura. 11 pp.
- Smith L. 1982. Introduction to Fish Physiology. TFH. Publications, Inc. 352 pp.
- Sneddon L.U., Braithwaite V.A., Gentle M.J. 2003. Do fishes have nociceptors? Evidence for the evolution of a vertebrate sensory system. Proc R Soc Lond B Biol Sci 270:1115– 1121
- Snieszko S.F., Bullock G.L. 1976. Columnaris Disease of Fishes. Fish Disease Leaflet (FDL-45). Fish and Wildlife Center. United States Department. 10 pp.
- Staurnes, M., Blix, P., Reite, O.P. 1993. Effects of acid water and aluminum on parrismolt transformation and seawater tolerance in Atlantic salmon, *Salmo Salar*. Can J. Fish. Aquat.Sci., 50: 1816-1827.
- Stefansson S., Björnsson B., Ebbesson L., McCormick S. 2008. Smoltification. Chapter 20, in Fish Larval Physiology. Ed. Nigel Finn. 43 pp.
- Summerfelt S., Sharrer M.J., Hollis J., Gleason L.E., Summerfelt S.R. 2004. Dissolved ozone destruction using ultraviolet irradiation in a recirculating salmonid culture system. Aquacult. Eng. 32: 209-223.
- Thorarensen H., Farrell A.P. 2011. The biological requirements for post-smolt Atlantic salmon in closed-contained systems. Aquaculture 312: 1-14.
- Timmons M.B., Ebeling J.M. 2007. Recirculating Aquaculture. NRAC Publications, No. 01- 007. Cayuga Aqua Ventures, Ithaca, 49.
- Timmons M.B., Ebeling J.M., Wheaton F.W., Summerfelt S.T., Vinci B.J. 2001. Recirculation Aquaculture Systems. NRAC Publications, No. 01-002. Cayuga Aqua Ventures, Ithaca, 650.
- Valdebenito I.I., Gallegos P.C., Effer B.R. 2013. Gamete quality in fish: evaluation parameters and determining factors. Zygote. 1-21. Cambridge University Press. Doi:10.1017/S0967199413000506.
- Vendrell D., Balcázar J. L., Ruiz I., De Blas I. 2013. Principios generales sobre la vacunación en peces. Bio Tecnología, 9(3).

Visión Acuícola. 2019. La apuesta por salir de los Lagos. Visión Acuícola N°211: 16-21

Wagner E., Arndt R., Hilton B. 2002. Physiological stress responses, egg survival and sperm motility for rainbow trout broodstock anesthetized with clove oil, tricaine methanesulfonate or carbon dioxide. *Aquaculture* 211, 353-366

Wedemeyer G. A., McLeay D. J. 1981. Methods for determining the tolerance of fishes to environmental stressors. In A. D. Pickering (ed.), *Stress and fish*, pp. 247-275. Academic Press, New York.

Wedemeyer G.A., Saunders R.L., Clarke W.C. 1980. Environmental factors affecting smoltification and early marine survival of anadromous salmonids. *Mar. Fish. Rev.* 42: 1-14.

Wedemeyer G.A. 1997. Effect of rearing conditions on the health and physiological quality of fish in intensive culture. *In: Iwama, G.K., Pickering, A.D., Sumpter, J.P., Schreck, C.B. (Eds.). Fish Stress and Health in Aquaculture: 35-72.*

Wedemeyer G.A. 1996. *Physiology of Fish in Intensive Culture Systems*. Chapman & Hall, London.

Wilson J.M., Iwata K., Iwama G.K., Randall D.J. 1998. Inhibition of ammonia excretion and production in rainbow trout during severe alkaline exposure. *Comp. Biochem. Physiol. B* 121: 99-109.

Wood J. 1970. Introducción del salmón del Pacífico en Chile. Informe sobre investigaciones de piscicultura. Servicio Agrícola y Ganadero. División de pesca y Caza. 8 pp.

Wolf K. 1984. White Spot Disease. Fish Disease Leaflet (FDL-22). Fish and Wildlife Center. United States Department. 3 pp.

Wolf K. 1971. Soft-Egg Disease of Fishes. Fish Disease Leaflet (FDL-34). Fish and Wildlife Center. United States Department. 1 pp.

Wolf K. 1969. Blue Sac Disease of fish. Fish Disease Leaflet (FDL-25). Fish and Wildlife Center. United States Department. 4 pp.

Wright, P. A., Anderson, P. M. 2001. *Nitrogen excretion*, San Diego, Academic Press.

[www.barentswatch.no](http://www.barentswatch.no)





## **6.-DESARROLLO OBJETIVO N°2**

**Identificar las IOBs durante las etapas de reproducción, alevinaje y Esmoltificación de salmónidos en agua dulce.**

### **6.1- ANTECEDENTES**

En las especies de cultivo, como los salmónidos, los mejores resultados productivos en términos biológicos y económicos se logran cuando se consideran sus necesidades fisiológicas, ambientales y conductuales. Bracke et al. (1999) propuso un modelo semántico para la evaluación del bienestar animal, en el cual el grado de satisfacción de las necesidades del animal determina la calidad de vida del mismo. Basados en este enfoque, Stien et al. (2013) describen las necesidades del Salmón del Atlántico (*Salmo salar*) clasificándolas en dos grandes grupos: físicas y conductuales (Tabla 63). Cuando estas necesidades no son satisfechas, pueden presentarse problemas en el bienestar de los peces y en la producción.

En la salmonicultura, la etapa de agua dulce, donde el alevín se convierte en smolt, es una de las más importantes dentro del proceso productivo (Strappini, 2018). Durante esta etapa se trabaja para obtener un smolt robusto, el cual después de ser transferido al mar pueda reanudar el consumo de alimento de manera rápida, sea capaz de afrontar el transporte y posteriormente las nuevas condiciones ambientales, que además sea inmune-competente y que tenga buena ganancia de peso.

**Tabla 63.** Necesidades del salmón del Atlántico (adaptado de Stien et al., 2013)

Necesidades		Descripción
Físicas	Respiración	Toma de oxígeno y liberación de CO <sub>2</sub> producido a través del paso de agua por las branquias
	Balance osmótico	Mantenimiento del balance osmótico de fluidos celulares
	Nutrición	Ingesta de alimentos conteniendo la energía, los aminoácidos, minerales y vitaminas requeridos
	Salud	Ausencia de enfermedad, malnutrición
	Termorregulación	Optimización del metabolismo y temperatura corporal. Posibilidad de confort térmico
Conductuales	Control de la conducta	Habilidad del pez para posicionar su cuerpo libremente y responder a diversos estímulos
	Alimentación	Acceso regular al alimento
	Seguridad	Posibilidad de evitar posibles peligros
	Protección	Posibilidad de mantener el cuerpo libre de daños físicos
	Contacto social	Interacciones con co-específicos
	Exploración	Posibilidad de buscar recursos e información
	Movimiento	Posibilidad de nadar
	Descanso	Posibilidad de reducir el nivel de actividad, sueño
	Comportamiento sexual	Migración, conducta de reproducción, desove, etc.
	Cuidado del cuerpo	Posibilidad de rascarse, remover parásitos

Para evaluar el estado de bienestar de los peces es necesario utilizar indicadores directos, medidos en el animal, e indicadores indirectos o basados en los recursos entregados a los animales. Actualmente se recomienda dar mayor énfasis a los indicadores directos en los protocolos de bienestar. En Chile, a pesar de que la ley N° 20.434 en su Artículo 13 F, mandata que la acuicultura debe contemplar normas que resguarden el bienestar animal y procedimientos que eviten el sufrimiento innecesario, no se cuenta con protocolos estandarizados de evaluación del bienestar animal. Esto conlleva a que, entre centros de cultivo, se evalúe el bienestar animal de diferentes maneras, o no se evalúe.

Contar con protocolos estandarizados de evaluación del bienestar animal en la etapa de agua dulce es importante para garantizar la calidad de vida de los peces, mejorar la percepción del consumidor, y además para contribuir a incrementar la productividad y

rentabilidad del sistema (Strappini, 2018). Evaluar el estado de bienestar de un pez en sistemas de cultivo no es una tarea fácil ya que requiere de tiempo y es técnicamente complejo. Para ello se necesita disponer de IOBs que sean confiables, viables, y repetibles.

Los indicadores operacionales utilizados para evaluar el bienestar animal pueden ser clasificados según el aspecto que involucren, destacando los que se relacionan directamente al cuerpo del pez, los conductuales y los asociados a la producción, lo cual implica por parte del personal un dominio en la interpretación y reconocimiento de dichos factores biológicos para la evaluación del bienestar a través del manejo diario en peces (Braithwaite et al., 2013). En Chile no se cuenta con este tipo de herramientas, por lo que urge contar con protocolos de bienestar animal estandarizados para monitorear si las condiciones de cultivo son óptimas para los peces durante la etapa de agua dulce, considerando las características de los sistemas de producción nacionales.

## **6.2.- DESARROLLO METODOLÓGICO OBJETIVO N°2**

Para dar respuesta al Objetivo N°2 se realizaron las siguientes acciones:

1. Revisión bibliográfica de IOBs
2. Análisis de IOBs utilizados en países productores de salmón del mundo
3. Análisis de IOBs utilizados en Chile (información generada de encuestas).
4. Identificación y selección de potenciales IOBs.
5. Taller de expertos (ver Objetivo 3).
6. Incorporación de los IOBs a un protocolo de evaluación de bienestar animal
7. Validación del protocolo en distintas etapas productivas de cultivo.

### **6.2.1.- Revisión Bibliográfica**

Se realizó una exhaustiva revisión bibliográfica la que constó de tres etapas:

**ETAPA 1:** Revisión sistemática de artículos científicos consultando los siguientes buscadores, repositorios y bases Indexadas: Biblioteca Científica; Electrónica en Línea

(SciELO); ScienceDirect; Scopus; PubMed/MEDLINE; Latindex, LILACS, CAB International, Web of Sciences, entre otras, desde el año 2000 a la fecha. Para lo cual se usaron los siguientes descriptores: animal welfare, assessment, evaluation, indicator, benessere animale, bienestar, salmón, salmon, ova, alevino, smolt. Se utilizó un *tesauro* para localizar otros términos relacionados y se configuró el perfil de búsqueda mediante relaciones entre descriptores, utilizando operadores lógicos o "booleanos" (AND, OR, NOT) y términos truncados (\*).

**ETAPA 2:** Lectura y selección de documentos recuperados.

**ETAPA 3:** Síntesis de los resultados finales: breve resumen de cada documento, comparando los aportes de los distintos autores. Clasificación de acuerdo al tipo de indicador, el problema de bienestar que identifica, referencia, y país donde se realizó el estudio.

### **6.2.2.- Búsqueda de IOBs utilizados en países productores del salmón.**

La información recopilada de la búsqueda bibliográfica se llevó a tablas para mostrar el uso de los indicadores operacionales de bienestar animal en los países productores de salmón del mundo. Adicionalmente, se consideraron las regulaciones y recomendaciones atinentes al bienestar de los peces de cultivo vigentes, entre las cuales se destacan:

- Código sanitario para Animales Acuáticos de la OIE. Título 7: Bienestar de los peces de cultivo.
- EFSA, European Food Safety Authority (2009). Welfare aspects of stunning and killing Atlantic salmon.
- Norwegian Animal Welfare Act (2010).
- RSPCA Welfare Standards for Farmed Atlantic Salmon (2018).
- Canadian Council on Animal Care. Guidelines on: the care and use of fish in research, teaching and testing (2005).
- Atlantic Canada Fish Farmers Association (2013).
- Animal welfare of farmed fish. Business Benchmark on Farm Animal Welfare (2016).

- ISO/TS 34700:2016. Animal welfare management. General requirements and guidance for organizations in the food supply chain.
- Chile, Ley de Protección Animal 20.380 (2009).

### **6.2.3.- IOBs utilizados en Chile: Análisis de información generada de encuestas.**

Basados en los resultados de las dos encuestas diseñadas para cumplir con los requerimientos del Objetivo N°1 (**Anexo II**), se identificaron los indicadores operacionales que actualmente se están utilizando en los centros de cultivo en Chile.

### **6.2.4.- Selección de potenciales Indicadores Operacionales de Bienestar Animal.**

Con los indicadores mencionados en la bibliografía, los considerados en estándares internacionales y los utilizados actualmente en los centros de cultivo en Chile (citados en las encuestas), se elaboró una lista de potenciales IOBs, los que fueron presentados a expertos nacionales de la industria y de la academia.

### **6.2.5.- Panel de Expertos**

A través de la metodología de “Panel de Expertos” se obtuvieron juicios y opiniones de los “expertos” del área de producción de salmónidos durante la etapa de agua dulce. Se sometió la lista de IOBs generada de la revisión bibliográfica a la opinión de los expertos quienes seleccionaron los indicadores considerando tres aspectos: bienestar animal, factibilidad y costo económico. Una descripción detallada de la metodología y pasos seguidos se puede encontrar en la sección correspondiente al Objetivo N°3.

### **6.2.6.- IOBs seleccionados e incorporados al protocolo de evaluación de bienestar animal.**

Los IOBs seleccionados por los expertos en las dos rondas de trabajo, fueron incluidos en un protocolo de evaluación de bienestar animal. El protocolo contempla IOBs para ser evaluados a nivel grupal e individual.

Un protocolo de bienestar animal puede ser formulado siguiendo un modelo descriptivo, normativo o prescriptivo. Teniendo en cuenta los objetivos del proyecto, se elaboró un protocolo (**Anexo IV**), siguiendo el modelo normativo, donde se decide cómo se debería trabajar en los centros de cultivo, y se evalúa si el indicador está dentro de ciertos rangos o estándares (aceptable, no aceptable, no aplica).

#### **6.2.7.- Validación del protocolo con los IOBs seleccionados**

Para validar el protocolo con los IOBs seleccionados, se calculó el tamaño de la muestra en un mínimo de 15 pisciculturas, considerando una sensibilidad del protocolo del 99%, con un error del 5%, y un intervalo de confianza de 95%. Finalmente, se validó el protocolo en 16 pisciculturas las que incluyeron las etapas productivas de incubación, alevinaje y esmoltificación en 35 ocasiones.

### **6.3.- RESULTADOS OBJETIVO N°2**

#### **6.3.1.- Revisión Bibliográfica de IOBs utilizados en la producción de salmónidos en agua dulce.**

La tabla 64 resume los trabajos científicos publicados desde el año 2000 a la fecha en relación a indicadores operacionales de bienestar animal en salmónidos durante la etapa de agua dulce (reproductores, incubación, alevinaje y smoltificación), donde se indica el tipo de indicador (basado en el animal, basado en el ambiente), nombre del indicador, problema que identifica, autor/es, año de publicación y país de filiación.

**Tabla 64.** Resúmenes de trabajos científicos publicados en relación a IOBs en salmónidos.

TIPO	INDICADOR	PROBLEMA DE BIENESTAR QUE IDENTIFICA	REFERENCIA	PAÍS
BASADOS EN EL ANIMAL SALUD	<b>OJOS</b> <b>Cataratas</b> Cataratas crónicas y severas son irreversibles. Pueden resultar en pobre visión, reducido crecimiento, infecciones secundarias, y muerte.	Causas multifactoriales. Asociada con deficiencias nutricionales (dietas pobres en histidina), agentes tóxicos, parásitos, exposición a luz UV, factores hereditarios, aumento en la Tº del agua, y rápido crecimiento. Triploides mantenidos a altas Tº desarrollan cataratas más severas que diploides. Salinidad del agua cambiante	Bjerkås and Sveier (2004) Revisado por Pettersen et al. (2014); Sambraus, Fjellidal et al. (2017) Noble et al. (2018)	Noruega Noruega Noruega
	<b>Daño mecánico en ojos</b>	Factores de riesgo: bombeo, graduación, y transferencia de los peces.	Deng, Guensch et al. (2005)	USA
	<b>Hemorragias en ojos, úlceras en piel en región de la cabeza.</b> Ocasionalmente en zonas laterales y aletas. El parásito afecta las pseudo-branquias reduciendo el arco, produciendo disminución en oxígeno disponible. Peces letárgicos y nado desorganizado. Daño irreversible en las fibras del cristalino	<b>Parvicapsulosis</b> Presencia de parásito <i>Parvicapsula pseudobranchicola</i>	Nylund, Hansen et al. (2018)	Noruega
		Cambios de salinidad en el período de esmoltificación. Estrés osmótico	Bjerkas et al. (2001) Stefansson (2009).	Noruega Noruega
BASADOS EN EL ANIMAL SALUD	<b>BOCA</b> <b>Deformidades:</b> Braquignatia (conocida como "cabeza de Pug"), síndrome de deformidad de mandíbula inferior, boca doble, enfermedad de Screamer (deformación de mandíbula inferior y su articulación, resulta en boca abierta y estática), sobreposición de boca y fracturas hemorrágicas	Deficiencias de ácido ascórbico y de fósforo en las dietas, rápida tasa de crecimiento con generación de deformaciones óseas, principalmente en el período de transferencia al mar. Peces triploides presentan mayor frecuencia de alteraciones que los diploides	Branson and Turnbull (2008) Noble et al. (2018)	Reino Unido Noruega

---

## **CORAZÓN**

### **Performance cardíaca miocardio hipóxico**

El desempeño total del animal decrece abruptamente, debido a falta de oxígeno.

Tº más alta que la óptima. Hipoxia. Si el nivel de contenido de oxígeno venoso disminuye, también decrece la función cardíaca.

Farrell (2002)

Canadá

### **Morfología anormal cardíaca**

Arteriosclerosis, ritmo cardíaco anormal, aplasia del septum transverso, situs inversus, ventrículo del miocardio compacto, hernia cardíaca con hipoplasia del miocardio.

Asociada a genética, nutrición, y factores ambientales como la Tº de incubación de ovas o alevines.

Revisado por Pettersen et al., (2014)

Noruega  
Noruega

## **ALETAS**

### **Erosión en aletas**

Fácil de medir y evaluar. Daño en aletas trae consecuencias en locomoción y comunicación intra-específica del pez. La ruptura de barrera epitelial provoca problemas osmóticos, inflamación, dolor y facilita invasión de patógenos, estrés. Menor crecimiento del pez.

Restricción del alimento y respuesta a la presencia/ausencia de refugio. Agresividad individual jerárquica, mordidas por competencia alimenticia, regímenes de reducción de alimentos previo a vacunación o transporte, abrasión entre peces o con las paredes de los estanques, y calidad de agua.

Persson and Alanara (2014)  
Stien et al. (2013)  
Noble et al. (2018)  
Cañón et al. (2010; 2011)

Suecia  
Noruega  
Noruega  
Noruega  
Chile

#### Escala Erosión en aleta:

**0** (0% de erosión), **1** (1-24%, erosión suave), **2** (25-49%, erosión moderada) y **3** (más de 50%, erosión severa).



**PIEL**

**Pérdida de escamas, mucus y lesiones.**

Produciendo desbalance hidrosalino para el animal y cambio del equilibrio de iones, produciendo estrés osmótico y poniendo en peligro la vida del pez.

En ocasiones se puede observar sangre en el agua del estanque.

Presencia de úlceras hasta un 10% de la superficie corporal puede causar aguda y alta mortalidad. Daños sub-letales: costo metabólico utilizado para reparación de heridas, fallas osmoregulatorias y cambios en la coloración del pez.

Efectos crónicos de las lesiones: afectan tasas de crecimiento y fecundidad, aumento en la susceptibilidad a enfermedades a través del daño a epidermis, dermis e incluso músculo.

**Cambios en la composición bacteriana del mucus de la piel**

Mucus de la piel: Parte del sistema inmunológico del pez, tiene propiedades bactericidas. Susceptible a cambios dentro de las 24h. Barrera anatómica y fisiológica.

Calidad del agua. Estrés agudo, respuesta posterior al manejo. Altas densidades, acción de predadores. Parásitos. Aumento en agresión por insuficiente alimento. Causas mecánicas. Protusiones o salientes en estanque y jaulas. Problemas en el manejo, graduación. Bombeo.

Revisado por Johansen et al. (2006) Noruega  
 Revisado por Stien et al. (2013) Dinamarca  
 Torud and Hastein (2008) Noruega  
 Espmark et al. (2016)  
 Noble et al. (2018) Noruega

Cambia debido a uso de redes y transferencia de peces de un estanque a otro.

Noga (2000) USA  
 Esteban (2012) España

**Úlceras de invierno**

Lesiones en gran parte del cuerpo. Aumento de la mortalidad

Causada por *Moritella viscosa*, ocurre en condiciones de bajas temperaturas con poco acceso al alimento.

Torud and Hastein (2008) Dinamarca

**BRANQUIAS/OPÉRCULO**

**Erosiones hemorragias inflamación, obstrucción**

Disminución de la ventilación, excreción branquial, filtración y crecimiento del pez. Asociado a la colonización de patógenos y aumento de la mortalidad

Hipersalinidad, variaciones en la calidad del agua provocan cambios en la permeabilidad de las branquias.

Stefansson (2009) Noruega  
 Noble et al. (2018) Noruega

Asociadas a blooms estacionales de diatomeas marinas.

**Obstrucción de branquias**

	<p><b>ESPINA DORSAL</b>  <b>Asimetría y deformidad</b>                      “cola corta” cifosis, escoliosis, fusión de cuerpos vertebrales y fracturas. Individuos con deformidades vertebrales presentan alteraciones conductuales, en la locomoción, alimentación y conductas sociales.</p>	<p>Causas de asimetría: Hipotermia, agentes patógenos, pH, salinidad, luz y desnutrición.                      Causas de malformaciones: Bajos niveles de oxígeno y altas de dióxido de carbono inducidas por la sobresaturación de oxígeno.</p>	<p>Koumoundouros et al. (2001)                      Stefansson (2009)                      Stien et al. (2013)                      Noble et al. (2018)</p>	<p>Grecia                      Noruega                      Noruega</p>
CONDUCTUALES	<p><b>Conducta anticipatoria</b></p>	<p>Horario y régimen de alimentación</p>	<p>Lopez-Olmeda et al. (2012)</p>	<p>España</p>
	<p><b>Salto</b>                      Forma de juego, 1 salto cada 2 h. Se desconoce la causa y función.</p>	<p>Potencialmente el salto serviría para perder huevos, remover ectoparásitos, evadir predadores, comunicación con con-específicos, evitar aguas supersaturadas, turbulentas e hiposalinas, y relleno de la vejiga natatoria con aire.</p>	<p>Fagen, (2017)</p>	<p>USA</p>
CONDUCTUALES	<p><b>Nado</b>                      Aumento de la velocidad ventilatoria. Saltos, velocidad, posicionamiento, circularidad del nado, se complementa con la velocidad del flujo del agua del estanque</p>	<p>Calidad del agua, niveles sub-óptimos de oxígeno, Incremento en concentraciones de CO<sub>2</sub>, T°, intensidad de la luz artificial en el manejo del fotoperíodo. Estrés.</p>	<p>Barreto y Volpato (2006)                      Martins et al. (2012)                      Anras y Lagardere (2004)</p>	<p>Brasil                      Portugal</p>
	<p><b>Conducta social y de agresión</b>                      Puede tener consecuencias adicionales para otros indicadores de bienestar,                      Incremento en la mortalidad e incremento en el daño de aletas.                      Nado desorganizado, peces ubicados en el centro del estanque (cerca de la entrada de agua).                      Cambios en el comportamiento de cardumen.</p>	<p>Alta densidad, hacinamiento.                      Restricción en acceso a alimentación</p>	<p>Lopez-Olmeda et al. (2012)                      Prunier et al. (2013)                      Laursen et al. (2013)                      Revisado por Martins et al. (2012)</p>	<p>España                      Francia                      Dinamarca</p>
	<p><b>Estereotipias</b>                      Asociado a pérdida del apetito y nado errático.</p>	<p>Pobre bienestar                      Diestrés</p>	<p>Cañón et al. (2010)                      Huntingford et al. (2006)                      Revisado por Martins et al. (2012)                      Noble et al. (2018)</p>	<p>Chile, Noruega                      Reino Unido                      Portugal                      Noruega</p>
	<p><b>CORTISOL</b>  <b>Cortisol en plasma</b>                      Aumenta ante la acción de numerosos estresores. Muestra que el eje HPI está funcional y operativo.</p>	<p>Bajos niveles de oxígeno disuelto (DO). Manejo de redes, transferencia (bombeo), confinamiento, transporte, graduación, shock térmico,</p>	<p>Sundh et al. (2010)                      Revisado por                      Ellis, Yildiz et al. (2012)</p>	<p>Noruega                      Reino Unido</p>

<p>No es predictor de la habilidad del pez para afrontar una determinada situación. Limitante: niveles de cortisol aumentados, no siempre asociado a pobre bienestar. Método invasivo para toma de muestra.</p>	<p>tratamientos enfermedades, anestésicos, enfermedades, pobre calidad del agua, ruido, interacción social, hacinamiento.</p>	<p>Anras y Lagardere (2004)</p>	<p>France</p>
<p><b>Cortisol en escamas</b> Aplicable en peces con escamas elasmoides.</p>	<p>Respuesta al estrés</p>	<p>Aerts, Metz et al. (2015)</p>	<p>Países Bajos</p>
<p><b>Cortisol en filamentos de branquias</b> <i>Ventajas:</i> rápido y fácil de usar en peces grandes. Indicador confiable de la cortisolemia general del pez.</p>	<p>Respuesta de estrés</p>	<p>Gesto et al. (2015)</p>	<p>España</p>
<p><b>Cortisol en mucus de piel, contenido intestinal, músculo lateral, aleta caudal.</b> <i>Desventajas:</i> métodos semi-invasivos</p>	<p>Estrés durante el transporte</p>	<p>Bertotto et al. (2010)</p>	<p>Italia</p>
<p><b>Cortisol en agua</b> <i>Ventaja:</i> No invasivo, <i>Desventajas:</i> se pierde la información correspondiente a la variación individual de los peces presentes en un mismo estanque. *Para poder calcular la <b>tasa de cortisol liberado</b> se requiere información sobre biomasa, flujo de agua y volumen del estanque. No es adecuado para medir estrés crónico.</p>	<p>Respuesta de estrés Estrés psicológico y estado afectivo</p>	<p>Scott and Ellis (2007) Ellis et al. (2012)</p>	<p>Reino Unido</p>
<p><b>Cortisol en heces</b> <i>Ventaja:</i> No invasivo. <i>Desventaja:</i> No es adecuado para medir estrés crónico</p>	<p>Respuesta de estrés</p>	<p>Cao et al. (2017) Sundh et al. (2010)</p>	<p>Noruega</p>
<p><b>Integridad y funcionamiento de la barrera intestinal</b> Respuesta secundaria de estrés. Medido en post smolts. Potencial indicador de estrés crónico bajo condiciones experimentales. Aumenta el riesgo de inflamación crónica intestinal y la susceptibilidad a enfermedades.</p>	<p>Exposición por largos periodos a niveles bajos y fluctuantes de oxígeno disuelto, bajo flujo de agua, alta Tº del agua.</p>	<p>Sundh et al. (2010)</p>	<p>Noruega</p>

BASADOS EN EL ANIMAL	PRODUCTIVOS	<p><b>Medición de nonapéptidos</b> sintetizados en hipotálamo, vasotocina (AVT) e isotocina (IT). Forma indirecta de medir el nivel de agresión</p>	Estrés, conducta agresiva	Martins et al. (2012)	Portugal
		<p><b>Nutrición</b> -Deformaciones en la columna vertebral (falta de fósforo en la dieta). -Hígado graso -Alteración en la absorción y digestión del alimento.</p> <p><b>Densidad de cultivo</b> Peso de los peces por unidad de volumen de agua (kg/m<sup>3</sup>). Factor dinámico, ya que en cualquier punto en el tiempo puede cambiar su valor según crezcan o disminuyan de peso los peces.</p> <p><b>Índices productivos</b> -Disminución de la tasa de crecimiento -Disminución de la Tasa de conversión del alimento -Aumento de mortalidad -Disminución de la ingesta -Aumento de la susceptibilidad a enfermedades (Indicador asociado a otros: alteraciones en el nado, aumento de la agresividad.</p>	<p>Deficiencias en dietas, en especial vitaminas y minerales. Ayunos prolongados e toro a procedimientos productivos Dietas rancias Pobre bienestar.</p> <p>Problemas en la calidad del agua, velocidad de flujo de agua de entrada y métodos de alimentación. Altas densidades producen el deterioro de la calidad del agua. Aumento de la competencia entre animales. Estrés crónico. Inadecuadas estrategias de alimentación, inadecuado horario de alimentación. Altas densidades Hipoxia</p>	<p>Johansen et al. (2006) Hastein (2004) Ashley (2007) Baldwin (2010) Noble et al. (2018) Cañón et al. (2010) Revisado por Ashley (2007) Lopez-Olmeda et al.( 2012) Pellón et al. (2016) Revisado por Martins et al. (2012)</p>	<p>Noruega Noruega Reino Unido Noruega Chile Reino Unido España Chile Portugal</p>
BASADOS EN EL AMBIENTE	FOTOPERÍODO	<p>-Aumento de susceptibilidad a patógenos -Baja mineralización ósea. -Deformidades esqueléticas en smolt menores de un año - Alto nivel de agresión. - Fotólisis, cataratas, ceguera.</p>	<p>Inadecuado manejo del fotoperíodo artificial, incorrecta dosificación de la luz.</p>	<p>Ashley (2007) Noble et al. (2018)</p>	<p>Reino Unido Noruega</p>

CALIDAD DEL AGUA	<b>Nivel de oxígeno</b>	Hipoxia	Ashley 2007(J)	Reino Unido
	-Aumento de la incidencia de enfermedades			
	-Reducción en el factor de condición	Hiperoxia	Johansen et al. (2006)	Noruega
	-Aumento de erosión de las aletas y branquias	Incremento CO <sub>2</sub> , disminución pH	Stefansson (2009)	Noruega
	-Reducción en el crecimiento			
-Aumento frecuencia respiratoria	Amoniaco, niveles de 25-300 µg/l			
-Aumento de la mortalidad	causan aumento de la mortalidad en salmones.	Stien (2013)	Noruega	
<b>Tº del agua</b>				
Puede aumentar el metabolismo, el nivel de estrés, la actividad física y apetito, lo que a su vez aumenta la demanda de oxígeno.	Aumento de la temperatura disminuye la solubilidad del oxígeno, afectando la capacidad de la hemoglobina para unirse al oxígeno.	EFSA (2008)	EU	

### 6.3.2.- IOBs utilizados en los países productores de salmón.

La información recopilada se llevó a tablas para graficar sus similitudes y diferencias. Como se observa en la tabla 65, Noruega es el país con mayor número de estudios al respecto y el cual incorpora en sus protocolos de evaluación indicadores tanto basados en el animal (directos), como basados en el ambiente y los recursos (indirectos), seguido de Reino Unido. Para Chile se incorporaron los indicadores operacionales de bienestar (IOBs) declarados por los piscicultores en las encuestas aplicadas, los cuales principalmente se basan en algunos aspectos del cuerpo del pez (aletas, opérculo y espina dorsal), otros son productivos (densidad) y la mayoría están relacionados con la calidad del agua.

**Tabla 65.** Indicadores Operacionales de Bienestar animal (IOBs) identificados por país.

IOBs		Noruega	USA	Reino Unido	Canadá	Suecia	España	Italia	Dinamarca	Países Bajos	Francia	Grecia	Portugal	Brasil	Chile encuestas *
DIRECTOS	Daño ojos	X	X												
	Boca	X		X											
	Corazón	X			X										
	Aletas	X				X									X
	Piel	X	X				X		X						
	Opérculo/branquias	X													X
	Espina dorsal	X										X			X
	Comportamiento normal	X	X										X	X	
	Estereotipias	X		X			X		X		X		X		X
	Cortisol	X		X			X	X		X			X		
	Barrera intestinal	X													
	Nutrición	X													
	Densidad	X		X											X
	Indice productivos	X		X			X						X		X
INDIRECTOS	Fotoperiodo	X		X											
	Calidad de agua	X		X		X	X	X	X	X	X	X	X		X

\* Proyecto FIP N° 2017-29

### 6.3.3.- IOBs utilizados en Chile

Además de la revisión bibliográfica, se analizaron los datos generados de las encuestas aplicadas (n=60) y se tabuló la información. A continuación, se presentan sólo los resultados de las preguntas en relación con el uso de protocolos de bienestar animal y de indicadores operacionales de bienestar animal.

#### a.- “¿Cuentan con protocolos de bienestar animal?”

De un total de 60 encuestas un 51,17% manifiesta que cuentan con protocolos de bienestar animal en su piscicultura, en tanto que el 30% no cuenta con protocolos, y un 18,33% no responde.

Además, se les solicitó describir el contenido temático de los “protocolos de bienestar animal” (ver en tablas como descripción protocolo). Los resultados se presentan en las tablas 66a - 66e ordenados de acuerdo al sistema de circulación de agua y a la etapa productiva de los peces. Como se observa en las tablas, llama la atención que los encuestados incluyen como “protocolos de bienestar animal” aquellos relacionados con control de predadores, bioterrorismo, e inocuidad entre otros. Las pisciculturas de flujo abierto (FA) son las que, si cuentan con protocolos de bienestar animal, y además tienen protocolos específicos para la vacunación.

**Tabla 66a.** Protocolos declarados en Pisciculturas de Recirculación (RAS).

Tipo de piscicultura	Descripción protocolo	Etapas productivas
RAS	Necropsias Evaluación del grado de daño opercular Muestreo de peso Evaluación del índice de condición	Alevinaje
RAS	Procedimiento para muestreo biológico	Todas
RAS	Manual salud	Todas

**Tabla 66b.-** Protocolos declarados en Pisciculturas de Flujo Abierto (FA )

<b>Tipo de piscicultura</b>	<b>Descripción protocolo</b>	<b>Etapas productivas</b>
FA	Matriz de riesgo en salud y bienestar animal Calidad del agua	Todas
FA	Alimentación adecuada Control de enfermedades Densidades de cultivo y transporte Prevención del sufrimiento Bienestar en el manejo (vacunación, sexaje, selección) Bienestar al momento de la eliminación	Todas

**Tabla 66c.-**Protocolos declarados en Pisciculturas de Flujo Abierto/Recirculación (FA/RAS )

<b>Tipo de piscicultura</b>	<b>Descripción protocolo</b>	<b>Etapas productivas</b>
FA/RAS	Matriz de salud de peces Identificación y evaluación de aspectos e impactos sanitarios Bienestar animal Bioterrorismo e inocuidad	Todas

**Tabla 66d.-** Protocolos declarados en Piscicultura Recirculación y Reutilización (RAS/REU)

<b>Tipo de piscicultura</b>	<b>Descripción protocolo</b>	<b>Etapas productivas</b>
RAS/REU	Manual de salud	Todas

**Tabla 66e.-** Protocolos declarados en Jaulas, agua dulce

<b>Tipo de piscicultura</b>	<b>Descripción protocolo</b>	<b>Etapas productivas</b>
JAUAS	Calidad de agua Control de enfermedades Densidad de cultivo Prevención de enfermedades Control predadores Manejo de peces y muestreo Bienestar transporte Bienestar al momento de la eliminación	Smolt



**b.- “¿Utilizan indicadores operacionales para evaluar el bienestar animal (IOBs) en el plantel de cultivo? Si la respuesta es afirmativa, indique cuáles y la etapa productiva”.**

De un total de 48 (80%) encuestados que respondieron a esta pregunta, 30 (62,5%) expresaron no utilizar IOBs para el bienestar animal, en tanto que 37,5% respondieron afirmativamente. En la tabla 67 se presentan los 13 IOBs declarados por las pisciculturas encuestadas, de los cuales dos son productivos y corresponden a mortalidad y tasa de crecimiento; cuatro son directos, basados en el animal (signos clínicos, evaluación del opérculo, factor de condición y estado de esmoltificación) y los seis restantes son indirectos, basados en el ambiente (densidad, calidad de agua, oxígeno, pH, temperatura, tasa de recambio y flujo de agua).

La densidad de cultivo y la calidad del agua son utilizados en las pisciculturas RAS y RAS/FA en todas las etapas de cultivo. En tanto que la mortalidad y la tasa de crecimiento son utilizados en pisciculturas RAS y FA. Los IOBs directos sólo son mencionados en los sistemas FA en todas las etapas de cultivo. Los sistemas RAS focalizan sus mediciones en la etapa de “alevín” (8 IOBs), en tanto que los sistemas FA utilizan los mismos indicadores para las tres etapas (alevín, smolt, reproductores).

**Tabla 67.** IOBs declarados en las encuestas, de acuerdo al tipo de piscicultura y etapa de desarrollo de los peces en cultivo (n=26).

IOBs utilizados	Etapa											
	Alevín				Smolt				Reproductores			
	FA	RAS	REU	MIX	FA	RAS	REU	MIX	FA	RAS	REU	MIX
Mortalidad (%)	x				x					x		
tasa crecimiento	x				x					x		
Signos clínicos (cardumen)	x				x					x		
Evaluación												
– Opérculo			x				x					x
– Factor de condición			x				x					x
– Estado de esmoltificación							x					
Densidad de cultivo	x	x		x	x	x		x	x	x	x	
Oxígeno	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	
pH	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	
Temperatura	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	
tasa recambio /flujo agua	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	

\* FA piscicultura flujo abierto, RAS piscicultura recirculación, REU pisciculturu de reúso y MIX piscicultura combinada

**c.- “Indique los parámetros ambientales que controla en su piscicultura”**

En la tabla 27 se observa que son numerosos los parámetros ambientales que se miden actualmente en las pisciculturas de Chile. Estos parámetros tienen relevancia para el bienestar de los peces y podrían ser utilizados como IOBs. Si se identificara un problema de bienestar en una piscicultura, midiendo estos indicadores, se podría determinar la severidad, duración y número de individuos que pueden verse afectados (Ej. oxígeno disuelto). Los sistemas FA y RAS son los que cuentan con el monitoreo de mayor número de variables asociadas a la calidad del agua (20 y 24 respectivamente). En tanto que los sistemas REU son los que realizan menos mediciones de las variables ambientales (sólo 9).

**d.- “Indique el rango de mortalidad para las distintas etapas de cultivo y por especie”.**

En la figura 11 se presenta la mortalidad reportada para reproductores, registrándose la mayor mortalidad para salmón coho (10,2%) y la menor para salmón del Atlántico (5%), con una mayor dispersión. En la figura 20 se presenta la mortalidad reportada para la etapa de incubación de ova verde, registrándose una media de 18% para salmón coho; 22% para salmón del Atlántico y 24% para trucha arcoiris. De acuerdo a lo señalado por los encuestados, en esta etapa se realiza descarte de las ovas NO viables, de manera tal de minimizar las pérdidas en las siguientes etapas. En la figura 21 se presenta la mortalidad media de ova con ojos, la cual es del 10% para salmón del Atlántico y trucha arcoiris y 6% para salmón coho. En la figura 24 se presenta la mortalidad en la etapa de alevinaje y smoltificación, registrándose 22% de mortalidad para salmón de Atlántico; 18% para trucha arcoiris y 14% para salmón coho. Parte importante de la mortalidad declarada para esta etapa está constituida por la eliminación de ejemplares en los procesos de vacunación y sexaje, y también en las operaciones de graduación, en donde se eliminan las colas de selección (ejemplares pequeños). Esto, con la finalidad de trasladar a los mejores ejemplares al mar. Para salmón del Atlántico se registró la menor mortalidad en sistemas RAS (Fig. 25).

**e. “¿Cuenta con capacitación en bienestar animal, y en buenas prácticas de cultivo?”**

La RSPCA recomienda implementar programa de capacitación en bienestar de los peces, contenido en un Plan Veterinario de Sanidad y Bienestar. El que debiera incluir procedimientos para identificar y monitorear las necesidades de entrenamiento para nuevo

personal y un sistema de registro de requerimientos de entrenamiento, provisión y rendimiento.

En las encuestas se consultó si se contaba con capacitación en bienestar animal. Más del 83,3% respondió tener capacitación en Bienestar Animal; un 81,7% declaró contar con capacitación en buenas prácticas de cultivo, y el 60% señaló contar con profesionales a cargo del bienestar animal (Tabla 68).

**Tabla 68.** Capacitación en bienestar animal y buenas prácticas de cultivo reportadas en pisciculturas en Chile a través de encuesta (n=60).

<b>Cuenta con:</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>NO CONTESTA</b>
Profesionales especializados en bienestar animal	36 (60.0%)	18 (30.0%)	6 (10.0%)
Capacitación en buenas prácticas de cultivo	49 (81,7%)	7 (11,7%)	4 (6,7%)
Capacitación en bienestar animal	50 (83,3%)	5 (8,3%)	5 (8,3%)

#### **6.3.4.- Identificación y selección de potenciales IOBs.**

Se consideraron 39 potenciales indicadores operacionales de bienestar animal, los cuales fueron agrupados en ambientales, productivos y del pez, los que se presentan en la tabla 68. El listado de potenciales IOBs fue presentado a integrantes de la Industria Salmonera de Chile y de la academia, siguiendo la metodología de “**Taller de Expertos**” a través de dos rondas de opinión.

**Primera ronda:** los expertos recibieron una capacitación acerca del uso de la metodología. A continuación, los expertos debían seleccionar los IOBs para salmónidos cultivados en agua dulce, de acuerdo a tres parámetros: bienestar animal, factibilidad de aplicarlo y costo de aplicación. Si había algún IOBs que no estaba en la lista y que ellos consideraban relevante debían agregarlo (como “otros”).

**Segunda ronda:** los expertos debían otorgar un valor óptimo mínimo, más probable y máximo a cada indicador. La metodología seguida se explica en detalle en el **Objetivo 3**. Los 16 IOBs

que obtuvieron más consenso por los expertos se presentan en la tabla 70, los que incluyen 7 indicadores del ambiente, 3 productivos y 6 medidos en el pez.

**Tabla 69.** Potenciales indicadores de bienestar animal presentados en el Taller de Expertos.

<b>Del Ambiente</b>	<b>Productivos</b>	<b>Del Pez</b>
Temperatura	Fotoperíodo	Comportamiento pez
Oxígeno	Densidad cultivo	Apetito
CO <sub>2</sub>	Número peces/m <sup>3</sup>	Tasa Crecimiento
pH	Uso de ozono	Conversión de alimento
Alcalinidad	Espuma en el agua	Actividad en la superficie
Amonio	Mortalidad%	Daño opérculo
Nitrito	Eliminación	Cambios coloración del cuerpo
Nitrato	Número de Brotes	Factor de condición
Sólidos totales en suspensión		Grado de Smoltificación
Flujo y recambio de agua		Deformidad espina dorsal
		Pérdida de escamas
		Daño y estado aleta
		Daño y estado piel
		Daño y estado hocico
		Daño y estado ocular
		Trauma por manipulación
		Daños por vacunación
		<i>Fisiológicos:</i> iones, glucosa lactato y pH sangre.
		Cortisol plasmático, cortisol en escamas

**Tabla 70.** IOBs seleccionados por los expertos y presentados en base a su consenso.

<b>Del ambiente</b>	<b>Productivos</b>	<b>Del Pez</b>
Temperatura	Densidad del cultivo	Trauma por manipulación
Oxígeno	Número peces/m <sup>3</sup>	Grado de Smoltificación
CO <sub>2</sub>	Mortalidad %	Comportamiento pez
pH		Daño y estado aletas
Alcalinidad		Factor de condición
Amonio		Daño por vacunación
Nitrito		
<i>Otros IOBs mencionados por los expertos: TAN, Nitrato, salinidad, Sólidos totales en suspensión caudal de agua, velocidad de flujo, nivel de aluminio, cobre, hierro</i>		<i>Otros IOBs mencionados por los expertos: daño ocular, piel, hocico, opérculo, deformidades.</i>

### 6.3.5.- Incorporación de los IOBs al Protocolo de evaluación de Bienestar Animal

Los IOBs seleccionados por los expertos fueron incorporados en un protocolo de tipo descriptivo. Para la elaboración del protocolo se tuvieron en consideración las condiciones propuestas por Botreau et al. (2007), quienes señalan que el instrumento a aplicar debe ser exhaustivo y mínimo, conteniendo todo punto de vista importante sólo criterios necesarios. El conjunto de criterios fue aprobado por los interesados y considerado como una base sólida para implementar una evaluación práctica. El protocolo contiene criterios fáciles de comprender por los evaluadores y está compuesto por un número limitado de indicadores. Los indicadores operacionales seleccionados fueron agrupados en: basados en el ambiente, productivos, y basado en el pez.

Se contó con la colaboración del Dr. Chris Noble quien autorizó el acceso y uso del material visual de su autoría, correspondientes a scores para daño de aleta, ojo, boca, lesiones piel y daño por vacunación (Noble et al, 2018). En el **Anexo V** se adjunta la planillas utilizadas en terreno tanto para evaluación grupal como individual y el protocolo para la evaluación de los IOBs en agua dulce.

### **6.3.6.- Validación del Protocolo con los IOBs**

Para validar el protocolo se llevó a cabo un muestreo aleatorio estratificado por tipo de piscicultura, de un total de 60 que habían participado de las encuestas. Se estimó en 15 el número mínimo de pisciculturas necesarias para detectar una sensibilidad del 99%, un error del 5% y un intervalo de confianza del 95%. De esta manera, se procedió a validar el protocolo en 16 pisciculturas del sur de Chile. En la tabla 71 se presenta el tipo de piscicultura y la/s etapa/s de producción que en ella se desarrolla/n.

**Tabla 71.** Pisciculturas evaluadas, de acuerdo al tipo y etapa de desarrollo, utilizando el protocolo de IOBs (n=16).

Código Piscicultura	Tipo/s de sistema/s	Etapa/s productiva/s que desarrolla
A	REU	esmoltificación
B	RAS	incubación
	RAS	alevinaje
	RAS	pre-esmoltificación
	RAS	esmoltificación
C	RAS	alevinaje
	RAS	pre-esmoltificación
D	RAS	esmoltificación
E	RAS	incubación
	RAS	alevinaje
	RAS	esmoltificación
F	Jaulas	esmoltificación
G	RAS	alevinaje
H	REU	alevinaje
	REU	pre-esmoltificación
I	FA	incubación
	FA	esmoltificación
J	FA	incubación
	RAS	alevinaje
K	Jaulas	esmoltificación
L	Jaulas	esmoltificación
M	RAS	alevinaje
	RAS	esmoltificación
N	FA	incubación
Ñ	FA	alevinaje
	REU	esmoltificación
O	FA	alevinaje
	FA	esmoltificación

La información presentada en la tabla 71 muestra que varias pisciculturas desarrollan más de una etapa productiva en sus centros, por lo que el protocolo fue aplicado en 28 ocasiones. De las 16 pisciculturas evaluadas, 5 desarrollan la etapa “incubación” siendo el 60% sistemas de

tipo FA y 40% de tipo RAS. En cuanto a la etapa “alevinaje”, de las 9 pisciculturas visitadas, la mayoría (66.7%) fueron de tipo RAS y el 33.3% sistemas FA y REU (22.2% y 11.1% respectivamente). Tres pisciculturas desarrollan la etapa “pre-smoltificación” siendo 66.7% RAS y 33.3% REU. Por último, las pisciculturas que llevaban a cabo la etapa “esmoltificación” fueron las más numerosas (11), correspondiendo el 36.4% a sistemas de tipo RAS, jaulas 27.3%, 18.2% FA y 18.2% REU.

#### **6.3.6.1.- Frecuencia de medición de los IOBs observada en terreno**

En la tabla 72 se presentan los IOBs medidos en la etapa de incubación en sistemas FA; en la tabla 73 para los sistemas RAS; en la tabla 74 para la etapa de alevinaje en sistemas RAS, y en la tabla 75 para la etapa de esmoltificación en sistemas RAS.

En las tablas 72-75 se observa que los IOBs oxígeno disuelto y temperatura del agua son los parámetros medidos en forma continua en todos los sistemas y cuyo valor está disponible “en línea”. El caudal de agua es medido diariamente en todos los sistemas y etapas productivas. En tanto que el CO<sub>2</sub>, la alcalinidad, nitrato, sólidos totales en suspensión, aluminio e hierro, son medidos en forma semanal o eventualmente, dependiendo de las características de la fuente de agua.



**Tabla 72.** Frecuencia de medición de IOBs basados en la calidad del agua en pisciculturas con sistema de flujo abierto (FA) en la etapa de incubación (n=3).

SISTEMAS RAS - INCUBACIÓN									
IOBs	Frecuencia de medición								
	n (%)								
	<i>No se mide</i>	<i>En línea</i>	<i>c/hora</i>	<i>c/2 horas</i>	<i>1/día</i>	<i>semanal</i>	<i>quincenal</i>	<i>mensual</i>	<i>eventual</i>
Oxígeno (mg/L)		2(100.0)							
Temperatura °C		2(100.0)							
CO <sub>2</sub>	1(50.0)							1(50.0)	
pH		2(100.0)							
Alcalinidad(CaCO <sub>3</sub> )						2(100.0)			
Amonio no disociado (mg/L)	2(100.0)								
Amonio	1(50.0)				1(50.0)				
Nitrito (mg/L)					2(100.0)				
<b>Otros IOBs</b>									
Nitrógeno (TAN) (mg/L)	1(50.0)				1(50.0)				
Nitrato (mg/L)	1(50.0)					1(50.0)			
Salinidad ppt	1(50.0)				1(50.0)				
Sólidos tot. suspendidos	1(50.0)						1(50.0)		
Aluminio (mg/L)	1(50.0)					1(50.0)			
Cobre	2(100.0)								
Hierro	2(100.0)								
Velocidad flujo agua	2(100.0)								
Caudal (L/seg)					2(100.0)				

**Tabla 73.** Frecuencia de medición de IOBs basados en la calidad del agua en pisciculturas con sistema de recirculación (RAS) en la etapa de incubación (n=2).

<b>SISTEMAS RAS - ALEVINAJE</b>									
<b>IOBs seleccionados</b>	<b>Frecuencia de medición n (%)</b>								
	<i>No se mide</i>	<i>En línea</i>	<i>c/2 hora</i>	<i>1/día</i>	<i>3/día</i>	<i>semanal</i>	<i>quincenal</i>	<i>mensual</i>	<i>eventual</i>
Oxígeno (mg/L)		5(62.5)	1(12.5)		2(25.0)				
Temperatura °C		7(87.5)	1(12.5)						
CO <sub>2</sub>	4(50.0)			4(50.0)					
pH		7(87.5)		1(12.5)					
Alcalinidad(CaCO <sub>3</sub> )				3(37.5)		5(62.5)			
Amonio no disociado (mg/L)	7(87.5)			1(12.5)					
Amonio	1(12.5)			6(75.0)	1(12.5)				
Nitrito (mg/L)				7(87.5)	1(12.5)				
<b>Otros IOBs</b>									
Nitrógeno (TAN) (mg/L)	6(75.0)			1(12.5)	1(12.5)				
Nitrato (mg/L)	1(12.5)			3(37.5)		4(50.0)			
Salinidad ppt	1(12.5)	3(37.5)		3(37.5)	1(12.5)				
Sólidos tot. suspendidos	5(62.5)						2(25.0)		1(12.5)
Aluminio (mg/L)	1(12.5)				1(12.5)	2(25.0)	2(25.0)	2(25.0)	
Cobre	8(100.0)								
Hierro	2(25.0)					2(25.0)	2(25.0)	2(25.0)	
Velocidad flujo agua	7(87.5)								
Caudal (L/seg)				8(100.0)					

**Tabla 74.** Frecuencia de medición de IOBs basados en la calidad del agua en pisciculturas con sistema de recirculación (RAS) en la etapa de alevinaje (n=8).

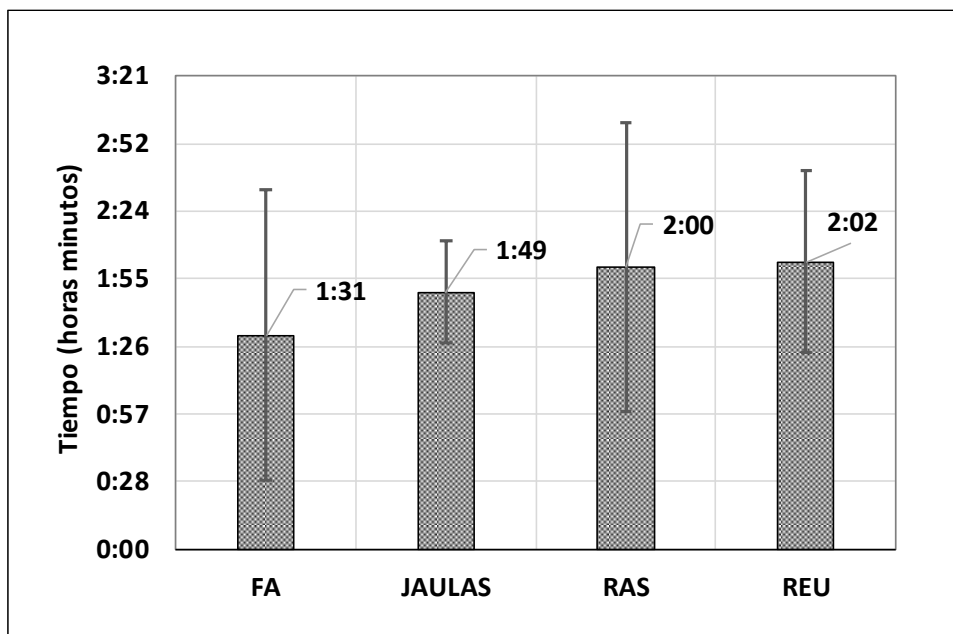
<b>SISTEMAS RAS - ALEVINAJE</b>									
<b>IOBs seleccionados</b>	<b>Frecuencia de medición n (%)</b>								
	<i>No se mide</i>	<i>En línea</i>	<i>c/2 hora</i>	<i>1/día</i>	<i>3/día</i>	<i>semanal</i>	<i>quincenal</i>	<i>mensual</i>	<i>eventual</i>
Oxígeno (mg/L)		5(62.5)	1(12.5)		2(25.0)				
Temperatura °C		7(87.5)	1(12.5)						
CO <sub>2</sub>	4(50.0)			4(50.0)					
pH		7(87.5)		1(12.5)					
Alcalinidad(CaCO <sub>3</sub> )				3(37.5)		5(62.5)			
Amonio no disociado (mg/L)	7(87.5)			1(12.5)					
Amonio	1(12.5)			6(75.0)	1(12.5)				
Nitrito (mg/L)				7(87.5)	1(12.5)				
<b>Otros IOBs</b>									
Nitrógeno (TAN) (mg/L)	6(75.0)			1(12.5)	1(12.5)				
Nitrato (mg/L)	1(12.5)			3(37.5)		4(50.0)			
Salinidad ppt	1(12.5)	3(37.5)		3(37.5)	1(12.5)				
Sólidos tot. suspendidos	5(62.5)						2(25.0)		1(12.5)
Aluminio (mg/L)	1(12.5)				1(12.5)	2(25.0)	2(25.0)	2(25.0)	
Cobre	8(100.0)								
Hierro	2(25.0)					2(25.0)	2(25.0)	2(25.0)	
Velocidad flujo agua	7(87.5)								
Caudal (L/seg)				8(100.0)					

**Tabla 75.** Frecuencia de medición de IOBs basados en la calidad del agua en pisciculturas con sistema de recirculación (RAS) en la etapa de Esmoltificación (n=4).

SISTEMAS RAS - SMOLTIFICACION										
IOBs	Frecuencia de medición n (%)									
	<i>No se mide</i>	<i>En línea</i>	<i>c/hora</i>	<i>1/día</i>	<i>2/día</i>	<i>3/día</i>	<i>semanal</i>	<i>quincenal</i>	<i>mensual</i>	<i>eventual</i>
Oxígeno (mg/L)		4(100.0)								
Temperatura °C		4(100.0)								
CO <sub>2</sub>				1(25.0)			3(75.0)			
pH		4(100.0)								
Alcalinidad(CaCO <sub>3</sub> )							4(100.0)			
Amonio no disociado (mg/L)	1(25.0)			3(75.0)						
Amonio (mg/L)	1(25.0)			3(75.0)						
Nitrito (mg/L)				4 (100.0)						
<b>Otros IOBs</b>										
Nitrógeno (TAN) (mg/L)	3(75.0)			1(25.0)						
Nitrato (mg/L)							4(100.0)			
Salinidad ppt		1(25.0)		3(75.0)						
Sólidos tot. suspendidos	1(25.0)							2(50.0)		1(25.0)
Aluminio (mg/L)									2(50.0)	2(50.0)
Cobre	2(50.0)						2(50.0)			
Hierro	2(50.0)								2(50.0)	
Velocidad flujo agua	3(75.0)								1(25.0)	
Caudal (L/seg)		4(100.0)								
Tasa de recambio			4(100.0)							

### 6.3.6.2.- Tiempo empleado para la aplicación del protocolo con los IOBs.

En promedio se emplearon 1 hora 50 min (mínimo 0:40h- máximo 3:20h) para realizar la evaluación del bienestar animal empleando los IOBs propuestos incluidos en el protocolo (Tabla 76). El tiempo de la evaluación varía con el número de etapas de producción que hay que evaluar (Fig. 41).



**Figura 41.** Tiempo (media  $\pm$  DS) empleado en la validación del protocolo con IOBs seleccionados por el panel de expertos.

### 6.3.6.3.- Resultados de la validación del protocolo con los IOBs seleccionados

Los IOBs seleccionados fueron incorporados en un protocolo de tipo descriptivo, el cual fue aplicado en 16 pisciculturas de la Región de Los Lagos. Los resultados obtenidos se presentan en los puntos 6.3.6.3.1- 6.3.6.3.5, donde se indica la siguiente información: tipo de indicador (directo o indirecto); IOBs; forma de medición; etapa productiva (incubación, alevinaje, pre-esmoltificación, esmoltificación); especie salmonídea (salmón coho; salmón del Atlántico; trucha arcoíris); sistema de cultivo (FA, RAS, REU, jaula); número de unidades muestreadas); valor mínimo, promedio y máximo observado; y valor recomendado o aceptable. Además de los IOBs seleccionados por los expertos, fue

posible medir otros indicadores también señalados por los expertos pero que obtuvieron menor consenso, los cuales se indican como “otros indicadores operacionales indirectos/directos medidos”. Los IOBs medidos se presentan en la Tabla 76.

**Tabla 76.** IOBs indirectos y directos identificados.

<b>IOBs INDIRECTOS</b>	<b>IOBs DIRECTOS</b>
<p><b>Calidad de agua</b>            1. Oxígeno (saturado, % y disuelto, mg/L)            2. Temperatura (°C)            3. CO<sub>2</sub> (mg/L)            4. pH            5. Alcalinidad (mg/L)            6. Amonio (mg/L)            7. Nitrito (mg/L)</p> <p><b>Otros IOBs indirectos</b>            8. Nitrógeno amoniacal total (TAN, mg/L)            9. Nitrato (mg/L)            10. Salinidad (mg/L)            11. Aluminio (mg/L)            12. Cobre (mg/L)            13. Caudal de agua (L/s) y tasa de cambio (cambio/h)</p> <p><b>Productivos</b>            14. Densidad del cultivo (kg/m<sup>3</sup>)            15. Mortalidad (%)</p>	<p><b>Del pez</b>            16. Grado de smoltificación (score 1-5)            17. Factor de condición (gramos x cm/100)            18. Trauma por manipulación: Daño ocular (1-5)            19. Daño hocico (1-5)            20. Daño opérculo (1-5)            21. Daño aleta: aleta caudal (1-5)            22. Daño aleta dorsal (1-5)            23. Daño aleta pectoral (1-5)            24. Daño aleta pélvica (1-5)            25. Adherencias por vacunación (1-6)</p> <p><b>Otros IOBs directos</b>            26. Daño por saprolegnia            27. Daño por flavobacteria            28. Deformidades (0-1)            29. Pérdida de escamas (si/no)            30. Comportamiento (cualitativo)</p>

### 6.3.6.3.1.-INDICADORES OPERACIONALES INDIRECTOS

#### 1. OXÍGENO SATURADO (%)

Forma de medición: en línea

Etapa	Especie	Sistema	n	Valor observado			Valor recomendado (RSPCA, 2018)
				Mín.	Promedio	Máx.	
Incubación	Salar	RAS	1	105.0	105.0	105.0	≥90%
Alevinaje	Salar	RAS	4	94.2	98.8	106.0	≥90%
Pre-smoltificación (parr)	Salar	RAS	1	93.0	93.0	93.0	≥70%
Esmoltificación (smolt)	Salar	FA	3	99.0	105.3	110.0	≥70%
	Salar	RAS	3	87.0	91.7	94.0	

#### OXÍGENO DISUELTO (mg/L)

Forma de medición: en línea

Etapa	Especie	Sistema	n	Valor observado			Valor recomendado (RSPCA, 2018)
				Mín.	Promedio	Máx.	
Incubación	Coho	FA	1	9.8	9.8	9.8	≥7mg/L
	Salar	FA	4	7.5	8.5	9.5	
	Salar	RAS	2	9.5	9.9	10.3	
Alevinaje	Salar	FA	3	8.0	9.6	11.2	≥7mg/L
	Salar	RAS	6	8.5	9.8	12.1	
	Salar	REU	2	10.3	10.5	10.7	
Pre-smoltificación (parr)	Salar	RAS	1	10.5	10.5	10.5	≥7mg/L
Esmoltificación (smolt)	Salar/Coho	RAS	2	9.3	9.3	9.3	≥7mg/L
	Trucha	Jaulas	1	7.0	7.0	7.0	

#### 2. TEMPERATURA (°C)

Forma de medición: en línea

Etapa	Especie	Sistema	n	Valor observado			Valor recomendado
				Mín.	Promedio	Máx.	
Incubación	Coho	FA	1	10.0	10.0	10.0	>4 <8°C
	Salar	FA	2	5.0	6.35	7.7	
	Salar	RAS	2	7.0	7.65	8.3	
Alevinaje	Salar	FA	3	12.8	14.6	17.9	≤10°C
	Salar	RAS	8	7.8	14.6	17.1	
	Salar	REU	2	17.0	17.2	17.3	
Pre-smoltificación (parr)	Salar	RAS	2	15.3	15.4	15.5	≤14°C

<b>Esmoltificación (smolt)</b>	<i>Coho</i>	FA	1	17.9	17.9	17.9	>7 <14°C
	<i>Coho</i>	Jaulas	2	14.5	16.0	17.9	
	<i>Salar</i>	FA	3	9.6	9.6	9.6	
	<i>Salar</i>	RAS	4	13.4	14.4	16.3	
	<i>Salar</i>	REU	2	9.6	11.2	12.8	
	<i>Salar/Coho</i>	RAS	2	12.6	12.6	12.6	
	<i>Trucha</i>	Jaulas	1	15.2	15.2	15.2	

### 3. CO<sub>2</sub> (mg/L)

Forma de medición: en línea

<b>Etapa</b>	<b>Especie</b>	<b>Sistema</b>	<b>n</b>	<b>Valor observado</b>			<b>Valor recomendado</b>
				<b>Mín.</b>	<b>Promedio</b>	<b>Máx.</b>	<i>(RSPCA, 2018)</i>
<b>Incubación</b>	<i>Coho</i>	FA	1	4.0	4.0	4.0	≤6mg/L
	<i>Salar</i>	RAS	1	1.0	1.0	1.0	
<b>Alevinaje</b>	<i>Salar</i>	FA	2	0.1	3.5	7.0	≤15mg/L
	<i>Salar</i>	RAS	7	5.0	9.1	15.0	
	<i>Salar</i>	REU	1	7.5	7.5	7.5	
<b>Pre-smoltificación (parr)</b>	<i>Salar</i>	RAS	2	15.9	16.0	16.0	≤15mg/L
<b>Esmoltificación (smolt)</b>	<i>Coho</i>	FA	1	0.1	0.1	0.1	≤17mg/L
	<i>Salar</i>	RAS	3	12.0	12.5	13.0	
	<i>Salar/Coho</i>	RAS	2	15.8	16.2	16.6	

### 4. pH

Forma de medición: en línea

<b>Etapa</b>	<b>Especie</b>	<b>Sistema</b>	<b>n</b>	<b>Valor observado</b>			<b>Valor recomendado</b>
				<b>Mín.</b>	<b>Promedio</b>	<b>Máx.</b>	<i>(RSPCA, 2018)</i>
<b>Incubación</b>	<i>Coho</i>	FA	1	7.4	7.4	7.4	>5.5 <8.0
	<i>Salar</i>	FA	1	7.4	7.4	7.4	
	<i>Salar</i>	RAS	2	7.4	7.6	7.8	
<b>Alevinaje</b>	<i>Salar</i>	FA	3	6.8	7.3	8.0	
	<i>Salar</i>	RAS	8	6.9	7.3	7.6	
	<i>Salar</i>	REU	1	7.2	7.2	7.2	
<b>Pre-smoltificación (parr)</b>	<i>Salar</i>	RAS	2	7.0	7.1	7.2	



<b>Esmoltificación (smolt)</b>	<i>Coho</i>	FA	1	8.0	8.0	8.0	
	<i>Salar</i>	RAS	4	7.0	7.2	7.3	
	<i>Salar</i>	REU	2	6.5	6.8	7.0	
	<i>Salar-Coho</i>	RAS	2	7.1	7.1	7.1	
	<i>Trucha</i>	Jaula	1	6.4	6.4	6.4	

## 5. ALCALINIDAD (mg/L)

Forma de medición: en línea

Etapa	Especie	Sistema	n	Valor observado			Valor recomendado
				Mín.	Promedio	Máx.	
<b>Incubación</b>	<i>Salar</i>	RAS	2	61.0	78.0	95.0	>50 <300 mg/L
<b>Alevinaje</b>	<i>Salar</i>	RAS	7	75.0	111.2	152.2	>50 <300 mg/L
	<i>Salar</i>	REU	1	110.0	110.0	110.0	
<b>Pre-smoltificación (parr)</b>	<i>Salar</i>	RAS	2	95.0	110.0	125.0	>50 <300 mg/L
<b>Esmoltificación (smolt)</b>	<i>Salar</i>	RAS	4	115.0	159.5	190.0	>50 <300 mg/L
	<i>Salar</i>	REU	1	80.0	80.0	80.0	
	<i>Salar/Coho</i>	RAS	2	128.9	136.5	144.0	

## 6. NH3 – AMONIO LIBRE (mg/L)

Forma de medición: en línea

Etapa	Especie	Sistema	n	Valor observado			Valor recomendado
				Mín.	Promedio	Máx.	
<b>Incubación</b>	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
<b>Alevinaje</b>	<i>Salar</i>	FA	1	0.001	0.001	0.001	≤0.025 mg/L
	<i>Salar</i>	RAS	7	0.0003	0.387	0.8	
<b>Pre-smoltificación (parr)</b>	<i>Salar</i>	RAS	1	0.41	0.41	0.41	≤0.025 mg/L
<b>Esmoltificación (smolt)</b>	<i>Salar/Coho</i>	RAS	2	1.08	1.19	1.3	≤0.025 mg/L

## 7. NITRITO (mg/L)

Forma de medición: en línea

Etapa	Especie	Sistema	n	Valor observado			Valor recomendado
				Mín.	Promedio	Máx.	
<b>Incubación</b>	<i>Salar</i>	RAS	2	0.29	0.37	0.45	≤0,1 mg/L
<b>Alevinaje</b>	<i>Salar</i>	RAS	8	0.02	12.77	75.00	≤0,1 mg/L
<b>Pre-smoltificación (parr)</b>	<i>Salar</i>	RAS	2	0.29	0.37	0.45	≤0,1 mg/L
<b>Esmoltificación (smolt)</b>	<i>Salar</i>	RAS	4	0.34	0.49	0.60	≤0,1 mg/L
	<i>Salar</i>	REU	1	0.01	0.01	0.01	

6.3.6.3.2.- OTROS IOBs INDIRECTOS MEDIDOS

8. NITRÓGENO AMONICAL TOTAL, TAN (mg/L)

Forma de medición: en línea

Etapa	Especie	Sistema	n	Valor observado			Valor recomendado
				Mín.	Promedio	Máx.	
Incubación	Salar	RAS	1	0.100	0.100	0.100	NA
Alevinaje	Salar	RAS	1	1.250	1.250	1.250	≤2 mg/L
Pre-smoltificación (parr)	Salar	RAS	1	0.800	0.800	0.800	≤2 mg/L
Esmoltificación (smolt)	Salar	RAS	1	0.001	0.001	0.001	≤2 mg/L

9. NITRATO (mg/L)

Forma de medición: en línea

Etapa	Especie	Sistema	n	Valor observado			Valor recomendado (RSPCA, 2018)
				Mín.	Promedio	Máx.	
Incubación	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Alevinaje	Salar	RAS	6	0.8	62.18	182.16	≤50 mg/L
Pre-smoltificación (parr)	Salar	RAS	1	91.1	91.1	91.1	≤150 mg/L
Esmoltificación (smolt)	Salar	RAS	4	30	81.25	160	≤150 mg/L
	Salar	REU	1	0.56	0.56	0.56	

10. SALINIDAD (ppm)

Forma de medición: en línea

Etapa	Especie	Sistema	n	Valor observado			Valor recomendado
				Mín.	Promedio	Máx.	
Incubación	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Alevinaje	Salar	RAS	7	0.1	1.52	4	≤10 ppm
Pre-smoltificación (parr)	Salar	RAS	2	3	3	3	≤10 ppm
Esmoltificación (smolt)	Salar	RAS	4	3	4.12	6	entre 20 -30 ppm
	Salar	REU	1	4	4	4	
	Salar/Coho	RAS	1	0.5	0.5	0.5	

11. ALUMINIO (mg/L)

Forma de medición: en línea

Etapa	Especie	Sistema	n	Valor observado			Valor recomendado
				Mín.	Promedio	Máx.	
Incubación	Salar	FA	1	0.00	0.00	0.00	≤5 ug/L
Alevinaje	Salar	RAS	2	0.023	0.027	0.03	≤5 ug/L

	<i>Salar</i>	REU	1	0.00	0.00	0.00	
<b>Pre-smoltificación (parr)</b>	<i>Salar</i>	RAS	1	0.02	0.02	0.02	≤5 ug/L
<b>Esmoltificación (smolt)</b>	<i>Sin información</i>						≤5 ug/L

## 12. COBRE (mg/L)

Forma de medición: en línea

Etapa	Especie	Sistema	n	Valor observado			Valor recomendado (Wedemeyer, 1996)
				Mín.	Promedio	Máx.	
<b>Incubación</b>							
<i>Alevinaje</i>	<i>Salar</i>	RAS	2	0.00	0.00	0.00	≤0,015/L
	<i>Salar</i>	REU	1	0.00	0.00	0.00	
<b>Pre-smoltificación (parr)</b>	<i>Salar</i>	RAS	1	0.02	0.02	0.02	
<b>Esmoltificación</b>	<i>Sin información</i>						

## 13. CAUDAL DE AGUA (L/S) Y TASA DE CAMBIO/h

Forma de medición: en línea

Etapa	Especie	Sistema	n	Volumen <i>m<sup>3</sup></i>	Caudal <i>L/s</i>	Tasa cambio <i>/h</i>	Densidad <i>Kg/m<sup>3</sup></i>
<b>Incubación</b>	<i>Salar</i>	FA	2	0.07	0.1	0.07	NA
<b>Alevinaje</b>	<i>Salar</i>	RAS	2	0.16	0.2	0.33	NA
	<i>Salar</i>	FA	3	65.0	537.6	0.9	7.1
	<i>Salar</i>	RAS	4	45.0	55.63	1.7	15.6
	<i>Salar</i>	REU	2	175.0		1.1	12.3
<b>Pre-smoltificación (parr)</b>	<i>Salar</i>	RAS	2	225.0	111.1	1.7	38.8
<b>Esmoltificación (smolt)</b>	<i>Coho</i>	FA	1	180.0	37.3	0.9	31.8
	<i>Coho</i>	Jaulas	2	1575.0	-	-	6.1
	<i>Salar</i>	FA	3	86.7	470	470	48.5
	<i>Salar</i>	RAS	1	217.5	133.3	133.3	32.3
	<i>Salar</i>	REU	2	208.5	277.8	550	53.2
	<i>Salar/Coho</i>	RAS	2	200.0	8.8	11.4	44.1

### 6.3.6.3.3.- INDICADORES OPERACIONALES PRODUCTIVOS

#### 14. DENSIDAD (kg/m<sup>3</sup>)

Forma de medición: información brindada por la empresa

Etapa	Especie	Sistema	n	Mín.	Valor observado		Valor aceptable
					Promedio	Máx.	
Incubación	Coho	FA	1	0.00	0.00	0.00	
	Salar	FA	1	0.00	0.00	0.00	
Alevinaje	Salar	FA	3	3.4	7.1	9.9	20-50
	Salar	RAS	8	5.9	15.6	37.46	
	Salar	REU	2	11.2	12.3	13.3	
Pre-smoltificación (parr)	Salar	RAS	2	22.5	38.75	55.0	30-45
Esmoltificación (smolt)	Coho	FA	1	31.8	31.8	31.8	35-50
	Coho	Jaula	2	4.5	6.05	7.6	
	Salar	FA	3	43.0	48.5	58.0	25-85
	Salar	RAS	4	18.78	32.3	43.8	
	Salar	REU	2	32.6	53.2	73.8	
	Salar/Coho	RAS	2	37.0	44.1	51.2	
	Trucha	Jaula	1	4.9	4.9	4.9	

#### 15. MORTALIDAD (%)

Forma de medición: información brindada por la empresa

Etapa	Especie	Sistema	n	Mín.	Valor observado		Valor aceptable
					Promedio	Máx.	
Incubación	Salar	FA	1	0.090	0.090	0.090	≤6%
	Salar	RAS	2	0.040	0.180	0.320	
Alevinaje	Salar	FA	3	0.040	0.083	0.110	≤3%
	Salar	RAS	8	0.009	0.102	0.620	
	Salar	REU	2	0.014	0.018	0.022	
Pre-smoltificación (parr)	Salar	RAS	2	0.008	0.009	0.010	
Esmoltificación (smolt)	Salar	FA	3	0.000	0.003	0.010	≤1.5% semanal
	Salar	RAS	4	0.002	0.010	0.020	0.01<0.05 diaria
	Salar	REU	2	0.020	0.025	0.030	
	Salar/Coho	RAS	2	0.007	0.007	0.007	
	Trucha	Jaula	1	0.010	0.010	0.010	

0.010

## 6.3.6.3.4.- INDICADORES OPERACIONALES DIRECTOS (DEL PEZ)

## 16. GRADO DE SMOLTIFICACIÓN

Forma de medición: directa, \*valores corresponden al promedio de la muestra

Etapa	Especie	Sistema	n	Puntaje				
				1	2	3	4	5
Esmoltificación	Coho	FA	13	0	0	0	12	1
	Coho	Jaulas	22	0	0	0	11	11
	Salar	FA	8	2	0	0	4	2
	Salar	RAS	30	11	0	4	15	0
	Salar	REU	17	0	7	0	7	3
Total %			90(100.0)	13(14.4)	7(7.8)	4(4.4)	49(54.4)	17(18.9)

## 17. FACTOR DE CONDICIÓN

K= (peso del pez (g)x largo (cm) x 100

Forma de medición: directa, \*valores corresponden al promedio de la muestra

Etapa	Especie	Sistema	n	Puntaje		Valor recomendado
				Promedio±DE*		
				<1.0	>1.0	
Smolt	Coho	FA	13	0.0±0.0	1.28±0.14	<10% de peces muestreados con puntaje >4
	Coho	RAS	20	0.0±0.0	1.29±0.16	
	Coho	Jaulas	22	0.0±0.0	1.32±0.20	
	Salar	FA	8	0.0±0.0	1.29±0.11	
	Salar	RAS	43	0.0±0.0	1.23±0.12	
	Salar	REU	17	0.0±0.0	1.20±0.13	
Total			123			

Trauma por manipulación

## 18. DAÑO OCULAR

Forma de medición: directa, \*valores corresponden al promedio de la muestra

Etapa	Especie	Sistema	n	Puntaje*				
				0	1	2	3	4

Smolt	Coho	FA	13	13	0	0	0	0	0
	Coho	RAS	20	20	0	0	0	0	0
	Coho	Jaulas	22	22	0	0	0	0	0
	Salar	FA	8	8	0	0	0	0	0
	Salar	RAS	48	45	0	2	1	0	0
	Salar	REU	17	17	0	0	0	0	0
	Trucha	RAS	6	6	0	0	1	0	0
		Total	134(100)	131(97.8)	0(0.0)	2(1.49)	1(0.8)	0(0.0)	0(0.0)

### 19. DAÑO HOCICO

Forma de medición: directa, \*valores corresponden al promedio de la muestra

Etapa	Especie	Sistema	n	Puntaje*					
				0	1	2	3	4	5
Smolt	Coho	FA	13	12	1	0	0	0	0
	Coho	RAS	20	20	0	0	0	0	0
	Coho	Jaulas	22	22	0	0	0	0	0
	Salar	FA	8	8	0	0	0	0	0
	Salar	RAS	48	34	0	1	0	0	0
	Salar	REU	17	16	1	0	0	0	0
	Trucha	RAS	6	6	0	0	0	0	0
		Total	134	131(97.8)	2(1.5)	1(0.74)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)

### 20.DAÑO OPÉRCULO

Forma de medición: directa, \*valores corresponden al promedio de la muestra

Etapa	Especie	Sistema	n	Puntaje*					
				0	1	2	3	4	5
Smolt	Coho	FA	13	13	0	0	0	0	0
	Coho	RAS	20	19	0	1	0	0	0
	Coho	Jaulas	22	21	1	0	0	0	0
	Salar	FA	8	8	0	0	0	0	0
	Salar	RAS	48	40	4	4	0	0	0
	Salar	REU	17	16	0	0	1	0	0
	Trucha	RAS	6	3	2	1	0	0	0
		Total	134	120(89.6)	7(5.2)	6(4.5)	1(0.8)	0(0.0)	0(0.0)

## 21.DAÑO ALETA CAUDAL

Forma de medición: directa, \*valores corresponden al promedio de la muestra

Etapa	Especie	Sistema	n	Puntaje*					
				0	1	2	3	4	5
Smolt	Coho	FA	13	3	10	0	0	0	0
	Coho	RAS	20	20	0	0	0	0	0
	Coho	Jaulas	22	6	16	0	0	0	0
	Salar	FA	8	8	0	0	0	0	0
	Salar	RAS	48	29	14	5	0	0	0
	Salar	REU	17	8	0	9	0	0	0
	Trucha	RAS	6	3	2	1	0	0	0
		Total	134	77(57.5)	42(31.3)	15(11.2)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)

## 22. DAÑO ALETA DORSAL

Forma de medición: directa, \*valores corresponden al promedio de la muestra

Etapa	Especie	Sistema	n	Puntaje*					
				0	1	2	3	4	5
Smolt	Coho	FA	13	4	9	0	0	0	0
	Coho	RAS	20	20	0	0	0	0	0
	Coho	Jaulas	22	13	8	1	0	0	0
	Salar	FA	8	4	4	0	0	0	0
	Salar	RAS	48	31	9	8	0	0	0
	Salar	REU	17	1	0	12	0	0	0
	Trucha	RAS	6	3	1	2	0	0	0
		Total	134	76(56.7)	31(23.1)	23(17.2)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)

## 23.DAÑO ALETA PECTORAL

Forma de medición: directa, \*valores corresponden al promedio de la muestra

Etapa	Especie	Sistema	n	Puntaje*					
				0	1	2	3	4	5
Smolt	Coho	FA	13	9	4	0	0	0	0
	Coho	RAS	20	20	0	0	0	0	0
	Coho	Jaulas	22	16	6	0	0	0	0

<i>Salar</i>	FA	8	8	0	0	0	0	0
<i>Salar</i>	RAS	48	48	0	0	0	0	0
<i>Salar</i>	REU	17	10	0	7	0	0	0
<i>Trucha</i>	RAS	6	5	0	1	0	0	0
	Total	134	116(86.6)	10(7.5)	8(5.9)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)

## 24.DAÑO ALETA PÉLVICA

*Forma de medición: directa, \*valores corresponden al promedio de la muestra*

<i>Etapas</i>	<i>Especie</i>	<i>Sistema</i>	<i>n</i>	<i>Puntaje*</i>					
				<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Smolt	<i>Coho</i>	FA	13	13	0	0	0	0	0
	<i>Coho</i>	RAS	20	20	0	0	0	0	0
	<i>Coho</i>	Jaulas	22	22	0	0	0	0	0
<i>Salar</i>	FA	8	8	0	0	0	0	0	
	RAS	48	48	0	0	0	0	0	
	REU	17	14	0	0	0	0	0	
<i>Trucha</i>	RAS	6	5	1	3	0	0	0	
	Total	134	130(97.0)	1(0.8)	3(2.2)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	



## 25. ADHERENCIAS POR VACUNACIÓN

Forma de medición: directa, \*valores corresponden al promedio de la muestra

Etapa	Especie	Sistema	n	Puntaje*						Valor aceptable	
				0	1	2	3	4	5		6
Smolt	Coho	FA	13	13	0	0	0	0	0	0	<10% de peces muestreados con puntaje >4
	Coho	RAS	20	13	7	0	0	0	0	0	
	Coho	Jaulas	22	17	5	0	0	0	0	0	
	Salar	FA	8	8	0	0	0	0	0	0	
	Salar	RAS	48	35	13	0	0	0	0	0	
	Salar	REU	17	11	6	0	0	0	0	0	
	Trucha	RAS	6	4	2	0	0	0	0	0	
		Total	134 (100)	101 (75.4)	33 (24.6)	0	0	0	0	0	
		(%)				(0.0)	(0.0)	(0.0)	(0.0)	(0.0)	

### 6.3.6.3.5.- OTROS INDICADORES OPERACIONALES DIRECTOS MEDIDOS

## 26. DAÑO POR SAPROLEGNIA

Forma de medición: directa, \*valores corresponden al promedio de la muestra

Etapa	Especie	Sistema	n	Puntaje*					Valor aceptable
				0	1	2	3	4	
Smolt	Coho	FA	13	13	0	0	0	0	No definido
	Coho	RAS	20	20	0	0	0	0	
	Coho	Jaulas	22	5	17	0	0	0	
	Salar	FA	8	8	0	0	0	0	
	Salar	RAS	48	48	0	0	0	0	
	Salar	REU	17	12	5	0	0	0	
	Trucha	RAS	6	6	0	0	0	0	
		Total	134	112(83.6)	22(16.4)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	

## 27. DAÑO POR FLAVOBACTERIA

Forma de medición: directa, \*valores corresponden al promedio de la muestra

Etapa	Especie	Sistema	n	Puntaje*		Valor aceptable
				0	1	
				0	1	

Smolt	<i>Coho</i>	FA	13	13	0	No definido
	<i>Coho</i>	RAS	20	20	0	
	<i>Coho</i>	Jaulas	22	22	0	
	<i>Salar</i>	FA	8	8	0	
	<i>Salar</i>	RAS	48	48	0	
	<i>Salar</i>	REU	17	17	0	
	<i>Trucha</i>	RAS	6	5	1	
		Total	134	133(99.3)	1(0.8)	

## 28. DEFORMIDADES

*Forma de medición: directa, \*valores corresponden al promedio de la muestra*

Etapa	Especie	Sistema	n	Puntaje*		Valor aceptable
				0	1	
Smolt	<i>Coho</i>	FA	13	6	7	No definido
	<i>Coho</i>	RAS	20	16	4	
	<i>Coho</i>	Jaulas	22	21	1	
	<i>Salar</i>	FA	8	8	0	
	<i>Salar</i>	RAS	48	48	0	
	<i>Salar</i>	REU	17	17	0	
	<i>Trucha</i>	RAS	6	6	0	
		Total	134	122(91.0)	12(9.0)	

## 29. PÉRDIDA DE ESCAMAS

*Forma de medición: directa, \*valores corresponden al promedio de peces evaluados*

Etapa	Especie	Sistema	n	Individuos evaluados*		Valor aceptable
				NO	SI	
Smolt	<i>Coho</i>	FA	13	11	2	No definido
	<i>Coho</i>	RAS	20	20	0	
	<i>Coho</i>	Jaulas	22	21	1	
	<i>Salar</i>	FA	8	8	0	
	<i>Salar</i>	RAS	48	46	2	
	<i>Salar</i>	REU	17	17	0	
	<i>Trucha</i>	RAS	6	6	0	
		Total	134(100)	129 (96.3)	5 (3.73)	

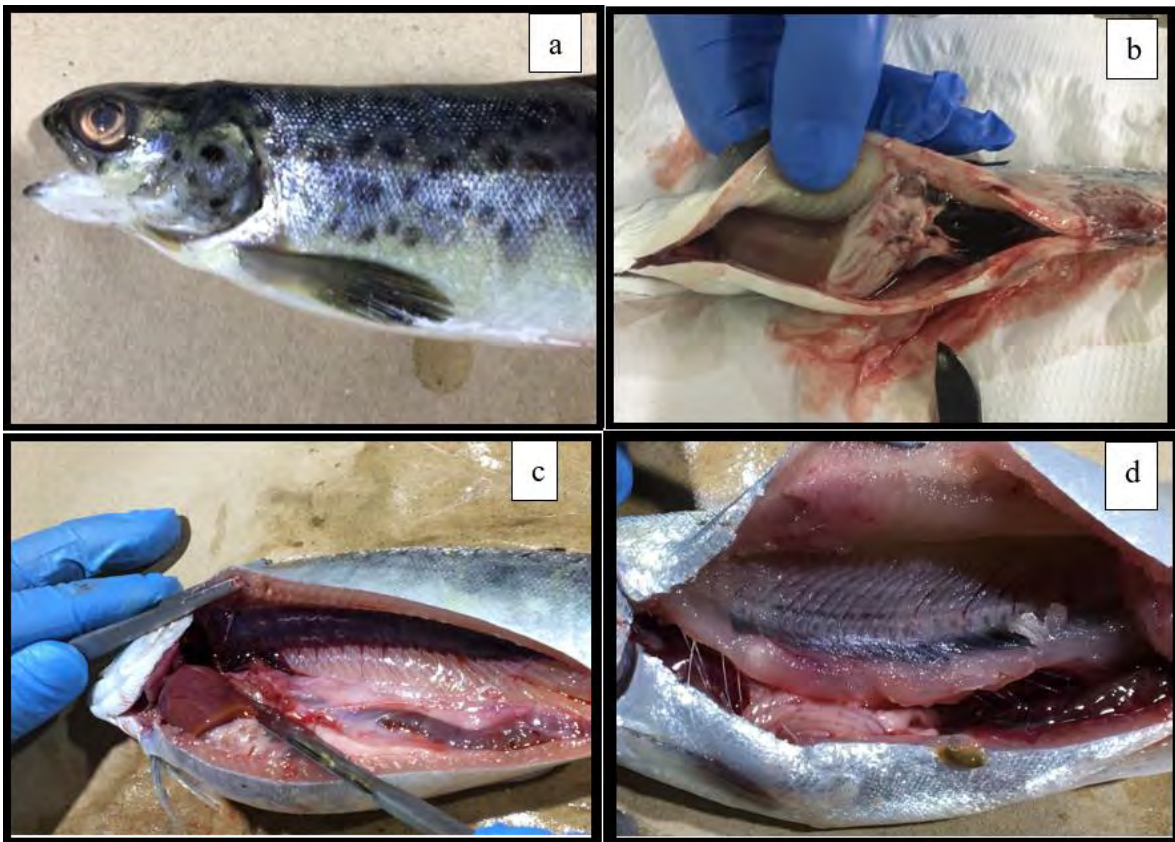
### **30.COMPORTAMIENTO**

**Forma de medición: observación directa, cualitativo**

<b><i>Etapa</i></b>	<b><i>Especie</i></b>	<b><i>Sistema</i></b>	<b><i>Comp. normal</i></b>	<b><i>Comp. anormal</i></b>
Smolt	Coho	FA	100%	-
	Coho	RAS	100%	-
	Coho	Jaulas	100%	-
	Salar	FA	100%	-
	Salar	RAS	100%	-
	Salar	REU	100%	-
	Trucha	RAS	100%	.

### 6.3.7. Problemas de bienestar animal identificados durante la validación de los IOBs.

Malformaciones, adherencias post-vacunación y daño en las aletas fueron algunos de los problemas de bienestar identificados durante la validación del protocolo utilizando los IOBs basados en el animal, propuestos en este proyecto (Fig. 42).



**Figura 42.** Anormalidades registradas en terreno: a) daño ocular; b) adherencias por vacunación; c) Nefrocalcinosis, d) Escoliosis (deformidad).

### **6.3.8. Evaluación del bienestar en la operación de vacunación por inyección**

El grado de daño causado por la vacunación individual por inyección, puede ser evaluada utilizando la Escala de Speilberg. Esta escala está basada en la evaluación visual de la extensión y localización de los cambios clínicos dentro de la cavidad abdominal del pez. Cuando la escala fue aplicada en 134 peces los cuales fueron muestreados, 33 (24.6%) presentaron leves adherencias (Grado 1 de acuerdo a la Escala Speilberg), frecuentemente localizadas cerca del sitio de inyección. Por tal razón, y adicionalmente a las actividades planificadas en el proyecto, y con la finalidad de identificar los puntos críticos para el bienestar de los peces durante el proceso de vacunación, se visitaron dos pisciculturas durante el proceso de vacunación. Complementariamente, se diseñó un **Protocolo de evaluación del bienestar animal durante la vacunación**, junto con un checklist (**Anexo VI**).

#### **6.3.8.1.- Evaluación del bienestar de salmónidos durante la vacunación por inyección**

Por ser la vacunación uno de los manejos más estresantes para los peces que puede afectar negativamente el bienestar del animal, dependiendo su severidad del método de aplicación, se le ha dado particular atención a esta operación, lo que motivó la visita a dos pisciculturas que realizaban esta operación. La vacunación por inyección en peces es uno de los métodos más utilizados en las pisciculturas de Chile. Si bien esta práctica tiene la ventaja de ser altamente eficiente en la generación de anticuerpos y en originar una rápida respuesta celular, es cuestionable desde el punto del bienestar animal. Este tipo de vacunación no se puede usar en peces de tamaño muy pequeño, sumado a esto para aplicarla es necesario un gran número de operarios, y llevar a cabo múltiples manejos los cuales pueden generar estrés en los animales y riesgo de daños físicos y desarrollo de infecciones post-vacunación.

Contar con indicadores confiables, viables, y repetibles para evaluar el bienestar de los peces es importante para determinar qué manejos son aceptables, y cuáles no lo son. Un

gran número de indicadores de bienestar en peces han sido propuestos, sin embargo, muchos de ellos son invasivos (Ej. los indicadores fisiológicos) y su uso puede generar estrés en los peces por lo que es relevante identificar indicadores no invasivos. A continuación, se propone un listado de indicadores no invasivos, operacionales basados en el animal (directos) y otros basados en el manejo y en el ambiente (indirectos) elaborados en base a la observación directa del procedimiento de vacunación y a la bibliografía existente sobre el tema. A través del relevamiento de datos de terreno se lograron identificar los puntos críticos del procedimiento de vacunación. Además, se adaptó el protocolo Welfare Quality © desarrollado para siete especies de producción terrestre, el cual consta de cuatro principios generales (buena alimentación, buen alojamiento, buena salud y comportamiento apropiado), complementado con las recomendaciones brindadas por la OIE (Código Sanitario para los Animales Acuáticos, 2018) y por los protocolos aportados por los fabricantes de las vacunas.

En las observaciones realizadas en terreno, a través de las fichas diseñadas, se pudo recopilar información respecto a los indicadores operacionales identificados en la operación de vacunación. En la tabla 77 se presentan los indicadores identificados, con los criterios de aceptación.

**Tabla 77.** Indicadores Operacionales de Bienestar identificados en la vacunación por inyección.

<b>Principios</b>	<b>Criterio</b>	<b>Indicador</b>
Buena alimentación	1.Ausencia de hambre prolongado	Tiempo de ayuno previo a la vacunación  Tiempo de primera comida post-vacunación
Buenas instalaciones y equipamiento	1.Comodidad en lugar del procedimiento 2.Comodidad térmica 3.Facilidad de movimiento	Nivel de oxígeno adecuado  Tiempo de permanencia en la tolva de anestesiado  Recambio de solución anestésica  Diámetro manguera de la bomba de transferencia Ausencia de bordes salientes en mesa de vacunación Nivel del agua en mesa de vacunación Presencia de techo/toldo Tamaño de las agujas Limpieza y recambio de aguja Temperatura de almacenamiento de la vacuna Temperatura de la vacuna al momento de aplicar. Comodidad térmica Comodidad en mesa de vacunación Suministro de agua en lona de recuperación
Buena salud	1.Ausencia de lesiones 2.Ausencia de enfermedad 3. Ausencia de dolor inducido por manejo	Ausencia de signos de enfermedad  Peso mínimo individuo  Ausencia de lesiones debido a la recolección  Ausencia de signos de consciencia  Área de inoculación  Ausencia de daño en aletas debido a la vacunación

		<p>Cambios de coloración en el punto de inoculación</p> <p>Mortalidad</p> <p>Consumo de alimento post-vacunación</p>
Comportamiento apropiado	<p>1.Expresión de comportamiento natural</p> <p>2.Buen trato del inoculador</p>	<p>Movimientos durante la vacunación</p> <p>Conducta de nado post-vacunación</p> <p>Conducta anticipatoria de alimentación post-vacunación</p> <p>Forma de tomar a los peces durante la inoculación</p>

Fuente: Elaboración propia.

#### 6.4. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN OBJETIVO N°2

Se logró alcanzar el objetivo 2, identificando los indicadores operacionales durante las etapas de incubación, alevinaje, pre-esmoltificación y esmoltificación en salmónidos de agua dulce.

De la información recabada en la primera parte del proyecto a través de encuestas, y de los talleres con representantes de la industria salmonera, se pueden destacar los siguientes puntos:

- Si bien la industria chilena de la salmonicultura está familiarizada con el uso del término “bienestar animal”, frecuentemente lo confunden con los términos “buenas prácticas de cultivo”, y “bioseguridad”.
- Existe desconocimiento acerca de los IOBs que se pueden utilizar en terreno de manera sistemática. Se utilizan con mayor frecuencia IOBs indirectos, basados en la calidad del agua (oxígeno, temperatura y pH) que indicadores directos, basados en el animal. Este hecho podría deberse a la facilidad de la medición continua a través de sensores de IOBs indirectos (Ej. oxígeno, temperatura), o a la falta de capacitación para utilizar IOBs directos.



- El resultado de las encuestas muestra que se considera a la evaluación del bienestar animal como sinónimo de evaluación de salud, ante la pregunta: si tienen protocolos de Bienestar Animal es común la respuesta: “Si, tenemos manual de salud”.
- En ningún caso, se considera la observación sistemática del comportamiento de los peces como potencial indicador operacional, el cual es práctico, fácil de medir, de bajo costo y no invasivo para los peces.
- Se evidencia en general desconocimiento de las regulaciones vigentes y recomendaciones atinentes al bienestar de los peces de cultivo (Código sanitario para Animales Acuáticos de la OIE. Título 7: Bienestar de los peces de cultivo (2018); EFSA; European Food Safety Authority (2009). Welfare aspects of stunning and killing Atlantic salmon; Norwegian Animal Welfare Act (2010); RSPCA Welfare Standards for Farmed Atlantic salmon (2018); Canadian Council on Animal Care. Guidelines on: the care and use of fish in research, teaching and testing (2005); Atlantic Canada Fish Farmers Association (2013); Animal welfare of farmed fish. Business Benchmark on Farm Animal Welfare (2016); ISO/TS 34700:2016. Animal welfare management. General requirements and guidance for organizations in the food supply chain; Chile, Ley de Protección Animal 20.380 (2009).

En cuanto a los IOBs seleccionados y lo observado en las 16 pisciculturas después de su aplicación a través de un protocolo se concluye que:

- Fue posible medir los indicadores propuestos en todos los sistemas los cuales resultaron ser prácticos y fáciles de medir.
- Se observó que el oxígeno, la temperatura y el pH fueron los indicadores monitoreados y registrados por rutina en forma continua a través de sensores en todas las etapas productivas y bajo todos los tipos de sistemas.
- Los indicadores indirectos tales como CO<sub>2</sub>, nitritos, alcalinidad, salinidad, amonio pueden ser medidos en línea, sin embargo, no se incluyen en el registro continuo de los centros.

- Hay parámetros de la calidad del agua, relacionados con características edáficas del agua (aluminio, cobre y hierro) que sólo se miden eventualmente y no en forma regular.
- En la etapa de “incubación” es limitado el número de IOBs que se utilizan.
- No todos los IOBs ambientales son medidos en los centros de cultivo (ej. dióxido de carbono), por lo que se necesitaría contar con los instrumentos adecuados y calibrados para su medición.
- Es importante el monitoreo rutinario del comportamiento del pez, sin embargo, es difícil de realizar por las características del medio, el cual limita la visibilidad, y sólo se puede realizar en forma cualitativa. Por lo cual se puede registrar si se observa una persistente agitación en el agua, peces con signos de letargia, anormal agrupamiento, o con nado anormal.
- El protocolo de evaluación considera múltiples indicadores (directos e indirectos) que permiten determinar el estado de bienestar del pez, ya que utilizar un solo indicador (ej. calidad de agua) puede llevar al evaluador a inferir conclusiones incorrectas.

## **6.5.- CONCLUSIONES OBJETIVO N°2**

- Se pudo obtener información acerca del uso de indicadores operacionales de bienestar animal para la etapa productiva de agua dulce, los cuales en la mayoría de las pisciculturas (62,5%) no los utilizan. Se evidencia en las respuestas de la encuesta desconocimiento y falta de claridad en relación a los conceptos y terminología sobre bienestar animal.
- Se elaboró un listado de 42 potenciales indicadores de bienestar animal a partir de la revisión bibliográfica. Se logró someter dicho listado a la evaluación de expertos de la industria nacional y de la academia, obteniéndose consenso en 16 potenciales IOBs. Se pudo validar en terreno los IOBs seleccionados para su uso durante la etapa de agua dulce, más otros IOBs de fácil medición, los cuales fueron incorporados a un protocolo de evaluación de bienestar animal. Se realizaron

visitas a terreno y se pudo obtener información bajo condiciones reales, de la factibilidad de su uso.

- Se pudo obtener información acerca de la frecuencia de medición de dichos IOBs y de su registro bajo condiciones reales de las pisciculturas.
- Y finalmente, fue posible aplicar el protocolo de evaluación utilizando los IOBs seleccionados en el taller de expertos. Los IOBs identificados en el presente informe podrían permitir el monitoreo continuo del bienestar animal para así poder identificar cambios en el ambiente y en los peces de manera temprana.

## **6.6.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS OBJETIVO N°2**

Aerts J., Metz J.R., Ampe B., Decostere A., Flik, G., De Saeger S. 2015. Scales Tell a Story on the Stress History of Fish. PLOS ONE 10(4): e0123411.

Anras M., Lagardere J. 2004. Measuring cultured fish swimming behavior: first results on rainbow trout using acoustic telemetry in tanks. *Aquaculture* 240: 175-186.

Ashley P. J. 2007. Fish welfare: Current issues in aquaculture. *Applied Animal Behaviour Science* 104(3): 199-235.

Baldwin L. 2010. The effects of stocking density on fish welfare. *The Plymouth Student Scientist* 4(1): 372-383.

Barreto R., Volpato G. 2006. Ventilatory frequency of Nilo tilapia subjected to different stressors. *Journal of Experimental Animal Science* 43: 189-196.

Bertotto D., Poltronieri C., Negrato E., Majolini D., Radaelli G., Simontacchi C. 2010. Alternative matrices for cortisol measurement in fish. *Aquaculture Research* 41(8): 1261-1267.

Bjerkas E., Bjornestad, Waagbo R. 2001. Water temperature regimes affect cataract development in smolting Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Journal of Fish Diseases* 24: 281-291.

Bjerkås E., Sveier H. 2004. The influence of nutritional and environmental factors on osmoregulation and cataracts in Atlantic salmon (*Salmo salar* L). *Aquaculture* 235(1): 101-122.

Botreau R., Veissier I., Butterworth A., Bracke M.B.M., Keeling L.J. 2007. Definition of criteria for overall assessment of animal welfare. *Animal Welfare* 16: 225-228.

Bracke M.B.M., Spruijt B.M, Metz J.H.M. 1999. Overall welfare reviewed. Part 3: welfare assessment based on needs and supported by expert opinion. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 47: 307-322.

Braithwaite V., Huntingford F.A. 2004. Fish and welfare: do fish have the capacity for pain perception and suffering? *Animal Welfare* 13: S87-92

Braithwaite V.A., Huntingford F.A., Van den Bos R. 2013. Variation in emotion and cognition among fishes. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics* 26(1): 7-23.

Branson E., Turnbull T. 2008. Welfare and deformities in fish. In: Branson E (ed). *Fish welfare*. 1st ed. Blackwell Publishing Ltd, Monmouth shire, UK, Pp202-213.

Cañón H, Hansen L., Noble C., Damsgard B., Broom D., Pearce G. 2010. Social network analysis of behavioural interactions influencing fin damage development in Atlantic salmon (*Salmo salar*) during feed-restriction. *Applied Animal Behaviour Science* 127: 139-151.

Cañón H., Noble C., Damsgard B. 2011. Social network analysis of the behavioural interactions that influence the development of fin damage in Atlantic salmon parr (*Salmo salar*) held at different stocking densities. *Applied Animal Behaviour Science* 133: 117-126.

Cao Y., Tveten A.K., Stene A. 2017. Establishment of a nonn-invasive method for stress evaluation in farmed salmon based on direct fecal corticoid metabolites measurement. *Fish & Shellfish Immunology* 66: 317-324.

Chandroo K.P., Duncan I.J.H., Moccia R.D. 2004. Can fish suffer? perspectives on sentience, fear and stress. *Applied Animal Behaviour Science* 86: 225-250.

Deng Z., Guensch G. R., McKinstry C. A., Mueller R. P., Dauble D. D., Richmond M. C. 2005. Evaluation of fish-injury mechanisms during exposure to turbulent shear flow. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 62(7): 1513-1522.

EFSA, European Food Safety Authority. (2008). Scientific opinion of the panel on animal health and welfare on a request from the European Commission on Animal Welfare aspects of husbandry systems for farmed Atlantic Salmon. *The EFSA Journal* 736: 1-31.

Ellis T., Yildiz H. Y., Lopez-Olmeda J., Spedicato M. T., Tort L., Overli O., Martins C. I. 2012. Cortisol and finfish welfare. *Fish Physiology and Biochemistry* 38(1): 163-188.

Espmark Å.M., Midling K.Ø., Nilsson J., Humborstad O.B. 2016. Effects of Pumping Height and Repeated Pumping in Atlantic Salmon *Salmo salar*. *Natural Resources* 7: 377-383.

Esteban M.A. 2012. An Overview of the Immunological Defenses in Fish Skin. *ISRN Immunology*, Volume 2012, Article ID 853470, 29 pages.

Fagen R. 2017. Salmonid Jumping and Playing: Potential Cultural and Welfare Implications. *Animals* 7 (6):42.

Farrell A. P. 2002. Cardiorespiratory performance in salmonids during exercise at high temperature: insights into cardiovascular design limitations in fishes. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology* 132(4): 797-810.

Fiskeriforskning, Norwegian institute of fisheries and aquaculture research. 2006. Welfare in farmed fish. The research Council of Norway. Tromso, Norway, Report n°5.

Gesto M., Hernández J., López-Patiño M. A., Soengas J. L., Míguez J. M. 2015. Is gill cortisol concentration a good acute stress indicator in fish? A study in rainbow trout and zebrafish. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology* 188: 65-69.

Hastein T. 2004. Animal welfare issues relating to aquaculture. Global Conference on Animal Welfare, an OIE initiative. Paris, France, Pp 212-220.

Huntingford F. A., Adams C., Braithwaite V. A., Kadri S., Pottinger T. G., Sandøe P., Turnbull J. F. 2006. Current issues in fish welfare. *Journal of Fish Biology*. 68: 332-372

Johansen R., Needham J. R., Colquhoun D. J., Poppe T. T., Smith A. J. 2006. Guidelines for health and welfare monitoring of fish used in research. *Laboratory Animals* 40: 323-340.

Koumoundouros G., Divanach P., Kentouri M. 2001. The effect of rearing conditions on development of saddleback syndrome and caudal fin deformities in *Dentex dentex*. *Aquaculture* 200: 285-304.

Laursen D. C., Silva P. I. M., Larsen B. K., Höglund E. 2013. High oxygen consumption rates and scale loss indicate elevated aggressive behaviour at low rearing density, while elevated brain serotonergic activity suggests chronic stress at high rearing densities in farmed rainbow trout. *Physiology & Behavior* 122: 147-154.

Lopez-Olmeda J. F., C. Noble, Sanchez-Vazquez F. J. 2012. Does feeding time affect fish welfare? *Fish Physiology and Biochemistry* 38(1): 143-152.

Martins C., Galhardo L., Noble C., Damsgard B., Spedicato M., Zupa W., Beauchaud M. 2012. Behavioral indicators of welfare in farmed fish. *Fish Physiology and Biochemistry* 38: 17-41.

Noble C., Nilsson J., Stien L. H., Iversen M. H., Kolarevic J., Gismervik K. 2018. Velferdsindikatorer for oppdrettslaks: Hvordan vurdere og dokumentere fiskevelferd. 328pp.

Noga, E. 2000. Skin ulcers in fish. *Journal of Toxicologic Pathology* 28: 807-823

Nylund A., Hansen H., Brevik O. J., Hustoft H., Markussen T., Plarre H., Karlsbakk E. 2018. Infection dynamics and tissue tropism of *Parvicapsula pseudobranchicola* (Myxozoa: Myxosporidia) in farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Parasites & Vectors* 11(1): 17.

Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE). 2018. Código Sanitario para Animales Acuáticos. Sección 7.

Pellón M., Rojas M., Saint-Pierre G., Hartley R., El Sol M. 2016. Morphology of the eyeball, orbit and retina of Atlantic Salmon (*salmo Salar*) alevins under hyoxic conditions. *International Journal of Morphology* 34 (1): 320-329.

Persson L., Alanara A. 2014. The effect of shelter on welfare of juvenile Atlantic salmon *Salmo salar* reared under a feed restriction regimen. *Journal of Fish Biology* 85(3): 645-656.

Pettersen J. M., Bracke M. B. M., Midtlyng P. J., O. Folkedal, L. H. Stien, H. Steffenak, Kristiansen T. S. 2014. 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. *Reviews in Aquaculture* 6(3): 162-179.

Prunier A., Mounier L., Le Neindre P., Leterrier C., Mormède P., Paulmier V., Prunet P., Terlouw C., Guatteo R. 2013. Identifying and monitoring pain in farm animals: a review. *Animal* 7(6): 998-1010.

Sambraus F., Fjelldal P. G., Remo S. C., Hevroy E. M., Nilsen T. O., Thorsen A., Hansen T. J., Waagbo R. 2017. Water temperature and dietary histidine affect cataract formation in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) diploid and triploid yearling smolt. *Journal of Fish Diseases* 40(9): 1195-1212.

Scott A.P., Ellis T. 2007. Measurement of fish steroids in water—a review. *General and Comparative Endocrinology* 153(1): 392-400.

Stefansson S. 2009. Propiedades fisiológicas en ovas, alevines y smolts. En: Ase Atland & Vilhelm Bjerckness (ed). *Calidad de aguas para el cultivo de smolt en Chile*. 1ª ed. Chile, Pp 39-67.

Stien L.H., Bracke M.B.M., Folkedal O., Nilsson J., Oppedal F., Torgersen T., Kittilsen S.P.J. Midtlyng., Vindas M. A., Øverli Ø., Kristiansen T. S. 2013. Salmon Welfare Index Model (SWIM 1.0): a semantic model for overall welfare assessment of caged Atlantic salmon: review of the selected welfare indicators and model presentation. *Reviews in Aquaculture* 5(1): 33-57.

Strappini A. 2018. Evaluación del bienestar en salmónidos durante le etapa de agua dulce. En: Libro de Resúmenes IV Encuentro Internacional de Investigadores en Bienestar Animal- Reunión Regional de ISAE Latinoamérica 2018. Pág. 20-21. ISBN 978-956-390-074-3. Valdivia 4-7 diciembre 2018. Chile.

Sundh H., Kvamme B.O., Fridell, F., Olsen R.E., Ellis T., Taranger G.L., Sundell K. 2010. Intestinal barrier function of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) post smolts is reduced by common sea cage environments and suggested as a possible physiological welfare indicator. *BMC Physiology* 10(1): 22.

Tørud B., Håstein T. 2007. Skin lesions in fish: causes and solutions. *Acta Veterinaria Scandinavica* 50 (Suppl 1): S7



## **7.- OBJETIVO N°3:**

Desarrollar y validar metodologías de evaluación estandarizadas de los IOBs para reproducción, alevinaje y esmoltificación en agua dulce.

### **7.1.- ANTECEDENTES**

El análisis de riesgo, también conocido como evaluación de riesgos o PHA por sus siglas en inglés *Process Hazards Analysis*, es el estudio de las causas de las posibles amenazas y probables eventos no deseados y los daños y consecuencias que éstas puedan producir.

La evaluación de riesgo es probablemente el paso más importante en un proceso de gestión de riesgos, y también el paso más difícil. Una vez que los riesgos han sido identificados y evaluados, los pasos subsiguientes para prevenir que ellos ocurran, protegerse contra ellos o mitigar sus consecuencias son mucho más programáticos.

Parte de la dificultad en la gestión de riesgos es que la medición de los dos parámetros que determinan el riesgo es muy difícil, por lo cual se dice que es un proceso subjetivo. La incertidumbre asociada a la medición de cada uno de los dos parámetros (L y p) es por lo general grande. La gestión de riesgo también sería más simple si fuera posible contar con una única métrica que refleje en la medición toda la información disponible. Sin embargo, esto no es posible, ya que se trata de medir dos cantidades.

El análisis de riesgos es un proceso que comprende diversas fases (4):

- Identificación del peligro – para identificar los agentes patógenos, prácticas de manejo, condiciones ambientales que podrían producir efectos perjudiciales al bienestar de los peces y/o la población.
- Evaluación del riesgo – para evaluar la probabilidad de que se produzca y establezca la recuperación del bienestar según las medidas que tendrían que tomarse, así como las consecuencias potenciales, biológicas y económicas. Esta parte del proceso comprende cuatro etapas:



- Caracterización del peligro – donde se describen los procesos biológicos necesarios que conduzcan a la alteración del bienestar y se estima la probabilidad de que el proceso se desarrolle en su totalidad.
- Evaluación de la exposición – donde se describen los procesos biológicos necesarios para la exposición de los peces a los peligros procedentes de una fuente de riesgo dada, y se estima la probabilidad de que haya exposición(es).
- Evaluación de las consecuencias – donde se describe la relación entre las exposiciones específicas a un/un grupo de factores de riesgo y las consecuencias de dichas exposiciones
- Estimación del riesgo - donde se integran los resultados de la evaluación de difusión, la evaluación de la exposición y la de las consecuencias para poder medir en general los riesgos asociados con los peligros identificados
- Gestión del riesgo – para contrastar los resultados de la evaluación de los riesgos con el nivel adecuado de protección de la empresa, zona, etc. e identificar las medidas adicionales necesarias para reducir el riesgo a un nivel aceptable.
- Comunicación del riesgo – para establecer un proceso multidireccional y reiterativo con participación de todas las partes interesadas en el análisis de riesgos. Lo ideal sería que la comunicación del riesgo se inicie desde el principio del proceso de análisis y continúe hasta el final.

El objetivo de la evaluación del riesgo del bienestar animal en las pisciculturas de Chile es la evaluación de los factores ambientales, de manejo y del pez que tienen un potencial de causar un efecto adverso o negativo en el bienestar del animal durante su etapa de agua dulce en los salmonídeos.

En la medida que las empresas tengan clara esta identificación de riesgos podrán establecer las medidas preventivas y correctivas viables que garanticen mayores niveles de bienestar y productividad de sus procesos productivos.

Los peces en su hábitat natural muestran comportamientos complejos como nado, alimentación, anti-predador y reproductivo (EFSA, 2009). Tales características conductuales se relacionan a diferencias genéticas entre especies animales e individuos

y se modifican por el ambiente y se aprenden a través de la experiencia. Debido a las complejas relaciones causales entre las variadas necesidades de los peces de cultivo y sus consecuencias fisiológicas y conductuales, es imposible encontrar un indicador individual o medición única que pueda cubrir todos los posibles sistemas de cultivo, especies de peces y situaciones potenciales. Las variables productivas pueden emplazarse en una evaluación de bienestar y una consumo individual y crecimiento bajo a menudo indica pobre bienestar. Sin embargo, un alto desempeño productivo (por ej. alto consumo y buen crecimiento) no necesariamente nos indica un adecuado bienestar.

Las necesidades de un pez pueden dividirse en necesidades inmediatas o mediatas. Las necesidades inmediatas son necesarias por su supervivencia inmediata, mientras que para las mediatas necesita mejorar su habilidad para ser exitoso en el largo plazo (Noble y col, 2018). Como no podemos preguntarle a un pez como se siente, por lo tanto, debemos utilizar indicadores de bienestar (IB) que nos proveen esa información sobre su estado de bienestar. Los IB pueden ser directos o indicadores basados en el animal, los cuales se centran en la observación de los atributos con el animal directamente, o pueden ser indirectos o indicadores basados en el ambiente, los cuales se centran en los recursos y ambiente a los cuales los individuos se encuentran sujetos (Duncan, 2005; Stien et al., 2013).

Los indicadores directos son atributos del animal que por sí mismos nos indican que uno o más necesidades de bienestar no han sido satisfechas. Se debe tener en cuentas que muchos IB directos e indirectos son buenos para cuantificar el bienestar del pez en estudios controlados o para investigación, pero no muchas veces no son lo tan sencillo y fácil de utilizar que se necesita en un centro. Es por eso por lo que los IB que pueden utilizarse para evaluar el bienestar animal en un centro se denominan Indicadores Operativos de Bienestar (IOBs).

Para poder capturar diferentes aspectos del bienestar animal, la mayoría de los protocolos de evaluación de bienestar animal y los investigadores, utilizan una combinación de IOB directos e indirectos. Usualmente se define un conjunto de IB que se

creen son los más apropiados para detectar efectos potenciales y que sean prácticos y adoptables.

## **7.2.- DESARROLLO METODOLOGIA OBJETIVO N°3**

### **7.2.1.- Identificación de Peligros**

Para cada etapa de desarrollo y sistema de producción, se identificaron potenciales peligros de salud y bienestar de los peces y se buscó ordenarlos de acuerdo con la severidad, proporción de la población afectada y la probabilidad de ocurrencia y su duración, en la medida que existieran antecedentes y evidencias científicas-técnicas ya sea internacionales o de la literatura y de ser posible bajo las condiciones en Chile(en gran medida a través del trabajo con los expertos durante el desarrollo del proyecto).

### **7.2.2.-Caracterización del peligro**

El objetivo de esta caracterización es estimar cuali y/o cuantitativamente las consecuencias de la exposición al peligro (magnitud y chances de un efecto adverso) para un individuo o el grupo en los salmónidos.

La magnitud del efecto adverso se evaluó como el producto de la severidad (expresado en un score de 4 categorías) y la duración (cuando era conocido). La duración puede ser expresada en una escala de 1 a 5 proporcional al tiempo que el animal se espera que sufra un efecto adverso, si es expuesto al peligro.

**Tabla 78.** Severidad de un efecto adverso en el bienestar asociado con un peligro.

<b>Evaluación</b>	<b>Score</b>	<b>Explicación</b>
Insignificante	0	Ausencia de dolor, enfermedad, frustración, miedo o ansiedad evidenciado por medidas del rango normal de las observaciones conductuales, medias fisiológicas y signos clínicos.
leve	1	Cambios menores de la normalidad e indicativos de dolor, enfermedad, miedo o ansiedad
Moderada	2	Cambios moderados de la normalidad e indicativos de dolor, enfermedad, miedo o ansiedad
Substancial	3	Cambios Substanciales de la normalidad e indicativos de dolor, enfermedad, miedo o ansiedad
Severa	4	Cambios Extremos de la normalidad e indicativos de dolor, enfermedad, miedo o ansiedad, que si persisten sería incompatibles con la vida

**Tabla 79.** Probabilidad de que ocurra un efecto adverso (por ej. proporción de la población afectada).

<b>Evaluación</b>	<b>Score</b>	<b>Explicación</b>
Insignificante	0	El efecto adverso casi ciertamente no iría a ocurrir
Extremadamente baja	1	El efecto adverso sería extremadamente improbable de que ocurra
Muy baja	2	El efecto adverso sería muy improbable de que ocurra
Baja	3	El efecto adverso sería improbable de que ocurra
Moderada	4	El efecto adverso ocurriría con una baja probabilidad
Alta	5	El efecto adverso sería muy probable que ocurra

Cada peligro se caracterizará por un score que resultará de:

**Caracterización del peligro = (severidad del efecto adverso) \*(duración de los efectos adversos) \*(probabilidad de efecto adverso)**

Finalmente, la caracterización de peligro (CP) se basó en una escala cualitativa que se describe a continuación:

<b>Código</b>	<b>Score</b>	<b>Explicación</b>
PA	1	muy poco adverso
EAE	2	Efecto adverso
MS	3	Moderadamente Serio
SE	4	Serios
MS	5	Muy Serio

**Tabla 80.** Scores de incertidumbre utilizados para describir la evidencia de los riesgos de bienestar.

<b>Evaluación</b>	<b>Score</b>	<b>Explicación</b>
Baja	1	Disponibles datos sólidos y completos: fuerte evidencia en múltiples referencias donde la mayoría de los autores llegan a las mismas conclusiones
Media	2	Disponibles algunas o sólo datos incompletos: evidencia provista en pocas referencias; las conclusiones de los autores varían  Disponibles datos sólidos y completos de otras especies que pueden ser extrapoladas a las especies de interés.
Alta	3	Disponibilidad escasa o nula de datos: evidencia provista en informes no publicados o basados en observaciones o comunicación personal, las conclusiones de los autores varían considerablemente.

### 7.2.3.-Evaluación de exposición

Se define como la evaluación cuantitativa de la probabilidad de exposición a los peligros según los criterios de bienestar animal que ocurren en toda la población animal (Salmón del Atlántico y Trucha Arco Iris) durante la etapa de agua dulce en Chile.

**Evaluación de exposición = (frecuencia de la exposición al peligro) \*(duración del peligro)**

**Tabla 81.** Frecuencia de exposición al peligro.

<b>Evaluación</b>	<b>Score</b>	<b>Explicación</b>
Insignificante	0	La exposición casi ciertamente no va a ocurrir
Extremadamente baja	1	La exposición sería extremadamente improbable de que ocurra
Muy baja	2	La exposición sería muy improbable de que ocurra
Baja	3	La exposición sería improbable de que ocurra
Moderada	4	La exposición ocurriría con una baja probabilidad
Alta	5	La exposición sería muy probable que ocurra

Lo mismo que con la caracterización del peligro el grado de incertidumbre fue calificado en las categorías baja, mediana y alta.

### 7.2.4.-Caracterización del riesgo

Es el proceso de obtener una estimación cuali/yo cuantitativa (incluyendo las incertidumbres), la probabilidad de ocurrencia y la severidad de la existencia o efectos adversos sobre el bienestar animal en los salmonídeos, durante la etapa de agua dulce.

Este procedimiento incluye los scores de la identificación del peligro, caracterización del peligro y la evaluación de la exposición.

**Caracterización del riesgo = caracterización del peligro \* evaluación de la exposición**

El objetivo de la caracterización del riesgo es ordenar los peligros identificados. Esta estimación es un indicador a nivel poblacional que considera no solo la probabilidad de que la población esté expuesta a un peligro determinado sino también a la probabilidad de experimentar un efecto adverso si es expuesta.

**Tabla 82.** Caracterización del riesgo (adaptado de Fletcher, 2005).

<b>Categoría del riesgo</b>	<b>Código</b>	<b>Respuesta más apropiada en el Manejo</b>
Insignificante	0	No se necesita un manejo directo
Bajo	1-6	No se necesitan acciones de manejo específicas, más probablemente manejo indirecto
Moderado	7-12	Se necesitan acciones de manejo específicas, posiblemente algunos adicionales a los niveles actuales
Alto	13-20	Probablemente se necesite un incremento de las actividades de manejo actuales
Extremo	20-30	Se necesiten un significativo aumento de las actividades de manejo adicionales

Como una información adicional en la matriz de riesgo (Tabla 82) se priorizarán los resultados de cada uno de los riesgos obtenidos en 3 bandas: tolerable (en verde), intermedio (en amarillo o naranja) o intolerable (en rojo). Un riesgo con severas consecuencias y que se estima "probable" que ocurra claramente caerá en la banda de intolerable. Un riesgo con consecuencias menores y "muy poco probable" que ocurra caerá en la banda de tolerable. Para los riesgos que aparecen en la banda de intolerable, el usuario necesitará decidir qué quiere hacer con el resultado.

## **7.3.-RESULTADOS OBJETIVO N°3**

### **7.3.1.-Identificación de Peligros**

Los peligros pueden agruparse en ambientales, del animal, de manejo, alimentación y enfermedades.

1. Los peligros ambientales incluyen:
  - a. Cambios rápidos en la temperatura del agua
  - b. Temperatura del agua excesiva
  - c. Excesivo flujo de agua
  - d. Contenido bajo de oxígeno en el agua
  - e. Excesivo contenido de dióxido de carbono (sistemas de recirculación)
  - f. Excesivo contenido de amonio (sistemas de recirculación)
  - g. Regímenes inapropiados de luz
  - h. Salinidad inapropiada
  - i. Falta de soporte vertical (alevines)
2. Los peligros del animal incluyen:
  - a. Agresión
  - b. Alta/baja densidad
3. Los peligros de manejo incluyen:
  - a. Falta de estrategias de bioseguridad
  - b. Falta de entrenamiento del personal
  - c. Falta de clasificación
  - d. Manipulación.
4. Los peligros de alimentación incluyen:
  - a. Dieta no balanceada
  - b. Ayuno prolongado (largo tiempo)
  - c. Deficiencia de nutrientes
  - d. Proteínas vegetales.



5. Los peligros de enfermedades incluyen:
  - a. Saprolegnia
  - b. Lesiones oculares
  - c. IPN
  - d. Furunculosis
6. Los peligros relacionados con el hacinamiento incluyen:
  - a. Cambios de coloración de la espina dorsal del gris-negro al verdeazulado
  - b. Nado errante cercano a la superficie
  - c. Pez nadando de lado
  - d. Pez boqueando en la superficie
  - e. Pez expuesto al aire
  - f. Presencia de peces exhaustos

### 7.3.2.- Caracterización del peligro

#### 1. Los peligros ambientales incluyen:

Nombre	Severidad	Magnitud	Pr. efecto adverso	Incertidumbre	Peligro
<i>Cambios rápidos en la temperatura del agua</i>	Substancia I (3) a Severa (4)	Moderada (EFSA, 2008)	Alta (5) (EFSA, 2008)	Media (2) (EFSA, 2008)	Serio
<i>Temperatura del agua excesiva</i>	Substancia I (3) a Severa (4) (en RAS)	Alta (Hjeltnes et al, 2012)	Alta (5) (Hjeltnes et al, 2012)	Baja (1) (Hjeltnes et al, 2012)	Serio
<i>Excesivo flujo de agua</i>	Substancia I (3) (en RAS)	Alta (Hjeltnes et al, 2012),	Moderada (4) a Alta (5) (Hjeltnes et al, 2012)	Media (2) (Hjeltnes et al, 2012)	Moderadamente Serio
<i>Contenido bajo de oxígeno en el agua</i>	Severa (4)	Alta (EFSA, 2008, Martins et al, 2012,	Moderada (4) a Alta (5) (en RAS) (EFSA, 2008,	Baja (1) (EFSA, 2008, Martins et al, 2012)	Serio

		Hjeltnes et al, 2012),	Hjeltnes et al, 2012)		
<i>Excesivo contenido de dióxido de carbono (Sist. recirculación)</i>	Severa (4)	Alta (EFSA, 2008, Emparanza, 2009, Mota et al, 2019),	Alta (5) EFSA, 2008, Mota et al, 2019)	Baja (1) (EFSA, 2008, Emparanza, 2009, Mota et al, 2019)	Muy Serio
<i>Excesivo contenido de amonio (Sist. recirculación)</i>	Severa (4)	Alta x 80-120 días (EFSA, 2008, Hjeltnes et al, 2012, Kolarevic et al, 2012)	Alta (5) (EFSA, 2008, Hjeltnes et al, 2012, Kolarevic et al, 2012)	Baja (1) (Noble y Godoy, 2002; Chen et al, 2006; EFSA, 2008, Emparanza, E., 2009; Mydland et al, 2010; Gutierrez et al, 2011; Hjeltnes et al, 2012) (Sandoval et al, 2015)	Muy Serio
<i>Regímenes inapropiados de luz</i>	Moderada (2)	Alta (Fernö et al., 1995; Juell et al, 2003, 2004, EFSA, 2008)	Moderada (4)	Baja (1)	Moderadamente Serio
<i>Salinidad inapropiada</i>	Severa (4)	Alta (EFSA, 2008)	Alta (5) (EFSA, 2008,	Baja (1) (EFSA, 2008)	Muy Serio
<i>Falta de soporte vertical (alevines)</i>	No se encontró la información pertinente para el AR				

## 2. Los peligros del animal incluyen:

Nombre	Severidad	Magnitud	Pr. efecto adverso	Incertidumbre	Peligro
<i>Agresión</i>	Severa (4)	Alta (Turnbull <i>et al</i> , 1998, Noble <i>et al</i> , 2007b), Martins <i>et al</i> , 2012)	Alta (5)	Baja (1) (Turnbull <i>et al</i> , 1998, Noble <i>et al</i> , 2007b), Martins <i>et al</i> , 2012)	Muy Serio
<i>Alta/baja densidad</i>	Severa (4)	Moderada (Turnbull <i>et al</i> , 2005, EFSA, 2008, Hjeltnes <i>et al</i> , 2012)	Baja (1) a Moderada (4) (en RAS) (Turnbull <i>et al</i> , 2005, EFSA, 2008, Hjeltnes <i>et al</i> , 2012)	Baja (1) (Boujard <i>et al</i> . (2002, Turnbull <i>et al</i> , 2005, EFSA, 2008, Hjeltnes <i>et al</i> , 2012)	Efecto adverso

Se recomienda el monitoreo de las condiciones del pez tales como el daño de aletas, otras injurias, tasa de crecimiento, y comportamientos expresados como salud general, para setear los niveles apropiados de densidad de stock (EFSA, 2008).

## 3. Los peligros de manejo incluyen:

Nombre	Severidad	Magnitud	Pr. efecto adverso	Incertidumbre	Peligro
<i>Falta de estrategias de bioseguridad</i>	Leve (1) a Severa (4)				
<i>Falta de entrenamiento del personal</i>	Leve (1) a Severa (4) según el grado de desconocimiento y adopción de buenas prácticas	Leve (1) a Severa (4) (RSPCA, 2018)	Muy Baja (2) a Alta (5) (RSPCA, 2018)	Baja (1) (RSPCA, 2018)	Efecto Adverso a Muy Serio
<i>Falta de graduación</i>	Substancial (3) (EFSA, 2008)	Alta (EFSA, 2008)	Moderada (4) a Alta (5)	Baja (1) (EFSA, 2008)	Serio

			(EFSA, 2008)		
<i>Manipulación</i>	Moderada (2) a Severa (4), según el grado de desmanejo (EFSA, 2008)	Moderada a Alta (EFSA, 2008)	Moderada (4) a Alta (5) (EFSA, 2008)	Baja (1) (EFSA, 2008)	Moderadamente Serio a Muy Serio

#### 4. Los peligros de alimentación incluyen:

Nombre	Severidad	Magnitud	Pr. efecto adverso	Incertidumbre	Peligro
<i>Dieta no balanceada</i>	No se encontró la información pertinente para el AR				
<i>Ayuno prolongado (largo tiempo)</i>	Moderada (2)	Moderada por 3-14 días (Huntingford et al, 2006, Noble et al, 2007b), Cañon Jones et al., 2010)	Alta (5)	Media (2) (Cañon Jones et al (2010), Noble et al, 2007b)	Moderadamente Serio
<i>Deficiencia de nutrientes</i>	No se encontró la información pertinente para el AR				
<i>Proteínas vegetales</i>	No se encontró la información pertinente para el AR				

## 5. Los peligros de enfermedades incluyen:

Nombre	Severidad	Magnitud	Pr. efecto adverso	Incertidumbre	Peligro
<i>Saprolegnia</i>	Moderada (2)	Moderada, depende de varios factores los días que afecta, pero puede variar desde unos pocos días a efectos crónicos	Moderada (4) a Alta (5) (NVI, 2017)	Media (2) (NVI, 2017)	Moderadamente Serio
<i>Lesiones oculares</i>	Moderada (2)	Moderada (EFSA, 2008)	Moderada (4) a Alta (5) según la extensión de las lesiones (EFSA, 2008)	Media (2) (EFSA, 2008)	Moderadamente Serio
<i>IPN</i>	Severa (4)	Moderada a Alta, por 14-90 días (NVI, 2017)	Alta (5) (NVI, 2017)	Baja (1) (NVI, 2017)	Serio
<i>Furunculosis</i>	Severa (4)	Moderada por 2-15 días (NVI, 2017)	Moderada (4) (NVI, 2017)	Baja (1) (NVI, 2017)	Moderadamente Serio

## 6. Los peligros relacionados con el hacinamiento incluyen:

<b>Nombr e</b>	<b>Severida d</b>	<b>Magnitud</b>	<b>Pr. efecto adverso</b>	<b>Incertidumbre</b>	<b>Peligro</b>
<i>Cambios de coloración de la espina dorsal del gris-negro al verdeazulado</i>	Moderada (2)	Moderada (O'Connor <i>et al</i> , 2000; Sutor & Huntingford, 2002)	Moderada (4) (O'Connor <i>et al</i> , 2000; Sutor & Huntingford, 2002)	Media (2) (O'Connor <i>et al</i> , 2000; Sutor & Huntingford, 2002)	Modera dament e Serio
<i>Conducta de nadado errática cercano a la superficie</i>	Severa (4)	Media a Alta (Tierney & Farrell, 2004)	Moderada (4) a Alta (5)	Baja (1) (Tierney & Farrell, 2004)	Serios
<i>Pez nadando de lado</i>	Substanci al (3)	Media (Holm <i>et al</i> , 1998, Tierney & Farrell, 2004, Furevik <i>et al</i> , 1993)	Moderada (4) (Holm <i>et al</i> , 1998), (Tierney & Farrell, 2004, Furevik <i>et al</i> , 1993)	Media (2)	Modera dament e Serio
<i>Pez boquean do en la superficie</i>	No se encontró la informaci ón pertinent e para el AR				
<i>Pez expuest o al aire</i>	No se encontró la				

	información pertinente para el AR				
<i>Presencia de peces exhaustos</i>	Moderada (2)	Moderada (EFSA, 2008)	Moderada (4) (EFSA, 2008)	Media (2) (EFSA, 2008)	Moderadamente Serio

### 7.3.3.-Evaluación de la exposición

Se define como la evaluación de la probabilidad de exposición a los peligros según los criterios de bienestar animal que ocurren en toda la población animal (Salmón del Atlántico y Trucha Arco Iris) durante la etapa de agua dulce en Chile, y para aquellos peligros que podían ser evaluados a partir del estudio piloto realizado dentro del proyecto (Ver Objetivo N°2) se utilizó dicha información, y para aquellos que no podían ser evaluados con tal información se utilizó como fuente para su evaluación la literatura disponible prioritariamente de Chile y de no encontrarse, internacional. Los resultados están incorporados en los siguientes cuadros a continuación, dentro de la caracterización del riesgo.

### 7.3.4.-Caracterización del riesgo

Siguiendo el ordenamiento de las secciones anteriores se desarrolla la caracterización del riesgo y su priorización, bajo un sistema de semáforos, como se explicó en la sección de M&M.

#### Los riesgos ambientales incluyen:

Nombre	Peligro	Exposición	Riesgo
<i>Cambios rápidos en la temperatura del agua</i>	Serio (4)	Baja (3)	Moderado 12
<i>Temperatura del agua excesiva</i>	Serio (4)	Moderada (4)	Alto 16
<i>Excesivo flujo de agua</i>	Moderadamente Serio (3)	Moderada (4)	Moderado 12

<i>Contenido bajo de oxígeno en el agua</i>	Serio (4)	Baja (3)	Moderado 12
<i>Excesivo contenido de dióxido de carbono (Sist. recirculación)</i>	Muy Serio (5)	Baja (3)	Alto 15
<i>Excesivo contenido de amonio (Sist. recirculación)</i>	Muy Serio (5)	Baja (3)	Alto 15
<i>Regímenes inapropiados de luz</i>	Moderadamente Serio (3)	Muy baja (2)	Bajo 6
<i>Salinidad inapropiada</i>	Muy Serio (5)	Baja (3)	Alto 15
<i>Falta de soporte vertical (alevines)</i>	No se encontró la información pertinente para el AR		

### Los riesgos del animal incluyen:

Nombre	Peligro	Exposición	Riesgo
<i>Agresión</i>	Muy Serio (5)	Baja (3)	Alto 15
<i>Alta/baja densidad</i>	Efecto adverso (2)	Alta (5)	Moderado 10

### Los riesgos de manejo incluyen:

Nombre	Peligro	Exposición	Riesgo
<i>Falta de estrategias de bioseguridad</i>	No se encontró la información pertinente para el AR		
<i>Falta de entrenamiento del personal</i>	Efecto Adverso (2) a Muy Serio (5)	Moderada (4) a Alta (5)	Moderado (8) a Extremo (25)
<i>Falta de graduación</i>	Serio (4)	Baja (3)	Moderado 12
<i>Manipulación</i>	Moderadamente Serio (3) a Muy Serio (5)	Moderada (4) a Alta (5)	Moderado (12) a Extremo (25)

### Los riesgos de alimentación incluyen:

Nombre	Peligro	Exposición	Riesgo
<i>Dieta no balanceada</i>	No se encontró la información pertinente para el AR		
<i>Ayuno prolongado (largo tiempo)</i>	Moderadamente Serio (3)	Baja (3)	Moderado 9
<i>Deficiencia de nutrientes</i>	No se encontró la información pertinente para el AR		
<i>Proteínas vegetales</i>	No se encontró la información pertinente para el AR		

### Los riesgos de enfermedades incluyen:

Nombre	Peligro	Exposición	Riesgo
<i>Saprolegnia</i>	Moderadamente Serio (3)	Alta (5) smolt	Alto 15
<i>Lesiones oculares</i>	Moderadamente Serio (3)	Moderada (4) smolt	Moderado 12
<i>IPN</i>	Serio (4)	Alta (5) (Subpesca, 2016)	Extremo 20
<i>Furunculosis</i>	Moderadamente Serio (3)	Alta (5) (Subpesca, 2016)	Alto 15



### Los riesgos relacionados con al hacinamiento incluyen:

Nombre	Peligro	Exposición	Riesgo
<i>Cambios de coloración de la espina dorsal del gris-negro al verdeazulado</i>	Moderadamente Serio (3)	Sin información	
<i>Conducta de nado errática cercano a la superficie</i>	Serios (4)	Moderada (4)	Alto 16
<i>Pez nadando de lado</i>	Moderadamente Serio (3)	Sin información	
<i>Pez boqueando en la superficie</i>	No se encontró la información pertinente para el AR		
<i>Pez expuesto al aire</i>	No se encontró la información pertinente para el AR		
<i>Presencia de peces exhaustos</i>	Moderadamente Serio (3)	Sin información	

### 7.3.5.-Caracterización del riesgo por etapa productiva

Se clasificaron los scores de riesgo por etapa productiva para tener una idea de cuales peligros podrían ser más importantes en cada etapa productiva teniendo en cuenta los distintos sistemas productivos y eventualmente permitir comparaciones entre sistemas que se utilizan para esas categorías.

#### 7.3.5.1.- Riesgos de bienestar asociados con incubación de ovas

#### Los riesgos ambientales incluyen:

Nombre	Peligro	Exposición	Riesgo
<i>Cambios rápidos en la temperatura del agua</i>	Serio (4)	Baja (3)	Moderado 12
<i>Temperatura del agua excesiva</i>	Serio (4)	Moderada (4)	Alto 16
<i>Excesivo flujo de agua</i>	Moderadamente Serio (3)	Moderada (4)	Moderado 12

### 7.3.5.2.- Riesgos de bienestar asociados con alevines

Los riesgos ambientales incluyen:

Nombre	Peligro	Exposición	Riesgo
<i>Cambios rápidos en la temperatura del agua</i>	Serio (4)	Baja (3)	Moderado 12
<i>Excesivo flujo de agua</i>	Moderadamente Serio (3)	Moderada (4)	Moderado 12
<i>Contenido bajo de oxígeno en el agua</i>	Serio (4)	Baja (3)	Moderado 12
<i>Temperatura del agua excesiva</i>	Serio (4)	Moderada (4)	Alto 16

Los riesgos del animal incluyen:

Nombre	Peligro	Exposición	Riesgo
<i>Agresión</i>	Muy Serio (5)	Baja (3)	Alto 15
<i>Alta/baja densidad</i>	Efecto adverso (2)	Alta (5)	Moderado 10

Los riesgos de manejo incluyen:

Nombre	Peligro	Exposición	Riesgo
<i>Falta de entrenamiento del personal</i>	Efecto Adverso (2) a Muy Serio (5)	Moderada (4) a Alta (5)	Moderado (8) a Extremo (25)
<i>Falta de graduación</i>	Serio (4)	Baja (3)	Moderado 12

Los riesgos de alimentación incluyen:

Nombre	Peligro	Exposición	Riesgo
<i>Ayuno prolongado (largo tiempo)</i>	Moderadamente Serio (3)	Baja (3)	Moderado 9

Los riesgos de enfermedades incluyen:

Nombre	Peligro	Exposición	Riesgo
<i>Saprolegnia</i>	Moderadamente Serio (3)	Alta (5) smolt	Alto 15
<i>Lesiones oculares</i>	Moderadamente Serio (3)	Moderada (4) smolt	Moderado 12
<i>Furunculosis</i>	Moderadamente Serio (3)	Alta (5) (Subpesca, 2015) proyecto FIPA	Alto 15
<i>IPN</i>	Serio (4)	Alta (5) (Subpesca, 2016) proyecto FIPA	Extremo 20

### 7.3.5.3.- Riesgos de bienestar asociados con smolts

Los riesgos ambientales incluyen:

Nombre	Peligro	Exposición	Riesgo
<i>Excesivo flujo de agua</i>	Moderadamente Serio (3)	Moderada (4)	Moderado 12
<i>Contenido bajo de oxígeno en el agua</i>	Serio (4)	Baja (3)	Moderado 12

Los riesgos del animal incluyen:

Nombre	Peligro	Exposición	Riesgo
<i>Agresión</i>	Muy Serio (5)	Baja (3)	Alto 15
<i>Alta/baja densidad</i>	Efecto adverso (2)	Alta (5)	Moderado 10

Los riesgos de manejo incluyen:

Nombre	Peligro	Exposición	Riesgo
<i>Falta de entrenamiento del personal</i>	Efecto Adverso (2) a Muy Serio (5)	Moderada (4) a Alta (5)	Moderado (8) a Extremo (25)

Los riesgos de alimentación incluyen:

Nombre	Peligro	Exposición	Riesgo
<i>Ayuno prolongado (largo tiempo)</i>	Moderadamente Serio (3)	Baja (3)	Moderado 9

Los riesgos de enfermedades incluyen:

Nombre	Peligro	Exposición	Riesgo
<i>IPN</i>	Serio (4)	Alta (5) (Subpesca, 2016) proyecto FIPA	Extremo 20
<i>Furunculosis</i>	Moderadamente Serio (3)	Alta (5) (Subpesca, 2015) proyecto FIPA	Alto 15

## 7.4.- DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES OBJETIVO N°3

Se avanzó en el desarrollo del AR propuesto, sin embargo, no se encontró la suficiente información relevante y necesaria para todos los peligros identificados, lo cual podría ser relevante estimar en futuras investigaciones.

Como conclusiones se puede decir que en la caracterización de los peligros no se encontraron diferencias notables concernientes al riesgo general del bienestar entre los diferentes sistemas productivos utilizados. Los sistemas pueden diferir en sus escores de

riesgo para las diferentes categorías de peligros dado que tiene riesgos específicos. Las medidas para mejorar el bienestar deberían adaptarse a los distintos sistemas productivos teniendo en consideración los requerimientos específicos de cada etapa productiva.

Los aspectos sanitarios y de bienestar de la salmonicultura es un tema complejo (Noble, 2018). Por un lado, las enfermedades infecciosas pueden potencialmente causar pérdidas significantes en prácticamente todas las etapas productivas y el control de los patógenos específicos recibe una considerable atención. Por otro lado, pueden aparecer aspectos sanitarios no específicos y bienestar, estos son condiciones que se relacionan primariamente con condiciones ambientales y de manejo productivo y en menor extensión o solo secundariamente a patógenos. La experiencia indica que todos estos parámetros interactuarán entre ellos en sus efectos sobre el pez. Además, las pobres condiciones de bienestar generan estrés que a su vez hace más susceptibles a los peces a las infecciones por agentes infecciosos y para muchos más importantes sus cuadros clínicos, que deterioran más el bienestar.

La calidad del agua es esencial para un buen bienestar de los peces y se reconocieron varios parámetros de calidad como importantes ya que representan un riesgo importante al bienestar de los salmónidos en sus distintas etapas productivas (NIVA, 2016).

Varios procedimientos que involucran la manipulación de los peces representan un riesgo para las distintas etapas productivas de los salmónidos, ya que pueden generar lesiones, estrés y como consecuencia aumenta la incidencia de varias enfermedades lo que luego también genera una pérdida de las condiciones de bienestar (Carey et al, 1998). Sin embargo, la falta de algunas otras como grading o vacunaciones pueden generar condiciones que no contribuyan al bienestar (NIVA, 2016, Noble 2018).

En términos de etapas productivas, los alevines son frágiles en relación a las maniobras que involucran manipulación especialmente en el período luego de la eclosión con el saco vitelino todavía es grande.

Los smolts también representa un estadio muy vulnerable dentro de las distintas etapas productivas dados los cambios morfológicos y fisiológicos que ocurren en esa etapa.

El comportamiento es el primer y el principal indicador del estado biológico de un animal, y las observaciones de comportamiento son las mejores herramientas para comprender no solo el estado fisiológico del individuo sino también su estado mental (Cerqueira, et al, 2017, Martins et al, 2012). Por eso es importante, el monitoreo rutinario del comportamiento del pez, su morfología (por ej. aletas, branquias y piel), datos productivos (por ej. crecimiento y tasa de conversión del alimento) y mortalidad (Saraiva et al, 2019).

## **7.5.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS OBJETIVO N°3**

Boujard T., Labbé L., Aupérin B. 2002. Feeding behaviour, energy expenditure and growth of rainbow trout in relation to stocking density and food accessibility. *Aquacult Res.*; 33:1233–1242.

Bornø G., Lie Linaker M. (2015). The health situation in Norwegian aquaculture 2014. *Norwegian Veterinary Institute, Oslo, Norway.*

Chen S., Ling J., Blancheton J.P. (2006). "Nitrification kinetics of biofilm as affected by water quality factors." *Aquacultural Engineering* 34(3): 179-197.

Cañon Jones H.A., Hansen L., Noble C., Damsgård B., Broom D.M, Pearce G.P. Social network analysis of behavioural interactions influencing fin damage development in Atlantic salmon (*Salmo salar*) during feed-restriction. *Appl Anim Behav Sci.* 2010; 127:139–151.

Carey J.B., McCormick S.D. (1998). Atlantic salmon smolts are more responsive to an acute handling and confinement stress than parr. *Aquaculture*. 168(1-4):237-253.

Cerqueira M., Millot S., Castanheira M.F., Félix A.S., Silva T., Oliveira G.A., Oliveira C.C., Martins C.I.M., Oliveira R.F. Cognitive appraisal of environmental stimuli induces emotion-like states in fish. *Sci. Rep.* 2017, 7, 13181.

Duncan I.J.H. 2005. Science-based assessment of animal welfare: farm animals. *Rev. sci. tech. Off. int. Epiz.* 24 (2), 483-492.

Emparanza E. 2009. Problems affecting nitrification in commercial NOB with fixed-bed biofilters for salmonids in Chile. *Aquacult. Eng.*, 41: 91-96.

European Food Safety Authority (EFSA). 2008. Scientific Opinion of the Panel on Animal Health and Welfare on a request from the European Commission on Animal welfare aspects of husbandry systems for farmed Atlantic salmon. *The EFSA Journal*. 736, 1-31

European Food Safety Authority (EFSA). 2009. Species-specific welfare aspects of the main system of stunning and killing of farmed Atlantic salmon: scientific opinion of the panel on animal health and welfare. *EFSA Journal*. 954, 1-27

Fletcher W. J. The application of qualitative risk assessment methodology to prioritize issues for fisheries management

Furevik D.M., Bjordal Å., Huse I., Fernö A. 1993. Surface activity of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in net pens. *Aquaculture*, 110(2), pp.119-128.

Gutierrez X., Kolarevic J., Sæther B.S., Bæverfjord G., Takle H., Medina H.M., Terjesen B.F. (2011). Effects of sub-lethal nitrite exposure at high chloride background during the parr stage of Atlantic salmon. In: *Aquaculture Europe 2011. Abstracts*, p. 1080-1081. Rhodes, Greece.

Kolarevic J., Selset R., Felip O., Good C., Snekvik K., Takl, H., Ytteborg E., Baeverfjord G., Åsgård T., Terjesen B.F., 2012. Influence of long term ammonia exposure on Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) parr growth and welfare. *Aquaculture Research*.

Martins C.I., Galhardo L, Noble C, Damsgård B, Spedicato M.T, Zupa W, Beauchaud M, Kulczykowska E, Massabuau J.C, Carter T, Planellas S.R. Kristiansen T., Behavioural indicators of welfare in farmed fish. *Fish Physiol Biochem*. 2012 Feb;38(1):17-41.

Vasco C.M., Nilsen T.O., Gerwins J., Gallo M., Ytteborg E., Baeverfjord G., Kolarevic J., Steven T., Summerfelt, Terjesen B.F. 2019. The effects of carbon dioxide on growth performance, welfare, and health of Atlantic salmon post-smolt (*Salmo salar*) in recirculating aquaculture systems, *Aquaculture*, 498, 578-586.

Mydland L.T., Rud I., Rudi K., Ulgenes Y., Ibieta P., Gutierrez X., Reiten B.K.M., Summerfelt S.T., Terjesen B.F. (2010). Microbial community composition and water quality during start-up, steady-state and disturbances in a new moving bed bioreactor. NRC Havbruk 2010, Norway.

Instituto Noruego de Investigación de Aguas (NIVA). Asesoría Especializada: Identificación de Factores Claves para Asegurar una Alta Calidad del Smolt. 2016.

Noble C., Kadri S., Mitchell D.F., Huntingford FA. 2007a. Influence of feeding regime on intraspecific competition, fin damage and growth in 1 + Atlantic salmon parr (*Salmo salar* L.) held in freshwater production cages. *Aquacult Res.*; 38:1137–1143.

Noble C., Kadri S., Mitchell D.F., Huntingford FA. 2007b. The effect of feed regime on the growth and behaviour of 1 + Atlantic salmon post-smolts (*Salmo salar* L.) in semi-commercial sea cages. *Aquacult Res.*; 38:1686–1691.

Noble, C., Gismervik K., Iversen M. H., Kolarevic J., Nilsson J., Stien L. H., Turnbull J. F. (2018). Welfare indicators for farmed Atlantic salmon: tools for assesing fish welfare (Nofima report). Tromsø: Nofima

Nobl, A., Godoy M. (2002). Enfermedades no infecciosas en sistemas de recirculación. Parte 1 y 2. *Aquanoticias* 14 (72): 65-67 y (73): 81-83.

RSPCA. 2018. Welfare Standards for Farmed Atlantic Salmon.

Subpesca. 2016. Informe Técnico (D.AC) #1060. Informe anual de Resultados. Programa de Investigación de enfermedades de alto riesgo en peces silvestres.

Saraiva J.L., Arechavala-Lopez P., Castanheira M.P., Volstorf J. S., Heinzpeter B. 2019. A Global Assessment of Welfare in Farmed Fishes: The FishEthoBase. *Fishes*. 4, 30. 2-18

Stien L. H., Bracke M. B., Folkeda, O., Nilsson J., Oppeda, F., Torgersen T., Kittilsen S., Midtlyng P. J., Vindas, M. A., Øverli Ø. and Kristiansen, T. S. (2013), Salmon Welfare Index Model (SWIM 1.0): a semantic model for overall welfare assessment of caged Atlantic salmon: review of the selected welfare indicators and model presentation. *Reviews in Aquaculture*, 5: 33-57.





## **8.- OBJETIVO N°4**

Proponer un modelo para evaluar el impacto económico del bienestar animal en la cadena de producción de salmónidos.

### **8.1.- ANTECEDENTES**

A través de los años la industria salmonera ha incrementado considerablemente su producción y con ella el efecto que producen en su crecimiento los aspectos sanitarios y medio ambientales. Sin embargo, un aspecto que se ha mencionado reiteradamente, pero no cuantificado ni regulado, es el bienestar animal, a pesar de ser en la cadena de producción es uno de los aspectos relevantes para el logro de productos de alta calidad. Sin perjuicio de lo anterior, existen dos puntos claramente relacionados con el bienestar animal que es necesario intervenir y que permitirán mejoras sustantivas en términos de productividad y rendimiento económico, estos son la disminución de la mortalidad y la mejora en la tasa de crecimiento de los ejemplares sometidos a cultivo.

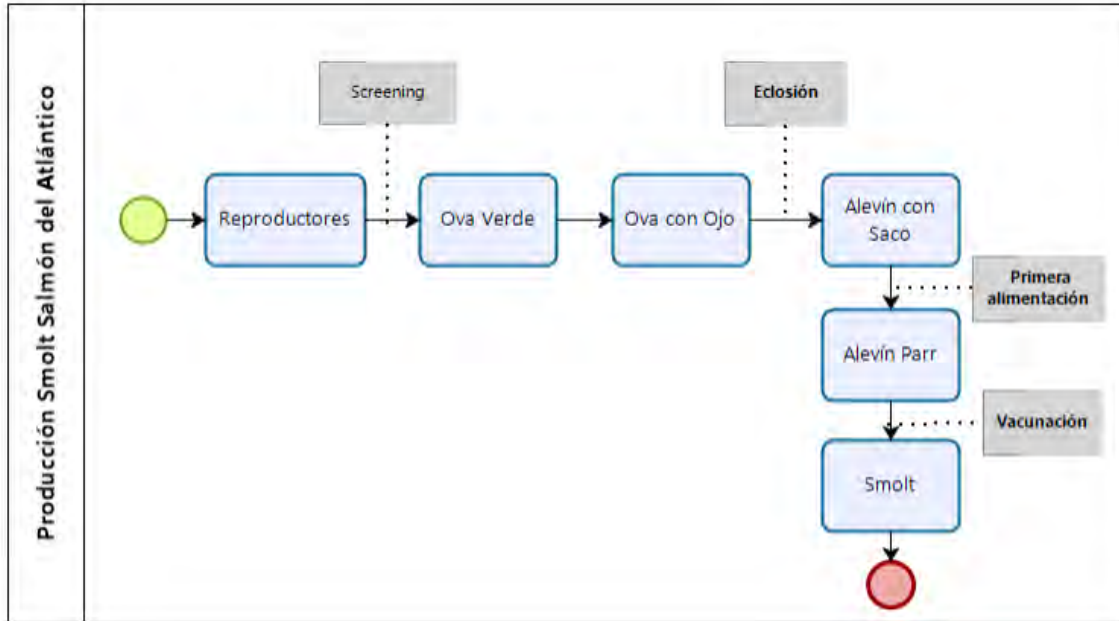
El Estado a través del diseño y desarrollo de políticas y estrategias públicas le ha impuesto un marco regulatorio a la industria salmonera, acorde a la realidad nacional y siguiendo los lineamientos de las normativas internacionales, lo que resulta fundamental a la hora de impulsar la actividad acuícola. Es así como posterior a la crisis del virus ISA, la Autoridad puso el foco en la bioseguridad, en la normativa sanitaria chilena, lo que trajo como consecuencia el incremento en los costos de producción, aspecto resaltado por la industria del salmón (Aqua, 2017).

Actualmente, la gran preocupación es como enfrentar los problemas patológicos que afecta a los salmones de cultivo, y minimizar el uso de medicamentos en el medio acuático. Por lo que la estrategia es producir smolts de buena calidad, robustos, que logren un buen desempeño productivo en el mar, lo que puede traducirse en beneficios económicos importantes. Lo que se busca es que los peces sean más resistentes a los patógenos a los que deberán verse enfrentados en el mar, así como a las situaciones de cultivo adversas que deberán enfrentar, considerando que pasan de un sistema cerrado,

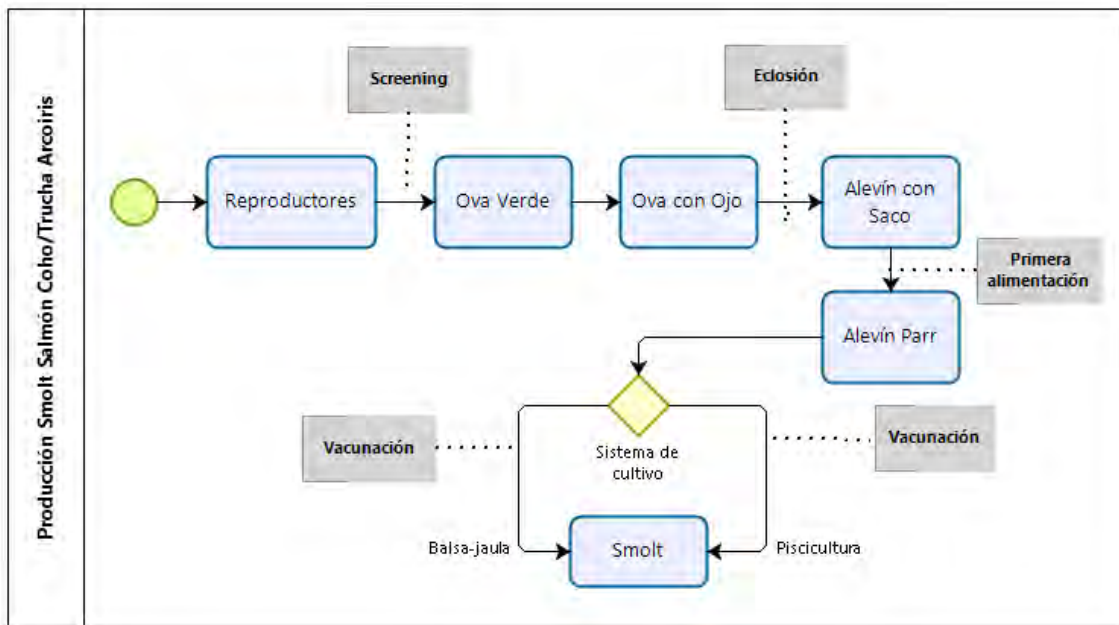
altamente controlado, a un sistema de jaulas (abierto), en el cual estarán expuestos a predadores y a condiciones ambientales que no son siempre favorables para su bienestar, con el riesgo de cursar una enfermedad al debilitarse su sistema inmune.

En el ámbito económico se observa una demanda creciente en las exigencias de los mercados destinos de las exportaciones acuícolas, expresadas como barreras arancelarias, barreras comerciales no arancelarias y medidas paraarancelarias. Respecto de las variables económicas, la demanda creciente por proteínas saludables y el estancamiento de las pesquerías (con objetivo de sustentabilidad) seguirán fomentando el crecimiento y desarrollo de la acuicultura. Por otra parte, se deben enfrentar las dificultades asociadas al creciente costo de los factores de producción por la escasez de insumos para la alimentación de las especies, el aumento en los costos de mano de obra, o la inversión en tecnología necesaria para cumplir con los requerimientos que imponen las normativas y las certificaciones. De aquí surge de manera natural involucrarse en el concepto de bienestar animal con un enfoque económico.

Tal como se conoce la cadena productiva del salmón, ésta se desarrolla en tres etapas: agua dulce, agua mar y procesamiento o faena. Sin embargo, la presente investigación se centrará solo en la etapa agua dulce, en la cual se cultivan las especies objeto de comercialización internacional: salmón del Atlántico, salmón coho y trucha arcoíris. Los flujos productivos son similares para cada una de las especies, salvo que para el salmón del Atlántico la crianza se realiza también en pisciculturas de recirculación, en tanto que el salmón coho y trucha arcoíris, en la mayoría de los casos, se utilizan pisciculturas de flujo abierto para la primera etapa de alevinaje y los centros en lago para alcanzar la etapa de smolt. En las figuras 43 y 44, se observan los flujos de producción del salmón del Atlántico, salmón coho y trucha arcoíris en agua dulce y las etapas del ciclo productivo, con dos actividades relevantes en la cadena de producción, el screening realizado a los reproductores, y la vacunación aplicada en la etapa pre-smolt, antes del traspaso de los smolt al mar.



**Figura 43.** Flujo producción smolt salmón del Atlántico (Fuente: Elaboración propia).



**Figura 44.** Flujo producción smolt salmón coho/trucha arcoíris (Fuente: Elaboración propia).

### **8.1.1.- Estructura de costos en la producción de salmón.**

La proliferación y patogenicidad del virus ISA a mediados del 2017 generó un antes y un después en la industria salmonera, la cual le solicitó a la Autoridad una mayor rigurosidad en las normativas sanitarias, que permitiera evitar o minimizar estos eventos. Sin embargo, estas nuevas exigencias generaron cambios importantes en el escenario productivo y elevaron sus costos (Aqua, 2017).

La salmonicultura es una actividad comercial, y en cada uno de sus procesos está involucrada una estructura de costos. De acuerdo con la información proporcionada por los profesionales que se desempeñan en la producción de smolt en agua dulce, los costos de producción están diferenciados por etapa de desarrollo, así como los servicios asociados a sus procesos productivos. Es decir, los costos de producción de agua dulce son independientes de los del mar. Por lo tanto, cada empresa productora tiene su propio centro de costos de producción y dentro de su historial productivo, trabaja para que la calidad del smolt sea la más alta posible, así como el costo final del smolt sea el más bajo, que permita un resultado económico final que garantice un valor competitivo dentro del mercado.

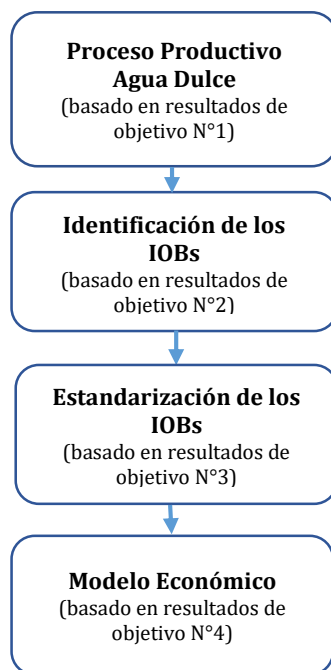
En la mayoría de los países referentes en salmonicultura, el costo del smolt de salmón del Atlántico, visto desde el punto de vista de la estructura de costo del producto final (% del costo por kilo de salmón producido), es similar, representando entre un 9% a un 11% del costo de producción total (Aqua, 2015).

En Chile el costo del smolt de 100 gr de salmón del Atlántico fluctúa en promedio entre US\$1,5 y US\$2,0, mientras que el salmón coho entre 100 gr y 200 gr fluctúa entre US\$1,0 y US\$1,2. En Noruega el costo del smolt de salmón del Atlántico fluctúa entre US\$1,3 y US\$1,6. Todos estos valores no contemplan el costo de las vacunas, el que fluctúa entre US\$0,48 y US\$0,7 por smolt en Chile.

## 8.2.- DESARROLLO METODOLÓGICO OBJETIVO N°4

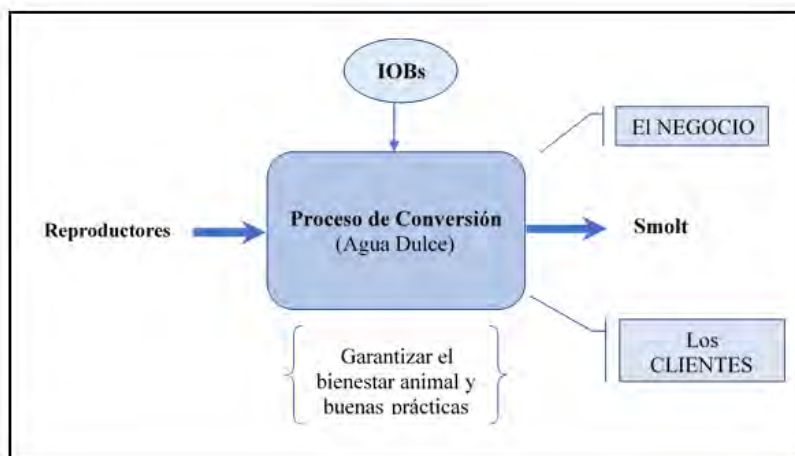
Para dar cumplimiento al Objetivo Específico N°4 se desarrolló una propuesta de un modelo teórico para medir el impacto económico que tendrán los IOBs en el proceso productivo en agua dulce, el que considera cuatro grandes etapas, que son: Planteles de reproductores, Producción de ovas con ojos, Alevinaje y Esmoltificación. Para la construcción de este modelo, se consideraron los objetivos precedentes de este estudio (Objetivo N°1, Objetivo N°2 y Objetivo N°3). En la figura 45 se presenta el esquema genérico a utilizar.

El análisis de la propuesta del modelo bio-económico teórico se centró básicamente en el proceso productivo en agua dulce, basado en los resultados del Objetivo N°1 de esta investigación, el que describe los diferentes sistemas de reproducción, alevinaje y esmoltificación utilizados en Chile y en los principales países productores de salmónidos. Los IOBs fueron generados del desarrollo del Objetivo N°2 y la estandarización y validación de los resultados del Objetivo N°3.



**Figura 45.** Propuesta del Modelo Bio-Económico Teórico.

Con los tres objetivos interviniendo en el proceso de agua dulce, se propone un modelo para evaluar el impacto económico de los indicadores operacionales de bienestar (IOBs) en la cadena de producción de salmónidos. Para evaluar el impacto económico de la incorporación de los IOBs seleccionados en producción en agua dulce, se utilizará un sistema operacional compuesto por un input (reproductores), proceso de conversión y un output (smolts), como se muestra en la figura 46.



**Figura 46.** Sistema operacional básico del flujo de producción (Fuente: Elaboración propia).

Los inputs corresponden a los reproductores, recursos necesarios para lograr los objetivos del sistema; los outputs corresponden a los smolts, que son el resultado de los productos generados. El elemento central denominado Proceso de Conversión en agua dulce, corresponde al proceso productivo, que parte desde la etapa de reproducción hasta la esmoltificación, en donde los indicadores de operación del bienestar de salmónidos dan cuenta del buen o mal uso de los recursos operacionales en cada etapa productiva, tratando de garantizar el bienestar de los animales y las buenas prácticas, lo que impactará en la industria (el negocio) y que debiera verse reflejado en el aumento de la productividad, la rentabilidad y la credibilidad del negocio por parte de los clientes.

El diseño metodológico del modelo bio-económico propuesto consta de cinco pasos, los cuales se especifican a continuación:

Paso 1: Describir el proceso de conversión y modelo de costeo.

Paso 2: Describir los diversos IOBs asociados a las etapas en agua dulce.

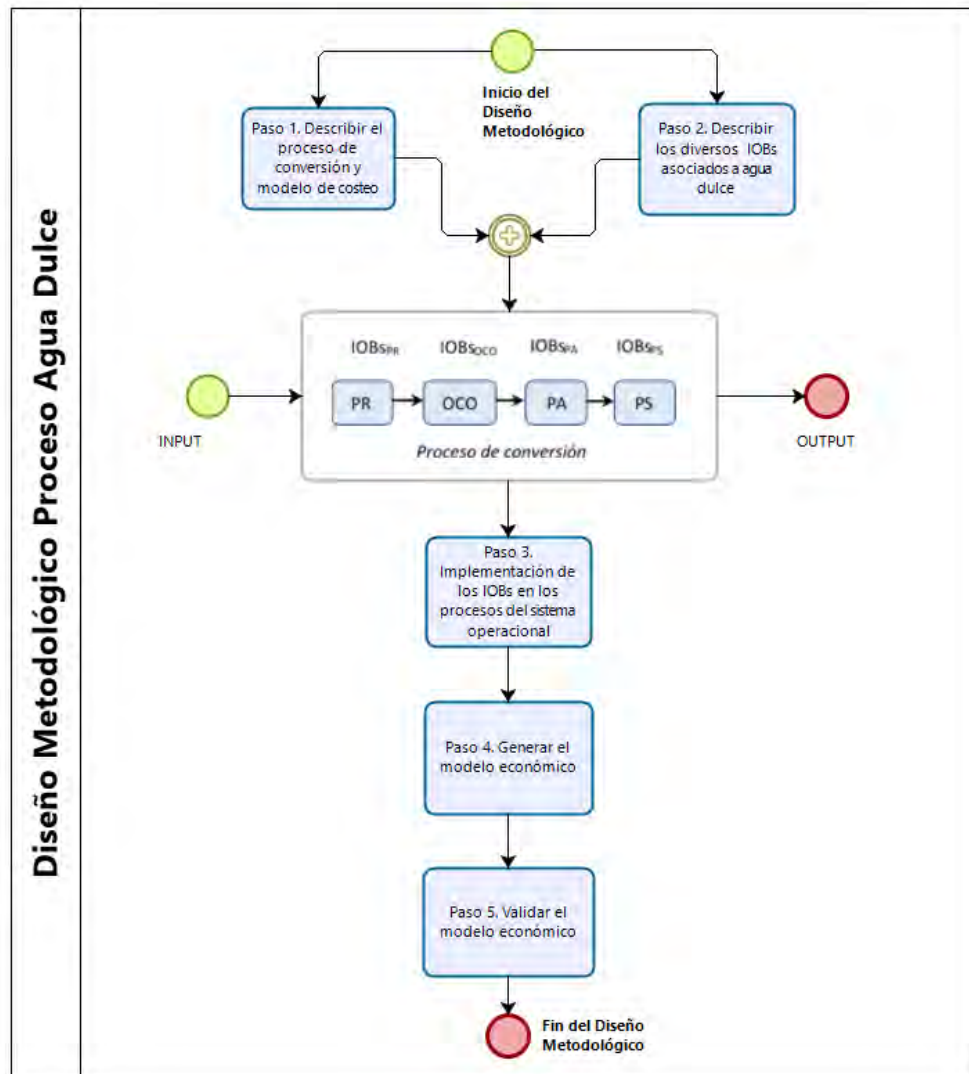
Paso 3: Implementar los IOBs en los procesos del sistema operacional

Paso 4: Generar el modelo económico.

Paso 5: Validar el modelo económico.

En la figura 47 se observa el desarrollo del Diseño Metodológico, en el que se aplican los cinco pasos propuestos, lo que permite tener una mirada panorámica de su construcción. El proceso de conversión que se observa en el diagrama está compuesto por cuatro grandes etapas, que son: Plantel de reproducción (PR), Producción de ovas con ojos (OCO), Producción de alevines (PA) y finalmente la Producción de smolt (PS). Este sistema operacional considera los inputs que son los reproductores y los outputs que son los smolts, que deben cumplir con los requerimientos para seguir hacia la etapa de engorda en el mar.



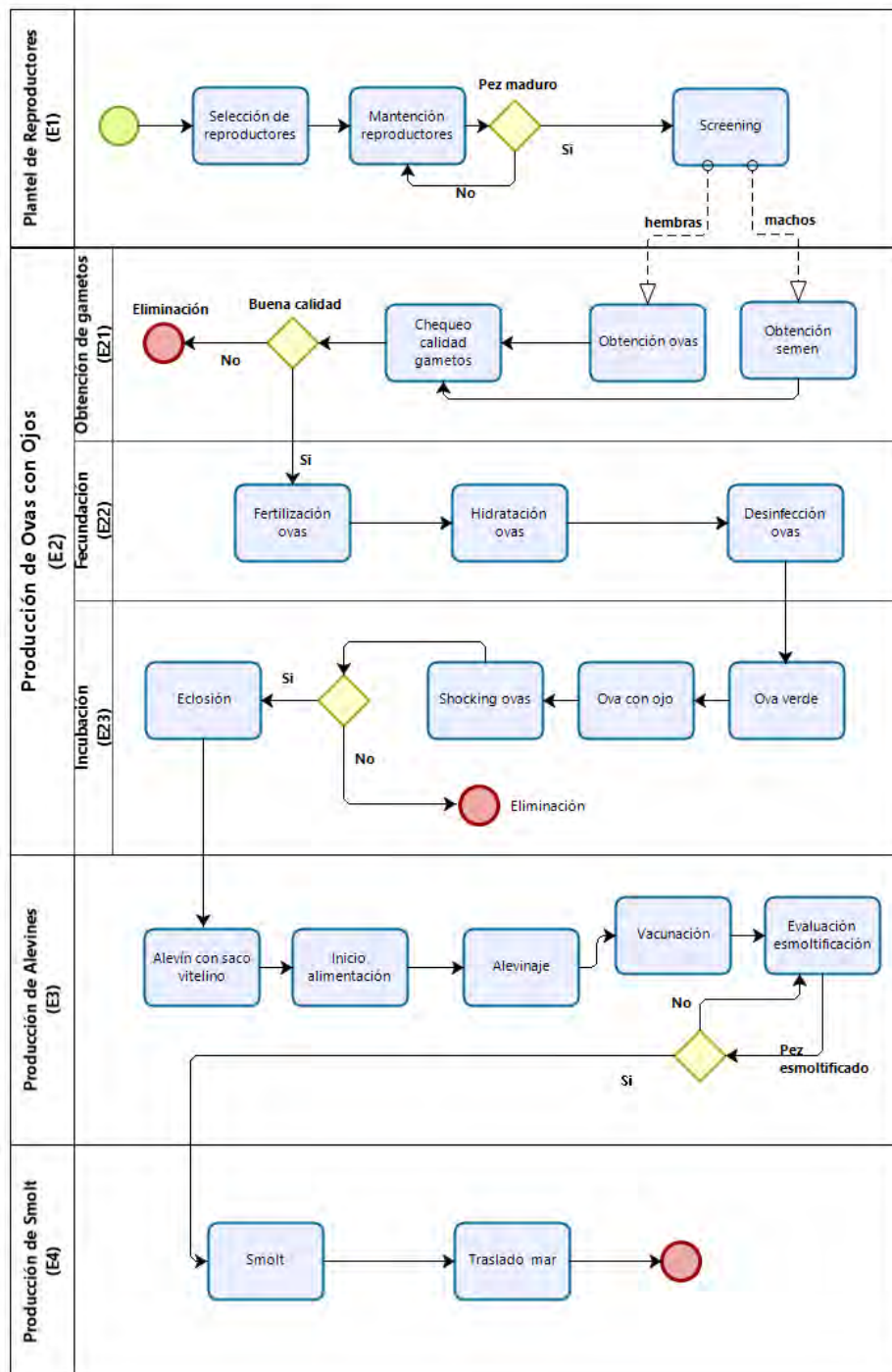


**Figura 47.** Diseño metodológico para validar el Modelo Económico Teórico. PR: Plantel de reproducción; OCO: Producción de ovas con ojos; PA: Producción de alevines; PS: Producción de smolt (Fuente: Elaboración propia).

### 8.2.1.- Descripción del proceso de conversión y modelo de costeo (Paso 1).

**A.- Descripción de los procesos:** Para lograr una adecuada relación entre los procesos y los diversos IOBs, se debe abordar en detalle el funcionamiento de cada una de las pisciculturas que operan en el país, esto con el fin de observar cómo se movilizan los recursos en estas pisciculturas, tal como se aprecia en la figura 48. Para tal efecto, se ha

elaborado un diagrama de flujo, basado en el Modelo y Notación de Procesos de Negocio (BPMN), que expresa cada una de las etapas del proceso de producción en agua dulce.



**Figura 48.** Modelo del ciclo productivo del salmón en agua dulce, conforme al modelamiento BPMN (Fuente: Elaboración propia).

En la figura 49, se observa la desagregación de cada una de las etapas del ciclo productivo del salmón en agua dulce, lo que permitirá tener una mejor visión de cómo se realizan las actividades y como intervenirlas. Para lo cual, se realizará balance de línea, conforme a la información obtenida del objetivo N°1, con las etapas de producción de los salmónidos en agua dulce.

La fase de agua dulce considera cuatro grandes etapas, las cuales son: Plantel de reproductores (E1): Producción de ovas con ojos (E2); Alevinaje (E3) y Esmoltificación (E4). Para cada una de estas etapas se consideran subetapas, que permitirá describir con mayor detalle los procesos presentes en el ciclo de producción del salmón en agua dulce, las que se pueden especificar genéricamente de la siguiente manera:

**Etapa 1:** Plantel de reproductores (E1), esta comienza con la formación de un plantel de reproductores, que será la materia prima para la obtención de las ovas fertilizadas, por tanto, será fundamental conocer cada una de las subetapas de la etapa del proceso de Reproducción. El acondicionamiento de reproductores, etapa en la cual se le dan las condiciones óptimas a los ejemplares machos y hembras para obtener gametos de alta calidad. Siendo las variables relevantes a controlar: calidad del alimento, calidad de agua, densidad de cultivo y control de los patógenos, entre otras.

**Etapa 2:** Producción de ovas con ojo (E2), esta etapa es una de las más complejas, ya que del adecuado manejo de las ovas depende la producción de alevines conformes a los requerimientos de producción y de calidad.

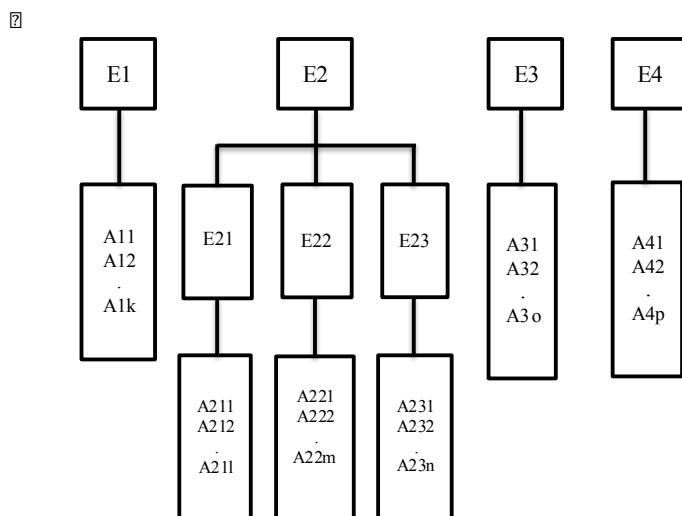
**Etapa 2.1:** Obtención de gametos. Proceso en el cual se extrae el semen y las ovas de los reproductores. Fundamental es la calidad de las ovas y del semen.

**Etapa 2.2:** Fecundación. En esta etapa se mezclan los gametos masculinos y femeninos para obtener las ovas fecundadas.

**Etapa 2.3:** Incubación, las ovas fecundadas son dispuestas en sistemas de cultivo, en donde se les entrega las condiciones para que se desarrollen hasta la eclosión. En esta etapa es fundamental el control de la velocidad de corriente y de la calidad del agua.

**Etapa 3:** Alevinaje (E3). Esta etapa comienza con los alevines que han absorbido su saco vitelino y se encuentran en el proceso de primera alimentación, y finaliza cuando se inicia la esmoltificación.

**Etapa 4:** Esmoltificación (E4), etapa en la cual los peces se preparan para ser trasladados de agua dulce al mar. Es una etapa crucial, en que el pez sufre una serie de cambios fisiológicos que lo hacen susceptible de tener bajos rendimientos productivos en la etapa de engorda en el mar.



**Figura 49.** Desagregación genérica de las etapas del proceso productivo (Fuente: Elaboración propia).

**B.- Modelo de costo:** Para desarrollar este punto se realizó un catastro de los costos asociados a la producción de reproductores, ovas con ojos, alevines y smolt, mediante la aplicación de un cuestionario dirigido a gerentes de producción (**Anexo IX**). La información recopilada fue complementada con información bibliográfica generada por las empresas a través de sus informes de sustentabilidad, y entrevistas realizadas a profesionales de la industria. Entre las preguntas consultadas se destacan:

- Niveles de producción en cada etapa del flujo productivo.
- Tipo de servicios externos contratados (transporte, desinfección, vacunas, servicios veterinarios, etc.)
- Calidad de agua, frecuencia de muestreo, método de medición.

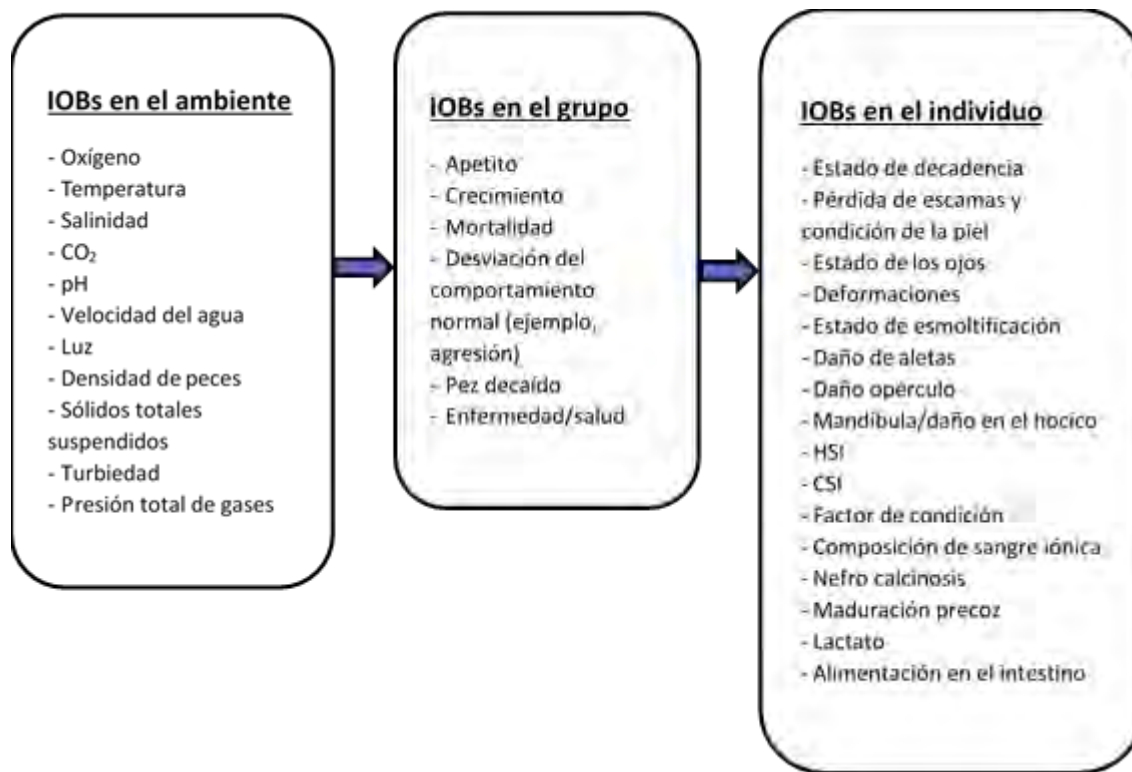
- Costos de producción y precios de venta de los productos en las diversas etapas de producción en agua dulce.

### **8.2.2.- Descripción de los diversos IOBs asociados a la producción de salmónidos en agua dulce (Paso 2).**

Para la descripción de los IOBs se trabajó esencialmente en dos sistemas de piscicultura, que son: flujo abierto (FA) y recirculación (RAS). Esto ya que, conforme a las encuestas aplicadas a las empresas, se pudo observar que son los sistemas más usados. De acuerdo con lo presentado en la Tabla 23 (Objetivo N°1), de las 60 instalaciones encuestadas el 51,7% correspondió a pisciculturas de flujo abierto y el 16,7% a pisciculturas RAS. El 10,0% a pisciculturas con reuso de agua (REU) y el 21,6 restante a pisciculturas con sistema mixto.

#### **A.- Cultivo de salmón del Atlántico basado en un sistema de flujo abierto.**

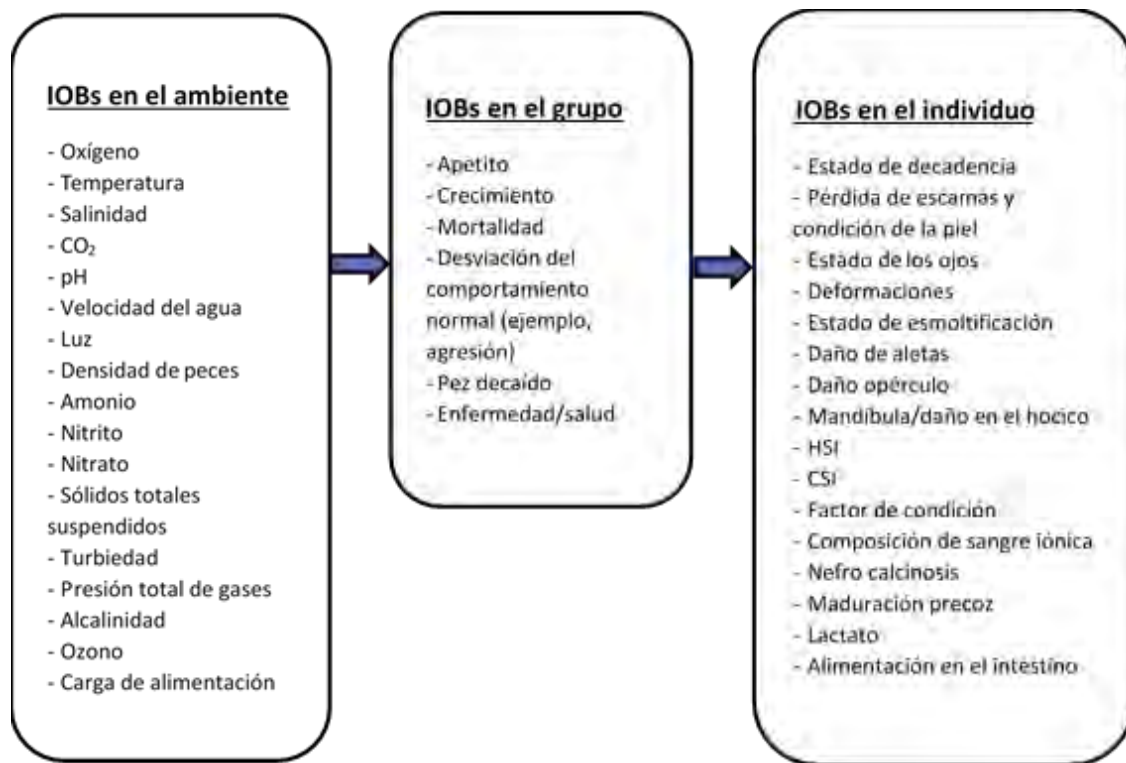
De acuerdo con lo presentado por Noble et al. (2018), se identifican tres grupos principales de IOBs para sistema de pisciculturas de flujo abierto: IOBs basados en el ambiente, IOBs basados en el grupo e IOBs basados en el individuo. Los IOBs discutidos a continuación se refieren a la etapa parr-smolt, tal como se muestra en la figura 50.



**Figura 50.** Indicadores de Bienestar Animal en el sistema de flujo abierto (FA) (Fuente: Basado en Noble et al., 2018).

### **B.- Cultivo de salmón del Atlántico basado en un sistema de recirculación.**

Al igual que para las pisciculturas de flujo abierto, para las pisciculturas RAS se identifican los tres grupos principales de IOBs: IOBs basados en el ambiente, IOBs basados en el grupo e IOBs basados en el individuo. Los IOBs discutidos a continuación se refieren a la etapa alevín parr-smolt tal como se muestra en la figura 51.



**Figura 51.** Indicadores de Bienestar Animal en el sistema de recirculación (RAS) (Fuente: Basado en Noble et al., 2018).

### 8.2.3. Implementación de los Indicadores de Bienestar Animal (IOBs) en los procesos del Sistema Operacional (Paso 3).

Identificados los IOBs de las cuatro etapas de crianza de los salmones en agua dulce (Plantel de reproductores, Producción ova con ojo, Producción alevines, Producción smolt), estos fueron asociados con la estructura de costos de las diferentes etapas de cultivo. Para lo anterior se utilizó la información recopilada de las encuestas y de las entrevistas realizadas a los profesionales de las empresas productoras de salmón y trucha. Se sistematizaron dichos indicadores conforme a las etapas en la fase de agua dulce:

IOBs<sub>ij</sub>: Indicador operacional de bienestar animal tipo i en la piscicultura tipo j.

Donde:

i: es el tipo de indicador de bienestar animal

j: es el tipo de piscicultura; de flujo abierto y de recirculación.

#### **8.2.4.- Generación del Modelo Económico (Paso 4).**

Se recopiló información bibliográfica para determinar los 18 ítems incorporados en la estructura de costos de una piscicultura comercial. Con la información generada en los puntos anteriores, se propone un modelo teórico para calcular el impacto económico que implica las acciones asociadas a la implementación de los IOBs en las etapas de reproducción, alevinaje y esmoltificación, del proceso productivo en agua dulce. El modelo general ha sido asociado a su objetivo fundamental, el cual es entregar smolts robustos al proceso productivo en agua de mar.

Conforme a la estructura de este trabajo de investigación y conforme a los requerimientos del objetivo N°4, se sugiere un tipo de investigación causal, con un alcance explicativo. Para ver la causalidad en términos del bienestar de los peces, se considerarán las necesidades de bienestar de los salmónidos tomando como base la propuesta de Noble et al. (2018), tal cual se especifica en la figura 3 del Objetivo N°1 de este estudio.

##### ***Recursos:***

- Alimentación y nutrición: Acceso regular a alimentos nutritivos y saludables.
- Respiración: Bombeo de agua por las branquias para permitir la absorción de oxígeno y la liberación de dióxido de carbono

##### ***Medio ambiente:***

- Balance osmótico: Acceso a agua con salinidad y pH al que puedan adaptarse los peces.
- Regulación térmica: Acceso a temperaturas a las que puedan adaptarse los peces, permitiendo optimizar su metabolismo y temperatura corporal (confort térmico).
- Buena calidad del agua: Ausencia de concentraciones nocivas de gases, iones, metabolitos, toxinas y partículas que pongan en riesgo el bienestar de los peces.



**Salud:**

- Cuidado del cuerpo: Habilidad para limpiar y mantener su cuerpo, o remover parásitos.
- Higiene: Expuesto a ambientes con bajas concentraciones de organismos nocivos (por ejemplo, parásitos, bacterias y virus)
- Seguridad y protección: Posibilidad de evitar el peligro percibido y posibles lesiones.

**Comportamiento:**

- Control de comportamiento: Posibilidad de mantener el equilibrio y moverse a voluntad.
- Contacto social: Acceso a la compañía de otros peces.
- Descanso: Posibilidad de recuperarse de altos niveles de actividad (descanso/sueño).
- Exploración: Tener la oportunidad de buscar recursos e información si es necesario.
- Comportamiento sexual: Capacidad para expresar comportamiento sexual frente a sus pares.

Estas cuatro necesidades definidas por Noble et al (2018) se orientan a expresar sentimientos por parte de los peces, tales como: hambre, saciedad, dolor y pánico. Para finalmente llegar a un “estado de bienestar” que permita cumplir, por un lado, con la buena calidad de vida de los peces, y por otro, con los requerimientos de eficiencia de la productividad en las pisciculturas, lo que se traducirá en beneficios económicos.

Tentativamente, se tiene la siguiente ecuación que da cuenta de las variables potenciales que podrían afectar el costo de un smolt, en base a la ecuación lineal múltiple con k regresores, conforme a los resultados obtenidos.

$$C_{smolt} = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \dots + \beta_k X_k$$

$C_{smolt}$ : es el costo del smolt de piscicultura

$X_k$  son las “k” variables explicativas

$\beta_k$ : son los “k” coeficientes de regresión

Para la consideración bio-económica, se utilizará un criterio tradicional usado en evaluación de proyectos, usando el comportamiento de la estructura de costos para las seis pisciculturas a validar a través del cuestionario aplicado a los gerentes de producción (**Anexo IX**), categorizándolas como pisciculturas de flujo abierto y piscicultura de recirculación. Con la información recopilada, se identificaron los 18 ítems o cuenta de gastos usado por la industria del salmón, basados en revisiones bibliográficas; consultas a profesionales del área; visitas a terreno y resultados de las encuestas aplicadas (**Anexo II**). La información relacionada con los costos de producción para la etapa de agua dulce fue estructurada conforme al tipo de piscicultura (flujo abierto y recirculación), identificando los ítems que podrían verse afectados por la incorporación de los IOBs. Este cuestionario lo componen los 18 ítems de costos de producción de agua dulce y dos preguntas que permiten respaldar la información entregada por los profesionales entrevistados (**Anexo IX**).

Para la construcción del modelo bio-económico, se considerará como variable explicada el costo del *smolt producido*, según el tipo de piscicultura, lo que se realizará en tres etapas para tener una mejor visualización de las variables que participarán:

**Etapas 1:** Desarrollo de un análisis exploratorio de cada una de las variables a considerar. En esta etapa resulta fundamental el conocer a cabalidad cada uno de los componentes de las necesidades de bienestar de los peces, abordado en los objetivos N°1 y N°2, lo que permitirá realizar el análisis de asociaciones.

**Etapas 2:** Análisis de asociaciones bivariantes (de a pares), para identificar la existencia de influencia entre las variables. El análisis de las asociaciones se realizará en base a lo presentado en la tabla 76 del Objetivo N°2, y en los indicadores de bienestar animal, propuestos por Noble et al. (2018) (Tabla 83). Algunas de ellos son a nivel de grupo y no implican manipulación u otras perturbaciones de los peces. Otros indicadores son a nivel individual, lo que en la mayoría de los casos implica la manipulación y el examen o muestreo de peces individuales.

**Tabla 83.** Lista de indicadores de bienestar animal y su relación con las diferentes necesidades de bienestar.

Indicadores de bienestar	Necesidades	Ambiente				Salud			Comportamiento					Recursos	
		Respiración	Balance osmótico	Regulación termal	Calidad del agua	Cuidado del	Higiene	Seguridad y protección	Control del comportamiento	Contacto social	Descanso	Exploración	Comportamiento sexual	Alimentación	Nutrición
<b>G r u p o</b>	Tasa mortalidad	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Comportamiento	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Actividad superficial					x	x		x						
	Apetito	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Crecimiento	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Escamas o sangre en el agua	x	x					x	x						
	Enfermedad	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<b>I n d i v i d u a l</b>	Tasa de latido branquial	x			x			x	x						
	Estado de las branquias	x	x				x				x				
	Factor de condición												x	x	
	Estado de emaciación		x				x						x	x	
	Etapas de madurez sexual		x									x			
	Etapas de esmoltificación		x												
	Deformación vertebral								x		x				
	Daño aletas								x		x				
	Estado de aletas		x				x	x							
	Pérdida de escama y condición de la piel		x				x	x							
	Daño ocular						x	x	x				x	x	
	Opérculo deforme	x													
	Órganos viscerales						x	x						x	
	Patología relacionada con la vacuna												x	x	
Cortisol		x					x	x	x		x		x		

Fuente: Adaptado de Noble et. al (2018)

**Etapa 3:** Construcción del modelo que permita explicar cuáles son las variables que afectan el bienestar de los peces y por ende influyen en la eficiencia de la producción de smolt. De la ecuación presentada y conforme a la información de la Etapa 1 y Etapa 2 del presente apartado, se tiene que la variable explicada del modelo será el costo del smolt producido, y las cuatro variables explicativas consideradas en el modelo serán:

X1: Ambiente

X2: Salud

X3: Comportamiento

X4: Recursos

Cada una de estas variables independientes, además presentan una descomposición que le dan sustento al modelo conforme a la estructura de la tabla 83, focalizadas en considerar los sentimientos de los peces y por consiguiente su bienestar. De aquí la ecuación queda expresada de la siguiente manera:

$$C_{smolt} = \beta_0 + \beta_1 \text{Ambiente} + \beta_2 \text{Salud} + \beta_3 \text{Comportamiento} + \beta_4 \text{Recursos}$$

Esta ecuación muestra que el costo del **smolt producido** por piscicultura está relacionado con cada una de estas cuatro necesidades definidas por Noble et al., (2018), por lo que es necesario conocer el peso específico que tiene cada uno de los ítems de costos en la función de costo total. Lo que se validará en la siguiente etapa del diseño metodológico desarrollado en este estudio.

#### **8.2.5.- Validación del Modelo Bio-Económico (Paso 5).**

Para la validación de este estudio se trabajó con un cuestionario diseñado en el punto anterior (**Anexo IX**), en el que se incorporaron los 18 ítems que se utilizarán para generar el modelo bio-económico, para evaluar el efecto de los 30 IOBs seleccionados en el objetivo N°2.

Este cuestionario se aplicó a un grupo de cinco profesionales de empresas nacionales y a un profesional de empresa noruega, a los cuales se les consultó por los costos de producción en pisciculturas de flujo abierto (FA) y en pisciculturas de recirculación (RAS), con la finalidad de determinar las diferencias porcentuales generadas en cada uno de los ítems de costos definidos, y evaluar el efecto de cada uno de los IOBs seleccionados.

### 8.3.- RESULTADOS OBJETIVO N°4

#### 8.3.1.- Análisis de la estructura de Costos de las pisciculturas operando en Chile

En la fase de agua dulce, el mercado nacional e internacional demanda entre los productos generados: ova con ojos, alevines y smolt. En la tabla 84 se presentan los rangos de precio de mercado por unidad de producción, información que fue recopilada de antecedentes entregados por profesionales en la materia, entrevistados para estos propósitos.

**Tabla 84.** Precios de mercado por tipo de producto por etapa de desarrollo

<b>Etapa</b>	<b>Producto</b>	<b>Precio mercado US\$/unidad</b>
Ova con ojo	Ova con ojos salmón del Atlántico	0,18 – 0,25
	Ova con ojos, importada con screening	0,18
Alevinaje	Ova con ojos trucha arcoíris	0,75
	Alevín salmón del Atlántico	0,5 – 1,0
	Alevín salmón coho 5 g	0,45 – 0,55
Esmoltificación	Smolt salmón Atlántico, sin vacuna	1,5 – 2,0
	Smolt salmón Atlántico, con vacuna	2,0 – 2,5
	Smolt salmón coho, sin vacuna	1,2
	Trucha arcoíris 150 g, sin vacuna	1,0 – 1,4
	Costo de vacuna	0,5 – 0,6

Fuente: Elaboración propia con información aportada por las empresas consultadas.

Para el caso de las ovas, los costos de ova para salmón coho corresponden a 15% de los costos de producción total, en tanto que para salmón del Atlántico corresponde a 20%. Dentro de los costos de producción se identifican los costos sanitarios, que considera los

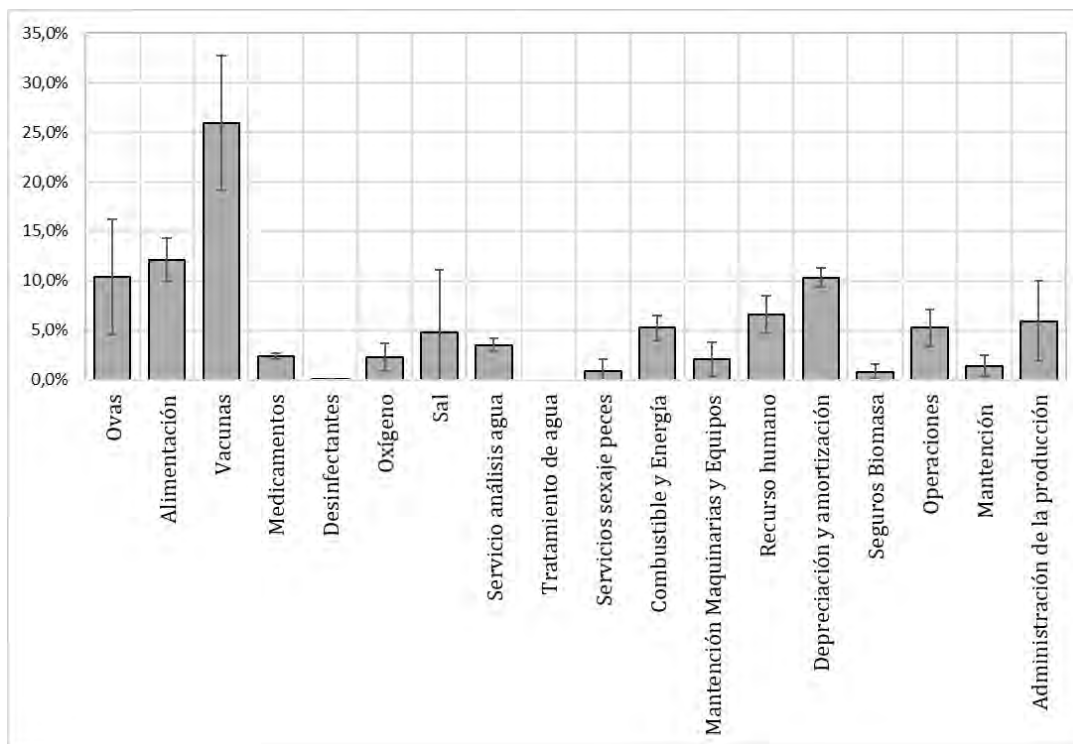
tratamientos farmacológicos; análisis de laboratorio y vacunas. En los químicos se incluyen los desinfectantes, tratamientos con sal, y oxígeno entre otros utilizados en pisciculturas. En tanto que los gastos indirectos, corresponden a los gastos de la casa matriz que apoyan la gestión administrativa, gerencia técnica, pero no aquellos costos directos de producción.

En las tablas 85 y 86 (Fig. 52 y 53) se presenta la estructura de costos y participación porcentual, de los ítems más relevantes en la producción de smolts de salmón del Atlántico, para pisciculturas de flujo abierto y recirculación (respectivamente), de las cinco empresas contactadas. El análisis se hace solo para la especie salmón del Atlántico, considerando que corresponde al 75% de la producción en Chile (Fig. 6; Objetivo N°1). No se incluye el ítem transporte ya que se consideran los costos hasta la etapa de smolt en agua dulce.

**Tabla 85.** Estructura de costos (Media  $\pm$  DS) en pisciculturas FA.

<b>ÍTEMS</b>	<b>Media (%)</b>	<b>DS (%)</b>
Ovas	10,4	5,8
Alimentación	12,1	2,2
Vacunas	25,9	6,8
Medicamentos	2,4	0,3
Desinfectantes	0,1	0
Oxígeno	2,3	1,4
Sal	4,7	6,3
Servicio análisis agua	3,5	0,6
Tratamiento de agua	0	0
Servicios sexaje peces	0,9	1,2
Combustible y Energía	5,3	1,2
Mantenimiento Maquinarias y Equipos	2,1	1,7
Recurso humano	6,6	1,9
Depreciación y amortización	10,3	0,9
Seguros Biomasa	0,8	0,7
Operaciones	5,3	1,9
Mantenimiento	1,4	1,1
Administración de la producción	5,9	4
<b>Total</b>	<b>100,0</b>	

Fuente: Elaboración propia con datos entregados por gerentes de producción

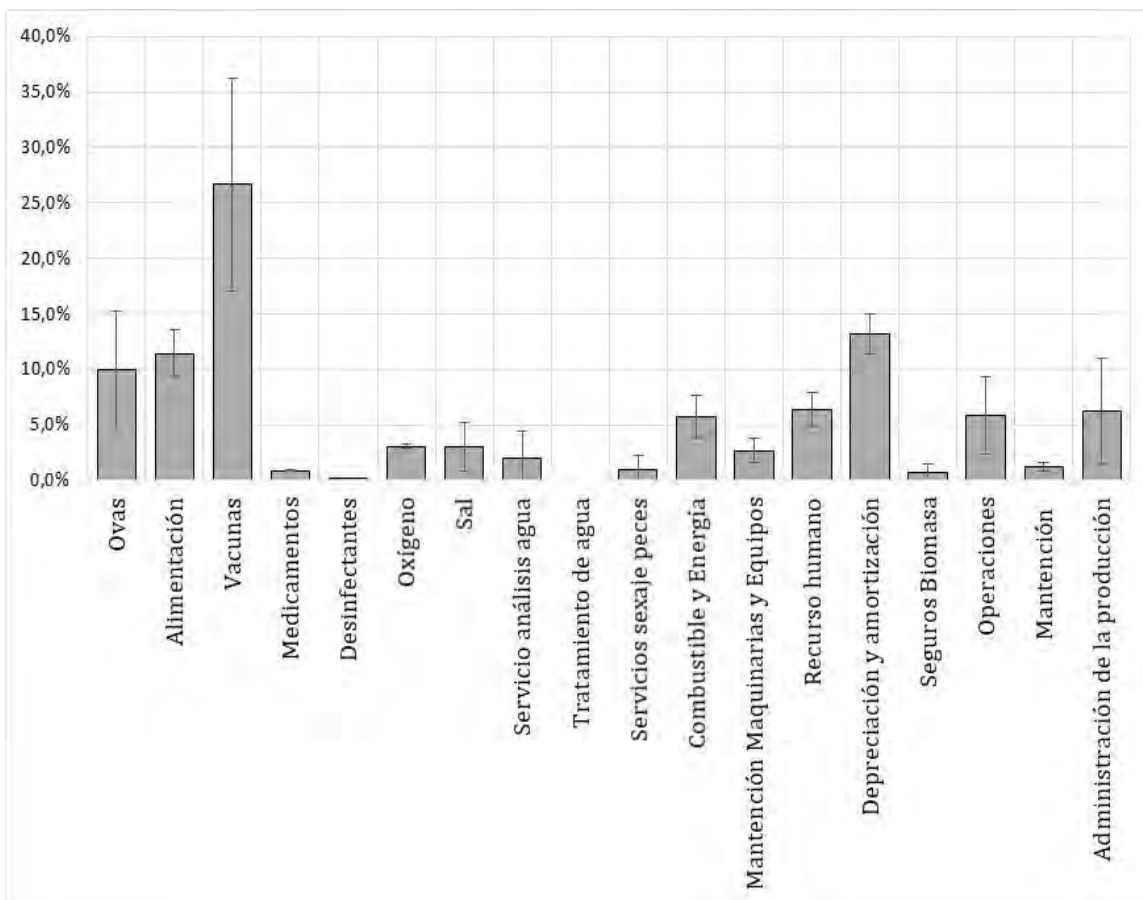


**Figura 52.** Estructura de costos (Media  $\pm$  DS) en pisciculturas FA.

**Tabla 86.** Estructura de costos (Media  $\pm$  DS) en pisciculturas RAS.

ÍTEMS	Media (%)	DS (%)
Ovas	10	5,3
Alimentación	11,4	2,1
Vacunas	26,7	9,6
Medicamentos	0,9	0,1
Desinfectantes	0,1	0
Oxígeno	3,1	0,2
Sal	3	2,2
Servicio análisis agua	1,9	2,5
Tratamiento de agua	0	0
Servicios sexaje peces	1	1,4
Combustible y Energía	5,7	1,9
Mantenimiento Maquinarias y Equipos	2,7	1,1
Recurso humano	6,4	1,6
Depreciación y amortización	13,2	1,8
Seguros Biomasa	0,7	0,7
Operaciones	5,8	3,5
Mantenimiento	1,2	0,4
Administración de la producción	6,2	4,7
<b>Total</b>	<b>100,0</b>	

Fuente: Elaboración propia con datos entregados por gerentes de producción



**Figura 53.** Estructura de costos (Media  $\pm$  DS) en pisciculturas RAS.

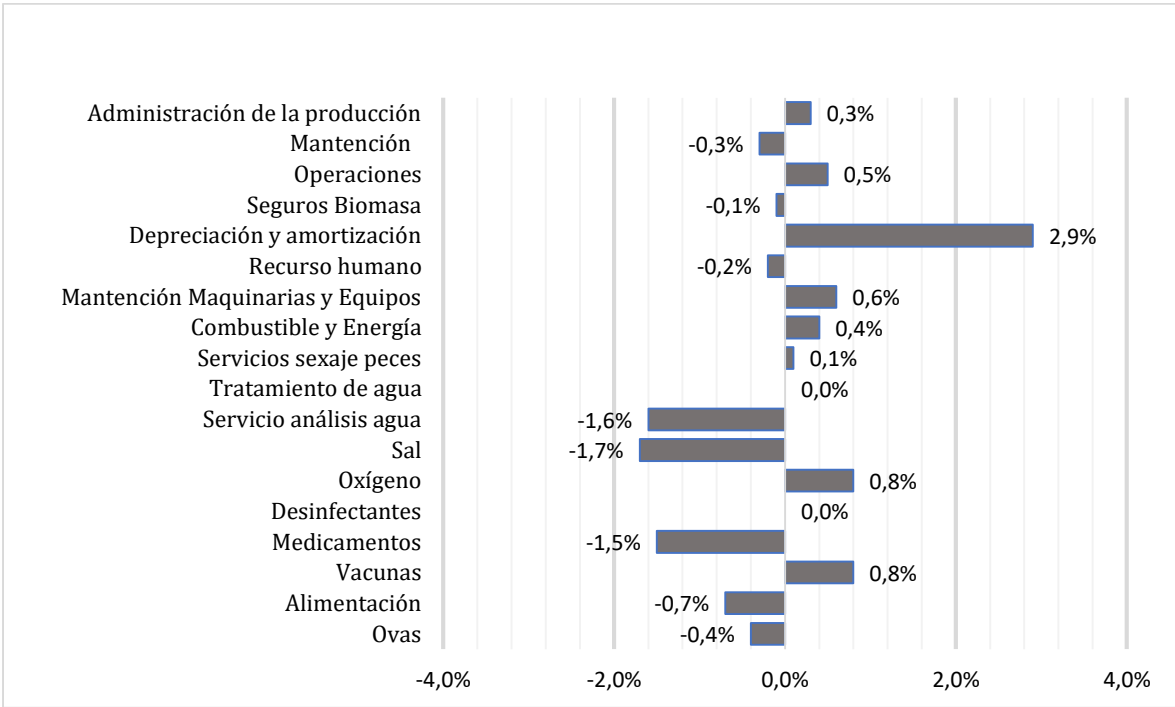
En la tabla 87 y figura 54, se presentan las diferencias en costos entre pisciculturas FA y RAS. En las pisciculturas RAS se observa un mayor incremento en costos en los ítems depreciación y amortización, vacunas, oxígeno y mantenimiento de maquinaria y equipos. En tanto que en las pisciculturas de flujo abierto (FA) se registran mayores diferencias de costos en los ítems sal, servicio análisis de agua y medicamentos. Sin embargo, es importante destacar que los costos de producir un smolt de salmón del Atlántico, varía entre pisciculturas, y es dependiente de la tecnología empleada, de la fuente de agua y de los volúmenes de producción. Es así, que se observaron diferencias en el costo de producir un smolt de salmón del Atlántico entre pisciculturas FA y RAS de + 3,8% y - 8,6%. En el primer caso el costo de producir un smolt en piscicultura RAS fue 3,8% más caro que en piscicultura FA, y en el segundo caso el costo de producir un smolt en sistema RAS fue 8,6% menor.



**Tabla 87.** Comparación de costos en pisciculturas RAS y FA.

<b>ÍTEMS</b>	<b>Costo FA (%)</b>	<b>Costo RAS (%)</b>	<b>Diferencia (%)</b>
Ovas	10,4	10,0	-0,4
Alimentación	12,1	11,4	-0,6
Vacunas	25,9	26,7	0,8
Medicamentos	2,4	0,9	-1,5
Desinfectantes	0,1	0,1	0,0
Oxígeno	2,3	3,1	0,8
Sal	4,7	3,0	-1,7
Servicio análisis agua	3,5	1,9	-1,6
Tratamiento de agua	0,0	0,0	0,0
Servicios sexaje peces	0,9	1,0	0,1
Combustible y Energía	5,3	5,7	0,4
Mantenimiento Maquinarias y Equipos	2,1	2,7	0,6
Recurso humano	6,6	6,4	-0,2
Depreciación y amortización	10,3	13,2	2,9
Seguros Biomasa	0,8	0,7	0,0
Operaciones	5,3	5,8	0,6
Mantenimiento	1,4	1,2	-0,2
Administración de la producción	5,9	6,2	0,3

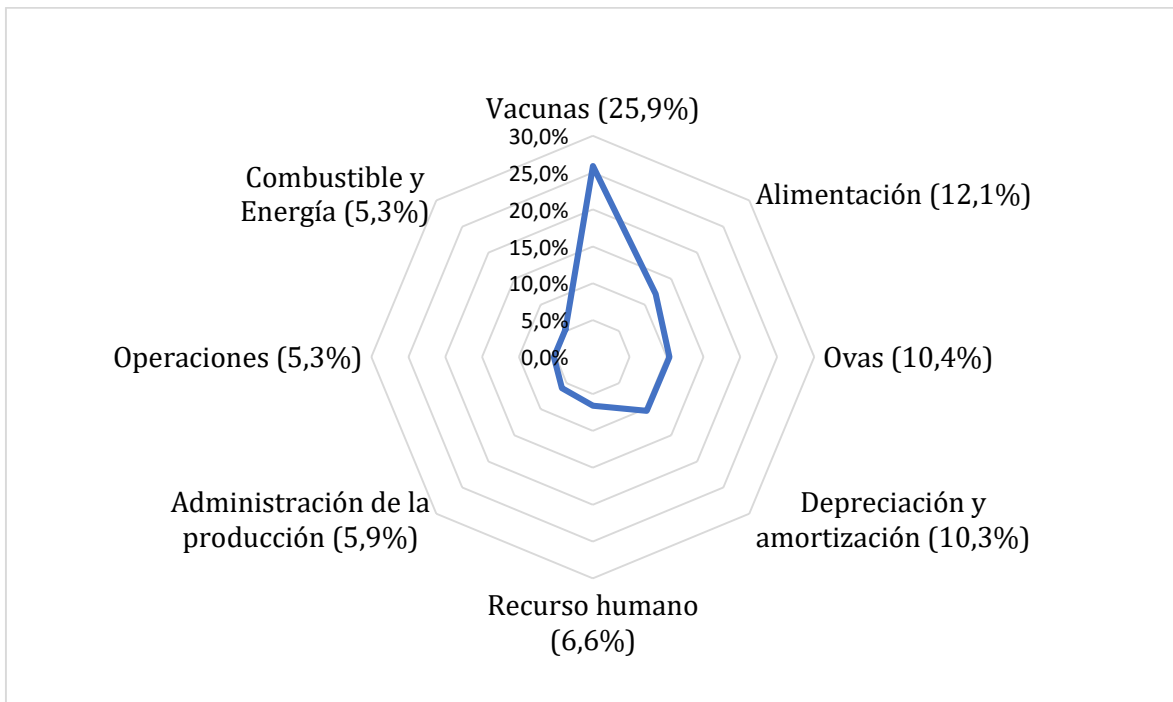
Fuente: Elaboración propia con datos entregados por gerentes de producción.



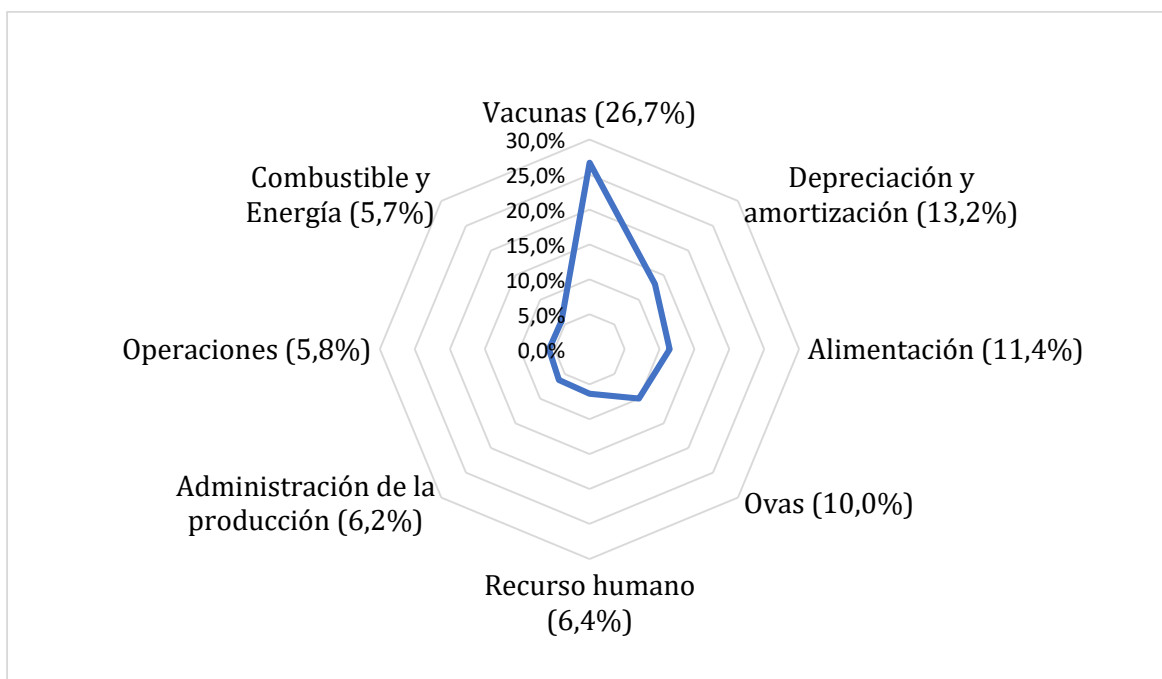
**Figura 54.** Comparación de costos en pisciculturas con sistema FA y RAS.

Fuente: Elaboración propia con datos entregados por gerentes de producción.

Conforme a los resultados obtenidos del cuestionario aplicado, en el sistema de flujo abierto (FA) el 81,8% corresponde a ocho ítems de los 16 considerados; de los cuales vacunas, alimentación y ovas son los que tienen el mayor porcentaje, correspondiendo al 48,4% de los costos totales (Fig. 55). En tanto que en las pisciculturas con sistema de recirculación (RAS), los ocho ítems principales conforman un 85,4% del costo total, en donde los tres principales son vacunas, alimentación y ovas con el 51,4% del total de costos (Fig. 56).



**Figura 55.** Costos promedios relevantes en pisciculturas con sistema FA (Fuente: Elaboración propia con datos entregados por gerentes de producción).



**Figura 56.** Costos promedios relevantes en pisciculturas con sistema RAS (Fuente: Elaboración propia con datos entregados por gerentes de producción)

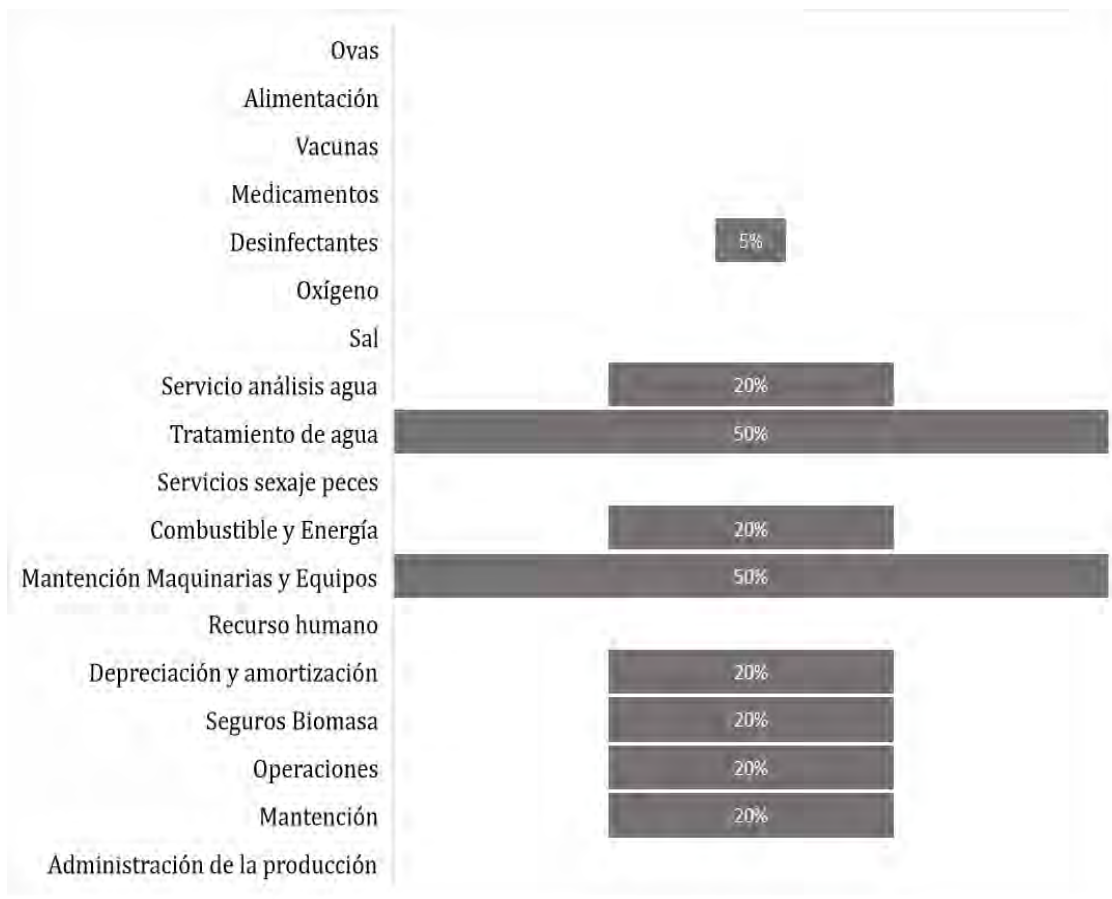
En la tabla 88 se presenta la variación porcentual en costos entre una piscicultura de flujo abierto y una piscicultura de recirculación en Noruega, en la cual el costo de producir un

smolt en piscicultura RAS es 16,7% más caro que en piscicultura de flujo abierto. De los 18 ítems listados, solamente siete de ellos muestran variación, los que están directamente relacionados con las diferencias operativas entre ambos tipos de pisciculturas. En la figura 57 se observa que la mayor diferencia entre pisciculturas de flujo abierto y recirculación está en el ítem tratamiento de agua en Noruega, registrándose un 50% de incremento en las pisciculturas RAS respecto al costo en pisciculturas de flujo abierto. El ítem de menor variación corresponde a desinfectante (5%). El resto de los ítems afectados tienen una variación del 20% (análisis de agua; combustible y energía; depreciación y amortización; seguros biomasa; operaciones y mantención).

**Tabla 88:** Variación porcentual de los costos por tipo de piscicultura (FA vs RAS) en Noruega.

ÍTEMS	Flujo Abierto (FA)	Recirculación (RAS)
	en %	en %
Ovas	∧	∧
Alimentación	∧	∧
Vacunas	∧	∧
Medicamentos	∧	∧
Desinfectantes	∧	+5%
Oxígeno	∧	∧
Sal	∧	∧
Servicio análisis agua	∧	+20%
Tratamiento de agua	∧	+50%
Servicios sexaje peces	∧	∧
Combustible y Energía	∧	+20%
Mantención Maquinarias y Equipos	∧	+50%
Mano de obra	∧	∧
Depreciación y amortización	∧	+20%
Seguros Biomasa	∧	+20%
Operaciones	∧	+20%
Mantención	∧	+20%
Administración de la producción	∧	∧
<b>Costo Smolt (Corona noruega; NOK)</b>	<b>12</b>	<b>14</b>

Fuente: Elaboración propia con datos entregados por gerente de producción (Noruega)



**Figura 57.** Variación porcentual de los costos por tipo de piscicultura (FA vs RAS) en Noruega.

### 8.3.2.- Validación del Modelo Económico propuesto

Se han descrito numerosos factores que afectan el bienestar de los peces de cultivo, tales como el manejo, la calidad del agua, y la disponibilidad y calidad del alimento. De estos y otros factores surge una serie de indicadores que permite dar cuenta del comportamiento del sistema operacional en agua dulce y con ellos tender a mejorar el bienestar de los peces, lo que redundará en la mejora de las condiciones del pez y, por otro lado, lograr las condiciones productivas adecuadas para que éstos pasen a la fase de agua de mar en donde las condicionantes del medio son más rigurosas, por tanto, se requiere indicadores que den cuenta de cómo se está manejando el sistema productivo en agua dulce, para tener finalmente peces que cumplan con las condiciones óptimas para pasar a la siguiente fase.

Para la validación del modelo, se usará la información generada en la tabla 76 (Objetivo N°2), en la cual se identificaron 30 IOBs; clasificados como IOBs indirectos (15) e IOBs indirectos (15). Los IOBs indirectos basados en la calidad del agua (7); productivos (2) y otros (6). Los IOBs directos basados en el pez (10) y otros (5).

En las tablas 89 y 90 se presentan los IOBs que son actualmente medidos por las pisciculturas encuestadas, para así evaluar el efecto económico que podría tener para la industria, la incorporación de éstos en sus procesos productivos, según el tipo de piscicultura.

**Tabla 89:** IOBs indirectos medidos según el tipo de piscicultura

IOBs INDIRECTOS	RAS		FA	
	Incubación	Alevinaje-Esmoltificación	Incubación	Alevinaje-Esmoltificación
<b>Calidad de agua</b>				
1.Oxígeno	x	x	x	x
2. Temperatura (°C)	x	x	x	x
3. CO <sub>2</sub> (mg/L)	x	x	x	x
4. pH	x	x	x	x
5. Alcalinidad (mg/L)		x		
6. Amonio (mg/L)	x	x		
7. Nitrito (mg/L)	x	x		
<b>Otros IOBs indirectos</b>				
1. Nitrógeno amoniacal total	x	x		
2. Nitrato (mg/L)	x	x		
3. Salinidad (mg/L)	x	x		
4. Aluminio (mg/L)	x	x		
5. Cobre (mg/L)	x	x		
7. Caudal de agua y tasa de cambio	x	x	x	x
<b>Productivos</b>				
1.Densidad del cultivo (kg/m <sup>3</sup> )		x	x	x
2.Mortalidad (%)	x	x	x	x

x= IOB medido por pisciculturas

**Tabla 90:** IOBs directos medidos según el tipo de piscicultura

IOBs DIRECTOS	RAS	FA
	Alevinaje- Esmoltificación	Alevinaje- Esmoltificación
<b>Del pez</b>		
1. Grado de esmoltificación	x	x
2. Factor de condición	x	x
3. Trauma por manipulación: Daño ocular	x	x
4. Daño hocico	x	x
5. Daño opérculo	x	x
6. Daño aleta: aleta caudal	x	x
7. Daño aleta dorsal	x	x
8. Daño aleta pectoral	x	x
9. Daño aleta pélvica	x	x
10. Adherencias por vacunación	x	x
<b>Otros IOBs directos</b>		
1. Daño por saprolegnia	x	x
2. Daño por flavobacteria	x	x
3. Deformidades	x	x
4. Pérdida de escamas	x	x
5. Comportamiento		

x= IOB medido por pisciculturas

### 8.3.3.- Fortaleza y debilidades de los IOBs Indirectos seleccionados

Al analizar la información expuesta por Noble et al. (2018), y la obtenida a través de la aplicación de las encuestas a las pisciculturas (**Anexo II**), es posible estimar el grado de significancia que existe y con ello poder realizar la modelación bio-económica en las pisciculturas de flujo abierto y de recirculación. Sin embargo, es relevante destacar las fortalezas y debilidades de cada IOB, identificadas por Noble et al., (2018), y la evaluación de estos por parte de las pisciculturas encuestadas (60)

**Calidad del Agua:** El bienestar de los peces está estrechamente relacionado al medioambiente en que habitan, por lo que la calidad de agua tiene importante relevancia.

Basados en información científica respecto a las preferencias y límites de tolerancia de una serie de parámetros ambientales, se pueden utilizar las mediciones de factores ambientales como IOBs indirectos.

*Fortaleza del indicador:* Simple y fácil de medir. Si se combina con la causa de la muerte, se convierte en una herramienta válida para identificar problemas y prevenir o al menos identificar problemas adicionales.

*Debilidad del indicador:* Dependiendo del tipo de piscicultura y de la fuente de agua, es difícil y muchas veces imposible cambiar la condición del agua.

*Situación pisciculturas en Chile:* Dependiendo del parámetro ambiental, de la fuente de agua en origen y del tipo de piscicultura, es la frecuencia de medición. Las pisciculturas RAS reportan una mayor variedad de parámetros a medir (Tabla 29; Objetivo N°1).

La información generada de las encuestas aplicadas a las pisciculturas (**Anexo II**), da cuenta de la frecuencia de monitoreo y control de la calidad del agua. En la tabla 91 se presentan los parámetros y frecuencia de medición de acuerdo con el tipo de piscicultura en la etapa de incubación. En la tabla 92 se presenta la información en pisciculturas de alevinaje-esmoltificación. En ambas tablas se evidencia que es en los sistemas RAS en donde se monitorea un mayor número de parámetros relacionados con la calidad del agua y con una mayor frecuencia, dependiendo de la fuente de abastecimiento de agua. De hecho, en las entrevistas realizadas en terreno, se señaló que las concentraciones de cobre, aluminio y fierro son altas en fuentes de agua provenientes de pozos, lo que es atribuido a la acción volcánica en el sur de Chile, superando en muchas ocasiones los niveles de tolerancia para los salmónidos. Esto pone en riesgo la salud de los peces, principalmente en alevines que son menos tolerantes, tal cual se fundamenta en el punto 5.3.4 del Objetivo N°1.

Para los parámetros oxígeno, temperatura y pH las mediciones se realizan en línea, mientras que para el parámetro dióxido de carbono sólo dos pisciculturas declararon realizar las mediciones en línea (continua).



**Tabla 91:** Frecuencia medición parámetros de calidad de agua en incubación

Incubación	FA		RAS
	Vertiente	Pozo	Pozo
Oxígeno (mg/L)	6/día	continuo	continuo
Temperatura °C	6/día	continuo	continuo
Dióxido de carbono (mg/L)	3/hora	1/semana	1/día
pH	3/hora	1/semana	continuo
Dureza (mg/L)	-	-	1/día
Nitrito (mg/L)	-	-	1-3/día
Nitrato (mg/L)	-	-	1/semana
Amonio (mg/L)	-	-	-
Amoniaco (mg/L)	-	-	-
Nitrógeno Total (mg/L)	-	-	-
Salinidad (ppt)	-	-	-
Sólidos Totales Suspendidos	-	-	2/mes
Aluminio (mg/L)	-	1/día	1/semana
Cobre (mg/L)	-	-	1/semana
Hierro (mg/L)	-	-	1/semana

**Tabla 92:** Frecuencia medición parámetros en calidad de agua en alevinaje-esmoltificación

Alevín-Smolt	FA	RAS				
	Río	Pozo 1	Pozo 2	Pozo 3	Pozo 4	V y P
Oxígeno (mg/L)	continuo	continuo	continuo	continuo	continuo	continuo
Temperatura °C	continuo	continuo	continuo	continuo	continuo	continuo
Dióxido de Carbono (mg/L)	1/día	continuo	continuo	1/día	1/semana	2/día
pH	3/día	continuo	continuo	continuo	continuo	2/día
Alcalinidad (mg/L)	-	1/día	continuo	1/semana	1/semana	2/día
Dureza (mg/L)	-	1/semana	continuo	-	-	-
Nitrito (mg/L)	-	1/día	1/día	1/día	1/día	2/día
Nitrato (mg/L)	-	1/día	1/semana	1/semana	1/semana	-
Nitrógeno Total (mg/L)	-	1/día	3/día	-	-	2/día
Amonio (mg/L)	-	1/día	3/día	-	-	2/día
Amonio no ionizado (mg/L)	-	1/día	-	-	-	-
Dióxido de Nitrógeno (mg/L)	-	-	-	-	-	2/día
Amoniaco(mg/L)	-	1/día	3/día	-	-	-
Salinidad (ppt)	-	continuo	1/día	1/día	-	2/día
Sólidos Totales Suspendidos	-	2/mes	eventual	-	-	-
Aluminio (mg/L)	-	3/día	1/mes	1/mes	1/semana	1/semana
Cobre (mg/L)	-	1/semana	1/mes	1/mes	-	1/semana
Hierro (mg/L)	-	1/semana	1/mes	1/mes	-	1/semana

**Caudal de Agua y tasa de Recambio:** La tasa de recambio de agua está directamente relacionada con el caudal de agua de ingreso a la piscicultura y con la autolimpieza del estanque.

*Fortaleza del indicador:* Es fácil de medir. Conociendo el caudal de agua de ingreso a las unidades de cultivo se puede calcular la tasa de recambio, lo que está directamente relacionado con el intercambio de agua.

*Debilidad del indicador:* Se debe tener una acuciosa medición ya que el caudal de agua de ingreso es crítico para los peces.

*Situación pisciculturas en Chile:* Todas las pisciculturas encuestadas declararon medir los caudales de agua y llevar un registro de las tasas de recambio, tanto en piscicultura de flujo abierto como en pisciculturas RAS (tablas 55-56, 58-61; Objetivo N°1), por lo que la implementación de este IOB no tiene un costo adicional.

Ninguna piscicultura declaró medir rutinariamente la velocidad del agua en los estanques de cultivo, IOB considerado relevante por otros autores, por lo que la implementación de este IOB requiere de capacitación del personal.

**Densidad de cultivo (kg/m<sup>3</sup>):** La densidad ideal depende de múltiples variables, tal como la etapa de vida; calidad de agua; velocidad del agua e interacciones sociales; manejo de la alimentación; prácticas de manejo y tipo de sistema de cultivo. La interacción entre estos factores hace que sea un desafío definir una densidad de cultivo óptima. Densidades de cultivo muy altas, así como densidades de cultivo muy bajas tienen un efecto negativo en el bienestar de los peces (Adams, et al., 2007; Noble et al., 2018).

*Fortaleza del indicador:* Fácil de calcular si se conoce el volumen de las unidades de cultivo, y se tiene control de la biomasa de peces en cada unidad.

*Debilidad del indicador:* Hay una compleja relación entre el bienestar de los peces y la densidad de cultivo. Esta relación es influenciada por una serie de factores, por lo tanto, la densidad de cultivo debe ser usada con relación a otros indicadores cuando se evalúa el bienestar de los peces.

*Situación pisciculturas en Chile:* La densidad de cultivo es registrada rutinariamente tanto en piscicultura de flujo abierto como en pisciculturas RAS (tablas 55-56, 58-61; Objetivo N°1) por lo que la implementación de este IOB no tiene costo adicional.

**Turbiedad y sólidos suspendidos totales (SST):** La turbiedad se refiere a la claridad del agua y los SST al material suspendido en el agua, y aun cuando ambos parámetros están relacionados, no siempre hay una correlación entre ambos (Noble et al., 2018). La turbiedad se mide como el número de partículas que reduce la penetración de luz a través de la columna de agua.

*Fortaleza del indicador:* La turbiedad del agua puede ser correlacionada con los parámetros de calidad del agua.

*Debilidad del indicador:* El impacto de la turbiedad y de los SST en el bienestar de los peces es dependiente de la naturaleza de los sólidos en suspensión.

*Situación pisciculturas en Chile:* Solo tres de las 60 pisciculturas encuestadas declararon medir los SST en los estanques de cultivo (Tabla 29; Objetivo N°1). Sin embargo, uno de los temas de alta relevancia en las pisciculturas RAS es minimizar los SST, por lo que la implementación de este IOB requiere de capacitación del personal.

**Mortalidad:** Las tasas de mortalidad a largo plazo (mortalidad acumulada o supervivencia) se pueden utilizar como un indicador de bienestar retrospectivo, en tanto que las tasas de mortalidad a corto plazo (mortalidad diaria) se pueden utilizar como Indicador Operacional de Bienestar (IOB) (Noble et al., 2018). Es importante determinar la causa de muerte para permitir que se tomen medidas para evitar y prevenir una mayor mortalidad.

*Fortaleza del indicador:* Simple y es parte de las rutinas diarias en pisciculturas. Si se combina con la causa de muerte, se convierte en una herramienta válida para identificar problemas y prevenir, o al menos identificar problemas adicionales.

*Debilidad del indicador:* Solo se puede medir a nivel de la población, en lugar de individual.

*Situación pisciculturas en Chile:* La mortalidad se registra con una frecuencia diaria tanto en piscicultura de flujo abierto como en pisciculturas RAS, por lo que la implementación de este IOB no tiene costo adicional.

#### **8.3.4.- Fortaleza y debilidades de los IOBs Directos seleccionados**

**Grado de esmoltificación:** El factor de condición disminuye durante la esmoltificación. Los indicadores morfológicos (color plateado, ausencia de manchas parr y bordes de aletas oscuras) y la actividad/expresión de genes de la ATPasa sódica potásica (Tabla 12; Objetivo N°1).

*Fortaleza del Indicador:* Es importante y fácil de medir. Antes del traslado al mar, los peces son monitoreados visualmente, haciendo uso de un score, para asegurar que cumplen con las características físicas de un smolt. También es relativamente fácil y de bajo costo utilizar pruebas fisiológicas o moleculares para evaluar el estado de esmoltificación.

*Debilidades del Indicador:* Las muestras representativas pueden ser difíciles de tomar, ya que los peces esmoltificados y no esmoltificados tienen diferentes características y comportamiento como el posicionamiento vertical en el estanque. Una baja proporción de peces poco esmoltificados puede ser difícil de detectar a menos que se examine un gran número de individuos.

*Situación pisciculturas en Chile:* El grado de esmoltificación de los peces previo a su traslado al mar, es evaluado a través de score (Tabla 16; Objetivo N°1) y también por análisis de ATPasa (Tabla 15; Objetivo N°1), por lo que la implementación de este IOB no tiene costo adicional.

**Factor de condición (K):** Como el factor condición es variable y cambia con la etapa de vida y la estación del año, es difícil definir con exactitud un factor de condición que sea indicativo de un bienestar reducido, pero  $K < 0,9$  es generalmente indicativo de emaciación (Stein et al., 2013). El factor condición disminuye durante la esmoltificación (Farmer et al., 1978).

*Fortaleza del Indicador:* Es rápido, sencillo y económico, y proporciona al usuario buenas indicaciones del estado colectivo de los peces (Sopinka et al., 2016).

*Debilidades del Indicador:* Los índices de condición pueden verse afectados por numerosos factores, incluyendo la estación del año; la etapa de desarrollo; el estado de maduración y el estado sanitario de los peces (Sopinka et al., 2016).

*Situación pisciculturas en Chile:* El factor de condición es evaluado rutinariamente, previo al traslado al mar (Tabla 17; Objetivo N°1), por lo que la implementación de este IOB no tiene costo adicional.

**Daño por manipulación:** Asociado a manejos realizados rutinariamente en las pisciculturas, tales como muestreos y graduaciones, entre otros. Se han desarrollado una serie de scores para la evaluación del daño de las aletas; ojos; hocico y opérculos.

*Fortaleza del Indicador:* Cualquier daño externo es un indicador inmediato de pobre bienestar (Noble et al., 2018). Estos son fáciles de observar durante una variedad de procedimientos, y también durante muestreos rutinarios.

*Debilidades del Indicador:* Los daños pueden tener una variedad de potenciales causas, por lo que el problema debe ser investigado para identificar la fuente. Evaluar cuantitativamente el daño externo requiere manipular y muestrear individualmente a los peces, por lo que requiere de tiempo.

*Situación pisciculturas en Chile:* El daño externo de los peces es evaluado rutinariamente por el personal, a través de observación visual, y a través de la clasificación de la mortalidad, tanto en piscicultura de flujo abierto como en pisciculturas RAS. Sin embargo, solo algunas pisciculturas declararon usar scores para evaluar el grado de daño. La implementación de este IOB requiere de capacitación del personal.

**Daño por vacunación:** Las vacunas y el proceso de vacunación pueden tener impactos negativos en el bienestar. El consenso general es que la vacunación resulta en un beneficio neto tanto para la salud como para el bienestar de los peces (Midtlyng, 1997; Berg et al., 2006; Evensen, 2009). El grado de efectos secundarios de la vacuna aplicadas por inyección se evalúa a menudo según la "Escala de Spielberg" (Tabla 40; Objetivo N°1). Una puntuación de Spielberg de 3 y más se considera generalmente como indeseable.

*Fortaleza del indicador:* Simple, rápido y económico de usar.

*Debilidad del indicador:* Los peces necesitan ser sacrificados. Puede ser subjetivo (más que objetivo) y requiere una formación adecuada para ser fiable o comparable entre los sitios. Los diferentes tipos de vacunas pueden variar en eficacia y efectos secundarios, pero la misma vacuna también puede variar en eficacia y efectos secundarios (Poppe y Breck, 1997).

*Situación pisciculturas en Chile:* Los efectos adversos de la vacunación son evaluados rutinariamente a través de inspección de la mortalidad, usando la Escala de Speilberg, por lo que la implementación de este IOB no tiene costo adicional.

**Enfermedad y control de enfermedad:** La detección de enfermedades infecciosas forma parte de las inspecciones necesarias que realiza rutinariamente el personal de los servicios de salud de peces. Este seguimiento rutinario de la enfermedad se basa en el riesgo y puede ir desde la simple inspección visual de los peces, hasta los exámenes post mortem y de laboratorio completos.

*Fortaleza del Indicador:* La salud constituye una parte importante del bienestar de los animales, por lo tanto, la enfermedad es una IOB de gran relevancia. Al evaluar el impacto de cualquier enfermedad debe tenerse en cuenta la reducción del bienestar de los peces (Murray & Peeler, 2005). El diagnóstico precoz podría detener un brote y potencialmente prevenir la reducción del bienestar.

*Debilidad del Indicador:* La ausencia de enfermedad no implica un buen bienestar por sí misma. Sin embargo, la detección de una enfermedad es una buena indicación de un bienestar comprometido. Al igual que con la mortalidad, la detección de enfermedades sólo puede utilizarse retrospectivamente.

*Situación pisciculturas en Chile:* El estado sanitario de los peces se registra rutinariamente por el personal, tanto en piscicultura de flujo abierto como en pisciculturas RAS. Además, todas las pisciculturas encuestadas declararon contar con apoyo de visita de médico veterinario (Tabla 32; Objetivo N°1), por lo que la implementación de este IOB no tiene costo adicional.

**Deformidades:** Las deformidades tienen un impacto económico significativo y también implicancias en el bienestar de los peces. Las malformaciones más recurrentes son deformidad de la columna vertebral; acortamiento de los opérculos; y deformidad del hocico. Se han desarrollado scores para la evaluación del nivel de deformidad de la columna vertebral, opérculos y hocico.

*Fortaleza del Indicador:* Con la excepción de deformidades menores, son fáciles de observar y tienen un impacto directo en el bienestar de los peces.

*Debilidad del Indicador:* Las deformidades pueden ser causadas por una gran variedad de factores, o por una combinación de factores, por lo que puede ser difícil para el acuicultor encontrar la causa. Evaluar cuantitativamente la malformación requiere manipular y muestrear individualmente a los peces, por lo que requiere de tiempo.

*Situación pisciculturas en Chile:* Las deformidades de los peces son evaluadas rutinariamente por el personal, a través de observación visual, y a través de la clasificación de la mortalidad, tanto en piscicultura de flujo abierto como en pisciculturas RAS (Tabla 36; Objetivo N°1). Sin embargo, solo algunas pisciculturas declararon usar scores para evaluar el grado de anormalidad. La implementación de este IOB requiere de capacitación del personal.

**Pérdida de escamas:** Las escamas junto con el mucus representan la primera barrera de defensa de los peces frente a infecciones.

*Fortaleza del Indicador:* La pérdida de escamas es un indicador inmediato de un pobre bienestar de los peces.

*Debilidad del Indicador:* Las causas de la pérdida de escamas pueden ser diversas, pero por lo general están asociada a problemas de manejo.

*Situación pisciculturas en Chile:* La pérdida de escamas en los peces, es evaluada rutinariamente por el personal a través de observación visual. La implementación de este IOB requiere de capacitación del personal, y la implementación de un score.

**Comportamiento:** El comportamiento de los peces es considerado uno de los mejores indicadores de bienestar y es una medición no-invasiva. El comportamiento de los peces es un indicador inmediato del estado de los peces, el que puede ser evaluado a través del

modo de natación; disposición de las aletas; frecuencia de ventilación branquial; cambios de coloración de la piel; respuesta al alimento y la posición en la columna de agua, entre otros.

*Fortaleza del Indicador:* El comportamiento de natación en grupo, los comportamientos estereotípicos y anormales se han relacionado con comportamientos agudos y "factores de estrés crónico en la acuicultura". En tanto que desviaciones del comportamiento normal son asociadas con signos de enfermedad y bienestar deficiente.

*Debilidad del Indicador:* Muchos de los indicadores de comportamiento son difíciles de cuantificar y dependen en gran medida de la motivación y de la experiencia del observador, el cual debe ser capaz de distinguir entre un comportamiento anormal de un comportamiento normal.

*Situación pisciculturas en Chile:* El comportamiento se registra rutinariamente por el personal, tanto en piscicultura de flujo abierto como en pisciculturas RAS, por lo que la implementación de este IOB no tiene costo adicional. Para mejorar este indicador, lo recomendable es que el personal cuente con capacitación en el tema y con protocolos que le permitan estandarizar los registros conductuales de los peces.

**Apetito:** Las pisciculturas llevan registros diarios de la cantidad de alimento que se ha entregado a un estanque o jaula. Si el piscicultor confía en que el tamaño de la ración representa el apetito a corto y largo plazo de los peces, entonces el apetito puede ser utilizado como un indicador de bienestar.

*Fortaleza del Indicador:* El apetito es fácil de medir cualitativamente observando a los peces cuando se les ofrece alimento. También se utiliza como un sistema clave de alerta temprana para el piscicultor. Es rápido y no requiere más análisis.

*Debilidad del Indicador:* Datos cuantitativos sobre cambios en el apetito (por ejemplo, caídas abruptas o prolongadas en la ingesta de alimentos en grupo de niveles de apetito esperados) son difíciles de evaluar, principalmente debido a las variaciones inherentes a la alimentación diaria, la ingesta y el apetito del pez, incluso cuando los peces gozan de buena salud y presentan un buen estado de bienestar. Una caída en el apetito también puede ser indicativo de varias amenazas, lo que requiere una mayor investigación para identificar el origen e intensidad del problema.



*Situación pisciculturas en Chile:* El alimento consumido se registra rutinariamente por el personal, tanto en piscicultura de flujo abierto como en pisciculturas RAS, por lo que la implementación de este IOB no tiene costo adicional.

**Crecimiento:** Para que la tasa de crecimiento sea un IOB adecuado, el piscicultor necesita datos e información precisa sobre el peso del pez, y cambios en el peso de los peces en el tiempo. El uso de la tasa de crecimiento como un IOB depende de la obtención de una muestra buena y representativa del pez. La tasa de crecimiento puede cuantificarse como i) ganancia de peso absoluto, ii) aumento de peso relativo o porcentual, iii) tasa de crecimiento específico (SGR) y/o iv) coeficiente de crecimiento térmico (GF3).

*Fortaleza del Indicador:* Se trata de un IOB que es monitoreado regularmente en los centros de cultivo. Los cambios en la tasa de crecimiento pueden ser utilizados como un sistema de alerta temprana para problemas potenciales, particularmente cuando el acuicultor tiene prácticas robustas en el monitoreo del crecimiento.

*Debilidad del indicador:* Para utilizar una tasa de crecimiento reducida o desviaciones de la tasa de crecimiento esperada como un IOB, el acuicultor debe estar seguro de que los datos de peso de la muestra que está utilizando son exactos y representativos del grupo. Una reducción de la tasa de crecimiento puede no ser siempre indicativa de una amenaza para el bienestar, lo que significa que el origen y la intensidad del problema potencial debe investigarse más a fondo.

*Situación pisciculturas en Chile:* El peso de los peces es registrado rutinariamente por el personal, tanto en piscicultura de flujo abierto como en pisciculturas RAS, por lo que la implementación de este IOB no tiene costo adicional.

**Estado de madurez sexual:** Es muy difícil estimar la proporción de peces sexualmente maduros, ya que su comportamiento puede sesgar las muestras, principalmente en ejemplares pequeños (maduros precoces).

*Fortaleza del Indicador:* La madurez sexual puede tener efectos importantes en el bienestar de los peces y una gran proporción de ellos puede madurar prematuramente si no se toman precauciones.

*Debilidad del Indicador:* La detección precoz del inicio de la maduración mediante el uso de ecógrafo requiere de un manejo severo de los peces, lo que puede afectar su bienestar. *Situación pisciculturas en Chile:* Algunas pisciculturas RAS declararon contratar servicios de ecografía para evaluar la madurez sexual, previo a la vacunación (Fig. 23; Objetivo N°1). La implementación de este IOB tiene un costo adicional.

### **8.3.5.- Implementación del Modelo Bio-Económico**

El análisis considera los 18 ítems o gastos operacionales asociados a la piscicultura, tanto con el sistema de flujo abierto como el sistema de recirculación. Para lo cual se usó la ecuación que relaciona el costo de producción del smolt con las cuatro necesidades de bienestar de los salmónidos, que son: Ambiente ( $X_1$ ), Salud ( $X_2$ ), Comportamiento ( $X_3$ ) y Recursos ( $X_4$ ). Conforme a la definición de estas necesidades, se asignó cada una de éstas a los 18 ítems de costos definidos previamente (tablas 85 y 86). Para obtener una ecuación que refleje la importancia específica que tiene cada una de las cuatro necesidades de bienestar de los salmónidos en las pisciculturas FA y RAS, se consideró la tabla 83 que fue una adaptada de Noble et. al (2018), complementada con la información capturada en terreno y con las opiniones de los expertos que asistieron al Taller de Difusión de los Resultados, actividad realizada con fecha 4 de diciembre. Es así que se asignó un porcentaje de los costos identificados para cada uno de los 18 ítems estudiados, de acuerdo al tipo de piscicultura (FA, RAS).

**Piscicultura Flujo Abierto:** En la tabla 93 se muestra la estructura de los porcentajes de participación de los costos porcentuales de cada uno de los ítems, según las necesidades de los peces, para las pisciculturas con flujo abierto, con lo cual se tiene una sumatoria porcentual de los costos para cada una de las variables consideradas por Noble et al. (2018), de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$C_{smolt} = 21\%X_1 + 46,93\%X_2 + 7,88X_3 + 25,26X_4$$

Por ejemplo, al ítem “ovas” en la tabla 93, se le asignó 50% del costo a la necesidad “Ambiente” (X<sub>1</sub>) y 50% a “Salud” (X<sub>2</sub>). Se le asignó 0% a “Comportamiento” (X<sub>3</sub>) y también a “Recursos” (X<sub>4</sub>). Al ítem vacunas y medicamentos se le asignó 100% a la necesidad “Salud” (X<sub>2</sub>).

**Tabla 93:** Desagregación de los costos porcentuales según necesidades, en pisciculturas FA

ÍTEMES	FA								
	Costo (%)	% asig.	X <sub>1</sub>	% asig.	X <sub>2</sub>	% asig.	X <sub>3</sub>	% asig.	X <sub>4</sub>
Ovas	10,4	50	5,2	50	5,2	0	0	0	0
Alimentación	12,1	17	2,1	33	4	17	2	33	4
Vacunas	25,9	0	0	100	25,9	0	0	0	0
Medicamentos	2,4	0	0	100	2,4	0	0	0	0
Desinfectantes	0,1	50	0,05	50	0,05	0	0	0	0
Oxígeno	2,3	40	0,9	30	0,7	0	0	30	0,7
Sal	4,7	40	1,9	49	2,9	11	0,5	0	0
Servicio análisis agua	3,5	71	2,5	29	1	0	0	0	0
Servicios sexaje peces	0,9	0	0	0	0	100	0,9	0	0
Combustible y Energía	5,3	40	2,1	0	0	0	0	60	3,2
Mantenimiento Maquinarias y Equipos	2,1	52	1	0	0	0	0	48	1,1
Recurso humano	6,6	24	1,6	24	1,6	24	1,6	28	1,8
Depreciación y amortización	10,3	0	0	0	0	0	0	100	10,3
Seguros Biomasa	0,8	0	0	0	0	0	0	100	0,8
Operaciones	5,3	26	1,4	26	1,4	22	1,1	26	1,4
Mantenimiento	1,4	20	0,28	20	0,28	20	0,28	40	0,56
Administración de la producción	5,9	26	1,5	26	1,5	26	1,5	22	1,4
<b>Total</b>	<b>100,0</b>		<b>21</b>		<b>46,93</b>		<b>7,88</b>		<b>25,26</b>

X<sub>1</sub>: ambiente; X<sub>2</sub>: salud; X<sub>3</sub>: comportamiento; X<sub>4</sub>: recursos.

**Piscicultura de Recirculación:** En la tabla 94 se muestra la estructura de los porcentajes de participación de los costos porcentuales para las pisciculturas de recirculación, siguiendo la estructura presentada en la tabla 93.

$$Csmolt = 22,0\%X_1 + 42,7\%X_2 + 7,3X_3 + 28,0X_4$$

**Tabla 94:** Desagregación de los costos porcentuales de necesidades según en pisciculturas RAS

ÍTEMS	RAS								
	Costo (%)	% asig.	X <sub>1</sub>	% asig.	X <sub>2</sub>	% asig.	X <sub>3</sub>	% asig.	X <sub>4</sub>
Ovas	10,0	50	5	50	5	0	0	0	0
Alimentación	11,4	35	4	21	2,4	9	1	35	4
Vacunas	26,7	0	0	100	26,7	0	0	0	0
Medicamentos	0,9	0	0	100	0,9	0	0	0	0
Desinfectantes	0,1	20	0,02	80	0,08	0	0	0	0
Oxígeno	3,1	36	1,1	16	0,5	16	0,5	32	1
Sal	3,0	60	1,8	40	1,2	0	0	0	0
Servicio análisis agua	1,9	52	1	48	0,9	0	0	0	0
Servicios sexaje peces	1,0	0	0	0	0	100	1	0	0
Combustible y Energía	5,7	49	2,8	0	0	0	0	51	2,9
Mantenimiento Maquinarias y Equipos	2,7	48	1,3	0	0	0	0	52	1,4
Recurso humano	6,4	25	1,6	25	1,6	25	1,6	25	1,6
Depreciación y amortización	13,2	0	0	0	0	0	0	100	13,2
Seguros Biomasa	0,7	0	0	0	0	0	0	100	0,7
Operaciones	5,8	26	1,5	26	1,5	22	1,3	26	1,5
Mantenimiento	1,2	25	0,3	25	0,3	25	0,3	25	0,3
Administración de la producción	6,2	26	1,6	26	1,6	26	1,6	22	1,4
<b>Total</b>	<b>100,0</b>		<b>22</b>		<b>42,7</b>		<b>7,3</b>		<b>28</b>

X<sub>1</sub>: ambiente; X<sub>2</sub>: salud; X<sub>3</sub>: comportamiento; X<sub>4</sub>: recursos.

Para ambos sistemas de pisciculturas (FA y RAS), la necesidad “Salud”, presenta los mayores valores, registrándose 46,93% para pisciculturas FA y 42,7% para pisciculturas RAS. La segunda necesidad más relevante en la estructura de costos de los IOBs es “Recursos” que para el sistema FA es de 25,26%, y de 28% para el sistema RAS. El menor valor fue asignado a la necesidad comportamiento, con 7,88% para pisciculturas FA y 7,3% para pisciculturas RAS.

### 8.3.6.- Implementación de los IOBs

En las tablas 95 y 96 se muestra la factibilidad de implementación de los IOBs (indirectos y directos) en las pisciculturas de agua dulce. Entre los IOBs indirectos (Tabla 95), las

pisciculturas RAS son las que han incorporado la medición rutinaria de una mayor variedad de parámetros de calidad de agua, cuya frecuencia de medición depende de la calidad de agua en su origen, a diferencia de las pisciculturas de flujo abierto. En tanto que los IOBs directos (Tabla 96), son comunes para ambos tipos de pisciculturas (FA y RAS), son simples y fácil de medir, y no tienen costo adicional ya que son realizados por los propios profesionales que se desempeñan en producción, requiriendo de la estandarización de los protocolos.

Importante es destacar que la mayoría de las pisciculturas declararon, a través de las encuestas aplicadas, medir los IOBs tanto indirectos como directos. Sin embargo, y tal cual se señaló en las conclusiones emanadas del Objetivo N°2, existe un desconocimiento respecto a los conceptos y criterios de evaluación de bienestar animal, por lo que la estandarización de las evaluaciones a través de la implementación de un protocolo, como el propuesto en el Objetivo N°2, es de alta relevancia (**Anexo III**).

**Tabla 95.** Factibilidad de implementación de los IOBs Indirectos

IOBs INDIRECTOS	Sistemas de Piscicultura	
	FA	RAS
<b>Calidad de agua</b>	Se mide rutinariamente.	Alto costo. De acuerdo a la calidad del agua en su origen, es la variedad y frecuencia de los parámetros.
Oxígeno	Se mide rutinariamente	Se mide rutinariamente
Temperatura	Se mide rutinariamente	Se mide rutinariamente
Dióxido de carbono	Se mide rutinariamente	Se mide rutinariamente
pH	Se mide rutinariamente	Se mide rutinariamente
Alcalinidad	No se mide	No se mide en incubación
Dureza	No se mide	Se mide rutinariamente en Alevín-Smolt
Amonio	No se mide	Se mide rutinariamente en Alevín-Smolt
Nitrito	No se mide	Se mide rutinariamente
Nitrato	No se mide	Se mide rutinariamente
Nitrógeno total	No se mide	Se mide rutinariamente
Amoniaco	No se mide	Se mide rutinariamente
Salinidad	No se mide	Se mide rutinariamente
Sólidos totales	No se mide	Se mide rutinariamente
Aluminio	No se mide, solo en un pozo se medía	Se mide rutinariamente
Cobre	No se mide	Se mide rutinariamente
Hierro	No se mide	Se mide rutinariamente
<b>Caudal de agua y tasa de cambio</b>	Se mide rutinariamente. No tiene costo adicional	Se mide rutinariamente. No tiene costo adicional.
<b>Densidad del cultivo</b>	Se mide rutinariamente. No tiene costo adicional	Se mide rutinariamente. No tiene costo adicional.
<b>Mortalidad</b>	Se mide rutinariamente. No tiene costo adicional	Se mide rutinariamente. No tiene costo adicional.

**Tabla 96.** Factibilidad de implementación de los IOBs Directos.

IOBs DIRECTOS	Sistemas de Piscicultura
	FA/RAS
<b>Grado de esmoltificación</b>	Se mide rutinariamente. Dependiendo de la técnica usada será el costo del IOB.
<b>Factor de condición</b>	Se mide rutinariamente. No tiene costo adicional.
<b>Daño por manipulación</b>	Se mide rutinariamente. No tiene costo adicional.
<b>Daño por vacunación</b>	Se mide rutinariamente. No tiene costo adicional.
<b>Enfermedad y control de enfermedades</b>	Se mide rutinariamente. Los costos están relacionados con los análisis de laboratorio y el control de los patógenos.
<b>Deformidades</b>	Se mide rutinariamente. No tiene costo adicional.
<b>Pérdida de escamas</b>	Se mide rutinariamente. No tiene costo adicional.
<b>Comportamiento</b>	Se mide rutinariamente. No tiene costo adicional.
<b>Apetito</b>	Se mide rutinariamente. No tiene costo adicional.
<b>Crecimiento</b>	Se mide rutinariamente. No tiene costo adicional.
<b>Estado de madurez sexual</b>	La evaluación de madurez se realiza a través de ecografía y tiene costo adicional.

**Costo capacitación:** El 81,7% de las pisciculturas encuestadas (N=60) declaró contar con capacitación en Buenas Prácticas de Cultivo y el 83,3% contar con capacitación en Bienestar Animal (Tabla 68; Objetivo N°2). Por lo que es un costo asumido por un número importante de las pisciculturas encuestadas. De acuerdo con la información con que se cuenta, un curso de capacitación de 32 horas tiene un costo aproximado de 0,6UF/hora/persona (\$16.000; USD 23), lo que da un monto de USD 736 por las 32 horas (19 UF/persona). El número de personas a capacitar por piscicultura dependerá de las políticas internas de cada empresa. Lo recomendable es capacitar a todos los empleados de cada piscicultura, de tal forma que reciban una certificación en bienestar animal, con una periodicidad que no debiera superar los tres años.

**Costos de profesional especializado en Bienestar Animal:** En la Tabla 68 del Objetivo N°2 se señala que el 60% de las pisciculturas encuestadas (N=60) cuentan con un profesional de dedicación exclusiva para bienestar animal, señalando que sus honorarios son en promedio de \$1.500.000/mes (USD 2.100/mes), por lo que el monto anual de contar con un profesional de dedicación exclusiva sería de USD 25.200, sin embargo, no se señala si el profesional es especialista en bienestar animal.

A través de la información generada de las encuestas aplicadas, se presenta la relación de número de smolt producidos por empleado operando en las pisciculturas de flujo abierto (FA) y de recirculación (RAS) para el 2018 (tablas 97 y 98). Para piscicultura FA se tiene una relación de 246.695 smolt ingresado al mar por empleado y para RAS se tiene 251.332 smolt ingresado al mar por empleado. Para el mismo año, las pisciculturas en Noruega (FA y RAS) presentan una productividad de 211.392 smolt ingresado al mar por empleado, la que es menor que la registrada en Chile para las pisciculturas analizadas (Fig. 58).



**Tabla 97.** Productividad del personal que se desempeña en pisciculturas de flujo abierto (n=8).

Fa					
N° centro	Profesionales	Operarios	Total	Producción smolt	N° smolt/personas
1	3	8	11	6.000.000	545.455
2	4	8	12	6.000.000	500.000
3	6	24	30	11.500.000	383.333
4	5	16	21	3.700.000	176.190
5	7	16	23	4.000.000	173.913
6	11	26	37	5.800.000	156.757
7	20	0	20	1.800.000	90.000
8	7	17	24	1.780.000	74.167
9	6	18	24	1.100.000	45.833

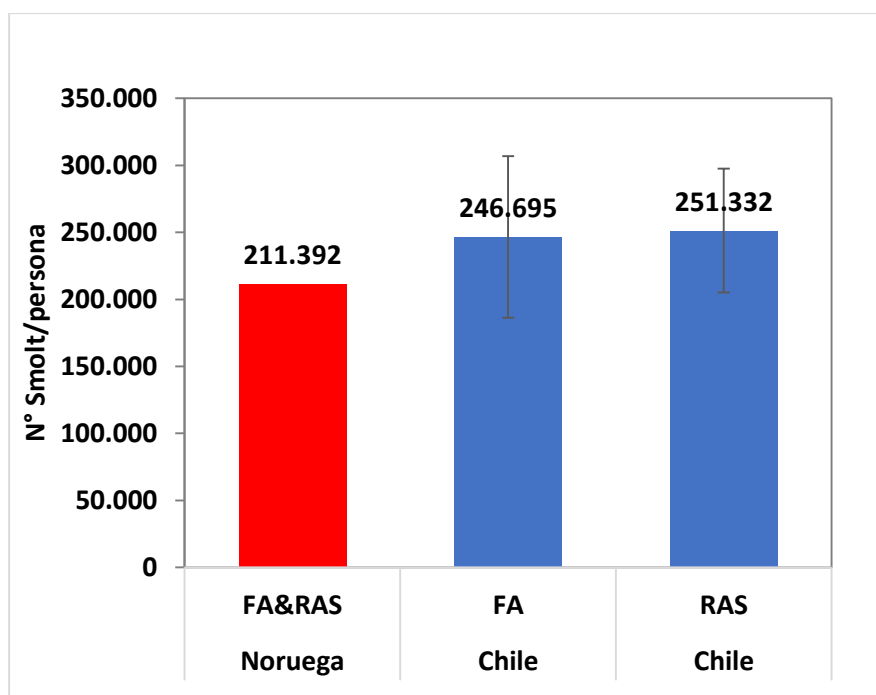
**Tabla 98.** Productividad del personal que se desempeña en pisciculturas de recirculación (n=7).

RAS					
N°centro	Profesionales	Operarios	Total	Producción smolt	N° smolt/personas
1	3	7	13	4.500.000	450.000
2	14	25	53	12.000.000	307.692
3	12	0	24	3.400.000	283.333
4	13	26	52	7.700.000	197.436
5	21	46	88	3.800.000	56.716
6	12	24	48	1.200.000	33.333
7	51	14	116	1.123.698	17.288

**Tabla 99.** Productividad del personal que se desempeña en pisciculturas de agua dulce en Noruega.

Año	Total trabajadores	N° smolt (x1.000)	N° Smolt/personas
2018	1.773	374.861	211.392
2017	1.738	361.309	207.864
2016	1.641	340.839	207.664
2015	1.597	346.399	216.960
2014	1.456	330.669	227.061
2013	1.382	314.363	227.420

Fuente: Directorate of Fisheries, Noruega



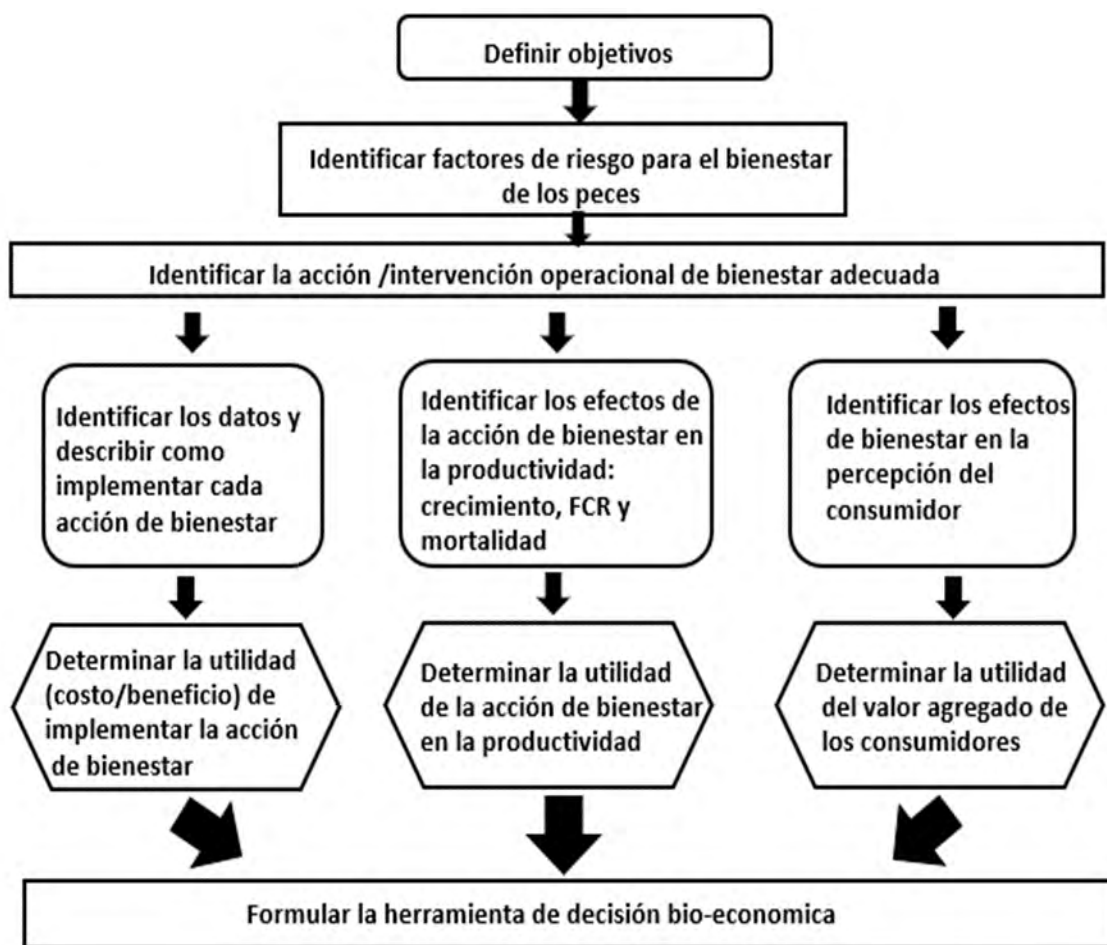
**Figura 58.** Productividad del personal en pisciculturas de Noruega vs pisciculturas en Chile (2018).

### 8.3.7.- Costo-beneficio de la implementación de IOBs.

Para modelar las consecuencias bio-económicas de acciones o prácticas que permitan mejorar el bienestar de los peces, se deben identificar y cuantificar las potenciales amenazas, y desarrollar estrategias de intervención para reducir o eliminar las amenazas identificadas (Fig. 59). Sin embargo, la identificación de tales amenazas requiere de algunos medios de evaluación y cuantificación de bienestar, lo cual puede cambiar como resultado de una acción en particular. Una acción o intervención puede ser definida como cualquier mejora tecnológica o metodológica implementada para mejorar el bienestar de los peces (Noble et al., 2012).

El costo de la implementación o de la intervención dependerá de la mejora que se realice, por ejemplo, para disminuir el riesgo del efecto del CO<sub>2</sub> en las instalaciones de cultivo se debe incorporar un desgasificador, que tiene un costo económico, pero el beneficio se traduce en disminuir los riesgos de mortalidad y en una ganancia productiva. El

beneficio de cualquier mejora que se introduzca al sistema productivo debe ser evaluado a través de indicadores productivos que sean rutinariamente medidos por la industria. Los tres principales indicadores productivos usados por la industria del salmón son: tasa de crecimiento (SGR; GF3); eficiencia de conversión del alimento (FCR) y mortalidad. Es así, que cualquier mejora que se implemente en beneficio del bienestar de los peces debiera tener un efecto positivo sobre el crecimiento, sobre la eficiencia en la conversión del alimento y en una menor mortalidad, como resultado de una mejor calidad de vida de los peces frente a la mejora realizada.



**Figura 59.** Herramientas de decisión bio-económicas para evaluar los efectos de las acciones de bienestar animal en la cadena de valor de la producción de smolts en agua dulce (Fuente: modificado de Noble et al., 2012).

#### **8.4.- ANÁLISIS Y DISCUSIÓN OBJETIVO N°4**

Del análisis de la estructura de costos de los 18 ítems analizados, se puede señalar que no se observó una clara diferencia entre los costos incurridos en pisciculturas RAS respecto a las pisciculturas de flujo abierto en la producción de smolts. De hecho, las diferencias registradas fluctuaron entre +3,8% y -8,6%. Esto significa que en un caso los costos en la piscicultura RAS fue 3,8% más elevado que en la piscicultura de flujo abierto, y en el otro caso fue 8,6% más barato en la piscicultura RAS, lo que podría estar explicado por la tecnología empleada, los volúmenes de producción, y los costos de energía, considerando que la mayoría de las pisciculturas RAS toman agua de pozo, por lo que el agua debe ser bombeada a superficie. Esto difiere de lo reportado en Noruega, en donde el costo de producir un smolt en pisciculturas RAS es 16,7% mayor que en pisciculturas de flujo abierto, lo que puede ser explicado por la diferencia en la normativa de ambos países, y por la ubicación de las pisciculturas de agua dulce.

Para el modelo bio-económico propuesto se usó la ecuación que relaciona el costo de producción del smolt con las cuatro necesidades de bienestar de los salmónidos definidas por Noble et al (2018): Ambiente, Salud, Comportamiento y Recursos. En este estudio, los valores de la estructura de costos definidos para la producción de smolts, en base a la información aportada por los gerentes de producción de agua dulce, fue calculada para pisciculturas de flujo abierto y pisciculturas de recirculación. Esta propuesta difiere de la del proyecto de bienestar animal “Benefish”, financiado por la Unión Europea y desarrollado por un grupo multidisciplinario de investigadores del Reino Unido, Noruega y Finlandia, cuyo objetivo fue evaluar y modelar los costos y beneficios de las intervenciones en bienestar para la acuicultura Europea. En el proyecto “Benefish”, que se ejecutó entre febrero de 2007 y enero de 2010, se desarrollaron modelos bio-económicos para valorar en toda la cadena de producción, el impacto de las mejoras en bienestar animal, en relación a los indicadores claves de productividad, y su efecto adicional en la cadena de valor y cambios en la percepción del consumidor (Kankainen et al., 2012). De hecho, en el proyecto “Benefish” se analiza en forma separada, la consecuencia económica de cada acción implementada para mejorar el bienestar de los

animales en la acuicultura Europea. En este estudio solo se realiza una propuesta en base a la información levantada de las encuestas aplicadas y de las visitas en terreno, lo que se espera sirva de base para futuros estudios en el tema.

Después de analizar cada uno de los datos obtenidos en las encuestas, visitas en terreno, consultas bibliográficas y entrevistas con profesionales de la industria salmonera, se puede señalar que de los 30 IOBs identificados en el Objetivo N°2, la mayoría son actualmente evaluados tanto en las pisciculturas de flujo abierto como en RAS, requiriéndose solamente de la estandarización de las evaluaciones de los IOBs a través de la implementación de protocolos, como el propuesto en este estudio a partir de los resultados emanados del Objetivo N°2.

Para el caso de los IOBs indirectos, es la calidad del agua la que genera un incremento en los costos de producción de smolts, principalmente en las pisciculturas RAS, en las cuales el monitoreo de la calidad del agua es de alta relevancia para la salud y bienestar de los peces, tal cual se evidencia en el estudio realizado por Hjeltnes et al. (2012). Es así, que la mayoría de las pisciculturas RAS han incorporado a un profesional exclusivamente a cargo del monitoreo de la calidad del agua, y han invertido en tecnología para realizar las evaluaciones *in situ*, contratando además servicios externos cuando la calidad del agua en su origen presenta concentraciones de minerales que pueden poner en riesgo la salud del plantel de peces.

Un aspecto relevante a considerar para lograr una efectiva evaluación de los IOBs, es invertir en la capacitación de los empleados que se desempeñan en producción, tal cual ocurre en otros países. Aun cuando el 81,7% de las pisciculturas encuestadas declaró contratar cursos de capacitación en buenas prácticas de cultivo y el 83,3% en bienestar animal, la capacitación en bienestar animal debiera ser una de las inversiones prioritarias en la etapa de producción en agua dulce, incorporando la certificación de los profesionales en esta materia.

## **8.5.- CONCLUSIONES OBJETIVO N°4**

El modelo bio-económico propuesto para la etapa de agua dulce de la industria del salmón en Chile se elaboró en base a la recopilación de información con entrevistas a expertos del rubro y búsqueda de información bibliográfica especializada, lo que permitió evaluar el impacto económico del bienestar animal en la cadena productiva de las especies salmonídeas.

De acuerdo con las visitas realizadas a diversos tipos de piscicultura, y con la variedad de registros tomados en cada una de estas, es posible señalar que cualquiera sea el tipo de piscicultura, el nivel tecnológico y la fuente de agua que se esté usando, el nivel de complejidad es tan diverso que se debe tener un control exhaustivo de cada uno de los parámetros a medir, ya que de esto depende el bienestar de los peces.

Aun cuando parte importante de los IOBs seleccionados son actualmente medidos por las pisciculturas encuestadas y no se requiere incurrir en costos para su implementación, se requiere de la estandarización de las evaluaciones a través de protocolos estandarizados, como el generado como resultado del Objetivo N°2.

La capacitación en bienestar animal debiera ser una de las inversiones prioritarias en la etapa de producción en agua dulce, incorporando la certificación de los profesionales en esta materia, la cual debiera tener una periodicidad no mayor a tres años.

Importante es incorporar en la gestión de producción, el concepto de costo-beneficio de las mejoras en tecnología y metodologías adoptadas por las pisciculturas en el tema de bienestar animal, evaluando su impacto en los indicadores productivos empleados en la producción de salmón (crecimiento, eficiencia en la conversión del alimento y mortalidad).

## 8.6.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS OBJETIVO N° 4

Adams C. E., Turnbull J. F., Bell A., Bron J. E., Huntingford F.A. 2007. Multiple determinants of welfare in farmed fish: stocking density, disturbance, and aggression in Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 64(2): 336-344.

Berg A., Rødseth O. M., Tangeras A., Hansen T. J. 2006. Time of vaccination influences development of adherences, growth and spinal deformities in Atlantic salmon (*Salmo salar* L). *Diseases of Aquatic Organisms* 69, 239-248.

Evensen O. 2009. Development in fish vaccinology with focus on delivery methodologies, adjuvants and formulations. *Options Méditerranéennes Serie A, Seminaires Méditerranéens*. 86: 177– 186.

Farmer G. J., Ritter J. A., Ashfield D. 1978. Seawater adaptation and parr-smolt transformation of juvenile Atlantic salmon, *Salmo salar*. *Journal of the Fisheries Board of Canada* 35(1): 93- 100.

Hjeltnes B., Bæverfjord G., Erikson U., Mortensen S., Rosten T., Østergård P. 2012. Risk Assessment of Recirculation Systems in Salmonid Hatcheries. Norwegian Scientific Committee for Food Safety (VKM). Doc.no 09-808-Final.

Kankainen M., Berrill I.K., Noble C., Ruohonen K., Setälä J., Kole A., Turnbull J.F. 2012. Modeling the economic impact of welfare interventions in fish farming—A case study from the UK rainbow trout industry. *Aquaculture Economics & Management*, 16(4), 315–340.

Midtlyng P. J. 1997. Vaccinated Fish Welfare: Protection Versus Side-Effects. In: *Fish Vaccinology*. Gudding R., Lillehaug A., Midtlyng P. J. & Brown, F. (eds): Dev Biol Stand. Basel, Karger. vol 90: 371-379.

Murray A. G., Peeler E. J. 2005. A framework for understanding the potential for emerging diseases in aquaculture. *Preventive veterinary medicine* 67(2-3): 223-235.

Noble C., Gismervik K., Iversen M.H., Kolaveric J., Nilsson J., Stien L.H., Turnbull J.F. 2018. Welfare indicators for farmed Atlantic salmon: tools for assessing fish welfare. 351 pp.

Noble C., Berrill I. K., Waller B., Kankainen M., Setälä J., Honkanen P., Mejdell C. M., Turnbull J. F., Damsgård B., Schneider O., Toften H. 2012. A multi-disciplinary framework for bio- economic modeling in aquaculture: a welfare case study. *Aquaculture economics & management* 16(4), 297-314.

Poppe T.T., Breck O. 1997. Pathology of Atlantic salmon *Salmo salar* intraperitoneally immunized with oil-adjuvanted vaccine. A case report. *Diseases of Aquatic Organisms* 29: 219-226.

Stein L. H., Bracke M. B. M., Folkedal O., Nilsson J., Oppedal F., Torgersen T., Kittilsen, S., Midtlyng P. J., Vindas M. A., Øverli Ø., Kristiansen T. S. 2013. Salmon Welfare Index Model (SWIM 1.0): a semantic model for overall welfare assessment of caged Atlantic salmon: review of the selected welfare indicators and model presentation. *Reviews in Aquaculture* 5:33-57.

Sopinka N. M., Donaldson M. R., O'Conner C. M., Suski C. D., Cooke S. J. 2016. Stress indicators in fish. In: *Biology of stress in fish. Fish physiology volume 35*. Schreck, C. B., Tort, L., Farrell, A. P. & Brauner, C. J. (eds.). Academic Press. 405-462.

Aqua 2017: <http://www.aqua.cl/reportajes/cultivo-salmonidos-los-costos-suman-las-nuevas-normativas/#>

Aqua 2015: <http://www.aqua.cl/2015/10/08/salmonicultura-claves-para-disminuir-los-costos-durante-la-produccion-de-smolts/#>





**Anexo IX**  
**Cuestionario aplicado a Gerentes de**  
**Producción de empresas salmoneras.**

## Anexo IX

### CAPTURA DE COSTOS DE PRODUCCIÓN PISCICULTURAS AGUA DULCE

#### PROYECTO FIPA 2017-

#### 29 CUESTIONARIO

Este cuestionario está diseñado para capturar información respecto a los costos incurridos en la producción de smolts de salmón del Atlántico, de acuerdo al tipo de piscicultura. Esto en el marco del proyecto FIPA 2017-29 “Determinación y Aplicación de Indicadores Operacionales de Bienestar Animal en Salmónidos Cultivados en Agua Dulce”.

ÍTEMS	Flujo Abierto (FA)		Recirculación (RAS)	
	en %	en USD	en %	en USD
Ovas				
Alimentación				
Vacunas				
Medicamentos				
Desinfectantes				
Oxígeno				
Sal				
Servicio análisis agua				
Servicios tratamiento de agua				
Servicios sexaje peces				
Combustible y Energía				
Mantenimiento Maquinarias y Equipos				
Mano de obra				
Depreciación y amortización				
Seguros Biomasa				
Operaciones				
Mantenimiento				
Administración de la producción				
TOTALES				

¿Qué otro ítem considera usted relevante y cuál es la ponderación en la estructura general de costos? ¿Dentro de los ítems expuestos podría realizar algún comentario que sea necesario considerar en términos de la composición del ítem?

**Anexo X**  
**Cotizaciones análisis de agua.**

# Anexo X



## COTIZACION N° 278385

Fecha : 22/03/2019 - Vigencia : 06/04/2019

Señores: U. AUSTRAL DE CHILE (FAC DE CIENCIAS)

Atención: Sra. SANDRA BRAVO Fono: 63-2221347 Fax:

De nuestra consideración:

Por medio de la presente, tenemos el agrado de enviar a usted cotización de acuerdo al siguiente detalle:

N° Código	Descripción	Unid. Cantidad	Precio	Total
1 HI 98290-02	Medidor HI 9829 c/ GPS s/ sonda 230 VAC Stock <i>disponible de 4 a 5 semanas</i>		1 \$2.001.990	\$2.001.990
2 HI 98194	Medidor Portátil Multiparamétrico pH/CE/DO <i>Stock disponible inmediatamente, salvo previa venta</i>	C/U	1 \$1.392.990	\$1.392.990
3 HI 710034	Funda protectora de goma HI 9819X <i>Stock disponible de 4 a 5 semanas</i>	C/U	1 \$39.990	\$39.990
4 70001.33	Primera mantención Preventiva Multiparámetro		1 \$99.390	\$99.390
<b>Neto</b>				\$3.534.360
<b>IVA (19%)</b>				\$671.528
				\$4.205.888

### CONDICIONES COMERCIALES

**Forma de Pago** O/C 30 días

**Lugar de Entrega** En vuestra oficina con cargo del cliente o Cliente retira en Oficina Hanna

**Validez Oferta** 15 días, excepto para oferta de promociones especiales, en cuyo caso la validez estará determinada por el período de duración de la promoción

**Carolina Cortes**  
HANNA Instruments  
email: carolina@hannachile.com



## COTIZACION N° 278519

Fecha : 25/03/2019 - Vigencia : 08/04/2019

Señores: U. AUSTRAL DE CHILE (FAC DE CIENCIAS)

Atención: Sra. SANDRA BRAVO Fono: 63-2221347 Fax:

De nuestra consideración:

Por medio de la presente, tenemos el agrado de enviar a usted cotización de acuerdo al siguiente detalle:

N° Código	Descripción	Unid. Cantidad	Precio	Total
1 HI 98290-02	Medidor HI 9829 c/ GPS s/ sonda 230 VAC Stock disponible de 4 a 5 semanas	1	\$2.001.990	\$2.001.990
2 HI 7609829/4	Sonda para HI 9829 de pH EC DO temperatura la Stock disponible de 4 a 5 semanas	1	\$981.990	\$981.990
3 HI 801-02	IRIS Espectrofotómetro Stock disponible inmediatamente, salvo previa venta	1	\$2.189.990	\$2.189.990
<b>Neto</b>				\$5.173.970
<b>IVA (19%)</b>				\$983.054
				\$6.157.024

### CONDICIONES COMERCIALES

**Forma de Pago** O/C 30 días

**Lugar de Entrega** En vuestra oficina con cargo del cliente o Cliente retira en Oficina

Hanna

**Validez Oferta** 15 días, excepto para oferta de promociones especiales, en cuyo caso la validez estará determinada por el período de duración de la promoción

**Carolina Cortes**  
HANNA Instruments  
email: carolina@hannachile.com



Santiago, 22 de marzo de 2019

**COTIZACION - N° 0008964 - 1**

G000027 Rev 9  
Folio: 8964 Revisión: 1

Solicitado por: Universidad Austral de Chile RUT: 81380500-6  
 Atención Sr.(a): Sandra Bravo  
 e-mail: sbravo@uach.cl  
 Fono: 65 2277121

**SERVICIO 1 UACH- Agua Dulce**

Tipo de Elemento: Aguas Crudas  
 Norma: Sin Norma de referencia.

**ITEM 1.- Trabajos de Laboratorio**

Parámetros a Analizar	Limite	Método	Precio Un. UF	Cantidad	Precio Total UF
Alcalinidad Total (CaCO3)	<1 mg CaCO3/L	SM 2320 B (1)	0,15	1	0,15
Aluminio total (Al)	<0.0014 mg/L	EPA 200.8 (1994) (1)	0,18	1	0,18
Calcio total (Ca)	<0.209 mg/L	SM 3120 B (2012) (1)	0,25	1	0,25
Cobre total (Cu)	<0.00162 mg/L	EPA 200.8 (1994) (1)	0,18	1	0,18
Dureza total (Ca CO3)	<2.76 mg/L	SM 2340 B (1)	0,18	1	0,18
Hierro total (Fe)	<0.02 mg/L	SM 3120 B (2012) (1)	0,25	1	0,25
Magnesio total (Mg)	<0.35 mg/L	SM 3120 B (2012) (1)	0,25	1	0,25
Nitrato (NO3)	<0.003 mg/L	SM 4500 NO3E (2012) (1)	0,25	1	0,25
Nitrito (NO2)	<0.001 mg/L	ME-16-2007 (1)	0,16	1	0,16
Nitrógeno amoniacal (NH4+)	<0.02 mg/L	SM_4500 D (2012) (1)	0,25	1	0,25
pH	No Aplica	ME-29-2007 (1)(S1)	0,06	1	0,06
Sólidos totales	<4 mg/L	SM 2540 B E (1)	0,17	1	0,17

(\*) Fuera del Alcance de la Acreditacion  
 (1) Acreditado INN  
 (2) Autorizado SMA  
 (S1) Análisis Realizado en Laboratorio ANAM Sede Puerto Montt  
**SUBTOTAL ITEM 1 2,33**

**ITEM 2.- Trabajos de Terreno**

**ITEM 2.1.- Trabajos de terreno publicados en informe de ensayo**

Parámetros a Analizar	Método	Precio Un.	Cantidad	Precio Total
-----------------------	--------	------------	----------	--------------

(\*)

(\*) Fuera del Alcance de la Acreditacion  
 (1) Acreditado INN  
 (2) Autorizado SMA  
 (S1) Análisis Realizado en Laboratorio ANAM Sede Puerto Montt  
**SUBTOTAL ITEM 2.1 0,00**

**ITEM 2.2.- Muestreros en Terreno**

Tipo Muestreo	Precio Un.	Cantidad	Precio Total
---------------	------------	----------	--------------

**SUBTOTAL ITEM 2.2**

## 9.- DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES

La presentación de actividades del proyecto está organizada de acuerdo con los objetivos específicos señalados en las bases. En primer lugar, las actividades que dicen relación con cada objetivo específico y posteriormente, las actividades generales del proyecto.

**Actividades del Objetivo 1:** Describir los diferentes sistemas de cultivo de reproducción, alevinaje y esmoltificación en agua dulce utilizadas en Chile y en los principales países productores de salmónidos.

- **Reuniones de coordinación**

Nombre de la Actividad	Descripción	Hitos de la Actividad
Reunión de trabajo en Valparaíso con los mandantes y equipo de trabajo	Discusión de la propuesta metodológica y actividades a realizar.	Reunión realizada <b>9/01/2018</b> Acta reunión

- **Levantamiento de información**

Nombre de la Actividad	Descripción	Hitos de la Actividad
Catastro de empresas productoras de salmónes en agua dulce	Se realizó un levantamiento de información a través de la consulta a Subpesca, Sernapesca y directamente desde las empresas salmoneras consultadas.	Base de datos con listado de pisciculturas productoras de salmónes en agua dulce, clasificadas por región, por especie y por estado de desarrollo (reproductores, alevines, smolt) ( <b>Anexo I</b> ) <b>Mes 3</b>
Levantamiento de información bibliográfica nacional e internacional.	Se realizó una búsqueda de información bibliográfica sobre Bienestar Animal en peces de cultivo a nivel nacional como internacional en Bases de Datos Indexadas tales como EBSCO HOST, ProQuest, SAGE journals y Google Académicos, entre otras.	Referencias bibliográficas incorporadas en el texto, <b>Objetivo Nº1.</b> <b>Mes 3</b>
Elaboración de Encuesta	Se diseñaron dos encuestas, con preguntas cerradas y abiertas dirigidas a los centros de producción de salmónes y truchas en agua dulce que operan en el país, para caracterizar metodológicamente las prácticas de Bienestar Animal aplicadas por las empresas salmoneras en	Encuestas diseñadas y validadas ( <b>Anexo II</b> ) <b>Mes 2</b>



	los centros de reproductores ( <b>Encuesta 1</b> ) y en los centros productores de alevines y smolts ( <b>Encuesta 2</b> ).	
Aplicación de Encuesta	Las encuestas se aplicaron vía on-line. Las encuestas fueron aplicadas a todas las empresas que cultivan salmones y truchas en agua dulce, listadas en la base de datos levantada para estos propósitos (reproductores, alevines, smolt).	Encuestas aplicadas <b>Mes 4</b>
Análisis Encuesta	La información generada por las encuestas fue llevada a una Planilla de datos en Excel para generar tablas y gráficos.	Plantilla de variables con los resultados generados de la Encuestas aplicadas. <b>Mes 8</b>
Elaboración de documento técnico con la descripción de las etapas de desarrollo en agua dulce	El documento técnico está incluido en el Objetivo N°1	Información técnica recopilada e incorporada al Objetivo N°1. <b>Mes 14</b>

**Actividades del Objetivo 2:** Identificar las IOBs durante las etapas de reproducción, alevinaje y esmoltificación de salmónidos en agua dulce.

- **Reuniones de coordinación**

Nombre de la Actividad	Descripción	Hitos de la Actividad
Reunión de trabajo en Valparaíso con los mandantes y equipo de trabajo	Discusión de los resultados generados de las encuestas y del levantamiento de información bibliográfica.	Reunión Cancelada por Subpesca

- **Levantamiento de información**

Nombre de la Actividad	Descripción	Hitos de la Actividad
Selección de los IOBs obtenidos de la revisión bibliográfica.	De la búsqueda bibliográfica realizada se seleccionarán los IOBs más apropiados que se han establecido en los países productores de salmón en el mundo, para evaluar el bienestar de los peces cultivados en agua dulce.	Listado de IOBs obtenidos de la revisión bibliográfica para el cultivo de salmones y truchas en agua dulce, por etapa de desarrollo (reproductores, alevines, smolt). <b>Mes 6</b>

Selección de los IOBs obtenidos de la aplicación de las encuestas .	Se seleccionarán los IOBs más apropiados generados de las respuestas entregadas en las encuestas aplicadas	Listado parcial de IOBs obtenidos de la aplicación de las encuestas, por etapa de desarrollo (reproductores, alevines, smolt). <b>Mes 8</b>
Validación de los IOBs para aplicar a los centros de cultivos en Chile	Con los resultados que se generen de la discusión generada en el Taller N°1 y N°2, se seleccionaran los IOBs más apropiados para evaluar el bienestar en los peces de agua dulce (reproductores, alevines, smolt).	IOBs seleccionados. <b>Mes 9</b>
Elaboración de documento técnico con la descripción de los IOBs seleccionados para evaluar el bienestar en los salmones cultivados en agua dulce	El documento se elaboró con la información emanada de los dos talleres realizados para la validación de los IOBs seleccionados. Se incluye la información generada en el Informe de Avance 2.	Documento técnico en Objetivo N°2 <b>Mes 14</b>

**Actividades del Objetivo 3:** Desarrollar y validar metodologías de evaluación estandarizadas de los IOBs para reproducción, alevinaje y esmoltificación en agua dulce.

Nombre de la Actividad	Descripción	Hitos de la Actividad
Generación de protocolos para la validación de los IOBs	Con los indicadores operacionales (IOBs) seleccionados se diseñó un protocolo para aplicarlos a las empresas pilotos a seleccionar, y validar su aplicabilidad.	Protocolos diseñados <b>Mes 9</b>
Discusión de los protocolos para validar los IOBs seleccionados en terreno.	Con los resultados que se generaron en el Taller N°2, se establecieron los protocolos para validar los IOBs seleccionados para evaluar el bienestar en los peces de agua dulce (reproductores, alevines, smolt).	Protocolos aprobados para validar los IOBs en terreno. <b>Mes 10</b>
Análisis de riesgo de los IOBs seleccionados	Evaluar el riesgo de la alteración de los IOBs para el bienestar animal.	Matriz de IOBs según el riesgo <b>Mes 18</b>
Selección de centros de cultivos para validar los IOBs	Se tomó contacto con representantes de empresas salmoneras para seleccionar pisciculturas en donde poder validar los IOBs seleccionados para evaluar el bienestar de los peces en reproductores, alevines y smolt	Pisciculturas seleccionadas. <b>Mes 12</b>
Realización de las pruebas de pilotaje en las empresas seleccionadas	En <b>cuatro centros</b> de cultivos seleccionados se realizaron las pruebas de pilotajes para validar los IOBs seleccionados.	Finalización de Pilotaje IOBs <b>Mes 15</b>
Diseño del manual de uso de los protocolos establecidos para evaluar los IOBs seleccionados.	Una vez realizados los pilotajes se confeccionará un manual de uso para aplicar a los centros de cultivos en agua dulce.	Manual finalizado (Anexo III) <b>Mes 18</b>

**Objetivo 4-** Proponer un modelo para evaluar el impacto económico del bienestar animal en la cadena producción de salmónidos.

Nombre de la Actividad	Descripción	Hitos de la Actividad
Levantamiento de información de los costos asociados a la producción de reproductores, alevines y smolt.	En las encuestas diseñadas para dar cumplimiento al objetivo 1 y 2 se incluirá una segunda parte relacionada con los costos de producción en las diferentes etapas de desarrollo. Esta información será complementada con información bibliográfica generada por las empresas a través de sus informes de sustentabilidad y entrevistas personales a profesionales de la industria	Base de datos con estructura de costos de los centros de cultivos en agua dulce por estado de desarrollo.  <b>Mes 10</b>
Identificación de los IOBs seleccionados con la estructura de costos de las diferentes etapas de cultivo (reproductores, alevines, smolts)	Se asociarán los IOBs seleccionados y validados con la estructura de costos y los efectos positivo y/o negativo de su implementación.	Asociación de cada IOBs a la estructura de costos de cada etapa de producción en agua dulce. <b>Mes 13</b>
Generación de la propuesta de un modelo teórico para calcular el impacto económico que implica los problemas asociados a bienestar animal.	Con la información generada en los puntos anteriores, se generará un modelo teórico para calcular el impacto económico que implica los problemas asociados a bienestar animal durante las etapas de reproducción, alevinaje y esmoltificación en agua dulce.	Modelo teórico generado <b>Mes 15</b>
Validación del modelo teórico	Se validará el modelo económico propuesto, con la participación de las mismas pisciculturas utilizadas en el pilotaje para validar los IOBs.	Modelo teórico validado  <b>Mes 18</b>

## 9.1.- Actividades Generales del Proyecto

- Talleres

Nombre de la Actividad	Descripción	Hitos de la actividad
Reunión de coordinación en Valparaíso	Según consta en los términos técnicos, se realizará una reunión al inicio del proyecto, en la ciudad de Valparaíso, con la finalidad de presentar el plan de trabajo, metodologías y procedimientos relevantes para fines del estudio y coordinar las actividades a realizar con el FIPA y la contraparte técnica de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura. Esta se realizará en el primer mes de iniciado el proyecto.	Reunión realizada en el primer mes de iniciado el proyecto. Se adjunta ACTA <b>Mes 1 (9/01/2018)</b>

Reunión con profesionales de empresas salmoneras	Se realizó una reunión con profesionales de la industria para dar a conocer los objetivos del proyecto y explicar los objetivos de las encuestas desarrolladas.	Reunión realizada. Se adjunta copia de invitación cursada y lista de asistentes. <b>Mes 2</b> <b>(24/01/2018)</b> <b>(Anexo XI)</b>
Taller de Trabajo N°1	Taller de trabajo con la participación de profesionales representantes de los centros de agua dulce que operan en el país, que hayan contribuido con información requerida a través de las encuestas aplicadas, y representantes de instituciones gubernamentales relacionadas con la materia para identificar los IOBs más apropiados para evaluar el bienestar en los peces cultivados en agua dulce.	Taller de trabajo N°1 realizado. Se adjunta copia de invitación cursada y lista de asistentes. <b>Mes 8</b> <b>(02/08/2018)</b> <b>(Anexo XII)</b>
Reunión de Trabajo con laboratorios productores de vacuna	Se realizó una reunión con profesionales de las empresas farmacéuticas con la finalidad de discutir e identificar los factores de riesgo para el bienestar de los peces en la operación de vacunación por inyección.	Reunión realizada. Se adjunta copia de invitación cursada y lista de asistentes. <b>Mes 9</b> <b>(06/09/2018)</b> <b>(Anexo XIII)</b>
Taller de Trabajo N°2	Taller de trabajo con la participación de los profesionales representantes de los centros de agua dulce que operan en el país, y de instituciones que participaron en el Taller N°1	Taller de trabajo N°2 realizado. Se adjunta copia de invitación cursada y lista de asistentes. <b>Mes 10</b> <b>(04/10/2018)</b> <b>(Anexo XIV)</b>
Workshop de capacitación	Taller en donde se dieron a conocer los resultados generados en el proyecto, en el cual se contó con la participación de expertos nacionales y el experto internacional Dr. Sunil Kadri. Actividad que estuvo dirigida a profesionales de las empresas salmoneras, investigadores y profesionales de las instituciones relacionadas con el bienestar animal.	Workshop realizado. Se adjunta copia de Programa y lista de asistentes. <b>Mes 12</b> <b>(11/12/2018)</b> <b>(Anexo XV)</b>
Taller de difusión y discusión de los resultados	Taller enfocado a difundir y discutir los resultados obtenidos. Se invitó a representantes de la industria salmonera; además de profesionales sectorialistas de la contraparte técnica; y consejos zonales de Pesca. Este taller se realizó previo a la entrega del informe final.	Taller de difusión realizado <b>Mes 24.</b> <b>(05/12/2019)</b> <b>(Anexo XVIII)</b>
Publicación Difusión Proyecto FIPA 2017-29		<b>(Anexo XVI)</b>

- **Reuniones periódicas**

Nombre de la Actividad	Descripción	Hitos de la actividad
Reuniones de avance del proyecto	Con la finalidad de evaluar el avance del proyecto, mensualmente se llevarán a cabo reuniones con todos los integrantes del equipo de trabajo.	Reuniones de avance de proyecto realizadas.

- **Elaboración y entrega de informes**

Nombre de la Actividad	Descripción	Hitos de la actividad
Elaboración y entrega de Informe de Avance N°1.	Se elaboró y entregó un primer informe de avance, donde se incorporaron los antecedentes relacionados con las actividades desarrolladas para dar respuesta al Objetivo 1. Este informe fue entregado al término del <b>mes 4</b> de iniciado el proyecto	Informe de avance N°1 entregado <b>Mes 4.</b>
Elaboración y entrega de Informe de Avance N°1 Corregido.	Se elaboró y entregó el Informe de Avance N°1 Corregido, donde se incorporaron los antecedentes relacionados con las actividades desarrolladas para dar respuesta al Objetivo 1 y las observaciones realizadas por la División de Acuicultura de la SUBPESCA. Este informe se entregó con fecha 6 de Julio 2018, <b>mes 7</b> de iniciado el proyecto	Informe de Avance N°1 Corregido, entregado <b>Mes 6.</b>
Elaboración y entrega de Informe de Avance N°2.	Se elaboró y entregó el segundo informe de avance, donde se incorporaron los antecedentes relacionados con las actividades desarrolladas para dar respuesta al Objetivo 2. Este informe fue entregado el 5 de Febrero 2018, <b>mes 13</b> de iniciado el proyecto	Informe de Avance N°2 entregado <b>Mes 14.</b>
Elaboración y entrega de Informe de Avance N°2 Corregido.	Se elaboró y entregó el segundo informe de avance corregido, donde se incorporaron los antecedentes relacionados con las actividades desarrolladas para dar respuesta al Objetivo 2 y las correcciones a las observaciones realizadas por el evaluador. Este informe es entregado 16 de Abril 2018, <b>mes 16</b> de iniciado el proyecto	Informe de avance N°2 corregido entregado <b>mes 16.</b>
Elaboración y entrega de pre- informe final.	Se elaborará un pre-informe final que será entregado al término del <b>mes 19</b> de iniciado el proyecto. Este informe tendrá todas las actividades y resultados consignados en los Términos Básicos de Referencia.	Pre-informe final entregado <b>Mes 20</b>
Elaboración y entrega de informe final.	Se elaborará y entregará un informe final con la incorporación de las observaciones realizadas al pre-informe final, junto a todas las bases de datos generadas en el proyecto.	Informe final entregado <b>Mes 24</b>

## 9.2.- CARTA GANTT

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Actividades	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
<b>Reuniones coordinación Subpesca/FIPA</b>																								
Reunión de coordinación, Valparaíso	X																							
Reunión de trabajo, Valparaíso						X																		
<b>Objetivo 1</b>																								
Catastro de Pisciculturas agua dulce	X	X	X																					
Levantamiento información bibliográfica	X	X	X																					
Elaboración de Encuesta	X																							
Validación de encuesta	X	X																						
Reunión informativa con profesionales de empresas salmoneras		X																						
Aplicación de encuestas		X	X	X																				
Análisis de encuestas			X	X	X	X	X	X																
Documento Técnico finalizado														X										
<b>Objetivo 2</b>																								
Selección IOBs, revisión bibliográfica.			X	X	X	X																		
Selección IOBs, resultado encuestas					X	X	X	X																
Selección IOBs para validar								X	X															
<b>Objetivo 3</b>																								
Generación de protocolos para validación de los IOBs								X	X															







## 10.- COMPOSICIÓN EQUIPO TRABAJO

Nombre	Cargo	Título	Actividades de acuerdo con la especialidad
Dra. Sandra Bravo	Director del Proyecto	Ing. Pesquero	Dirección del Proyecto <b>Objetivo 1:</b> Descripción de los sistemas de cultivo utilizados en la producción de salmones en la fase de agua dulce <b>Objetivo 2:</b> Identificación de los IOBs en las diferentes etapas de producción en agua dulce <b>Objetivo 3.</b> Validación de la metodología de evaluación estandarizadas de las IOBs. <b>Objetivo 4.</b> Validación del modelo económico para determinar el impacto de las IOBs en la cadena de producción del salmón Elaboración documentos técnicos Elaboración de informes
Dra. Ana Strappini	Investigador	Bióloga	<b>Objetivo 1:</b> Levantamiento información bibliográfica <b>Objetivo 2:</b> Identificación de los IOBs para evaluar el bienestar de los salmones y truchas cultivados en agua dulce <b>Objetivo 3.</b> Validación de la metodología de evaluación estandarizada de las IOBs. <b>Objetivo 4.</b> Validación del modelo económico para determinar el impacto de las IOBs en la cadena de producción del salmón Elaboración documentos técnicos Elaboración de informes
Dr. Gustavo Monti	Investigador	Medico Veterinario	<b>Objetivo 3:</b> Matriz de IOBs en cuanto al riesgo de bienestar animal
María Teresa Silva	Investigador	Bioestadística	Elaboración encuestas, construcción de estadísticas y análisis información. Elaboración de informes
Alex Cisternas	Investigador	Ing. Civil Industrial	<b>Objetivo 2:</b> Identificación de los IOBs <b>Objetivo 3.</b> Validación de la metodología de evaluación estandarizadas de las IOBs. <b>Objetivo 4.</b> Validación del modelo económico para determinar el impacto de las IOBs en la cadena de producción del salmón
Karla Samba *	Profesional Apoyo Técnico	Ing. Acuicultura	Levantamiento información catastro pisciculturas. Recopilación y procesamiento de información bibliográfica. Base de datos Apoyo en la elaboración de informes
Nike Ponce	Profesional Apoyo Técnico	Ing. Acuicultura	Levantamiento información catastro pisciculturas. Aplicación de encuestas Procesamiento encuestas Base de datos Validación indicadores Apoyo en la elaboración de informes
Claudia Poblete	Administración	Secretaria	Trabajos administrativos y de secretaría

## 11.- PLAN DE ACTIVIDADES DETALLADO DE LA ASIGNACIÓN PROFESIONAL, TÉCNICO Y ADMINISTRATIVO.

Dra. Sandra Bravo Directora	Horas comprometidas TOTAL = 680 h									Horas comprometidas otros proyectos= 0							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Reuniones de coordinación, Valparaíso	8				8												
Catastro de empresas	14	14	14														
Levantamiento de información bibliográfica	14	14	14														
Elaboración de Encuesta	8																
Selección IOBs, revisión bibliográfica.			18	18													
Selección IOBs para aplicar a centros de cultivos			14	14													
Preparación y participación talleres					8	8	8	8	8	8		8	8				
Generación de protocolos					24	24											
Validación protocolos							18										
Selección pisciculturas pilotaje					16												
Pruebas de pilotaje IOBs						12	12	12	12	12	12						
Generación propuesta modelo					10	10	10	10	10	10							
Análisis información		8	8	8	8	8	8	8	8	8	8						
Preparación Documentos Técnicos						10	10	10	10	10	10						
Preparación de informes			10	10	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	

<b>Dra. Ana Strappini</b> Investigador	Horas comprometidas TOTAL= <b>600 h</b>								Horas comprometidas otros proyectos= 0								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Reuniones de coordinación, Valparaíso	8				8												
Levantamiento de información bibliográfica	16	16	16														
Selección IOBs, revisión bibliográfica.			36	36													
Selección IOBs para aplicar a centros de cultivos			36	36													
Participación talleres						8		8		8			8				
Generación de protocolos para la validación de los IOBs					30	30											
Validación protocolos								28									
Selección pisciculturas pilotaje						12											
Pruebas de pilotaje IOBs							16	16	16	16	16						
Análisis información			8	8	8	8	8	8	8	8	8						
Preparación Documentos Técnicos					8	8	8	8	8	8							
Preparación de informes				6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6			

<b>Dr. Gustavo Monti</b> Investigador	Horas comprometidas TOTAL= <b>240 h</b>								Horas comprometidas otros proyectos= 0								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Generación de protocolos para la validación de los IOBs				10	10												
Validación protocolos					20												
Análisis de riesgo IOBs						40	40	40	40								
Matriz IOBs									40								

<b>Ing. Alex Cisterna</b> Investigador	Horas comprometidas TOTAL= <b>386 h</b>					Horas comprometidas otros proyectos= 0											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Elaboración de Encuesta																	
Preparación y participación talleres						8		8		8			8				
Análisis información				8	12	14	14	14	14								
Generación propuesta modelo evaluación impacto económico					20	20	20	20	20	20							

Validación modelo teórico									21	21								
Preparación Documentos Técnicos						14	14	14	14									
Preparación de informes					6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6			

<b>MSc. María Teresa Silva</b> Investigador	Horas comprometidas TOTAL= 405 h										Horas comprometidas otros proyectos= 0						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Elaboración de Encuestas	16																
Validación Encuestas	9																
Confección base de datos		24	24														
Análisis Encuestas		38	38	38	38												
Participación talleres						8		8		8			8				
Pruebas de pilotaje IOBs							4	4	4	4	4						
Análisis información						8	8	8	8	8							
Elaboración informe				8	8	8	8	8	8	8	8	8	8				

<b>Ing. Karla Samba</b> Profesional Apoyo Técnico	Horas comprometidas TOTAL= 629 h							Horas comprometidas otros proyectos= 0									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Catastro de Pisciculturas agua dulce	26	26	26														
Levantamiento información bibliográfica	27	27	27														
Aplicación de Encuesta		12	12	12													
Confección base de datos	22	22	22	22													
Preparación y participación talleres					6	6	6	8	6	8							
Pruebas de pilotaje IOBs						48	48	48	48	48							
Preparación Informes			8	8	8	8	8	8	8	10							

<b>Nike Ponce</b> Profesional Apoyo Técnico	Horas comprometidas TOTAL= 796 h										Horas comprometidas otros proyectos= 0						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Validación encuestas	22																
Aplicación de Encuesta		42	42	42													
Análisis encuestas		50	50	50	50	50											

Preparación y participación talleres					4	8	4	8	4	8							
Pruebas de pilotaje IOBs						48	48	48	48	48	48						
Preparación de informes				8	8	8	8	8	8	8	8	10					

Claudia Poblete Secretaria/Administración	Horas comprometidas TOTAL= <b>646 h</b>								Horas comprometidas otros proyectos= 0								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Trabajos administrativos; Rendiciones; Elaboración informes	40	40	40	42	40	40	40	42	40	42	40	40	40	40	40	40	

## 12.- CRONOGRAMA MENSUAL ASIGNACIÓN HORAS-HOMBRE

Nombre	Meses																	Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
Sandra Bravo	44	36	78	50	82	80	74	56	56	56	38	16	16	8	8	8		<b>680</b>
Ana Strappini	24	16	60	86	60	72	66	40	38	40	30	6	14	6				<b>600</b>
Gustavo Monti					10	30	40	40	40	80								<b>240</b>
Alex Cisternas				8	32	48	54	62	75	69	6	6	14	6	6			<b>386</b>
Maria Teresa Silva	25	62	62	46	46	24	20	28	20	28	12	8	16	8				<b>405</b>
Karla Sambra	75	87	95	42	14	62	62	64	62	66								<b>629</b>
Nike Ponce	22	92	92	100	62	114	60	64	60	64	56	10						<b>796</b>
Claudia Poblete	40	40	40	42	40	40	40	42	40	42	40	40	40	40	40	40		<b>646</b>

**Anexo I**  
**Pisciculturas Encuestadas**

**ANEXO I: PISCULTURAS ENCUESTADAS**

Empresa	NOMBRE	FASES DE CULTIVO	Comuna/Sector	Región	Especie	Origen del Agua
Aquagen Chile S.A	<u>Comau</u>	Reproducción/Ovas	Chaitén	X	Salar	Río/Pozo
Blumar S.A	Sealand	Alevinaje/Esmoltificación	<u>Chayahué/Pto Montt</u>	X	Salar	Mar/Pozo
Salmones Camanchaca S.A	Polcura	Manejo Genético	Antuco	VIII	Salar	Río
Salmones Camanchaca S.A	Río de la Plata	Alevinaje/Esmoltificación	<u>Hueyusca/Frutillar</u>	X	Salar	Río
Salmones Camanchaca S.A	Río del este	Reproducción/Ovas	Ralún/Pto Varas	X	Salar	Río/Pozo
Salmones Camanchaca S.A	Río Petrohue	Alevinaje/Esmoltificación	Petrohué/Pto Varas	X	Salar	Pozo
Salmones Camanchaca S.A	Playa Maqui*	Esmoltificación Jaulas	Frutillar	X	Trucha	Lago
Cermaq Chile S.A	<u>Coipue</u>	Alevinaje/Esmoltificación	<u>Cautín /Freire</u>	IX	Salar-Coho	Río
Cermaq Chile S.A	Río Collín	Alevinaje/Esmoltificación	<u>Cautín /Lautaro</u>	IX	Salar-Trucha	Río
Cermaq Chile S.A	<u>Liquiñe</u>	Reproducción/Ovas	<u>Liquiñe/Panguipulli</u>	XIV	Salar-Coho	Río/Pozo
Cermaq Chile S.A	Licán *	Esmoltificación Jaulas	Lago Puyehue/Osorno	X	Coho	Lago
Cermaq Chile S.A	Santa Juana	Alevinaje/Esmoltificación	Santa Juana/Osorno	X	Salar	Pozo
Cermaq Chile S.A	<u>Hueyusca</u>	Reproducción/Ovas	<u>Hueyusca/Frutillar</u>	X	Salar-Coho	Río
Cermaq Chile S.A	<u>Trafún</u>	Alevinaje/Esmoltificación	<u>Trafun/Osorno</u>	X	Salar-Trucha-Coho	Río
Cermaq Chile S.A	Río Pescado	Alevinaje/Esmoltificación	Río Pescado/Pto Varas	X	Salar-Coho	Pozo
Cermaq Chile S.A	Los Cipreses	Alevinaje/Esmoltificación	Punta Arenas	XII	Salar	Mar /Pozo/Vertiente
Inversiones Gramado Ltda	Los Canelos	Reproducción/Ovas	Santa Rosa/Pto Nuevo	XIV	Coho	Pozo/Río/Vertiente
Invermar S.A	Lago Verde	Alevinaje/Esmoltificación	Pto Varas	X	Salar	Pozo
Invermar S.A	Lago Sofia	Alevinaje/Esmoltificación	Pto Montt	X	Salar	Pozo
<u>Aquicultura Toro y Compañía SPA</u>	<u>Belen Sur</u>	Reproducción/Ovas	Curautin/Temuco	IX	Trucha	Vertiente
Salmones Multiexport S.A	Molino de Oro	Manejo Genético	Molino/Río bueno	X	Salar	Río
Salmones Multiexport S.A	Molco	Alevinaje/Esmoltificación	Molco	IX	Salar	Vertiente
Salmones Multiexport S.A	<u>Puerto Fonck</u>	Alevinaje/Esmoltificación	Pto Octay	X	Salar	Pozo



Salmones Multiexport S.A	Río Negro	Alevinaje/Esmoltificación	Río negro/Osorno	X	Salar	Río
Salmones Multiexport S.A	Lleuque	Alevinaje/Esmoltificación	Melipeuco/Temuco	IX	Salar	Río
Salmones Multiexport S.A	Chaparano	Alevinaje/Esmoltificación	Cochamo	X	Salar	Mar/Río
Exportadora Los Fiordos Ltda	Transferencia Pargua	Alevinaje/Esmoltificación	Pargua	X	Salar	Pozo
Exportadora Los Fiordos Ltda	Curarrehue	Alevinaje/Esmoltificación	Curarrehue/Temuco	IX	Salar	Vertiente
Exportadora Los Fiordos Ltda	Magdalena	Reproducción/Ovas	Pto Cisnes	XII	Coho	Río
Exportadora Los Fiordos Ltda	Catripulli	Manejo Genético	Catripulli/Temuco	IX	Salar	Vertiente
Salmones Antartica S.A	El Peral	Reproducción/Ovas	El peral/ Los Ángeles	VIII	Trucha	Estero/Pozo
Salmones Antartica S.A	Coreo	Alevinaje/Esmoltificación	Coreo/Los Ángeles	VIII	Trucha	Río
Salmones Antartica S.A	Las Araucarias	Reproducción/Ovas	Curacautin/Temuco	IX	Trucha	Vertiente
Salmones Antartica S.A	Los Tambores	Alevinaje/Esmoltificación	La Unión	XIV	Trucha	Río
Salmones Antartica S.A	Rupanquito	Alevinaje/Esmoltificación	Osorno	X	Trucha	Río
Salmones Antartica S.A	Alcaldeo	Alevinaje/Esmoltificación	Chiloé	X	Trucha	Río
Salmones Antartica S.A	Curaco	Alevinaje/Esmoltificación	C. de Vélez/Chiloé	X	Trucha	Río
Salmones Antartica S.A	Astilleros	Reproducción/Ovas	Daicahue/Chiloé	X	Trucha	Río/Pozo
Benchmark Genetics Chile S.A	Salmones chaicas	Manejo Genético	Chaica/Pto Montt	X	Salar	Pozo
Salmones de Chile Alimentos S.A	Río Cude	Reproducción/Ovas	Castro	X	Coho-Trucha	Río/Pozo
Salmones de Chile Alimentos S.A	Punta Cebadal*	Esmoltificación Jaulas	Mauñin/Pto Montt	X	Coho-Trucha	Río
Salmones de Chile Alimentos S.A	Chuyaquen *	Esmoltificación Jaulas	Chuyaquen	X	Trucha	Río
Salmones Magallanes S.A	Hollemberg	Alevinaje/Esmoltificación	Natales	XII	Salar	Mar/Río
Ventisqueros S.A	Chaqueihua 1	Alevinaje/Esmoltificación	Hualahué/Hornopiren	X	Salar	Río
Ventisqueros S.A	Chaqueihua 2	Alevinaje/Esmoltificación	Hualahué/Hornopiren	X	Salar	Río
Ventisqueros S.A	Cuyamco	Alevinaje/Esmoltificación	Ralún/Pto Varas	X	Salar-Coho	Río/vertiente
Ventisqueros S.A	Spring Waters	Alevinaje/Esmoltificación	Ralún/Pto Varas	X	Salar-Coho	Río/vertiente
AquaChile S.A	Halcones Chicos *	Smoltificación Jaulas	Niebla/Valdivia	XIV	Coho-Trucha	Estuario

AquaChile S.A	Agua buena	Alevinaje/Esmoltificación	<u>Chapuco/ Pto Octay</u>	X	Salar	Vertiente
AquaChile S.A	<u>Caburgua 2</u>	Reproducción/Ovas	<u>Cautin / Pucon</u>	IX	Trucha	Vertiente
AquaChile S.A	<u>Río Maullin</u>	Alevinaje/Esmoltificación	<u>Maullin/ Pto Montt</u>	X	Salar	Río
AquaChile S.A	<u>Cherquenco</u>	Alevinaje/Esmoltificación	<u>Vilcun</u>	IX	Salar-Trucha-Coho	Río
AquaChile S.A	<u>Codinhue</u>	Alevinaje/Esmoltificación	<u>Vilcun</u>	IX	Salar-Trucha-Coho	Río/Pozo
AquaChile S.A	Rupanco *	Esmoltificación Jaulas	Rupanco	X	Trucha	Lago
Salmones Austral SPA	<u>Caliboro</u>	Alevinaje/Esmoltificación	<u>Los Angeles</u>	VIII	Salar	Río
Salmones Austral SPA	Tablilla	Alevinaje/Esmoltificación	<u>Ralun/Puerto Montt</u>	X	Salar-Coho	Mar/Río
Salmones Austral SPA	Centro Rupanco I *	Esmoltificación Jaulas	Rupanco	X	Coho	Lago
Salmones Austral SPA	Centro Rupanco II *	Esmoltificación Jaulas	Rupanco	X	Coho	Lago
Hendrix Genetics Aquaculture S.A	<u>Catripulli</u>	Manejo Genético	<u>Catripulli</u>	IX	Salar-Trucha	Pozo/Vertiente



## CARTA DE PRESENTACIÓN

VALPARAÍSO, 16 de enero de 2018

**SEÑOR (A)**

**Titular de centro de cultivo de especies salmónidas.**

**Presente.**

De mi consideración:

Mediante la Resolución Exenta N°3331 del 17 de octubre de 2018, de esta Subsecretaría, se adjudicó la ejecución del proyecto de investigación denominado "Determinación y aplicación de indicadores operacionales de bienestar animal en salmónidos cultivados en agua dulce", a la Universidad Austral de Chile, siendo la jefa del proyecto la Dra. Sandra Bravo Segura.

Cabe considerar que en Chile la Ley General de Pesca y Acuicultura, mandata que la reglamentación debe tener normas respecto el bienestar animal. De esta manera, de forma paulatina se han ido estableciendo exigencias en el Reglamento Sanitario como también en algunos programas específicos del Sernapesca. Sin embargo, la investigación en Chile es escasa, lo que hace necesario generar información a partir de la realidad productiva nacional, con la finalidad de establecer normas plausibles y con sustento científico, y de esta forma también cumplir con exigencias internacionales en la materia.



Así las cosas, mediante la presente carta informamos a UD. respecto a la ejecución de este proyecto de investigación, y solicitamos tenga a bien gestionar la entrega información necesaria que el ejecutor del estudio requiera en el ámbito del proyecto, con la finalidad de que el levantamiento de antecedentes considere la mayor cantidad de información de terreno que sea posible.

Agradeciendo su buena disposición, saluda atentamente a usted,

  
**Eugenio Zamorano Villalobos**  
Jefe División de Acuicultura

## ENCUESTA N° 1

“DETERMINACIÓN Y APLICACIÓN DE INDICADORES OPERACIONALES DE BIENESTAR ANIMAL EN SALMÓNIDOS CULTIVADOS EN AGUA DULCE”

PROYECTO FIPA 2017-29

### CENTROS DE REPRODUCCIÓN Y PRODUCCIÓN DE OVAS

RESPECTO DE LA ENCUESTA

- 1) El objetivo de la encuesta es recopilar información sobre aspectos productivos y operativos en las diferentes etapas de desarrollo de la producción de salmón y trucha en agua dulce.
- 2) Sus respuestas serán de gran relevancia para la determinación de los indicadores operacionales de BIENESTAR ANIMAL (IOBs) para salmonidos cultivados en Agua Dulce.
- 3) La encuesta consta de 8 ítems.
- 4) Los ítems 1 y 2 corresponden a caracterización de la piscicultura.
- 5) El ítem 3, 4 y 5 corresponde a manejo de REPRODUCTORES y el ítem 6 a OVAS.
- 6) El ítem 7 y 8 corresponde a Recursos Humanos, prácticas de manejo y evaluación del BIENESTAR ANIMAL respectivamente.
- 7) Las respuestas expresadas serán confidenciales y solo serán utilizadas como información para los objetivos del proyecto. Dudas contactarse con: sbravo@uach.cl

#### I. IDENTIFICACIÓN

- 1.1. Nombre centro de cultivo  1.2. Código centro:
- 1.3. Nombre encuestado:  1.4. E-MAIL:
- 1.5. Fecha inicio operación piscicultura:  1.6. Piscicultura (Marque X) Propia  Maquila

#### II. CARACTERIZACIÓN GLOBAL.

2.1. Marque con una X origen de la cepa de las especies cultivadas e identifíquelas:

Nac. Imp.		Salar	Nac. Imp.		Trucha	Nac. Imp.		Coho

2.2. Origen del agua de la piscicultura. (Marque con X).

- Río
- Lago
- Vertiente
- Pozo
- Mar
- Mezcla

describa tipo de mezcla:

2.3. Indique los tipos de análisis de agua que realiza en su piscicultura y frecuencia.

Parámetros	Marque X	Frecuencia
Bacteriológico		
Metales pesados		
Minerales		

Otros, señale:

2.4. Indique los parámetros que controla en su piscicultura y frecuencia.

Parámetros	Marque X	Frecuencia
Temperatura °C		
Oxígeno disuelto (mg/L)		
Alcalinidad (mg/L)		
Dureza (mg/L)		
pH		
Amonio total (mg/L)		
Amonio no ionizado (mg/L)		
CO <sub>2</sub> (mg/L)		

Otros:

Parámetros	Marque X	Frecuencia
Nitrato (mg/L)		
Nitrato (mg/L)		
Fosforo (mg/L)		
Aluminio (µg/L - mg/L)		
Hierro (µg/L - mg/L)		
Cobre (µg/L - mg/L)		

Otros:

III. REPRODUCTORES

3.1. Marque X tipo de piscicultura y el porcentaje de utilización de agua.

Tipo	Marque X	%
Flujo abierto		
Recirculación		
Reutilización		

3.2. Indique la producción máxima, en número de peces, alcanzada por la piscicultura durante un ciclo de producción

Especie	N° de Peces	Ciclo de producción (meses)
Salar		
Coho		
Trucha		

3.3. Indique número de estanques por etapa de desarrollo.

Etapas desarrollo	Rango tamaño peces (gr.)	Número de estanques	Volumen (m <sup>3</sup> )	Material	Color	Caudal	Tasa Cambio	Densidad Max.

3.4. Si realiza graduaciones en sus reproductores, indique:

Especie	Salar	Coho	Trucha
Sistema de Graduación			
Número de graduaciones ciclo			
Talla de Primera Graduación (Porcentaje eliminados)			
Talla última Graduación (Porcentaje eliminados)			

3.5. Indique cuál es el sistema de evaluación de las siguientes variables

Variable evaluada	Método de Muestreo	Frecuencia
Peso		
Longitud		
Índice de Condición		
Madurez (Macho)		
Madurez (Hembra)		

3.6. Indique cuál es el método de matanza de los reproductores. Marque X

Sobredosis de anestésicos	
Golpe en la cabeza	

Otros: .....

3.7. Indique proporción desove hembras:macho

Salar	
Coho	
Trucha	

3.8. Indique cuál es el método de desove hembras. Marque X

Masaje	
Inyección de aire	
Corte abdominal	

Otros: .....

3.9. Aplicación de hormona previo al desove. Marque X

Si  No

Si la respuesta es positiva continúe con 3.10.

3.10. Modo aplicación hormona para inducción desove.

3.12. Método de extracción de Semen

3.11. Tiempo de aplicación hormona previo al desove

3.13. Indique método de fecundación. Marque X

Método seco	
Método húmedo	
Otro	

3.14. Indique el tipo de alimento que utiliza por etapa de desarrollo.

Etapa de desarrollo	Tamaño pellet	Origen alimento (empresa)	Sistema alimentación	Frecuencia de alimentación

IV. ASPECTOS SANITARIOS

4.1. ¿ Cuenta con asistencia de un Médico Veterinario?. Marque X

Si  No

4.2. Indique frecuencia de visita Médico Veterinario

4.3. ¿ Cuenta con planes de contingencia en caso de brote de enfermedades? . Marque X

Si  No

4.4. Marque con una X enfermedad detectada.

Patología	Salar	Coho	Trucha
Saprolegnia			
Flavobacteriosis			
RTFS			
Yersiniosis (ERMD)			
BKD			
IPN			
PRV			
ISA			
SRS			
Nefrocalcinosis			
Otras			

Otra (indique)

4.5. Indique el rango de mortalidad registrada en las siguientes etapas.

Etapa	Mortalidad (%)
Reproductores	
Ova Verde	
Ova Ojo	
Primera alimentación	
Hasta 10 gramos	
Smolt	

4.6. Screening en los reproductores. Marque con una X

Enfermedad	Marque X	Frecuencia	Método de Detección
IPN			
BKD			
SRS			
ISA			
Otro:			

4.7. Indique el tipo de vacunas aplicadas.

Tipo de Vacuna	Talla de vacunación (gramos y cm.)	Modo de aplicación (Inmersión, oral, inyección)	Quién realiza la vacunación. (Servicios o Internos)

4.8. Tratamientos aplicados.

Nombre del medicamento	Enfermedad tratada	Dosis o Concentración	Modo de aplicación (Inmersión, oral, inyección, etc.)	Frecuencia

4.9. Anestésicos aplicados.

Anestésicos (Nombre )	Motivo de aplicación	Dosis o Concentración	Modo de aplicación	Frecuencia

**V. BIOSEGURIDAD**

5.1. Marque con una X las medidas de bioseguridad implementadas en su centro de cultivo.

Arco de desinfección	<input type="checkbox"/>
Rodiluvio	<input type="checkbox"/>
Pediluvio	<input type="checkbox"/>
Maniluvio	<input type="checkbox"/>
Ropa protección	<input type="checkbox"/>

Otros (señale)

.....  
 .....  
 .....

5.2. Desinfectantes aplicados.

Desinfectante (Nombre )	Motivo de aplicación	Dosis o Concentración	Modo de aplicación	Frecuencia

5.3. Marque con una X disposición de la mortalidad

Incineración	<input type="checkbox"/>
Ensilaje	<input type="checkbox"/>
Vertedero	<input type="checkbox"/>

Otros (señale)

.....

5.4. Indique la frecuencia de extracción de la mortalidad. (Frecuencia se refiere a cada vez que visualiza pez muerto, es extraído).

Frecuentemente	<input type="checkbox"/>
Dos veces al día	<input type="checkbox"/>
Una vez al día	<input type="checkbox"/>

Otros (señale)

.....



## VI. INCUBACIÓN

6.1. Señale las características de la infraestructura utilizadas:

Incubación	Sistema de incubación	Tamaño (L; cm)	Flujo de agua (l/seg)	Número ovas por contenedor
Ova Verde				
Ova con ojo				

6.2. indique sistema de conteo de ovas :

6.3. Indique método de Shocking utilizado:

6.4. Marque con una X las enfermedades del desarrollo que ha detectado en incubación:

Patología	Salar	Coho	Trucha
Huevo blanco			
Saco coagulado ( white spot)			
Hidrocele			
Ovas flácidas ( soft eggs)			
Estrangulamiento saco vitelino			
Enfermedad de las Burbujas			
Saprolegnia			
Flavobacterias			
Otras:			

6.5. Tratamientos utilizados.

Nombre del medicamento	Causa (nombre de la enfermedad)	Dosis o Concentración	Frecuencia

6.6. Desinfección ovas

Nombre del desinfectante	Causa de su aplicación	Dosis o Concentración	Frecuencia

## VII. CARACTERIZACIÓN DEL PERSONAL

7.1. Número de personas que trabajan.

Área de desempeño	N° Personas	Función	Profesión

## VIII. BIENESTAR ANIMAL

8.1. ¿Cuentan con Profesionales a cargo del BIENESTAR ANIMAL? Si  No

8.2. ¿Han realizado capacitación en BUENAS PRÁCTICAS DE CULTIVO? Si  No

Si la respuesta es afirmativa indique frecuencia anual

8.3. ¿Han realizado capacitaciones en BIENESTAR ANIMAL? Si  No

Si la respuesta es afirmativa indique frecuencia anual

8.4. ¿Cuenta con protocolos sobre EVALUACIÓN DE BIENESTAR ANIMAL? Si  No

Si la respuesta es afirmativa indique cuales:

Descripción del protocolo	Etapas productivas

8.5. ¿Utilizan Indicadores operacionales PARA EVALUAR EL BIENESTAR ANIMAL (IOBs) en el plantel de cultivo? Si  No

Si la respuesta es afirmativa indique cuales:

Descripción del indicador	Etapas productivas

8.6. Que indicadores recomienda incluir en BIENESTAR ANIMAL para reproducción e incubación, indique aquellos que revisten mayor o menor importancia según su criterio, ordenándolos de mayor a menor:

Reproductores	Ovas

## ENCUESTA N° 2

### “DETERMINACIÓN Y APLICACIÓN DE INDICADORES OPERACIONALES DE BIENESTAR ANIMAL EN SALMÓNIDOS CULTIVADOS EN AGUA DULCE”

## PROYECTO FIPA 2017-29

### CENTROS DE ALEVINAJE Y PRODUCCIÓN DE SMOLT

RESPECTO DE LA ENCUESTA

El objetivo de la encuesta es recopilar información sobre aspectos productivos y operativos en las diferentes etapas de desarrollo de la producción de salmón y trucha en agua dulce. Sus respuestas serán de gran relevancia para la determinación de los indicadores operacionales de BIENESTAR ANIMAL (IOBs) para salmonidos cultivados en Agua Dulce. La encuesta consta de 9 ítems. Los ítems 1 y 2 corresponden a caracterización de la piscicultura. Los ítems 3 y 4 corresponden a ALEVINAJE. El ítem 5 a SMOLTIFICACION y el 6 a BIOSEGURIDAD. El ítem 7, 8 y 9 corresponde a traslado de peces, Recursos Humanos y prácticas de manejo y evaluación del BIENESTAR ANIMAL respectivamente. Las respuestas expresadas serán confidenciales y solo serán utilizadas como información para los objetivos del proyecto. Dudas contactarse con: sbravo@uach.cl

#### IDENTIFICACIÓN

NOMBRE CENTRO DE CULTIVO  1.2. CODIGO CENTRO

NOMBRE ENCUESTADO:  1.4. E-MAIL:

FECHA INICIO OPERACIÓN PISCICULTURA:  1.6. Piscicultura (Marque X) Propia  Maquila

#### CARACTERIZACIÓN GLOBAL.

L. Marque con una X origen de la cepa de las especies cultivadas e identifíquelas:

Nac.	Imp.	Salar	Nac.	Imp.	Coho	Nac.	Imp.	Trucha

2. Origen del agua de la piscicultura. (Marque con X).

Río

Lago

Vertiente

Pozo

Mar

Mezcla  describa tipo de mezcla:

2.3. Indique los tipos de análisis de agua que realiza y frecuencia.

Parámetros	Marque X	Frecuencia
Bacteriológico		
Metales pesados		
Minerales		
Otros, señale:		

i. Marque con X los parámetros que controla en su piscicultura y frecuencia.

Parámetros	Marque	Frecuencia
Temperatura °C		
Oxígeno disuelto (mg/L)		
Alcalinidad (mg/L)		
Dureza (mg/L)		
pH		
Amonio total (mg/L)		
Amonio no ionizado (mg/L)		
CO2 (mg/L)		
Otros (Indique)		

Parámetros	Marque	Frecuencia
Nitrito (mg/L)		
Nitrato (mg/L)		
Fosforo (mg/L)		
Aluminio (µg/L - mg/L)		
Hierro (µg/L - mg/L)		
Cobre (µg/L - mg/L)		
Otros:		

III. PRODUCCIÓN DE PECES.

3.1. Marque X tipo de piscicultura y el porcentaje de utilización de agua.

Tipo	Marque	%
Flujo abierto		
Recirculación		
Reutilización		

3.2. Indique la producción máxima, en número de peces, alcanzada por la piscicultura durante un ciclo de producción

Especie	Numero de peces	Ciclo( meses)	Tamaño talla final
Salar			
Coho			
Trucha			

3.3. Indique número de estanques por tamaño

Etapa desarrollo	Rango tamaño peces (gr.)	Número de estanques	Volumen (m3)	Material	Color	Caudal	Tasa Cambio	Densidad (Max.)

3.4. Respecto de las graduaciones, indique:

Especie	Salar	Coho	Trucha
Sistema de Graduación			
Número de graduaciones ciclo			
Talla de Primera Graduación			
(Porcentaje eliminados)			
Tall última Graduación			
(Porcentaje eliminados)			

3.5. Indique cuál es el sistema de evaluación de las siguientes variables

Variable evaluada	Método de Muestreo	Frecuencia
Peso		
Longitud		
Índice de Condición		

3.6. Indique el tipo de alimento que utiliza por etapa de desarrollo.

Etapa de desarrollo	Tamaño pellet	Origen alimento (empresa)	Sistema alimentación	Frecuencia de alimentación

IV. ASPECTOS SANITARIOS

4.1. ¿Cuenta con asistencia de un Médico Veterinario?. Marque X

Si  No

4.2. Indique frecuencia de visita Médico Veterinaria

---

4.3. ¿Cuenta con planes de contingencia en caso de brote de enfermedades? . Marque X

Si  No

4.4. Marque con una X enfermedad detectada.

Patología	Salar	Coho	Trucha
Saprolegnia			
Flavobacteriosis			
RTFS			
Yersiniosis (ERMD)			
BKD			
IPN			
PRV			
ISA			
SRS			
Nefrocalcinosis			
Ameba Branquial (AGD)			
Otro, (indique)			

4.5. Ha detectado deformidades en los peces de cultivo

	Salar	Coho	Trucha
Si			
No			

Si la respuesta es afirmativa, marque con una X, cuáles:

	Coho	Salar	Trucha
Boca			
Opérculo			
Pedúnculo caudal			
Otro (Nombrelo)			

4.6. Indique el rango mortalidad registrada en las siguientes etapas, según especie (Min-Max)

Etapa	Mortalidad (%)		
	Salar	Coho	Trucha
Primera alimentación			
Hasta 10 gramos			
Hasta 50 gramos			
Smolt			

4.7. Indique el tipo de vacuna aplicadas

Tipo de Vacuna	Talla de vacunación (gramos y cm)	Modo de aplicación (Inmersión, oral, inyección)	Quién realiza la vacunación Servicios o Internos

4.8. Tratamientos aplicados.

Nombre del medicamento	Enfermedad tratada	Dosis o Concentración	Modo de aplicación (Inmersión, oral, inyección)	Frecuencia

4.9. Anestésicos aplicados.

Anestésicos (nombre)	Motivo de su aplicación	Dosis o Concentración	Modo de aplicación (Inmersión, oral, inyección)	Frecuencia

V. SMOLTIFICACIÓN

5.1. Marque con una X, lugar donde realiza la smoltificación

Lugar	Coho	Salar	Trucha
Piscicultura agua dulce			
Piscicultura agua mar			
Lago (Jaulas)			
Estuario (Jaulas)			
Río (Jaulas)			
Otra, (señale):			

5.2. Aplica fotoperíodo SI  No

5.3. Si su respuesta es afirmativa indique la relación de horas luz : oscuridad

5.4. ¿Cuánto tiempo previo al traslado de los smolts aplica la última vacunación?

5.5. Aplica alguna estrategia para reforzar el sistema inmune de los peces previo a la smoltificación Si  No

5.6. Si su respuesta fue afirmativa indique que estrategia utiliza

5.7. Que análisis realiza para determinar smoltificación. Marque X

ATPasa  Análisis Na<sup>+</sup>  Análisis K<sup>+</sup>  Análisis Cl<sup>-</sup>  Ninguna

Otras  Señale cuales: \_\_\_\_\_

VI. BIOSEGURIDAD.

6.1. Marque con una X las medidas de bioseguridad implementadas en su centro de cultivo.

Arco de desinfección	<input type="checkbox"/>
Rodiluvio	<input type="checkbox"/>
Pediluvio	<input type="checkbox"/>
Maniluvio	<input type="checkbox"/>
Ropa protección	<input type="checkbox"/>

Otros (señale)

6.2. Desinfectantes aplicados en la piscicultura

Desinfectante (Nombre )	Motivo de su aplicación	Dosis o Concentración	Modo de aplicación	Frecuencia

6.3. Marque con una X la disposición de la mortalidad.

Incineración	<input type="checkbox"/>
Ensilaje	<input type="checkbox"/>
Vertedero	<input type="checkbox"/>

Otros (señale)

6.4. Indique la frecuencia de extracción de la mortalidad.

Frecuentemente	<input type="checkbox"/>
Dos veces al día	<input type="checkbox"/>
Una vez al día	<input type="checkbox"/>

Otros (señale)

**VII. TRASPORTE DE PECES.**

7.1. Indique días de ayuno previo al traslado de peces.

Alevines	
Smolt	

7.2. ¿Realiza aclimatación por temperatura?

Si  No

Si la respuesta es afirmativa indique:

Antes	
Durante	
Después	

Señale por cuántas horas realiza la aclimatación:

7.3. ¿Cuáles son las densidades de carga máximas para el traslado y las concentraciones de oxígeno que aplica durante el traslado de: ?

Etapa	Variables	Salar	Coho	Trucha
Alevin	Densidad Máxima (kg/m3)			
	Oxígeno (mg/L)			
Smolt	Densidad Máxima (kg/m3)			
	Oxígeno (mg/L)			

**VIII. CARACTERIZACIÓN DEL PERSONAL**

8.1. Número de personas que trabajan.

Area de desempeño	N° Personas	Función	Profesión

**IX. BIENESTAR ANIMAL**

9.1. ¿Cuentan con Profesionales a cargo del BIENESTAR ANIMAL?

Si  No

9.2. ¿Han realizado capacitación en BUENAS PRÁCTICAS DE CULTIVO?

Si  No

Si la respuesta es afirmativa indique la frecuencia anual

9.3. ¿ Han realizado capacitaciones en BIENESTAR ANIMAL?

Si  No

Si la respuesta es afirmativa indique la frecuencia anual

9.4. ¿Cuenta con protocolos sobre EVALUACIÓN DE BIENESTAR ANIMAL?

Si  No

Si la respuesta es afirmativa indique cuales:

Descripción del protocolo	Etapa productiva

9.5. ¿Utilizan Indicadores operacionales PARA EVALUAR EL BIENESTAR ANIMAL (IOBs) en el plantel de cultivo?

Si  No

Si la respuesta es afirmativa indique cuales:

Descripción del indicador	Etapa productiva

9.6. Que indicadores recomienda incluir en BIENESTAR ANIMAL para alevinaje y esmoltificación, indique aquellos que revisten mayor o menor importancia según su criterio, ordenándolos de mayor a menor:

Alevinaje	Smoltificación

**Anexo III**  
**Protocolo para la evaluación del bienestar**  
**de salmónidos etapa agua dulce y Tabla de**  
**Score.**



## Anexo III

### PROTOCOLO PARA LA EVALUACIÓN DEL BIENESTAR DE SALMÓNIDOS- ETAPA AGUA DULCE

El siguiente protocolo descriptivo está basado en un enfoque integrado del bienestar animal y contiene indicadores operacionales (IOBs); basados en el ambiente (calidad de agua), basados en el manejo (productividad), y basados en el animal (lesiones, comportamiento). Algunos de los IOBs es mandatorio medirlos (indicados como \*) y otros su registro es opcional. El objetivo del mismo es servir como herramienta para realizar un diagnóstico de las condiciones de bienestar animal de una piscicultura e identificar problemas en el sistema durante la etapa de agua dulce. Puede ser aplicado en diferentes sistemas de circulación y utilización de agua. La aplicación práctica de este protocolo requiere de capacitación y validación antes de su uso. El uso de IOBs en forma individual o aislada no se recomienda por ser inapropiado, lo cual podría llevar a conclusiones incorrectas sobre el estado de bienestar de los peces.

Las siguientes definiciones son importantes conocer al aplicar el protocolo (Fuente: RSPCA, Welfare Standards for Farmed Atlantic Salmon, 2018):

Etapa	Características
Ova con ojos	Las manchas negras de los ojos son claramente visibles. Aproximadamente 220 a 250 grados-días post-desove.
Alevín con saco	Comienza desde que el huevo eclosiona, hasta la primera alimentación.
Fry	Desde la primera alimentación hasta que tiene 1 g de peso.
Parr	> 1 g hasta que comienza el proceso de esmoltificación.
Pre-smolt	Periodo final, en el que el pez atraviesa la transformación de parr a smolt.
Smolt	Completamente esmoltificado.

Antes de realizar la visita al centro de cultivo, asegúrese de contar con la siguiente información:

- Etapa de producción (ovas, alevines, parr, smolts, reproductores).
- Tipo de sistema de circulación de agua
- Rutina diaria
- Alguna posible actividad que pueda interferir con la evaluación (vacunación, sexaje, graduación, tratamientos, etc.).
- Fecha de la última actividad llevada a cabo (vacunación, sexaje, graduación, tratamiento, otros)
- Presencia y disponibilidad del encargado del centro para responder a preguntas (realice una cita previamente).
- Plano/bosquejo del diseño del lugar

Materiales necesarios:

Lápices y goma, tabla dura, planillas con Scores, cinta pH, cinta métrica, guantes de látex, timer, bisturí, pinzas, cámara fotográfica.

*\*NOTA: El presente protocolo de evaluación fue desarrollado en el marco del Proyecto FIPA 2017-29, financiado por SUBPESCA.*

CRITERIO	INDICADOR	RELEVANCIA PARA EL BIENESTAR ANIMAL	COMO MEDIRLO	DONDE	VALOR TOLERABLE	NO TOLERABLE	NO APLICA	
CALIDAD DEL AGUA	Oxígeno*	El requerimiento de O <sub>2</sub> y la tasa metabólica aumentan a alta temperatura (T°). Si la saturación de O <sub>2</sub> disminuye hasta ciertos límites el apetito de los peces se reduce y el consumo decrece.	<p>La saturación de O<sub>2</sub>(disuelto) varía dentro del agua en tiempo y espacio, por lo que se recomienda medir en puntos y momentos donde se espera que la saturación de oxígeno sea la más baja.</p> <p>El O<sub>2</sub> debe medirse junto con la T°!</p> <p><i>En estanque:</i> medir en el agua de salida del estanque.</p> <p><i>En jaula:</i> medir a distintas profundidades (perfil vertical de O<sub>2</sub>).</p>	En 50% de los estanques seleccionados aleatoriamente.				
					<b>Oxígeno disuelto</b>			
					Ovas y alevines	≥7mg/L	<7mg/L	
					Fry	≥7mg/L	<7mg/L	
					Parr/Smolts	≥7mg/L	<7mg/L	
					<b>Oxígeno saturado</b>			
					Ovas y alevines	≥90%	<90%	
					Fry	≥70%	<70%	
					Parr/Smolts	≥70%	<70%	
						Temperatura*	La T° óptima del agua varía de acuerdo a la etapa de la vida del pez. Su efecto está asociado con el comportamiento, el oxígeno, ocurrencia de enfermedades, y performance de los	Registrar información brindada por la industria (ver datos en línea). <i>En estanque:</i> puede ser medida en cualquier parte del estanque. <i>En jaula:</i> medir a distintas profundidades (perfil vertical de T°).

CALIDAD DEL AGUA		peces. Afecta el proceso de smoltificación.	Registrar si se realiza en horas de la mañana o de la tarde. La T° debe medirse junto con el O <sub>2</sub> !					
			<b>Ovas</b>		4- 8°C	>8°C		
			<b>Alevines</b>		≤ 10°C	>10°C		
			<b>Fry</b>		≤14°C	>14°C		
			<b>Parr/smolts</b>		7-14°C	>16°C		
		<b>CO<sub>2</sub>*</b>	Cuando el CO <sub>2</sub> se disuelve en agua forma ácido carbónico, disminuyendo el pH del agua, por lo que los efectos adversos están relacionados con la alcalinidad del agua.	Registrar información brindada por la industria (ver datos en línea).  Medir a la salida del agua del estanque. Se puede medir <i>directamente</i> usando medidor de CO <sub>2</sub> o <i>indirectamente</i> , calculando el CO <sub>2</sub> basado en el valor de pH y de alcalinidad.	En 50% de estanques seleccionados aleatoriamente.			
				<b>Ovas</b>		≤6 mg/L	>6 mg/L	
				<b>Alevines</b>		≤6 mg/L	>6 mg/L	
				<b>Fry</b>		≤15 mg/L	>15 mg/L	
				<b>Parr/smolts</b>		≤15 mg/L	>15 mg/L	
		<b>pH*</b>	Los peces son vulnerables a la acidez del agua. Altas concentraciones de Aluminio originan bajo pH y problemas respiratorios.	Medir en el agua con un pH-metro o papel tornasol (medir junto con oxígeno, metales pesados, CO <sub>2</sub> y amonio). O registrar información brindada por la industria (ver datos sensores).	En 50% de los estanques seleccionados aleatoriamente.			
				<b>Ovas, alevines, parrs y smolts</b>		Entre 6,2 a 7,8	<6,2 ó >7,8	
		<b>Alcalinidad* (CaCO<sub>3</sub>)</b>	Alto pH causa pérdida de Ca en el epitelio del opérculo.	Registrar información brindada por la industria (ver datos en línea).	En 50% de los estanques seleccionados aleatoriamente.			
				<b>Ova, alevines, fry, parr, smolts</b>		Entre 50-300 mg/L	<50 ó >300 mg/L	
		<b>Nitrógeno o Amoniaco</b>	El TAN resulta de la suma de NH <sub>3</sub> y NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> . En sistemas RAS puede ocasionar graves	Se puede medir utilizando fotómetros, electrodos ion-selectivos, detectores de gas,	En 50% de los estanques seleccionados aleatoriamente.			

	problemas si los biofiltros no funcionan adecuadamente.	amperímetros. Medir junto con el pH!  Registrar información brindada por la industria (ver datos en línea).				
		<b>Ovas</b>				NA
		<b>Alevines, fry, parr/smolt</b>	≤2 mg/L	>2 mg/L		
<b>Amonio libre (NH<sub>3</sub>) *</b>	Amonio es tóxico, se puede acumular en plasma y en los tejidos pudiendo ser letal para los peces.	Ídem TAN	En 50% de los estanques			
		<b>Ovas, alevines, fry, parr/smolt</b>	≤0,025 mg/L	>0,025 mg/L		
<b>Nitrito *</b>	El nitrito en sangre reacciona con el Fe de la hemoglobina reduciendo la capacidad de transporte del O <sub>2</sub> . Altas concentraciones de nitrito pueden ser tolerados cuando adecuados niveles de cloro están presentes.	Se utiliza fotómetro. Medir junto con la concentración de Cl. Registrar información brindada por la industria (ver datos en línea).	En 50% de los estanques seleccionados aleatoriamente.			
		<b>Ovas, alevines, fry, parr/smolt</b>	≤0,1 mg/L	>0,1 mg/L		
<b>Nitrato</b>	En sistemas RAS los biofiltros convierten el nitrito en nitrato (el cual es menos tóxico).	Se utiliza fotómetro. Registrar información brindada por la industria (ver datos en línea).	En 50% de los estanques seleccionados aleatoriamente.			
		<b>Ovas</b>				NA
		<b>Alevines</b>	≤50 mg/L	>50 mg/L		
		<b>Fry</b>	≤150 mg/L	>150 mg/L		
		<b>Parr-smolt</b>	≤150 mg/L	>150 mg/L		
<b>Salinidad</b>	Valor específico para cada etapa. Fry y parr (agua dulce) son hiperosmóticos con activa toma de iones y excreción de agua. En	Registrar información brindada por la industria (ver datos en línea).	En 50% de los estanques seleccionados aleatoriamente			

		tanto que post- smolts (agua de mar) son hiposmóticos y tienen que tomar agua y excretar iones.					
			<b>Alevines, fry, parr</b>		≤10 ppm	>10 ppm	
			<b>Smolts</b>		20 -30 ppm	>30 ppm	
			<b>Reproductores</b>		≤10 ppm	>10 ppm	
	<b>Sólidos totales en suspensión</b>	STS (material orgánico e inorgánico suspendido en el agua). Partículas abrasivas pueden dañar las branquias, promover un medio para crecimiento de patógenos y comprometer la salud de los peces.	Registrar información brindada por la industria (ver datos en línea o última medición). Se mide la cantidad de partículas (tamaño entre 0.004 mm y 1.0 mm) que reducen la penetración de la luz.	En 50% de los estanques seleccionados aleatoriamente.	≤15 mg/L	>15 mg/L	
	<b>Aluminio</b>	Aluminio es altamente tóxico en aguas ácidas (pH<6). Se reportan daños macro y microscópicos a nivel de branquias.	Registrar información brindada por la industria (ver datos en línea o datos última medición realizada).	En 50% de los estanques seleccionados aleatoriamente	≤5 ug/L	>5 ug/L	
<b>CALIDAD DEL AGUA</b>	<b>Caudal de agua*</b>	Corrientes de agua a baja velocidad pueden ocasionar hipoxia, especialmente a altas densidades y altas T. Además limita la capacidad auto-limpiante del sistema para remover restos de alimento y heces. Alta velocidad del flujo de agua puede causar fatiga en los peces.	Información brindada en línea. Adicionalmente observe el nado de los peces, de este modo: <i>Corriente adecuada:</i> los peces mantienen su posición en relación a la pared del estanque. <i>Corriente muy baja:</i> los peces nadan y se desvían hacia adelante. <i>Corriente muy fuerte:</i> Los peces son llevados hacia atrás, con dificultad para avanzar.  BL: longitud cuerpo	En 50% de los estanques seleccionados aleatoriamente			

		En estanques la velocidad de la corriente de agua es más alta cerca de la pared y más baja hacia el centro.	<b>Ovas</b>		≤100 cm/h	>100 cm/h		
			<b>Alevines</b>		7-13 cm: 6-10 BL/seg	> 6-10 BL/seg		
			<b>Smolt</b>		≤50 cm/seg	> 50 cm/seg		
PRODUCTIVAS	<b>Densidad del cultivo (kg/m<sup>3</sup>) *</b>	Densidad del cultivo depende de: etapa de vida de los peces, calidad del agua, velocidad de la corriente, interacciones sociales, manejo de la alimentación, tipo de sistema, entre otros. Densidades muy bajas o muy altas pueden afectar negativamente el bienestar de los peces.	Densidad= kg peces/volumen estanque (m <sup>3</sup> ) Densidad=n° peces/m <sup>2</sup> Calcular con los datos presente en cada estanque	En 50% de los estanques seleccionados aleatoriamente				
			<b>Ova verde</b>		15.000 ovas/jarra	>15.000ovas/jarra		
			<b>Ova con ojos</b>		20.000 ovas/band.	>20.000 ovas/band.		
					10.000 alev./m <sup>2</sup>	>10.000ale/m <sup>2</sup>		
					Peso	kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	
					Hasta 1g	10	>10	
					1-5g	20	>20	
					5-30g	30	>30	
					30-50g	50	>50	
					≥50g	60		
<b>Mortalidad*</b>	Contar con un sistema de recolección de los peces que mueren en cada estanque es un requisito para monitorear el desempeño de los peces en un sistema. Dificultad para observar el fondo en estanques muy grandes y con mucha turbidez.	Basada en la información brindada por la industria. <i>Mortalidad (%)</i> : porcentaje de peces muertos/día. Si es posible, anotar la <u>causa</u> de la muerte/s.  <i>Mortalidad acumulada</i> : porcentaje de peces muertos durante todo el ciclo productivo.	Grupal  Basado en registros diarios  **; usado por productores *RSPCA (2018)					
				<b>*Ovas - alevines 1° alimentación</b>	*≤6% semanal	>6% semanal		
				<b>*Alevines 1° alimentación - 5 g</b>	*≤3% semanal	>3% semanal		

			<b>*5g - smolt</b>		<b>*≤1,5% semanal</b> <b>**0,01-0,05 diaria.</b>	<b>&gt;1,5% semanal</b> <b>**&gt;0,05 diaria</b>	
DEL ANIMAL	Grado de esmoltificación *	El proceso de esmoltificación es afectado por factores como: luz, T°, calidad del agua, y genética. La esmoltificación permite preparar al pez para su entrada en agua de mar. Es reversible, representando la pérdida de la tolerancia al agua de mar si el pez no ingresa durante la "ventana fisiológica de esmoltificación".	Consultar el método utilizado. Se puede medir a través de:	Individual			
			<b>Conc. plasmática de Cl</b>	Mínimo 10 peces/estanque	11-135 mmol/l		
			<b>Factor de condición (k)</b>	<b>Parr</b>	1,0-1,3	<0,9	
				<b>Smolt</b>	~1,0		
	<b>Indicadores morfológicos</b>	*Ver fotos anexo	Presencia color plateado, ausencia manchas parr, presencia bordes oscuros en aletas.	Ausencia color plateado, presencia manchas parr, ausencia bordes oscuros en aletas.			
<b>NKA, Na<sup>+</sup> K<sup>+</sup> ATPasa. O usando SmoltVision (real time PCR análisis); mide la expresión génica en tejido de branquias.</b>		10 $\mu\text{mol ADP/mg prot}^t$	<10 $\mu\text{mol ADP/mg prot}^t$				
Factor condición (K) *	Indicador del estado nutricional del animal.	Se calcula como:  <b><math>K = 100 \times \text{peso vivo (g)} \times \text{largo del cuerpo (cm)}</math></b>	Individual				
			Mín. 10 peces/estanque				
			<b>Parr</b>	1,0-1,3	<0,9		
			<b>Smolt</b>	~1,0	<0,9		

Trauma por manipulación*	<p>Se consideran las lesiones causadas por daño mecánico durante manejos tales como bombeo, agrupamiento, o por contacto brusco del pez contra las paredes del estanque. En parr la pérdida de aleta pectoral disminuye la capacidad para mantener el balance. Daños en la aleta dorsal están relacionados con mordidas en parrs. En smolts daños en aletas puede llevar a stress osmótico.</p>	<p><b>Pérdida de escamas y daño en piel:</b> registrar presencia, severidad y número de individuos con pérdida de escamas y lesiones en epidermis.  <b>Daño ojos*:</b> registrar número de peces con hemorragias, exoftalmia, cataratas.  <b>Daño boca y mandíbula*:</b> registrar número de peces con lesiones en boca y mandíbula.  <b>Daño opérculo*:</b> registrar número de peces con pérdida parcial o total del opérculo.  <b>Daño aleta*:</b> registrar número de peces con daños en aleta, pectoral, dorsal, caudal, pélvica. Anotar tipo de lesión (Ver score anexo)</p>		<p>Individual</p> <p>Medir mín. en 10 peces/estanque</p>	<p>Ver scores</p>	<p>Ver scores</p>	
	Comportamiento general peces*	<p>Cambios en el comportamiento pueden ser un indicador temprano de condiciones sub-óptimas de bienestar animal. En estanques la velocidad de la corriente de agua es más alta cerca de la pared y más baja hacia el centro.</p>	<p>Conducta</p> <p><b>Cambios en el nado*</b></p>	<p>Causas</p> <p>Velocidad sub-óptima de corriente de agua. Calidad sub-óptima del agua. Otros.</p>	<p>Grupal</p> <p>Observar el comportamiento grupal de los peces en 50% de los estanques</p>	<p><i>Corriente adecuada:</i> los peces mantienen su posición en relación a la pared del estanque.</p> <p><i>Corriente muy baja:</i> los peces nadan y se desvían hacia adelante.</p> <p><i>Corriente muy fuerte:</i> Los peces son llevados hacia atrás, con dificultad para avanzar.</p>	
		<p><b>Agresión y mordidas</b></p>	<p>Alimentación inadecuada, sub-óptima. Densidad muy alta (observar si hay presencia de lesiones y daño de aleta).</p>		<p>Registrar número de peces con daños en aleta dorsal adiposa engrosada.</p>		



	<b>Daños por vacunación *</b>	<p>Problemas posteriores a la vacunación debido a falta de control del punto de inyección, presión ejercida incorrectamente sobre el cuerpo del pez, presencia de lesiones asociadas al punto de inyección, inadecuada inoculación en la cavidad peritoneal, uso incorrecto de pistolas y agujas.</p>	<p>Determinar visualmente la extensión y localización de signos clínicos dentro de la cavidad abdominal del pez tales como: peritonitis, adhesión entre órganos, con la pared abdominal, depósitos de melanina.</p> <p>Utilizar Escala de Speilberg (ver anexo)</p>	<p>Individual</p> <p>Examine un mínimo de 30 peces por grupo, al menos 3 veces durante el ciclo de producción (Noble et al. 2018).</p>	<p>Escala de Speilberg</p> <p>(0 = sin reacción - 6=muy severa)</p> <p>&lt; 2 aceptable</p> <p>Distribución del puntaje más importante que la media</p>	<p>Score <math>\geq 3</math></p> <p>causa de preocupación</p> <p>si el 10% o más de los peces muestreados tiene puntaje <math>&gt;4</math> = reacción adversa</p> <p>(indica un 20-25% reducción del crecimiento)</p>	
--	-------------------------------	---	---	--	---	---	--



**Anexo IV**  
**Planilla de validación IOBs.**

## Planilla de validación de IOBs

<b>EMPRESA:</b>		
<b>NOMBRE DEL CENTRO DE CULTIVO:</b>		
<b>SISTEMA DE CIRCULACION AGUA:</b>		
<b>ORIGEN DEL AGUA:</b>		
<b>ETAPA DE DESARROLLO:</b>		
<b>ESPECIE/S:</b>		
<b>LUGAR:</b>		<b>FECHA:</b>
<b>EVALUADOR:</b>	<b>HORA INICIO:</b>	<b>HORA FINALIZACION:</b>

<b>ESQUEMA PISCICULTURA</b>
-----------------------------

**OBSERVACIONES GENERALES:**

**1. INDICADORES BASADOS EN EL AMBIENTE**

**CALIDAD DEL AGUA.**

<b>IOBs</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>Observaciones</b> (anotar cómo miden y con qué frecuencia)
<b>OXIGENO</b>											
<b>TEMPERATURA</b>											
<b>CO<sub>2</sub></b>											
<b>pH</b>											
<b>Alcalinidad(CaCO<sub>3</sub>)</b>											
<b>Nitrito</b>											
<b>Nitrato</b>											
<b>Amonio</b>											
<b>Salinidad</b>											
<b>Sólidosvc Totales</b>											
<b>Suspendidos</b>											
<b>Aluminio</b>											
<b>Cobre</b>											

<b>Hierro</b>											
<b>Velocidad flujo agua</b>											
<b>Caudal</b>											
<b>Tasa de recambio</b>											

**2. INDICADORES BASADOS EN EL MANEJO PRODUCTIVO.**

<b>IOBs</b>	<b>E1</b>	<b>E2</b>	<b>E3</b>	<b>E4</b>	<b>E5</b>	<b>E6</b>	<b>E7</b>	<b>E8</b>	<b>E9</b>	<b>E10</b>	<b>Observaciones</b>
<b>Densidad del cultivo</b>											
<b>Mortalidad</b>											

### 3. INDICADORES BASADOS EN EL ANIMAL

#### EVALUACIÓN INDIVIDUAL- ESTADO GENERAL DEL PEZ (ESMOLTIFICACIÓN Y ESTADO NUTRICIONAL)

PEZ #.....SEXO:

Indicador operacional de bienestar animal	Marcar con una x el puntaje					Observaciones
<b>GRADO DE ESMOLTIFICACIÓN</b>	1	2	3	4	5	
<p>1. Con marcas parr, dorso claro, flancos verdes, zona ventral amarilla, sin color plata.</p> <p>2. Marcas parr pálidas, dorso y aletas claras, flancos comenzando a verse plateado, zona ventral amarilla.</p> <p>3. Débiles marcas parr, dorso y aletas oscurecidas, flancos plateados, vientre blanquecino.</p> <p>4. Marcas parr muy débiles, dorso oscuro, color amarillo solo alrededor de la base de las aletas y opérculo, flancos plateados.</p> <p>5. Sin marcas parr, dorso oscuro, bordes de las aletas oscuros, flancos plateados, zona ventral blanca, color plata predominante.</p>						
<p><b>FACTOR DE CONDICIÓN</b></p> <p style="text-align: center;"><i><math>K = 100 \times \text{peso}(g) \times \text{largo del cuerpo (cm)}</math></i></p> <p><b>Aceptable &gt;1,0</b></p> <p><b>No aceptable &lt;0,9</b></p>	<p><b>Peso=</b></p> <p><b>Largo=</b></p> <p><b>K=</b></p>					
<b>PÉRDIDA DE ESCAMAS Y DAÑO EPIDERMIS</b>	0	1	2	3		
<b>DAÑO OJOS</b>	0	1	2	3		
<b>DAÑO HOCICO Y MANDÍBULA</b>	0	1	2	3		



<b>DAÑO OPÉRCULO</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	
<b>DAÑO ALETA</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	
<b>CAUDAL</b>					
<b>DORSAL</b>					
<b>PECTORAL</b>					
<b>PELVICA</b>					
<b>GRASA visceral</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	
<b>COLORACIÓN CUERPO</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	
<b>DEFORMIDADES</b>					
<b>OTROS</b>					

<b>DAÑOS POR VACUNACIÓN</b>		<b>Marcar con una x el puntaje</b>						
<b>Score Apariencia visual</b>	<b>Severidad de la lesión</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
<b>0</b> Lesiones no visibles	Ninguna							
<b>1</b> Adherencias muy leves, la mayoría localizada cerca del punto de inyección.	Ninguna, o con opacidad menor del peritoneo.							
<b>2</b> Adherencias menores, las cuales pueden estar conectadas con el colon, bazo o ciegos pilóricos a la pared abdominal.	La opacidad del peritoneo persiste al desconectar la adherencia manualmente.  Lesiones menores, visibles.							
<b>3</b> Adherencia moderada, parcialmente involucra los ciegos pilóricos, el hígado o ventrículo, conectándolos a la pared abdominal.	Lesiones moderadas.							
<b>4</b> Adherencias mayores, con granulomas, interconectando extensivamente los órganos internos.	Daño visible por las lesiones severas.							
<b>5</b> Lesiones extensivas afectando la mayoría de los órganos internos en la cavidad abdominal.	Daño severo.							
<b>6</b> Lesiones severas, a menudo con considerable melanosis.								

**COMPORTAMIENTO: EVALUACIÓN GRUPAL**

IOBs	Indicar en %		
<b>COMPORTAMIENTO ANORMAL</b>	<b>CAMBIOS EN EL NADO</b>	<b>AGRESIONES MORDIDAS</b>	<b>OTRO</b>
# estanque			
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
<b>Observaciones:</b>			

**Anexo V**  
**Planilla y Ficha de Vacunación**



## 2 SEDACIÓN

2.1 Producto anestésico (laboratorio):

2.2 Dosis:

2.3 Volumen de agua (L; altura agua): V:

2.4 Dimensión batea:

2.5 Color, material batea:

2.6 N° de peces/ inmersión:

2.7 Tiempo sedación:

2.8 Frecuencia cambio solución

2.9 Pérdida de escama:            B:             M:             A:

2.10 Mortalidad:

### 3 VACUNACIÓN

- 3.1 Tipo de vacuna (nombre; Lab):
- 3.2 Tiempo de almacenamiento:
- 3.3 Tº de almacenamiento:
- 3.4 Fecha vencimiento:
- 3.5 Tº vacuna al aplicar:
- 3.6 Dosis vacuna/pez:
- 3.7 Tipo de jeringa:
- 3.8 Tamaño aguja:
- 3.9 Frecuencia cambio aguja:
- 3.10 Dimensiones mesa vacunación:
- 3.11 Nº peces inicio de vacunación:
- 3.12 Altura de agua mesa vacunación:
- 3.13 Punto de inoculación ( video)
- 3.14 Nº peces inyectados/10 min (Ficha).
- 3.15 Comportamiento peces vacunación (video)
- 3.16 Frecuencia extracción de escamas canil:
- 3.17 Perdida es escama: B: \_\_\_ M: \_\_\_ A: \_\_\_
- 3.18 Tiempo total peces fuera del agua: app.

3.19 Mortalidad:

## 4 RECUPERACIÓN

4.1 estanque de recuperación:

4.2 Tiempo de recuperación:

4.3 Comportamiento peces post vacunación (video)

4.4 Tiempo de reinicio alimentación:

4.5 Mortalidad:

## 5 BIOSEGURIDAD

5.1 Desinfección:                    Previo                     Durante                     Final

5.2 Vestuario bioseguridad;

5.3 Desinfectantes utilizados:

5.4 Material guantes:



### Plantilla Monitoreo de Vacunación PROYECTO FIPA 2017-29

Lugar (Centro de cultivo )

Número peces inicio vacunación

Peso estimado promedio

N° total de peces vacunados

Fecha:

Hora :

	( 1) am N°/ 15 min	md N° / min	(2) pm N°/ 15 min	pm N°/ min
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

Nombre responsable del muestreo

**Anexo VI**  
**Cuestionario de Panel Expertos I.**

# Anexo VI

## Proyecto FIPA 2017-29

### *Determinación y aplicación de indicadores operacionales de bienestar animal en salmónidos cultivados en agua dulce*

#### INTRODUCCIÓN

Estimado invitado, a través del Proyecto FIPA 2017-29 se trabaja en la Determinación y aplicación de indicadores operacionales de bienestar animal en salmónidos cultivados en agua dulce; para lo cual se ha adoptado la metodología de “Panel de expertos”, la cual consiste en obtener juicios y opiniones de los “expertos” o conocedores de la realidad en un área determinada, el propósito del método a emplear es obtener información (hechos, datos, cantidades de interés y otros) para resolver un problema o tomar una decisión.

Este cuestionario tiene como objetivo conocer la opinión y conocimiento de los miembros de la Industria Salmonera en Chile, en relación a los indicadores operacionales de bienestar animal en salmónidos cultivados en agua dulce.

#### PROBLEMA

El concepto de bienestar animal incluye tres aspectos: 1) el funcionamiento adecuado del organismo, 2) el estado emocional del animal, y 3) la posibilidad de expresar conductas normales propias de la especie (Fraser et al., 1997). Estos tres aspectos son recogidos por la Organización Mundial de la Salud Animal (OIE), que considera que un animal se encuentra en un estado satisfactorio de bienestar cuando está sano, confortable y bien alimentado, puede expresar su comportamiento innato, y no sufre dolor, miedo o distrés.

En Chile aun cuando en la Ley General de Pesca y Acuicultura (1991), Párrafo 5º; Artículo 13 F, se señala que “La acuicultura deberá contemplar normas que resguarden el bienestar animal y procedimientos que eviten el sufrimiento innecesario”. A la fecha solo se contempla el bienestar animal en el Artículo Nº33 de la Res. Ex. Nº319 (RESA), en el cual se señala que la transformación, sacrificio, desangrado y eviscerado de salmónidos sólo podrá realizarse en plantas de proceso y en los centros de faenamiento que cuenten con un sistema de tratamiento de efluentes para eliminar patógenos, que sea compatible con la salud y bienestar de las especies hidrobiológicas y que estén debidamente aprobadas por la normativa vigente”. Chile no cuenta con una legislación de bienestar animal en Salmónidos.

#### PARÁMETROS A EVALUAR

En esta primera etapa del trabajo queremos que usted según su experiencia en el área, nos dé a conocer cuáles serían los indicadores operacionales de bienestar animal en salmónidos cultivados en agua dulce, que deberían ser incluidos en un futuro protocolo de los centros de producción que pueda aplicarse según la etapa de crianza (alevín, smolt, reproductores) y el tipo de piscicultura (RAS recirculación, FA flujo abierto y RAS/FA combinado) en las que usted **haya trabajado y tenga experiencia**. Además, dividiremos el cuestionario en tres partes según los siguientes criterios: 1) Tomando en cuenta el bienestar animal, 2) Evaluando los costos económicos y 3) considerando la factibilidad de realizarlo.

#### PROCEDIMIENTO DE PANEL DE EXPERTOS

Se realizará una breve capacitación para entender más la metodología de panel de expertos, y a continuación seguiremos con la contestación del cuestionario.

El cuestionario estará conformado por 2 etapas: 1) el perfil o datos de los expertos, 2) respuestas de los grupos de indicadores operacionales a consultar.

# Anexo VI

Proyecto FIPA 2017-29

*Determinación y aplicación de indicadores operacionales de bienestar animal en salmónidos cultivados en agua dulce*

**1. PERFIL DE EXPERTOS.** Ingrese por favor los datos en los espacios en blanco.

NOMBRES	APELLIDOS	NOMBRE DE LA EMPRESA
PROFESIÓN	ROL EN LA EMPRESA	CORREO

# Anexo VI

Proyecto FIPA 2017-29

*Determinación y aplicación de indicadores operacionales de bienestar animal en salmónidos cultivados en agua dulce*

## 2.- PARÁMETROS DE EVALUACIÓN

### 2.1 Bienestar Animal

#### Instrucciones

- 1) Considerando solo el BIENESTAR ANIMAL escoja usted (marque con una X) dentro de los siguientes indicadores, solo aquellos que según su percepción y basado en su experiencia deberían incluirse en un protocolo de evaluación a nivel de centros.
- 2) Si según su criterio hay criterios relevantes que no están en el listado, agréguelo en el ítem "otros".
- 3) De aquellos que usted seleccionó priorice numéricamente del más al menos importante. ("1" más importante)

INDICADORES	ALEVÍN			SMOLT			REPRODUCTORES		
	RAS	RAS	RAS/FA	RAS	RAS	RAS/FA	RAS	RAS	RAS/FA
Temperatura									
Oxígeno									
CO <sub>2</sub>									
pH y alcalinidad									
Amonio									
Nitrito									
Nitrato									
Turbidez/partículas en suspensión									
Flujo y recambio de agua									
Iluminación									
Densidad del cultivo									
Ozono									
Espuma en el agua									
Mortalidad									
% de eliminación									
Comportamiento general									
Apetito									
Crecimiento									
Enfermedades									
SGR									
SFR									
Consumo de oxígeno									
Actividad en la superficie									
Cobertura de branquias									

Coloración del cuerpo									
Cambios en coloración cuerpo									
Factor de condición									
Grado de smoltificación									
Deformidad espina dorsal									
Deformidad branquias									
Daño y estado aleta									
Daño y estado piel									
Daño y estado boca									
Trauma por manipulación									
Hemorragias									
Condición órganos internos									
Daños por vacunación									
Cortisol (en sangre, escamas)									
En sangre: iones, glucosa, lactato, pH									
En músculo: pH, rigor mortis									
<b>OTROS</b>									

# Anexo VI

Proyecto FIPA 2017-29

*Determinación y aplicación de indicadores operacionales de bienestar animal en salmónidos cultivados en agua dulce*

## 2.2 Costos Económicos Instrucciones

- 1) Considerando solo los COSTOS que significaría medir los siguientes indicadores, escoja usted (marque con una X) dentro del listado solo aquellos que según su percepción y basado en su experiencia deberían incluirse en un protocolo de evaluación a nivel de centros.
- 2) Si según su criterio hay criterios relevantes que no están en el listado, agréguelo en el ítem "otros".
- 3) De aquellos que usted seleccionó priorice numéricamente del menos al más costoso ("1" menos costoso).

INDICADORES	ALEVÍN			SMOLT			REPRODUCTORES		
	RAS	RAS	RAS/FA	RAS	RAS	RAS/FA	RAS	RAS	RAS/FA
Temperatura									
Oxígeno									
CO <sub>2</sub>									
pH y alcalinidad									
Amonio									
Nitrito									
Nitrato									
Turbidez/partículas en suspensión									
Flujo y recambio de agua									
Iluminación									
Densidad del cultivo									
Ozono									
Espuma en el agua									
Mortalidad									
% de eliminación									
Comportamiento general									
Apetito									
Crecimiento									
Enfermedades									
SGR									
SFR									
Consumo de oxígeno									
Actividad en la superficie									
Cobertura de branquias									
Coloración del cuerpo									
Cambios en coloración cuerpo									
Factor de condición									

# Anexo VI

Proyecto FIPA 2017-29

*Determinación y aplicación de indicadores operacionales de bienestar animal en salmónidos cultivados en agua dulce*

Grado de smoltificación									
Deformidad espina dorsal									
Deformidad branquias									
Daño y estado aleta									
Daño y estado piel									
Daño y estado boca									
Trauma por manipulación									
Hemorragias									
Condición órganos internos									
Daños por vacunación									
Cortisol (en sangre, escamas)									
En sangre: iones, glucosa, lactato, pH									
En músculo: pH, rigor mortis									
<b>OTROS</b>									



# Anexo VI

Proyecto FIPA 2017-29

*Determinación y aplicación de indicadores operacionales de bienestar animal en salmónidos cultivados en agua dulce*

## 2.3 Factibilidad

### Instrucciones

- 1) Considerando solo la FACTIBILIDAD que significaría medir los siguientes indicadores, escoja usted (marque con una X) dentro del listado solo aquellos que según su percepción y basado en su experiencia deberían incluirse en un protocolo de evaluación a nivel de centros.
- 2) Si según su criterio hay indicadores relevantes que no están en el listado, agréguelo en el ítem "otros".
- 3) De aquellos que usted seleccionó priorice numéricamente del más al menos factible ("1" más factible)

INDICADORES	ALEVÍN			SMOLT			REPRODUCTORES		
	RAS	RAS	RAS/FA	RAS	RAS	RAS/FA	RAS	RAS	RAS/FA
Temperatura									
Oxígeno									
CO <sub>2</sub>									
pH y alcalinidad									
Amonio									
Nitrito									
Nitrato									
Turbidez/partículas en suspensión									
Flujo y recambio de agua									
Iluminación									
Densidad del cultivo									
Ozono									
Espuma en el agua									
Mortalidad									
% de eliminación									
Comportamiento general									
Apetito									
Crecimiento									
Enfermedades									
SGR									
SFR									
Consumo de oxígeno									
Actividad en la superficie									
Cobertura de branquias									
Coloración del cuerpo									

Cambios en coloración cuerpo									
Factor de condición									
Grado de smoltificación									
Deformidad espina dorsal									
Deformidad branquias									
Daño y estado aleta									
Daño y estado piel									
Daño y estado boca									
Trauma por manipulación									
Hemorragias									
Condición órganos internos									
Daños por vacunación									
Cortisol (en sangre, escamas)									
En sangre: iones, glucosa, lactato, pH									
En músculo: pH, rigor mortis									
<b>OTROS</b>									

# Anexo VI

Proyecto FIPA 2017-29

*Determinación y aplicación de indicadores operacionales de bienestar animal en salmónidos cultivados en agua dulce*

## SEGUNDA PARTE DEL CUESTIONARIO

### Instrucciones

- 1) Considerando los criterios de Bienestar Animal, Costos y Factibilidad escoja (marque con una X) dentro del listado los indicadores que según su percepción y basado en su experiencia deberían incluirse en un protocolo de evaluación a nivel de centros.
- 2) Si según su criterio hay indicadores relevantes que no están en el listado, agréguelo en el ítem "otros".
- 3) De aquellos que usted seleccionó priorice numéricamente del más al menos indispensable ("1" más indispensable)

INDICADORES	ALEVÍN			SMOLT			REPRODUCTORES		
	RAS	RAS	RAS/FA	RAS	RAS	RAS/FA	RAS	RAS	RAS/FA
CO <sub>2</sub>									
pH y alcalinidad									
Amonio									
Nitrito									
Densidad del cultivo									
Ozono									
Espuma en el agua									
Mortalidad									
% de eliminación									
Temperatura									
Oxígeno									
Nitrato									
Turbidez/partículas en suspensión									
Flujo y recambio de agua									
Iluminación									
Daño y estado boca									
Trauma por manipulación									
Hemorragias									
Condición órganos internos									
Daños por vacunación									
Cortisol (en sangre, escamas)									

En sangre: iones, glucosa, lactato, pH									
En músculo: pH, rigor mortis									
Cobertura de branquias									
Coloración del cuerpo									
Cambios en coloración cuerpo									
Factor de condición									
Grado de smoltificación									
Deformidad espina dorsal									
Deformidad branquias									
Daño y estado aleta									
Daño y estado piel									
Comportamiento general									
Apetito									
Crecimiento									
Enfermedades									
SGR									
SFR									
Consumo de oxígeno									
Actividad en la superficie									
<b>OTROS:</b>									

**Anexo VII**  
**Cuestionario de Panel Expertos II.**

# Anexo VII

Proyecto FIPA 2017-29

*Determinación y aplicación de indicadores operacionales de bienestar animal en salmónidos cultivados en agua dulce*

## PANEL DE EXPERTOS II

### INTRODUCCIÓN

Estimado invitado, a través del Proyecto FIPA 2017-29 se trabaja en la determinación y aplicación de indicadores operacionales de bienestar animal en salmónidos cultivados en agua dulce; para lo cual se ha adoptado la metodología de “Panel de Expertos”. Esta metodología consiste en obtener juicios y opiniones de los “expertos” o conocedores de la realidad en un área determinada, para obtener información (hechos, datos, cantidades de interés y otros) para resolver un problema o tomar una decisión. Todos los resultados se mantendrán en el anonimato.

### OBJETIVO DE LA SEGUNDA RONDA PANEL DE EXPERTOS

En esta segunda etapa del trabajo queremos que usted según su experiencia en el área, nos dé a conocer cuáles serían los **valores óptimos** de los indicadores operacionales de bienestar animal que surgieron de la ronda de expertos anterior. Estos indicadores podrían ser incluidos en un futuro protocolo de los centros de producción para aplicar según la etapa productiva (alevín, smolt, reproductores). **No está obligado a contestar todos los parámetros, lo ideal es que lo haga en aquellos que usted haya trabajado y/o tenga experiencia.**

### PROCEDIMIENTO DE PANEL DE EXPERTOS

**1.- Capacitación:** Se anexará un archivo con una breve capacitación para entender más la metodología de panel de expertos, y a continuación seguiremos con el llenado de un cuestionario.

**2.- Cuestionario:** el cuestionario tiene como objetivo conocer la opinión y conocimiento de los miembros de la Industria Salmonera en Chile, en relación a los indicadores operacionales de bienestar animal en salmónidos en la etapa de agua dulce.

El cuestionario está conformado por 2 etapas: 1) el perfil o datos de los expertos, 2) respuestas de los grupos de indicadores operacionales a consultar.

**1. PERFIL DE EXPERTOS.** Ingrese por favor los datos en los espacios en blanco.

NOMBRES	APELLIDOS	NOMBRE DE LA EMPRESA
PROFESIÓN	ROL EN LA EMPRESA	CORREO

# Anexo VII

Proyecto FIPA 2017-29

*Determinación y aplicación de indicadores operacionales de bienestar animal en salmónidos cultivados en agua dulce*

## 2.- PARÁMETROS DE EVALUACIÓN

### 2.1 Ambientales

<b>Indicador 1. Nivel de Amonio en el agua</b>
--

¿Cuál es el valor óptimo de amonio que debe contener el agua de los peces para que no afecte su bienestar? Exprese su percepción a través de un intervalo, es decir “valor mínimo o límite inferior, valor más probable o valor óptimo, y el valor máximo o límite superior”. Señale estos tres valores para la etapa alevines, parr, smolt y para reproductores.

*Por ejemplo: para un valor entre 0.01 y 0.05 ppm con un valor más probable del 0.04 ppm, usted debería escribir: 0.01, 0.04 y 0.05*

<b>AMONIO</b>			
<b>Etapa</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Más probable</b>	<b>Máximo</b>
<b>Alevines</b>			
<b>Parr</b>			
<b>Smolt</b>			
<b>Reproductores</b>			

### **GRADO DE CONFIANZA**

Ahora mediante un número entre 0 y 100% exprese el grado de confianza de su respuesta anterior, es decir ¿Cuán seguro está usted de los valores dados anteriormente?

*Por ej. estoy 90% confiado*

Estoy .....% confiado

# Anexo VII

Proyecto FIPA 2017-29

*Determinación y aplicación de indicadores operacionales de bienestar animal en salmónidos cultivados en agua dulce*

## Indicador 2. Nivel de CO<sub>2</sub> en el agua

¿Cuál es el valor óptimo de CO<sub>2</sub> que debe contener el agua de los peces para que no afecte su bienestar? Exprese su percepción a través de un intervalo, es decir “valor mínimo o límite inferior, valor más probable o valor óptimo, y el valor máximo o límite superior”. Señale estos tres valores para la etapa alevines, parr, smolt y para reproductores.

CO <sub>2</sub>			
<i>Etapa</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Más probable</i>	<i>Máximo</i>
<i>Alevines</i>			
<i>Parr</i>			
<i>Smolt</i>			
<i>Reproductores</i>			

### GRADO DE CONFIANZA

Ahora mediante un número entre 0 y 100% exprese el grado de confianza de su respuesta anterior, es decir ¿Cuán seguro está usted de los valores dados anteriormente?

*Por ej. estoy 98% confiado*

Estoy .....% confiado

## Indicador 3. Nivel de Oxígeno en el agua

¿Cuál es el valor óptimo de O<sub>2</sub> que debe contener el agua de los peces para que no afecte su bienestar? Exprese su percepción a través de un intervalo, es decir “valor mínimo o límite inferior, valor más probable o valor óptimo, y el valor máximo o límite superior”. Señale estos valores para la etapa alevines, parr, smolt y para reproductores.

O <sub>2</sub>			
<i>Etapa</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Más probable</i>	<i>Máximo</i>
<i>Alevines</i>			
<i>Parr</i>			
<i>Smolt</i>			
<i>Reproductores</i>			



# Anexo VII

Proyecto FIPA 2017-29

*Determinación y aplicación de indicadores operacionales de bienestar animal en salmónidos cultivados en agua dulce*

## GRADO DE CONFIANZA

Ahora mediante un número entre 0 y 100% exprese el grado de confianza de su respuesta anterior, es decir ¿Cuán seguro está usted de los valores dados anteriormente?

*Por ej. estoy 95% confiado*

Estoy .....% confiado

### Indicador 4. Nivel de Nitrito en el agua

**¿Cuál es el valor óptimo de nitrito que debe contener el agua de los peces para que no afecte su bienestar?** Exprese su percepción a través de un intervalo, es decir “valor mínimo o límite inferior, valor más probable o valor óptimo, y el valor máximo o límite superior”. Señale estos valores para la etapa alevines, parr, smolt y para reproductores.

<i>Nitrito</i>			
<i>Etapa</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Más probable</i>	<i>Máximo</i>
<i>Alevines</i>			
<i>Parr</i>			
<i>Smolt</i>			
<i>Reproductores</i>			

## GRADO DE CONFIANZA

Ahora mediante un número entre 0 y 100% exprese el grado de confianza de su respuesta anterior, es decir ¿Cuán seguro está usted de los valores dados anteriormente?

*Por ej. estoy 96% confiado*

Estoy .....% confiado

### Indicador 5. Temperatura del agua

**¿Cuál es el valor óptimo que debe tener el agua de los peces para que no afecte su bienestar?** Exprese su percepción a través de un intervalo, es decir “valor mínimo o límite inferior, valor más probable o valor óptimo, y el valor máximo o límite superior”. Señale estos valores para la etapa alevines, parr, smolt y para reproductores.

# Anexo VII

Proyecto FIPA 2017-29

*Determinación y aplicación de indicadores operacionales de bienestar animal en salmónidos cultivados en agua dulce*

<b>Temperatura del agua</b>			
<b>Etapa</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Más probable</b>	<b>Máximo</b>
<b>Alevines</b>			
<b>Parr</b>			
<b>Smolt</b>			
<b>Reproductores</b>			

## GRADO DE CONFIANZA

Ahora mediante un número entre 0 y 100% exprese el grado de confianza de su respuesta anterior, es decir ¿Cuán seguro está usted de los valores dados anteriormente?

*Por ej. estoy 90% confiado*

Estoy .....% confiado

## Indicador 6. pH del agua

**¿Cuál es el valor óptimo de pH que debe tener el agua de los peces para que no afecte su bienestar?** Exprese su percepción a través de un intervalo, es decir “valor mínimo o límite inferior, valor más probable o valor óptimo, y el valor máximo o límite superior”. Señale estos valores para la etapa alevines, parr, smolt y para reproductores.

<b>pH del agua</b>			
<b>Etapa</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Más probable</b>	<b>Máximo</b>
<b>Alevines</b>			
<b>Parr</b>			
<b>Smolt</b>			
<b>Reproductores</b>			

## GRADO DE CONFIANZA

Ahora mediante un número entre 0 y 100% exprese el grado de confianza de su respuesta anterior, es decir ¿Cuán seguro está usted de los valores dados anteriormente?

*Por ej. estoy 80% confiado*

# Anexo VII

Proyecto FIPA 2017-29

*Determinación y aplicación de indicadores operacionales de bienestar animal en salmónidos cultivados en agua dulce*

Estoy .....% confiado

## Indicador 7. Alcalinidad del agua

¿Cuál es el valor óptimo o aceptable? que debe tener el agua de los peces para que no afecte su bienestar? Exprese su percepción a través de un intervalo, es decir “valor mínimo o límite inferior, valor más probable o valor óptimo, y el valor máximo o límite superior”. Señale estos valores para la etapa alevines, parr, smolt y para reproductores.

<i>Alcalinidad</i>			
<i>Etapa</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Más probable</i>	<i>Máximo</i>
<i>Alevines</i>			
<i>Parr</i>			
<i>Smolt</i>			
<i>Reproductores</i>			

### GRADO DE CONFIANZA

Ahora mediante un número entre 0 y 100% exprese el grado de confianza de su respuesta anterior, es decir ¿Cuán seguro está usted de los valores dados anteriormente?

*Por ej. estoy 99% confiado*

Estoy .....% confiado

# Anexo VII

Proyecto FIPA 2017-29

*Determinación y aplicación de indicadores operacionales de bienestar animal en salmónidos cultivados en agua dulce*

## 2.2 Productivos

### **Indicador 8. Porcentaje de mortalidad diaria de la piscicultura**

¿Cuál es el valor aceptable de mortalidad diaria que me indique su bienestar? Exprese su percepción a través de un intervalo, es decir “valor mínimo o límite inferior, más probable o valor óptimo, y el valor máximo o límite superior”. Señale estos valores para la etapa alevines, parr, smolt y para reproductores.

<i>% Mortalidad</i>			
<i>Etapa</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Más probable</i>	<i>Máximo</i>
<i>Alevines</i>			
<i>Parr</i>			
<i>Smolt</i>			
<i>Reproductores</i>			

### **GRADO DE CONFIANZA**

Ahora mediante un número entre 0 y 100% exprese el grado de confianza de su respuesta anterior, es decir ¿Cuán seguro está usted de los valores dados anteriormente?

*Por ej. estoy 95% confiado*

Estoy .....% confiado

### **Indicador 9. Densidad de Cultivo de la unidad**

¿Cuál es el valor óptimo de biomasa por m<sup>3</sup> que me indique que el bienestar de los peces es adecuado? Exprese su percepción a través de un intervalo, es decir “valor mínimo o límite inferior, valor más probable o valor óptimo, y el valor máximo o límite superior”. Señale estos valores para la etapa alevines, parr, smolt y para reproductores.

<i>Densidad de cultivo</i>			
<i>Etapa</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Más probable</i>	<i>Máximo</i>
<i>Alevines</i>			
<i>Parr</i>			
<i>Smolt</i>			
<i>Reproductores</i>			

### **GRADO DE CONFIANZA**

# Anexo VII

Proyecto FIPA 2017-29

## *Determinación y aplicación de indicadores operacionales de bienestar animal en salmónidos cultivados en agua dulce*

Ahora mediante un número entre 0 y 100% exprese el grado de confianza de su respuesta anterior, es decir ¿Cuán seguro está usted de los valores dados anteriormente?

*Por ej. estoy 90% confiado*

Estoy .....% confiado

### **Indicador 10. Cantidad de Peces por m<sup>3</sup> de la unidad**

**¿Cuál es el valor óptimo de peces por m<sup>3</sup> que me indique que el bienestar animal es bueno?**

Expresar su percepción a través de un intervalo, es decir “valor mínimo o límite inferior, valor más probable o valor óptimo, y el valor máximo o límite superior”. Señale estos valores para la etapa alevines, parr, smolt y para reproductores.

<i>número de peces/m<sup>3</sup></i>			
<i>Etapa</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Más probable</i>	<i>Máximo</i>
<i>Alevines</i>			
<i>Parr</i>			
<i>Smolt</i>			
<i>Reproductores</i>			

### **GRADO DE CONFIANZA**

Ahora mediante un número entre 0 y 100% exprese el grado de confianza de su respuesta anterior, es decir ¿Cuán seguro está usted de los valores dados anteriormente?

*Por ej. estoy 90% confiado*

Estoy .....% confiado

# Anexo VII

Proyecto FIPA 2017-29

*Determinación y aplicación de indicadores operacionales de bienestar animal en salmónidos cultivados en agua dulce*

## 2.3 Del Pez

### Indicador 11. Trauma por manipulación

¿Cuál es el valor óptimo (medido como porcentaje de peces descartados con lesiones por trauma) que me indique su bienestar? Exprese su percepción a través de un intervalo, es decir “valor mínimo o límite inferior, valor más probable o valor óptimo, y el valor máximo o límite superior”. Señale estos valores para la etapa alevines, parr, smolt y para reproductores.

<i>Trauma por manipulación</i>			
<i>Etapa</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Más probable</i>	<i>Máximo</i>
<i>Alevines</i>			
<i>Parr</i>			
<i>Smolt</i>			
<i>Reproductores</i>			

### GRADO DE CONFIANZA

Ahora mediante un número entre 0 y 100% exprese el grado de confianza de su respuesta anterior, es decir ¿Cuán seguro está usted de los valores dados anteriormente?

*Por ej. estoy 90% confiado*

Estoy .....% confiado

### Indicador 12. Grado de Smoltificación

¿Cuál es el índice aceptable para que me indique su bienestar? Exprese su percepción a través de un intervalo, es decir “valor mínimo o límite inferior, valor más probable o valor óptimo, y el valor máximo o límite superior”. Como existen varias formas de evaluar la smoltificación, indique el criterio y/o análisis que utiliza su empresa para evaluar esmoltificación (por ej. ATPasa tradicional, ATPasa PCR, índice de smolt, etc). Señale estos valores para la etapa smolt.

<i>Smoltificación</i>			
<i>Etapa</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Más probable</i>	<i>Máximo</i>
<i>Smolt</i>			

# Anexo VII

Proyecto FIPA 2017-29

*Determinación y aplicación de indicadores operacionales de bienestar animal en salmónidos cultivados en agua dulce*

Por favor indicar el criterio y/o análisis que utiliza su empresa para evaluar esmoltificación:

## GRADO DE CONFIANZA

Ahora mediante un número entre 0 y 100% exprese el grado de confianza de su respuesta anterior, es decir ¿Cuán seguro está usted de los valores dados anteriormente?

Por ej. estoy 90% confiado

Estoy .....% confiado

### Indicador 13. Comportamiento del pez (por unidad de cultivo)

¿Cuál es el valor aceptable (en porcentaje) de peces que presente comportamiento anormal determinado para que me indique un problema de bienestar? Exprese su percepción a través de un intervalo, es decir “valor mínimo o límite inferior, valor más probable o valor óptimo, y el valor máximo o límite superior”. Señale estos valores para la etapa alevines, parr, smolt y para reproductores.

<b>Comportamiento - Apetito</b>			
<b>Etapa</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Más probable</b>	<b>Máximo</b>
<b>Alevines</b>			
<b>Parr</b>			
<b>Smolt</b>			
<b>Reproductores</b>			

## GRADO DE CONFIANZA

Ahora mediante un número entre 0 y 100% exprese el grado de confianza de su respuesta anterior, es decir ¿Cuán seguro está usted de los valores dados anteriormente?

# Anexo VII

Proyecto FIPA 2017-29

*Determinación y aplicación de indicadores operacionales de bienestar animal en salmónidos cultivados en agua dulce*

*Por ej. estoy 90% confiado*

Estoy .....% confiado

<b>Comportamiento - Natatorio</b>			
<b>Etapa</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Más probable</b>	<b>Máximo</b>
<i>Alevines</i>			
<i>Parr</i>			
<i>Smolt</i>			
<i>Reproductores</i>			

## GRADO DE CONFIANZA

Ahora mediante un número entre 0 y 100% exprese el grado de confianza de su respuesta anterior, es decir ¿Cuán seguro está usted de los valores dados anteriormente?

*Por ej. estoy 90% confiado*

Estoy .....% confiado

<b>Comportamiento – Otros (indique cual)</b>			
<b>Etapa</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Más probable</b>	<b>Máximo</b>
<i>Alevines</i>			
<i>Parr</i>			
<i>Smolt</i>			
<i>Reproductores</i>			

## GRADO DE CONFIANZA

Ahora mediante un número entre 0 y 100% exprese el grado de confianza de su respuesta anterior, es decir ¿Cuán seguro está usted de los valores dados anteriormente?

*Por ej. estoy 90% confiado*

Estoy .....% confiado

### **Indicador 14. Daño y estado de Aleta (unidad de cultivo)**

**Cuál es porcentaje de peces con el score aceptable (indique además el score que cree es el aceptable utilizando la Fig. 2-pag 143 del artículo que se adjunta) en la unidad de cultivo**



# Anexo VII

Proyecto FIPA 2017-29

*Determinación y aplicación de indicadores operacionales de bienestar animal en salmónidos cultivados en agua dulce*

**¿que me indique su bienestar?** En otras palabras, según su experiencia indique cual es el score que considera como aceptable para un pez y luego que porcentaje del grupo debe presentarlo. Expresé su percepción a través de un intervalo, es decir “valor mínimo o límite inferior, valor más probable o valor óptimo, y el valor máximo o límite superior”. Señale estos valores para la etapa alevines, parr, smolt y para reproductores.

Score de referencia: \_\_\_\_\_

<i>Daño de aleta</i>			
<i>Etapa</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Más probable</i>	<i>Máximo</i>
<i>Alevines</i>			
<i>Parr</i>			
<i>Smolt</i>			
<i>Reproductores</i>			

## GRADO DE CONFIANZA

Ahora mediante un número entre 0 y 100% exprese el grado de confianza de su respuesta anterior, es decir ¿Cuán seguro está usted de los valores dados anteriormente?

Por ej. estoy 90% confiado

Estoy .....% confiado

## Indicador 15. Factor de Condición (K) (piscicultura)

**¿Cuál es el valor óptimo que me indique su bienestar?** Expresé su percepción a través de un intervalo, es decir “valor mínimo o límite inferior, valor más probable o valor óptimo, y el valor máximo o límite superior”. Señale estos valores para la etapa alevines, parr, smolt y para reproductores.

<i>Factor de condición</i>			
<i>Etapa</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Más probable</i>	<i>Máximo</i>
<i>Alevines</i>			
<i>Parr</i>			
<i>Smolt</i>			
<i>Reproductores</i>			

## GRADO DE CONFIANZA

Ahora mediante un número entre 0 y 100% exprese el grado de confianza de su respuesta anterior, es decir ¿Cuán seguro está usted de los valores dados anteriormente?

# Anexo VII

Proyecto FIPA 2017-29

*Determinación y aplicación de indicadores operacionales de bienestar animal en salmónidos cultivados en agua dulce*

*Por ej. estoy 90% confiado*

Estoy .....% confiado

## Indicador 16. Daños por vacunación (inyección)

**¿Cuál es el valor aceptable (% de descarte por incorrecta vacunación) que me indique su bienestar?** Exprese su percepción a través de un intervalo, es decir “valor mínimo o límite inferior, valor más probable o valor óptimo, y el valor máximo o límite superior”. Señale estos valores para la etapa alevines, parr, smolt y para reproductores.

<i><b>Daño por vacunación</b></i>			
<i><b>Etapa</b></i>	<i><b>Mínimo</b></i>	<i><b>Más probable</b></i>	<i><b>Máximo</b></i>
<i><b>Alevines</b></i>			
<i><b>Parr</b></i>			
<i><b>Smolt</b></i>			
<i><b>Reproductores</b></i>			

### **GRADO DE CONFIANZA**

Ahora mediante un número entre 0 y 100% exprese el grado de confianza de su respuesta anterior, es decir ¿Cuán seguro está usted de los valores dados anteriormente?

*Por ej. estoy 90% confiado*

Estoy .....% confiado

**Anexo VIII**  
**Resumen de la distribución de consenso de**  
**los IOBs.**

## Anexo VIII

Valores (Primer cuartil, Mediana y tercer cuartil) de los Indicadores operativos de bienestar obtenidos por consenso a partir del panel de expertos de la industria, para las distintas etapas productivas en agua dulce.

Tipo	Indicador	Alevin		Parr		Smolt		Reproductor		Ovas		
		Expertos	Ref. Int.	Expertos	Ref. Int.	Expertos	Ref. Int.	Expertos	Ref. Int.	Expertos	Ref. Int.	
Ambientales	Nivel de amonio en el agua (ppm)	n=2 0,01 0,05 1,3	>0,025 mg/L	n=2 0,1 0,05 1,3	>0,025 mg/L	n=1 ND	>0,025 mg/L	n=1 ND		n=0 ND	>0,025 mg/L	
	Nivel de CO <sub>2</sub> en el agua	n=3 1,6 7 11,8	>6 mg/L	n=2 3,2 7 10,5	>15 mg/L	n=0 ND	>15 mg/L	n=0 ND		n=0 ND	>6 mg/L	
	Nivel de O <sub>2</sub> en el agua	n=6 6,4 8 9,8	7 mg/L,	n=6 6,3 8 10,1	7 mg/L,	n=6 6,3 8 10,2	7 mg/L,	n=5 6,4 8,5 10,8	7 mg/L,		n=0 ND	
	Nivel de nitrito en el agua	n=1 ND	>0,1 mg/L	n=0 ND	>0,1 mg/L	n=0 ND	>0,1 mg/L	n=0 ND			n=0 ND	>0,1 mg/L
	temperatura del agua	n=7 5,9 9,1 14,6	>10°C	n=5 6 8,6 13,9	>16°C	n=6 6,2 9,9 15,8	>16°C	n=6 6,1 8,8 13,6			n=3 5,8 8,6 11,3	>8°C
	pH del agua	n=4 6,3 7,1 7,9	<6,2 ó >7,8	n=2 6,4 7 7,7	<6,2 ó >7,8	n=3 6,03 6,91 7,81	<6,2 ó >7,8	n=0 ND			n=0 ND	<6,2 ó >7,8
	alcalinidad del agua	n=1 ND	<50 ó >300 mg/L	n=0 ND	<50 ó >300 mg/L	n=0 ND	<50 ó >300 mg/L	n=0 ND			n=0 ND	<50 ó >300 mg/L
Productivos	% de mortalidad diaria de la piscicultura	n=7 0,01 0,03 0,06	>6% semanal	n=6 0,01 0,03 0,05	>3% semanal	n=6 0,01 0,02 0,04	>1,5% semanal	n=6 0,01 0,03 0,08			n=0 ND	>6% semanal
	densidad de cultivo de la unidad (biomasa por m <sup>3</sup> )	n=7 17,8 33,9 50,5	>10,000 alev./m <sup>2</sup>	n=6 17,2 34,9 52,7	>30	n=4 11,3 27,5 43,5	>50	n=3 7 14,9 24,4			n=0 ND	
	cantidad de peces por m <sup>3</sup> de la unidad	n=7 133 2419 8708		n=3 108 750 1513		n=3 51 89 316		n=0 ND			n=0 ND	

Valores (Primer cuartil, Mediana y tercer cuartil) de los Indicadores operativos de bienestar obtenidos por consenso a partir del panel de expertos de la industria, para las distintas etapas productivas en agua dulce.

Del Pez	trauma por manipulación (% de peces descartados con lesiones por trauma)	n=4 0,01 1,0 3,2	n=3 0,3 1 2,3	n=3 0,08 2,1 8,9	n=0 ND	n=0 ND
	grado de smoltificación	n=0 ND	n=0 ND	n=5 0,1 2,1 8,9	<10 µmol n=0 ND	n=0 ND
	Conducta-apetito (% con ese comportamiento anormal)	n=6 0,4 4,7 34,5	n=5 0,5 3,4 20,6	n=5 0,3 3,6 23,3	n=4 0,2 1,5 5,4	n=0 N D
	Conducta natatoria (% con ese comportamiento anormal)	n=6 0,0 5 2,3 15,6	n=5 0,0 4 1,6 7,3	n=5 0,0 4 1,2 12,1	n=4 0,4 1,8 13	n=0 N D
	Otras conductas (% con ese comportamiento anormal)	n=2 2,4 9,3 27,8	n=0 N D	n=0 N D	n=0 N D	n=0 N D
	Daño y estado de aleta (% peces con score aceptable)	n=7 0,4 2,4 7,9	n=5 0,5 3,2 36,3	n=5 0,8 3,7 50	n=4 1,2 5,8 62,8	n=0 N D
	Factor de condición (k) piscicultura	n=3 0,9 1,1 1,5	<0,9 n=3 0,99 1,1 1,3	<0,9 n=4 0,9 1,2 1,3	n=1 ND <0,9	n=0 ND
	Daño por vacunación (% de descarte por incorrecta vacunación)	n=0 N D	n=3 0,01 0,3 2,4	n=4 0,02 0,8 3,1	n=0 ND	n=0 ND

n= número de expertos que pudieron dar la información solicitada ND= no determinada (cuando la cantidad de expertos que pudieron dar la información fue muy baja).

**Anexo IX**  
**Cuestionario aplicado a Gerentes de**  
**Producción de empresas salmoneras.**

## Anexo IX

### CAPTURA DE COSTOS DE PRODUCCIÓN PISCICULTURAS AGUA DULCE

#### PROYECTO FIPA

2017-29

#### CUESTIONARIO

Este cuestionario está diseñado para capturar información respecto a los costos incurridos en la producción de smolts de salmón del Atlántico, de acuerdo al tipo de piscicultura. Esto en el marco del proyecto FIPA 2017-29 “Determinación y Aplicación de Indicadores Operacionales de Bienestar Animal en Salmónidos Cultivados en Agua Dulce”.

ÍTEMS	Flujo Abierto (FA)		Recirculación (RAS)	
	en %	en USD	en %	en USD
Ovas				
Alimentación				
Vacunas				
Medicamentos				
Desinfectantes				
Oxígeno				
Sal				
Servicio análisis agua				
Servicios tratamiento de agua				
Servicios sexaje peces				
Combustible y Energía				
Mantenimiento Maquinarias y Equipos				
Mano de obra				
Depreciación y amortización				
Seguros Biomasa				
Operaciones				
Mantenimiento				
Administración de la producción				
TOTALES				

¿Qué otro ítem considera usted relevante y cuál es la ponderación en la estructura general de costos? ¿Dentro de los ítems expuestos podría realizar algún comentario que sea necesario considerar en términos de la composición del ítem?

**Anexo X**  
**Cotizaciones análisis de agua.**



# Anexo X



## COTIZACION N° 278385

Fecha : 22/03/2019 - Vigencia : 06/04/2019

**Señores: U. AUSTRAL DE CHILE (FAC DE CIENCIAS)**

**Atención: Sra. SANDRA BRAVO Fono: 63-2221347 Fax:**

De nuestra consideración:

Por medio de la presente, tenemos el agrado de enviar a usted cotización de acuerdo al siguiente detalle:

Nº Código	Descripción	Unid. Cantidad	Precio	Total
1 HI 98290-02	Medidor HI 9829 c/ GPS s/ sonda 230 VAC <i>Stock disponible de 4 a 5 semanas</i>		1 \$2.001.990	\$2.001.990
2 HI 98194	Medidor Portátil Multiparamétrico pH/CE/DO <i>Stock disponible inmediatamente, salvo previa venta</i>	C/U	1 \$1.392.990	\$1.392.990
3 HI 710034	Funda protectora de goma HI 9819X <i>Stock disponible de 4 a 5 semanas</i>	C/U	1 \$39.990	\$39.990
4 70001.33	Primera mantención Preventiva Multiparámetro		1 \$99.390	\$99.390
<b>Neto</b>				\$3.534.360
<b>IVA (19%)</b>				\$671.528
				\$4.205.888

### CONDICIONES COMERCIALES

**Forma de Pago** O/C 30 días

**Lugar de Entrega** En vuestra oficina con cargo del cliente o Cliente retira en Oficina Hanna

**Validez Oferta** 15 días, excepto para oferta de promociones especiales, en cuyo caso la validez estará determinada por el período de duración de la promoción

**Carolina Cortes**  
HANNA Instruments  
email: carolina@hannachile.com

## COTIZACION N° 278519

Fecha : 25/03/2019 - Vigencia : 08/04/2019

**Señores: U. AUSTRAL DE CHILE (FAC DE CIENCIAS)**

**Atención: Sra. SANDRA BRAVO Fono: 63-2221347 Fax:**

De nuestra consideración:

Por medio de la presente, tenemos el agrado de enviar a usted cotización de acuerdo al siguiente detalle:

N° Código	Descripción	Unid. Cantidad	Precio	Total
1 HI 98290-02	Medidor HI 9829 c/ GPS s/ sonda 230 VAC Stock <i>disponible de 4 a 5 semanas</i>	1	\$2.001.990	\$2.001.990
2 HI 7609829/4	Sonda para HI 9829 de pH EC DO temperatura la <i>Stock disponible de 4 a 5 semanas</i>	1	\$981.990	\$981.990
3 HI 801-02	IRIS Espectrofotómetro <i>Stock disponible inmediatamente, salvo previa venta</i>	1	\$2.189.990	\$2.189.990
<b>Neto</b>				\$5.173.970
<b>IVA (19%)</b>				\$983.054
				\$6.157.024

### CONDICIONES COMERCIALES

**Forma de Pago** O/C 30 días

**Lugar de Entrega** En vuestra oficina con cargo del cliente o Cliente retira en Oficina

Hanna

**Validez Oferta** 15 días, excepto para oferta de promociones especiales, en cuyo caso la validez estará determinada por el período de duración de la promoción

**Carolina Cortes**  
HANNA Instruments  
email: carolina@hannachile.com



Santiago, 22 de marzo de 2019

**COTIZACION - N° 0008964 - 1**

G000027 Rev 9  
Folio: 8964 Revisión: 1

Solicitado por: Universidad Austral de Chile RUT: 81380500-6  
Atención Sr.(a): Sandra Bravo  
e-mail: sbravo@uach.cl  
Fono: 65 2277121

**SERVICIO 1 UACH- Agua Dulce**

Tipo de Elemento: Aguas Crudas  
Norma: Sin Norma de referencia.

**ITEM 1.- Trabajos de Laboratorio**

Parámetros a Analizar	Limite	Método	Precio Un. UF	Cantidad	Precio Total UF
Alcalinidad Total (CaCO3)	<1 mg CaCo3/L	SM 2320 B (1)	0,15	1	0,15
Aluminio total (Al)	<0.0014 mg/L	EPA 200.8 (1994) (1)	0,18	1	0,18
Calcio total (Ca)	<0.209 mg/L	SM 3120 B (2012) (1)	0,25	1	0,25
Cobre total (Cu)	<0.00162 mg/L	EPA 200.8 (1994) (1)	0,18	1	0,18
Dureza total (Ca CO3)	<2.76 mg/L	SM 2340 B (1)	0,18	1	0,18
Hierro total (Fe)	<0.02 mg/L	SM 3120 B (2012) (1)	0,25	1	0,25
Magnesio total (Mg)	<0.35 mg/L	SM 3120 B (2012) (1)	0,25	1	0,25
Nitrato (NO3)	<0.003 mg/L	SM 4500 NO3E (2012) (1)	0,25	1	0,25
Nitrito (NO2)	<0.001 mg/L	ME-16-2007 (1)	0,16	1	0,16
Nitrógeno amoniacal (NH4+)	<0.02 mg/L	SM_4500 D (2012) (1)	0,25	1	0,25
pH	No Aplica	ME-29-2007 (1)(S1)	0,06	1	0,06
Sólidos totales	<4 mg/L	SM 2540 B E (1)	0,17	1	0,17

(\*) Fuera del Alcance de la Acreditacion  
(1) Acreditado INN  
(2) Autorizado SMA  
(S1) Análisis Realizado en Laboratorio ANAM Sede Puerto Montt

**SUBTOTAL ITEM 1 2,33**

**ITEM 2.- Trabajos de Terreno**

**ITEM 2.1.- Trabajos de terreno publicados en informe de ensayo**

Parámetros a Analizar	Método	Precio Un.	Cantidad	Precio Total
-----------------------	--------	------------	----------	--------------

(\*)

**SUBTOTAL ITEM 2.1 0,00**

(\*) Fuera del Alcance de la Acreditacion  
(1) Acreditado INN  
(2) Autorizado SMA  
(S1) Análisis Realizado en Laboratorio ANAM Sede Puerto Montt

**ITEM 2.2.- Muestras en Terreno**

Tipo Muestreo	Precio Un.	Cantidad	Precio Total
---------------	------------	----------	--------------

**SUBTOTAL ITEM 2.2**

**Anexo XI**  
**Lanzamiento del Proyecto FIPA 2017-29.**



Universidad Austral de Chile  
Ciencias y Tecnología



**Sandra Bravo, Directora del Proyecto** "Determinación y Aplicación de indicadores operacionales de bienestar animal en salmónidos cultivados en agua dulce", cita a reunión para el día miércoles 24 de enero, a las 9:00 en el salón auditorium ex Facultad de Pesquerías y Oceanografía de la Universidad Austral de Chile, Sede Puerto Montt, con la finalidad de dar a conocer los objetivos del proyecto, la metodología a aplicar y los resultados esperados.

Por favor confirmar asistencia al 652277122 o al email: [iacui@uach.cl](mailto:iacui@uach.cl)

Puerto Montt, enero 2018



Universidad Austral de Chile  
Sede Puerto Montt



## **PROGRAMA**

### **PROYECTO FIPA 2017-29 Determinación y Aplicación de Indicadores Operacionales de Bienestar Animal en Salmónidos Cultivados en Agua Dulce**

9:30 - PALABRAS DE BIENVENIDA SR. Alejandro Barrientos, SUBSECRETARÍA DE PESCA Y ACUICULTURA

9:45: PRESENTACIÓN EL PROYECTO FIPA 2017-29; Dra Sandra Bravo

10:15: PRESENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DEL MODELO DE IMPACTO ECONÓMICO OIBs; Ing. Alex Cisterna

10:45: PRESENTACIÓN METODOLOGÍA EN CUESTAS; MSc M. Teresa Silva



Universidad Austral de Chile  
Oceanoografía / Acuicultura

Primera Reunión "Lanzamiento del Proyecto"

"Determinación y Aplicación de indicadores operacionales de bienestar animal en salmónidos cultivados en agua dulce"

FECHA: 24 de enero 2018

LUGAR: Auditorium ex Facultad de Pesquerías y Oceanografía - Puerto Montt

NOMBRE	INSTITUCION / EMPRESA	TELEFONO	E-MAIL	FIRMA
Rosel Sestru V	Cimex	942688067	rosel.sestru@cimex.com	
Pablo Diez	MULTIEXPORT	84646193	Pablo.Diez@multiexport.com	
Gabriel Reda G	Salmos Chicos	96839576	gabriel.reda@salmonchicos.com	
Albio Figueroa A.	Salmos en Plumas	99679554	albio.figueroa@salmones.com	
Fernando Estanislao	Salmos en Comendados	9426051	fernando@comendados.cl	
Fernando Latorre R.	MULTIEXPORT	942166904	fernando.latorre@multiexport.com	
Alleguero Barral	Salmos Peque	312250780	alleguero@salmonespeque.cl	
Miguel Ángel	UMCH	97889777	miguel.angel@umch.cl	



Primera Reunión "Lanzamiento del Proyecto"

"Determinación y Aplicación de Indicadores operacionales de bienestar animal en salmónidos cultivados en agua dulce".

FECHA: 24 de enero 2018

LUGAR: Auditorium ex Facultad de Pesquerías y Oceanografía – Puerto Montt

NOMBRE	INSTITUCION / EMPRESA	TELEFONO	E-MAIL	FIRMA
Nike Ponce S	UACH	9-66821532	Nike.Ponce@uach.cl	
Karla Saubra C	UACH	9-668483148	Karla.Saubra@uach.cl	
Alexa Espinosa C	UACH	9-52454208	alexas@uach.cl	
Emilio Fajon W	UACH	96441226	emilio.fajon@uach.cl	



**Anexo XII**  
**Taller de Trabajo N°1.**

## **Instituto de Acuicultura Sede Puerto Montt**

---

**Asunto:** RV: invitación Taller 2 Agosto Proyecto FIPA 2017-29

**De:** Sandra Bravo S.

**Enviado:** lunes, 23 de julio de 2018 18:30:34

**Para:** Marcela Ortega; Hector Sastro; [pmazo@ventisqueiros.cl](mailto:pmazo@ventisqueiros.cl); [gabriel.puchi@salmoneschaitas.com](mailto:gabriel.puchi@salmoneschaitas.com); [gerencia@aguasan.cl](mailto:gerencia@aguasan.cl); [dabarca@invermar.cl](mailto:dabarca@invermar.cl); [gguijardo@invermar.cl](mailto:gguijardo@invermar.cl); Juan Manuel Toro; [ppalacios@nissui.cl](mailto:ppalacios@nissui.cl); Sebastián Pérez Ortiz; Patrick Dempster; Oscar Garay; [csotomayor@salmones-dechile.cl](mailto:csotomayor@salmones-dechile.cl); [ccumsille@agrosuper.com](mailto:ccumsille@agrosuper.com); [hrajas@camanchaca.cl](mailto:hrajas@camanchaca.cl); [dgarrido@salmonesaysen.cl](mailto:dgarrido@salmonesaysen.cl); [Julio.Mendoza@cermaq.com](mailto:Julio.Mendoza@cermaq.com); [aheisinger@multiexportfoods.com](mailto:aheisinger@multiexportfoods.com); [francisco.vallejos@blumar.com](mailto:francisco.vallejos@blumar.com); [fretamal@camanchaca.cl](mailto:fretamal@camanchaca.cl)

**Cc:** [abarrientos@subpesca.cl](mailto:abarrientos@subpesca.cl); Ana Strappini A.; Gustavo Monti; Alex Cisterna C.; [mtsconsultorias@hotmail.com](mailto:mtsconsultorias@hotmail.com)

**Asunto:** invitación Taller 2 Agosto Proyecto FIPA 2017-29

Estimados,

Este jueves 2 de Agosto, en el marco del proyecto FIPA 2017-29, en el cual ustedes gentilmente han contribuido con información relevante a través de las encuestas aplicadas y entrevistas realizadas, realizaremos un taller de trabajo con la finalidad de definir y consensuar los indicadores de bienestar animal para el cultivo de salmones en agua dulce.

Para nosotros es de alta relevancia contar con su presencia y con la de profesionales en el área de bienestar animal de sus respectivas empresas, de tal forma poder generar una propuesta que sea posteriormente validada en terreno.

Sin otro particular, y esperando contar con ustedes en esta importante reunión de trabajo, les saluda cordialmente,

Dra. Sandra Bravo  
Instituto de Acuicultura  
Universidad Austral de Chile  
Sede Puerto Montt  
Fono: 65 2277121  
celular: 56 96441226  
Casilla 1327 Puerto Montt



Universidad Austral de Chile  
Escuela de Acuicultura y Acuicultura



**Sandra Bravo, Directora del Proyecto** "Determinación y Aplicación de indicadores operacionales de bienestar animal en salmonidos cultivados en agua dulce", tiene el agrado de invitarle a un Taller de trabajo, con la finalidad de identificar y consensuar los indicadores operacionales de bienestar animal a proponer para el cultivo de salmones en agua dulce.

Este evento se realizará el jueves 02 de agosto a las 14.30, en el salón Auditorium del edificio ex Facultad de Pesquerías y Oceanografía.

Puerto Mont, Julio 2018  
S.R.C.: 2277122 - [acu@uauch.cl](mailto:acu@uauch.cl)



Universidad Austral de Chile  
Facultad de Ingeniería

TALLER DE TRABAJO

Proyecto "Determinación y Aplicación de indicadores operacionales de bienestar animal en salmónidos cultivados en agua dulce"

FECHA: 02 DE AGOSTO LUGAR: Auditorium ex Facultad de Pesquerías - UACh - Puerto Montt

NOMBRE	INSTITUCION / EMPRESA	TELEFONO	E-MAIL	FIRMA
Franziska Vaujesos	SALMONES BLANOS	78871197	franziska.vaujesos@blanos.com	
GUSTAVO KOUTI	UACh	99444857	gustavo.kouti@uacl.cl	
ANA STRAPPINI	UACh	904944761	anastrappini@uacl.cl	
AIDA LUERO ARELLANO	UACh	966207825	aidaluero@uacl.cl	
Cristóbal Lobos	Soluciones Tecnología	977451074	clobos@soluciones tecnologicas.cl	
Alexis Cabrera	UACh	952457200	alexiscabrera@uacl.cl	
Juan Manuel Escobar	TERRENO	994393549	juanmanuel@terreno.com	
Nilda Peña	UACh	96601532	nilda.pena@uacl.cl	



Universidad Austral de Chile  
(Investigación y Desarrollo)

S

TALLER DE TRABAJO

Proyecto "Determinación y Aplicación de indicadores operacionales de bienestar animal en salmónidos cultivados en agua dulce"

FECHA: 02 DE AGOSTO LUGAR: Auditorium en Facultad de Piscicultura - UACH - Puerto Montt

NOMBRE	INSTITUCION / EMPRESA	TELEFONO	E-MAIL	FIRMA
Carlos Consille	Los Frutos	88994959	cconsille@lofrutos.cl	
Alejandro Hainiga	M. Hincapié	841832847	ahainiga@multisistemas.com	
Alba Pella	Camucha	956394823	alba.pella@camucha.cl	
TIRSO VARGAS VEGA	SALMONES DE CHILE	998922895	tvargas@salmones-dechile.cl	
Ronald Sastre	Conway	942688067	ronald.sastre@conway.cl	
Aline Bustamante	Camucha	976470227	Aline.Bustamante@camucha.cl	
Fernando	Progest	962146000	Fernando.Herrera@progest.cl	
Paula Dine	Los Frutos	122287729	Paula.Dine@lofrutos.cl	



TALLER DE TRABAJO  
Proyecto "Determinación y Aplicación de Indicadores operacionales de bienestar animal en salmónidos cultivados en agua dulce"

FECHA: 02 DE AGOSTO LUGAR: Auditorium en Facultad de Pesquerías - UACh - Puerto Montt

NOMBRE	INSTITUCION / EMPRESA	TELEFONO	E-MAIL	FIRMA
M. Teresa Silva E.	UACh	9-78597777	mtsilva@facpesq.ualde.cl	
Karlo Sambo	UACh			
Sandra Bono UACh	UACh	96441226	sbono@uauch.cl	

**Anexo XIII**  
**Reunión de Empresas Productoras de**  
**Vacunas.**

## **Instituto de Acuicultura Sede Puerto Montt**

---

**Asunto:** RV: Proyecto FIPA 2017-29

**De:** Sandra Bravo S.

**Enviado:** lunes, 27 de agosto de 2018 13:18

**Para:** [sandra.arcos@centrovvet.com](mailto:sandra.arcos@centrovvet.com); Jimenez, Daniela; JUAN PABLO LOPEZ CLASING

**Cc:** Ana Strappini A.; Instituto de Acuicultura Sede Puerto Montt

**Asunto:** Proyecto FIPA 2017-29

Estimados,

Estamos trabajando en los protocolos de bienestar animal en agua dulce, y dentro de los aspectos que estamos abordando está el tema de la vacunación. Considerando que ustedes nos aportaron con importante información para desarrollar esta sección, los invitamos para el jueves 6 de septiembre a las 15:00 h, en la sala de reuniones del Instituto de Acuicultura de la Universidad Austral de Chile, Sede Puerto Montt, para exponerles los resultados generados. Por favor confirmar disponibilidad a través de este medio.

Esperando contar con su importante presencia, les saluda cordialmente,

Dra. Sandra Bravo  
Instituto de Acuicultura  
Universidad Austral de Chile  
Sede Puerto Montt  
Fono: 65 2277121  
celular: 56 96441226  
Casilla 1327 Puerto Montt





Universidad Austral de Chile  
Investigación y Extensión



Reunión Vacunación 06 de septiembre 2018 Oficina de Reuniones Instituto de Acuicultura

Nombre	Institución	email
ROBERTO MARTIN	ELANCO	roberto.martin@elanco.com
Sandra Arce P	Centrovet	sandra.arce@centrovet.com
ANA STRAPPINI	UACH	ANA STRAPPINI@UACH.cl
ALEX CISTERNA C	UACH	alex.cisterna@uach.cl
Sandra Arce	UACH	sarce@uach.cl

**Anexo XIV**  
**Taller de Trabajo N°2.**

## Instituto de Acuicultura Sede Puerto Montt

---

**Asunto:** RV: Segundo Taller de trabajo FIPA 2017-29  
**Datos adjuntos:** Taller 4.10.2018.jpg

**De:** Sandra Bravo S.

**Enviado:** lunes, 24 de septiembre de 2018 11:40

**Para:** [Marcela Ortega T.; pmazo@ventisqueros.cl](mailto:pmazo@ventisqueros.cl); [gerencia@aquasan.cl](mailto:gerencia@aquasan.cl); [dabarca@invermar.cl](mailto:dabarca@invermar.cl); [ggvajardo@invermar.cl](mailto:ggvajardo@invermar.cl); [ppalacios@nissui.cl](mailto:ppalacios@nissui.cl); [csotomayor@salmones-dechile.cl](mailto:csotomayor@salmones-dechile.cl); [ccumsille@agrosuper.com](mailto:ccumsille@agrosuper.com); [hcajas@camanchaca.cl](mailto:hcajas@camanchaca.cl); [dgarrido@salmonesaysen.cl](mailto:dgarrido@salmonesaysen.cl); **Julio Mendoza**; [ahelsing@multiexportfoods.com](mailto:ahelsing@multiexportfoods.com); [francisco.vallejos@blumar.com](mailto:francisco.vallejos@blumar.com); [ftetamal@camanchaca.cl](mailto:ftetamal@camanchaca.cl); [mtsconsultorias@hotmail.com](mailto:mtsconsultorias@hotmail.com); **Hector Sastre**; **Oscar Garay**; **Juan Manuel Toro**; **Sebastián Pérez Ortiz**, **Patrick Dempster**; [gabriela.puñi@bmigenetics.com](mailto:gabriela.puñi@bmigenetics.com); [gerencia@aquasan.cl](mailto:gerencia@aquasan.cl); [sandra.arcosi@centrovet.com](mailto:sandra.arcosi@centrovet.com); **Jimenez, Daniela**; **JUAN PABLO LOPEZ CLASING**; [gramado@telsur.cl](mailto:gramado@telsur.cl)

**Cc:** **Alex Cisterna C.**; **Ana Strappini A.**; **Gustavo Monti**; [abarrientos@subpesca.cl](mailto:abarrientos@subpesca.cl)

**Asunto:** Segundo Taller de trabajo FIPA 2017-29

Estimados,

Con la finalidad de consensuar los indicadores de bienestar animal a proponer para el cultivo de salmones en agua dulce, se les invita al segundo taller de trabajo para el día jueves 4 de Octubre a las 14:30 h en el auditorium del

edificio ex Facultad de Pesquerías y Oceanografía de la Sede de la Universidad Austral de Chile, ubicado en Los Pinos s/n, Puerto Montt.

En esta oportunidad se presentarán además, los resultados generados de la aplicación de las encuestas a las pisciculturas y centros de cultivo de agua dulce que gentilmente respondieron las preguntas.

Esperando contar con su importante presencia para validar la información, les saluda cordialmente,

Dra. Sandra Bravo  
Instituto de Acuicultura  
Universidad Austral de Chile  
Sede Puerto Montt  
Fono: 65 2277121  
celular: 56 96441226  
Casilla 1327 Puerto Montt



Universidad Austral de Chile  
Comunicación y Relaciones



**Sandra Bravo, Directora del Proyecto FIPA 2017-23** "Determinación y Aplicación de indicadores operacionales de bienestar animal en salmónidos cultivados en agua dulce", tiene el agrado de invitarle al segundo Taller de trabajo, para consensuar los indicadores operacionales de bienestar animal a proponer para el cultivo de salmónes en agua dulce. En esta oportunidad se presentarán los resultados generados de la aplicación de las encuestas a las pisciculturas y centros de cría de agua dulce que gentilmente respondieron las preguntas.

Este evento se realizará el jueves 04 de octubre a las 14.30, en el salón Auditorium del edificio ex Facultad de Pesquerías y Oceanografía de la Sede de la Universidad Austral de Chile, ubicado en Los Pinos s/n, Puerto Montt.

Puerto Montt, Septiembre 2018  
R.R.C: 3277122 - [icua@uauch.cl](mailto:icua@uauch.cl)



TALLER DE TRABAJO

Para consensuar los indicadores operacionales de bienestar animal a proponer para el cultivo de salmónes en agua dulce"  
 Proyecto "Determinación y Aplicación de indicadores operacionales de bienestar animal en salmónidos cultivados en agua dulce"

FECHA: 04 DE OCTUBRE LUGAR: Auditorium ex Facultad de Pecuarias - UACH - Puerto Montt

NOMBRE	INSTITUCION / EMPRESA	TELEFONO	E-MAIL	FIRMA
Cristina Kunda	Salmónes Aysen	9502248	ckunda@salmos1960.cl	
José Almonacid	Aquaplan Chile SA	92212779	Los Blancos: losblancos@losblancos.cl	
Daniela Jirassakuldech	PTAPALAE	9454167	Daniela.Jirassakuldech@ptapalae.com	
José Méndez	Plan.org	952757104	joseluis.mendez@plan.org	
OSCAR HERRERA	SALMONES AUSTRAL	955013415	OSCAR.HERRERA@SALMONESAUSTRAL.CL	
Magdalene Rose On	Salmónes Austral	94016894	Magdalene.Rose@SalmosAustral.cl	
José Brumand	Salmónes Chacabuco	97713833	José.Brumand@salmos.cl	
Isabel Urrutia	GRUPOS DE COMERCIO	915122193	Isabel.Urrutia@gruposdecomercio.cl	
Karla Escobedo	UACH	95555555	karla@uach.cl	
M. TERESA SILVA	UACH	97859717	msilva@uach.cl	



Universidad Austral de Chile  
Comunidad y Sostenibilidad

TALLER DE TRABAJO

Para consensuar los indicadores operacionales de bienestar animal a proponer para el cultivo de salmones en agua dulce\*  
Proyecto "Determinación y Aplicación de indicadores operacionales de bienestar animal en salmónidos cultivados en agua dulce"



FECHA: 04 DE OCTUBRE LUGAR: Auditorium ex Facultad de Pesquerías - UACH - Puerto Montt

NOMBRE	INSTITUCION / EMPRESA	TELEFONO	E-MAIL	FIRMA
ANA STELLINI	UACH	984944761	ana.stellini@uach.cl	
GUSTAVO MONTT	UACH	99189877	GustavoMontt@uach.cl	
Sandra Pizarro	UPCH	96441226	sbrondavueh.cl	
BOR CISNERA	UACH	952454208	borciserne@uach.cl	
MARCELA GUTIERA	CERMINO CHILE SA	94400698	marcela.gutierrez@cerminog.com	

**Anexo XV**  
**Workshop Bienestar Animal.**

## Instituto de Acuicultura Sede Puerto Montt

**Asunto:** INV. invitación Workshop Bienestar Salmónes  
**Datos adjuntos:** Invitación Workshop 11-12-2018.jpg; WORKSHOP Bienestar Poinras.pdf

De: Sandra Bravo S.

Enviado el: Lunes, 3 de diciembre de 2018 12:15

**Para:** pmaro@ventisqueros.cl; gerencia@aquasol.cl; operacion@nissul.cl; csotomayor@salmones-dechile.cl; cunscife@agrosuper.com; dgarrido@salmonesayres.cl; ahetsinger@multielexportfoods.com; francisco.vallejos@blumar.com; Oscar Garay <oscar.garay.a@gmail.com>; Juan Manuel Trivi <jumatesta@gmail.com>; Sebastián Pérez Ortiz <sebastian.perez@equagenchile.cl>; Patrick Dempster <patrick.dempster@equagenchile.cl>; galen@quadi@hmggenetics.com; gmpirela@equagen.cl; gromado@fclaur.cl; Pedro Figueroa <pedro.figueroa@blumar.com>; Marcela Ortega <Marcela.Ortega@cermaq.com>; dalarca@invermar.cl; arodr@salmonesayres.cl; Luis Almonacid <luis.almonacid@equagenchile.cl>; Jimena, Daniela <DanielaJimenez@poebis.com>; juve-luis.moreno@poebis.com; oscar.hofmann@salmonesaustral.cl; ivajala <ivajala@salmones-dechile.cl>; ROBERTO ENRIQUE MARTIN <ROBERTO.MARTIN@elanto.com>; sandra.drcos@controlel.com; Cesar Lobos <clobos@salmonesmagallanes.cl>; Jaime Santana (6263) <jaimesantana@camanchaca.cl>; flopez@multielexport.com; pdiaz@multielexport.com; Pedro Figueroa <pedro.figueroa@blumar.com>; gguajardo@invermar.cl; Rodrigo Torrijo <Rodrigo.Torrijo@hendra-genetics.com>; Luis Rivera <Luis.Rivera@hendra-genetics.com>; Rodrigo Antonio Cuevas-Guajardo <rodrigo.cuevas@salmonesaustral.cl>; Julia Mendoza <Julia.Mendoza@cermaq.com>; hcajas@camanchaca.cl; valenzuela@ventisqueros.cl; Cristian Uribe <crislian.uribe@cermaq.com>; javier Larca <javier.larca@cermaq.com>; Eduardo Olivares <eduardo.olivares@cermaq.com>;  
**CC:** Karla Sambrá C. <karla.sambrac@uach.cl>; Instituto de Acuicultura Sede Puerto Montt <iacu@uach.cl>; Alex Elizave C. <alexelizave@uach.cl>; Gustavo Monti <gustavomonti@uach.cl>; Ana Strappini A. <anastrappini@uach.cl>; niki.ponce.sanchez <nikeponce1@hotmail.com>; María Teresa Silva Figueroa <mariteresa.silva@uach.cl>

**Asunto:** invitación Workshop Bienestar Salmónes

Estimados,

Adjunto invitación y programa de Workshop de Bienestar Animal que se realizará el martes 11 de diciembre en el Hotel Manquehue, en Puerto Montt, a partir de las 8:30 am.

Este workshop se efectúa en el marco del proyecto FIPA 2017- 29 "Determinación y Aplicación de Indicadores Operacionales de Bienestar Animal en Salmónidos Cultivados en Agua Dulce".

Por favor confirmar a la brevedad posible, ya que el evento es sin costo y tiene cupos limitados, por lo que la preferencia es hacia las empresas que han colaborado con el proyecto.

Sin otro particular, y esperando contar con su importante presencia, les saluda atentamente,

Dra. Sandra Bravo  
Instituto de Acuicultura  
Universidad Austral de Chile  
Sede Puerto Montt



## PROGRAMA WORKSHOP

### “Aspectos relacionados con el Bienestar en Salmónidos cultivados en Agua Dulce”

PROYECTO FIPA 2017-29

Determinación y Aplicación de Indicadores Operacionales de Bienestar Animal en Salmónidos Cultivados en Agua Dulce

**Hotel Manquehue; 11 Diciembre 2018**

08:30 - 09:00	Acreditación.
09:00 - 09:15	Palabras de Bienvenida.
09:15 - 09:45	Fisiología de la Esmoltificación: Problemas en la producción de smolt. Dr. Luis Vargas-Chacoff. Universidad Austral de Chile.
09:45 - 10:15	Últimos hallazgos en Calidad de Agua que cambian el enfoque y tipo de mecanismos relacionados con salud y bienestar de peces en acuicultura en Chile. Sr. Carlos Pessot. Director Aquaknowledge WRT.
10:15 - 10:45	Situación de bienestar en salmones sometidos a cultivo en agua dulce. Dra. Sandra Bravo. Universidad Austral de Chile.
10:45 - 11:15	Receso Café
11:15 - 11:45	Identificación de potenciales Indicadores Operacionales de Bienestar Animal en Salmónidos Cultivados en Agua Dulce. Dra. Ana Strapinski. Universidad Austral de Chile.
11:45 - 12:15	The impact of welfare in freshwater on performance in seawater. Dr. Sunil Kadrj
12:15 - 12:45	Discusión



Universidad Austral de Chile  
Ciencia, Tecnología e Innovación



**Sandra Bravo, Directora del Proyecto "Determinación y Aplicación de indicadores operacionales de bienestar animal en salmónidos cultivados en agua dulce", tiene el agrado de invitarle al Workshop "Aspectos relacionados con el Bienestar en Salmónidos cultivados en Agua Dulce"**

Este evento se realizará el martes 11 de Diciembre a las 8,30, en el Hotel Manquehue de Puerto Montt.

Puerto Montt, Diciembre 2018  
S.R.C.: 227122 - iacua@uach.cl



WORKSHOP

Proyecto "Determinación y Aplicación de indicadores operacionales de bienestar animal en salmónidos cultivados en agua dulce"

FECHA: 11 de diciembre

LUGAR: Hotel Manquehue - Puerto Montt

NOMBRE	INSTITUCION / EMPRESA	TELEFONO	E-MAIL	FIRMA
Sergio Rios T	family s.c.	9-74686124	sergio.pino@family.scl	
Anita Urrutia E.	EUROPALSA	94237666	Anita.urrutia@europalsa.cl	
David Dora	Diagnostec-AG	94429571	David.Dora@diagnostec.cl	
ANA STRAPPINI	VACH	984324764	ANA.Strappini@vach.cl	
Esteban de la	Euspion	96162529	esteban.de@euspion.cl	
VICTOR VALENZA	EVAPORAMA	998221594	VALENZA@3se.cl	
Candela Pizarro	VACH	98641226	Candela.Pizarro@vach.cl	



WORKSHOP

Proyecto "Determinación y Aplicación de Indicadores operacionales de bienestar animal en salmónidos cultivados en agua dulce"

FECHA: 11 de diciembre

LUGAR: Hotel Monquehue - Puerto Montt.

NOMBRE	INSTITUCION / EMPRESA	TELEFONO	E-MAIL	FIRMA
Los UNOs	UNA	9-79764910	los.unos@unla.cl	
INOME HINA	Serpesio	984197335	hiname@serpesio.cl	
Claudia Comilla	los fofo	988974555	ccomilla@losfofo.cl	
PAULITA CONCHA	MARINER INVEST	982473049	Paulita.Concha@marinertour.com	
DEBIS GARCIA	PROTECTORA	968406218	debis.garcia@protectora.cl	
Guillermo Troncoso	UNA	-	Guillermo@una.cl	
María Soledad	UNEP	1-800-485110	soledad@unep.cl	
Marta Ponce	UNA	9-46821532	Marta@una.cl	



Institución Austral de Chile  
Investigación y Desarrollo

WORKSHOP

Proyecto "Determinación y Aplicación de indicadores operacionales de bienestar animal en salmónidos cultivados en agua dulce"

FECHA: 11 de diciembre

LUGAR: Hotel Manquehue - Puerto Montt

NOMBRE	INSTITUCIÓN / EMPRESA	TELÉFONO	E-MAIL	FIRMA
Pablo Díez	MULTIEXPORT	9 84546193	Pablo@salmar.cl	
M <sup>ra</sup> Teresa Silva	MPS CONSULTORIAS SPA	9 88597777	mts@consultoriaspbolinas.cl	
Amara Jorjina	AGUA	9 99992823	xjorjina@editec.cl	
Paola Guanda	Itaque Harvest	9 63032522	paola.guanda@itaqueharvest.cl	
Eduardo Jorj	Itaque Harvest	9 2187686	eduardo.jorj@itaqueharvest.cl	
Franco Lopez	FRANCOLOPEZ	9 42166909	franco.lopez@francolopez.cl	
Raulina Lopez	FRANCOLOPEZ	16 561497-6	raulina.lopez@francolopez.cl	



Universidad Austral de Chile  
Ciencias y Tecnología

PROGRAMA WORKSHOP

Proyecto "Determinación y Aplicación de Indicadores operacionales de bienestar animal en salmónidos cultivados en agua dulce"

FECHA: 11 de diciembre LUGAR: Hotel Manquehue - Puerto Montt

NOMBRE	INSTITUCION / EMPRESA	TELEFONO	E-MAIL	FIRMA
Alonso Varela	SALMONES DE CHILE SA	990722195	tlarauc@salmoneschile.com	
Kristian Jasso	VIVA Chile	974086606	rafael@vivalco.com	
Christian Vasquez	CERROSA CHILE SA	9163405001	CRISTIAN.MUH@CERROSA.COM	
Sara Chavez	Cenmag Chile SA	954557173	Sara.Chavez@cenmag.com	
Carolina Urrutia	AGUA GESTION SA	782789278	carolina.urrutia@aguagestion.com	
Davida Vango	PULMONAR	998700979	davida.vango@pulmonar.com	
Alfonso Kadi	Univ of Stgo	562221900925	alfo@ucv.cl	
Roberto Turpin	EUMICO	998225901	roberto.wurth@eumico.com	

**Anexo XVI**  
**Difusión Workshop Bienestar Animal.**

Estás en: Inicio / I+D / En Puerto Montt se realizará workshop sobre bienestar en salmónidos de cultivo

## En Puerto Montt se realizará workshop sobre bienestar en salmónidos de cultivo

Si bien la instancia no tiene costo, los cupos son limitados.



Formación, I+D, Negocios e Industria, Sustentabilidad

Publicado el 5 de diciembre del 2018

AQUA

"Aspectos relacionados con el bienestar en salmónidos cultivados en agua dulce", es el nombre del workshop que se llevará a cabo el próximo martes 11 de diciembre en el Hotel Manquehue de la ciudad de Puerto Montt, región de Los Lagos, y el cual es organizado por la Universidad Austral de Chile (UACH) en conjunto con la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (Subpesca).

La instancia se ejecuta en el marco del proyecto FIPA 2017- 29 titulado "**Determinación y Aplicación de Indicadores Operacionales de Bienestar Animal en Salmónidos Cultivados en Agua Dulce**".

Desde la UACH aclararon que si bien la instancia no tiene costo, los cupos son limitados, por lo que para confirmar su asistencia escriba un correo electrónico a [iaqui@uach.cl](mailto:iaqui@uach.cl)

Para más detalles descargue aquí el [Programa\\_Workshop\\_Bienestar Animal](#)

---

### ESPECIALES

---

HE, MEDICAMENTO, NEGOCIOS E INDUSTRIA, FIDUCIA



Estás en: Inicio / I+D / Destacan que falta de bienestar animal en agua dulce sería una de las mayores causas de pérdidas en mar

## Destacan que falta de bienestar animal en agua dulce sería una de las mayores causas de pérdidas en mar

En Puerto Montt, se presentaron los avances del proyecto "Determinación y aplicación de indicadores operacionales de bienestar animal en salmónidos cultivados en agua dulce". En la actividad participaron varios expositores, como el experto en la materia, Sunil Kadri.



Chile, I+D, Tendencias

Publicado el 12 de diciembre del 2018

AQUA

Este martes 11 de diciembre, se realizó en Puerto Montt (región de Los Lagos) el Workshop "Aspectos relacionados con el bienestar en salmónidos cultivados en agua dulce", efectuado en el marco del proyecto FIPA 2017-29 "Determinación y aplicación de indicadores operacionales de bienestar animal en salmónidos cultivados en agua dulce".

En la ocasión, la investigadora de la Universidad Austral de Chile (UACH), Dra. Sandra Bravo, explicó los alcances del mencionado proyecto que tiene como objetivo general "identificar y determinar indicadores operacionales (IOBs) de bienestar animal en salmónidos en las etapas de agua dulce durante la reproducción, alevinaje y esmoltificación".

**Anexo XVII**  
**Difusión Proyecto**

# Bienestar Animal en la Producción de Salmones en Agua Dulce

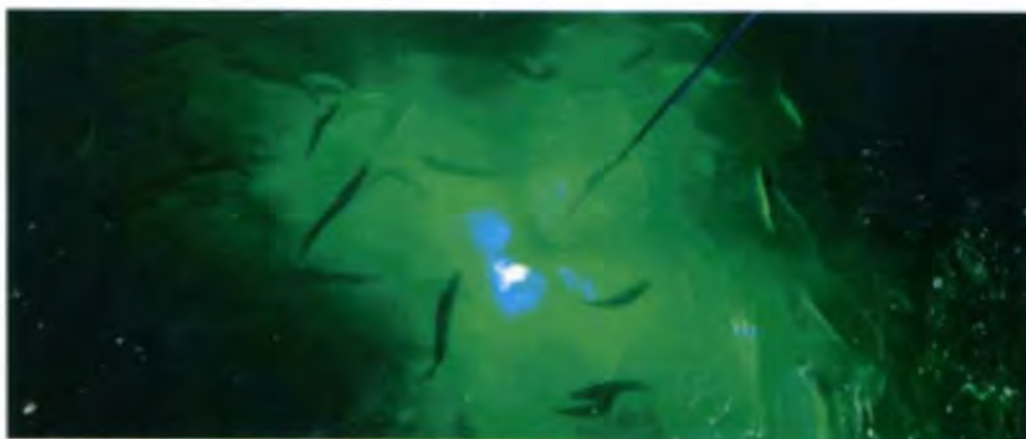


Universidad Austral de Chile  
Ciencia y Naturaleza

Dra. Sandra Bravo<sup>1</sup>, Dra. Ana Stoppini<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Acuicultura, Universidad Austral de Chile

<sup>2</sup> Instituto de Genética Animal, Universidad Austral de Chile



En los últimos años se ha observado una creciente preocupación por el bienestar de los peces a nivel mundial lo que ha llevado a que se implementen códigos y protocolos tendientes a mejorar la calidad de vida, minimizando el estrés y el dolor provocado en los peces por la acción humana. Inicialmente se pensaba que los peces no experimentaban dolor ni sufrimiento, lo cual está asociado a la ausencia de neocorteza cerebral, estructura del cerebro encargada de generar la experiencia subjetiva del sufrimiento en los humanos. Actualmente se acepta que los peces son seres sintientes que pueden experimentar dolor pero de forma diferente a la que experimenta el ser humano, ya que a través de investigaciones se ha demostrado que la ausencia de una neocorteza en los peces es suplida por otras partes del cerebro (Chandross et al., 2004). Además, no se descarta que los peces también puedan experimentar algún tipo de sufrimiento, existiendo evidencias científicas que demuestran que los peces son capaces de percibir dolor y situaciones de discomfort.

Es así, que el concepto de bienestar animal aplicado a los peces ha ido cobrando cada vez más relevancia entre los consumidores de pescado y entre los investigadores y profesionales involucrados en la actividad acuícola. Actividades propias del cultivo intensivo, tales como la selección, los muestreos, la vacunación y el transporte, cuando se realizan de manera inadecuada, pueden afectar el bienestar de los peces. A esto se suma el efecto

que produce el confinamiento de los peces en altas densidades de carga, lo que puede provocar un estrés continuo en los animales, resultando en la depresión de su sistema inmunológico, lo que los hace más propensos a enfermedades y a alteraciones medioambientales.

## Importancia del estudio del bienestar en los peces de cultivo

En los peces sometidos a cultivo, un pobre estado de bienestar a menudo es equivalente a condiciones sub-óptimas de producción. Esto ha llevado a que emerjan recomendaciones y códigos de buenas prácticas por parte de instituciones científicas, gubernamentales y asociaciones de productores de salmón, con foco en mejorar las condiciones de cultivo de los peces, considerando diferentes aspectos que van desde la selección adecuada del centro de cultivo hasta la forma de matanza.

Los mejores resultados productivos, en términos biológicos y económicos, son logrados cuando se toma conciencia de que la mejor forma de cultivar a los peces es considerando sus necesidades fisiológicas, ambientales y conductuales. De esta manera, el pez crece en forma óptima, en un ambiente adecuado y amigable. Muchos piscicultores han experimentado que un pez cultivado bajo condiciones sub-óptimas presenta bajas tasas de crecimiento, requiere de mayor inversión para el control de las

**Anexo XVIII**  
**Taller de Difusión Resultados del Proyecto**



## PROGRAMA

### TALLER DIFUSIÓN DE RESULTADOS PROYECTO FIPA 2017-29

#### *“Determinación y Aplicación de Indicadores Operacionales de Bienestar Animal en Salmónidos Cultivados en Agua Dulce”*

**05 de Diciembre 2019**

14:30: Inscripciones.

14:45: Palabras de bienvenida Dra. Sandra Bravo.

15:00: *Selección de indicadores operacionales de bienestar animal en salmónidos en agua dulce, bajo las condiciones de cultivo del sur de Chile.* Dra. Ana Strappini. Instituto de Ciencia Animal, UACH.

15:30: *Análisis de riesgo de bienestar animal es salmonídeos de agua dulce.* Dr. Gustavo Monti. Instituto Medicina Preventiva Veterinaria, UACH.

16:00 – 16:30: Receso Café.

16:30 *Propuesta de modelo para evaluar el impacto económico del bienestar animal en la cadena de producción de salmónidos en agua dulce.* Ing. Alex Cisterna. Escuela de Ingeniería Civil Industrial, UACH.

17:00 Conclusiones Proyecto FIPA 2017-29. Dra. Sandra Bravo. Instituto de Acuicultura, UACH.



Universidad Austral de Chile  
*Conocimiento y Naturaleza*

Luis Carroza Larrondo, Director Ejecutivo del Fondo de Investigación Pesquera y de Acuicultura, y Sandra Bravo, Directora del Proyecto FIPA 2017-29 "***Determinación y aplicación de indicadores operacionales de bienestar animal en salmónidos cultivados en agua dulce***", tienen el agrado de invitar a Ud., al taller de difusión de los resultados generados por el proyecto.

Este taller se realizará el **jueves 05 de diciembre de 2019** en el salón Auditorium de Pesquerías, edificio Facultad de Pesquerías y Oceanografía de la Sede Puerto Montt, de la Universidad Austral de Chile, Los Pinos s/n, Puerto Montt, entre las 14:30 y 18:00 horas.

Puerto Montt, diciembre 2019  
S.R.C.: 65-2 277122 - [iacui@uach.cl](mailto:iacui@uach.cl)

Asunto:

RV: IMPRIMIR INVITACIÓN Y LISTA DE INVITADOS PARA ANEXO XVIII

De: Sandra Bravo S.

Enviado el: Jueves, 12 de diciembre de 2019 21:36

Para: Instituto de Acuicultura Sede Puerto Montt <iacui@uach.cl>

CC: nika ponce sanchez <nikaponce1@hotmail.com>

Asunto: IMPRIMIR INVITACIÓN Y LISTA DE INVITADOS PARA ANEXO XVIII

Dra. Sandra Bravo

Instituto de Acuicultura

Universidad Austral de Chile

Sede Puerto Montt

Fono: 65 2277121

celular: 56 96441226

Casilla 1327 Puerto Montt

De: Instituto de Acuicultura Sede Puerto Montt <iacui@uach.cl>

Enviado: miércoles, 27 de noviembre de 2019 12:43

Cc: Sandra Bravo S. <bravo@uach.cl>; abarrientos@subpesca.cl <abarrientos@subpesca.cl>; Alex Cisterna C. <alex.cisterna@uach.cl>; alfredo.tello@camanchaca.cl <alfredo.tello@camanchaca.cl>;

andres.sepulveda@salmonesaustral.cl <andres.sepulveda@salmonesaustral.cl>; Angela Millar@fraunhofer.cl

<Angela.Millar@fraunhofer.cl>; anton.weisser@stimchile.cl <anton.weisser@stimchile.cl>;

beccy.pena@salmonesaustral.cl <beccy.pena@salmonesaustral.cl>; gramado@telsur.cl <gramado@telsur.cl>;

montecinos@sernapesca.cl <montecinos@sernapesca.cl>; camila.leiva@abbott.com <camila.leiva@abbott.com>

carlos.hidalgo@lagosofia.cl <carlos.hidalgo@lagosofia.cl>; csotomayor@salmones-dechile.cl <csotomayor@salmones-dechile.cl>;

peters@camanchaca.cl <peters@camanchaca.cl>; clobos@salmonesmagallanes.cl

<clobos@salmonesmagallanes.cl>; christian.igor@cermaq.com <christian.igor@cermaq.com>;

claudia.venegas@veso.no <claudia.venegas@veso.no>; Claudio.cumsille@aguachile.com

<Claudio.cumsille@aguachile.com>; ckuroda@salmonesaysen.cl <ckuroda@salmonesaysen.cl>; dabarca@invermar

<dabarca@invermar.cl>; daniela.donas@diagnostec.cl <daniela.donas@diagnostec.cl>; daniela.jimenez@centrovet.cl

<daniela.jimenez@centrovet.com>; daniela.vargas@blumar.com <daniela.vargas@blumar.com>; Dino@solvtrass.no

<Dino@solvtrass.no>; csepulveda@sernapesca.cl <csepulveda@sernapesca.cl>; eduardo.hofmann@europharma.cl

<eduardo.hofmann@europharma.cl>; Eduardo Jara Vasquez <eduardo.jara@mowi.com>; eduardo.lazo@abbott.cl

<eduardo.lazo@abbott.com>; ezamorano@subpesca.cl <ezamorano@subpesca.cl>; flopez@multiexportfoods.com

<flopez@multiexportfoods.com>; francisco.vallejos@blumar.com <francisco.vallejos@blumar.com>;

iguajardo@invermar.cl <iguajardo@invermar.cl>; gabriel.quintul@blumar.com <gabriel.quintul@blumar.com>;

hcajas@camanchaca.cl <hcajas@camanchaca.cl>; ingrid.rosa@salmonesaustral.cl <ingrid.rosa@salmonesaustral.cl>

iharo@sernapesca.cl <iharo@sernapesca.cl>; javier.lorca@cermaq.com <javier.lorca@cermaq.com>;

javier.rivera1@abbott.com <javier.rivera1@abbott.com>; joaquinignacio.pina@gmail.com

<joaquinignacio.pina@gmail.com>; jumatopa@gmail.com <jumatopa@gmail.com>; lourdes.aguilar8328@gmail.com

<Lourdes.aguilar8328@gmail.com>; luis.almonacid@aguachile.cl <luis.almonacid@aguachile.cl>;

larrondo@subpesca.cl <larrondo@subpesca.cl>; Luis Vargas C. <luis.vargas@uach.cl>; maluz@subpesca.cl

<maluz@subpesca.cl>; marcela.ortega@cermaq.com <marcela.ortega@cermaq.com>; mlflores@cultivospelicano.cl

<...@cultivospelicano.cl>; Maria Elena Tayler@cargill.com <Maria Elena Tayler@cargill.com>;  
<...consultorias@hotmail.com <mtsconsultorias@hotmail.com>; malcayaga@subpesca.cl <malcayaga@subpesca.cl>;  
<...villar@abbott.com <victor.tellezvillar@abbott.com>; pmazo@ventisqueros.cl <pmazo@ventisqueros.cl>;  
<...vet91@gmail.com <pamela.vet91@gmail.com>; patricio.feest@nivachile.cl <patricio.feest@nivachile.cl>;  
<...lope@gmail.com <plopezlope@gmail.com>; pdiaz@multiexportfoods.com <pdiaz@multiexportfoods.com>;  
<...acios@nissui.cl <ppalacios@nissui.cl>; rhernandez@subpesca.cl <rhernandez@subpesca.cl>; smolina@subpesca.cl  
<...olina@subpesca.cl>; raul.cortes@cermaq.com <raul.cortes@cermaq.com>; roberto.martin@elanco.cl  
<...roberto.martin@elanco.cl>; rodrigo.alarcon@camanchaca.cl <rodrigo.alarcon@camanchaca.cl>;  
<...rodrigo.cuevas@salmonesaustral.cl <rodrigo.cuevas@salmonesaustral.cl>; sandra.arcos@centroviet.com  
<...sandra.arcos@centroviet.com>; sebastian.perez@aguagenchile.cl <sebastian.perez@aguagenchile.cl>;  
<...sergio.contreras@ifop.cl <Sergio.contreras@ifop.cl>; tvarela@salmones-dechile.cl <tvarela@salmones-dechile.cl>;  
<...valentina.tapia@veso.cl <valentina.tapia@veso.cl>; vvalerio@3se.cl <vvalerio@3se.cl>; vcam@adidiagnostico.cl  
<...vcam@adidiagnostico.cl>; pdiaz@multiexport.com <pdiaz@multiexport.com>; dgarrido@salmonesaysen.cl  
<...dgarrido@salmonesaysen.cl>; Ana Strappini A. <anastrappini@uach.cl>  
Asunto: Invitación Taller de Difusión FIPA 2017-29

Favor confirmar por esta vía.



Universidad Austral de Chile  
Ciencia y Naturaleza

Luis Carroza Larrondo, Director Ejecutivo del Fondo de Investigación Pesquera y de Acuicultura, y San Bravo, Directora del Proyecto FIPA 2017-29 "*Determinación y aplicación de indicadores operacionales de bienestar animal en salmónidos cultivados en agua dulce*", tienen el agrado de invitar a Ud., al ta de difusión de los resultados generados por el proyecto.

Este taller se realizará el **jueves 05 de diciembre de 2019** en el salón Auditorium de Pesquerías, edif Facultad de Pesquerías y Oceanografía de la Sede Puerto Montt, de la Universidad Austral de Chile, Pinos s/n, Puerto Montt, entre las 14:30 y 18:00 horas.

Puerto Montt, diciembre 201  
S.R.C.: 65-2 277122 - [iaqui@uach.cl](mailto:iaqui@uach.cl)





Universidad Austral de Chile  
Conocimiento y Naturaleza

**TALLER DIFUSIÓN DE RESULTADOS**  
**Proyecto "Determinación y Aplicación de indicadores operacionales de bienestar animal en salmónidos cultivados en agua dulce"**

FECHA: 05 de Diciembre

LUGAR: Auditorium Facultad de Pesquerías – UACH - Puerto Montt

NOMBRE	INSTITUCION / EMPRESA	E-MAIL	FIRMA
Jorge Martínez	STINCHILÉ	jorge.martinez@stinchile.cl	
Paula Romórez H.	Negm BA	P2Hozar@hollan@gmail.com	
Paula Cañas A.	Master Quality	paucanab@masterquality.cl	
Xavier Contreras G	NIVA Chile	xavier.gutierrez@nivachile.cl	
ANA C. STRAPPINI	UACH	ANASTRAPPINI@UACH.cl	
GUSTAVO MONTT	UACH	ANASTRAPPINI@UACH.cl	
Cristina Windes	PINOY	cristina.windes@gmail.com	
Sunil Kachori	Apperative Innovation	sunil@apperativeinnovation.com	
Paula Cortes	CENAF	PaulaCortes@Cenaf.cl	



Robinson Aguilera	Centruvet	robinson.aguilera@centruvet.com	
Rodrigo Saldini	Centruvet	rodrigo.saldini@centruvet.com	
Univiro Juvimuro	Centruvet	univiro.juvimuro@centruvet.com	
Angela Millar A	Fraunhofer Chile	angela.millar@fraunhofer.cl	
Roberto Martin	EL SUCO	roberto.martin@el-suco.com	
TIRSO VANESA VEGA	SALMONES DO CHILE	tvers@salmones-dochile.cl	
M. TENERA SILVA	UAGA	mtscnsultorias@uaga.cl	
NILKE PONGES	UABH	nilkeponges@uabh.cl	
ANDRÉS RÍO FAYO	ADI	ARI@FAYO.AN.DIAGNOSTIC.CL	

**Anexo XIX**  
**Difusión Taller Resultados del Proyecto**

## Invitan a taller de difusión de proyecto sobre bienestar animal en salmónidos

[Share via Email](#) [Share on LinkedIn](#) [Share on Twitter](#) [Share on Facebook](#)



El estudio es liderado por la directora del Instituto de Acuicultura, Dra. Sandra Bravo. Foto: Archivo Salmonexpert.

Chile: El objetivo del proyecto de la Universidad Austral de Chile es proponer un modelo para evaluar el impacto económico del bienestar animal en la cadena producción de salmónidos.

### Por Salmonexpert

La Universidad Austral de Chile (UACH) sede Puerto Montt, a través de su carrera de Acuicultura, invita a la comunidad a conocer los resultados del proyecto del Fondo de Investigación Pesquera y de Acuicultura (FIPA) sobre Bienestar animal en Salmónidos, actividad que se realizará el jueves 5 de diciembre a las 14:30 horas en el Auditorio de Pesquerías del Campus Pelluco.

De acuerdo con la invitación, en la instancia se conocerán los avances del proyecto denominado “Determinación y Aplicación de Indicadores Operacionales de Bienestar Animal en Salmónidos Cultivados en Agua Dulce” liderado por la recientemente asumida directora del Instituto de Acuicultura, Dra. Sandra Bravo.

En esta iniciativa participan también los investigadores de la UACH, Dr. Gustavo Monti y Dra. Ana Strappini de la Facultad de Medicina Veterinaria; el Ing. Civil Alex Cisterna de la Escuela de Ingeniería Civil Industrial y la Bioestadístico María Teresa Silva.

El objetivo del proyecto es “describir los diferentes sistemas de cultivo de reproducción, alevinaje y esmoltificación en agua dulce utilizadas en Chile y en los principales países productores de salmónidos; identificar las indicadores operacionales (IOBs) durante las etapas de reproducción, alevinaje y esmoltificación de salmónidos en agua dulce; desarrollar y validar metodologías de evaluación estandarizadas de los IOBs para reproducción, alevinaje y esmoltificación en agua dulce y proponer un modelo para evaluar el impacto económico del bienestar animal en la cadena producción de salmónidos”.

## Determinan indicadores de bienestar animal en cultivo de salmónidos

[Share via Email](#)[Share on LinkedIn](#)[Share on Twitter](#)[Share on Facebook](#)



Dra. Ana Strappini exponiendo resultados de investigación en la UCh. Foto: Karla Faundez, Salmonexpert.

Chile: Los indicadores seleccionados se incorporaron en un protocolo de bienestar animal de salmónidos y se observó, entre otras cosas, que hay parámetros de calidad de agua (aluminio, cobre y hierro) que sólo se miden eventualmente y no en forma regular.

### Por Karla Faundez

A fines de la semana pasada se realizó en la Universidad Austral (UCh), sede Puerto Montt, el taller de difusión de resultados del proyecto del Fondo de Investigación Pesquera y de Acuicultura (FIPA) 2017-2019 “Determinación y Aplicación de Indicadores Operacionales de Bienestar Animal en Salmónidos Cultivados en Agua Dulce”.

La iniciativa, que fue dirigida por la académica del Instituto de Acuicultura de la UCh, Dr. Sandra Bravo, tuvo por objetivo “identificar y determinar indicadores operacionales (IOBs) de bienestar animal en salmónidos en las etapas de reproducción, alevinaje y esmoltificación en agua dulce, con la finalidad de mejorar la calidad de vida de los peces y producir *smolts* robustos que tengan un buen desempeño productivo en el mar”.

Por ello, el proyecto contempló, entre otros, la captura de información respecto a las prácticas operacionales y de manejo en la producción de salmónes en agua dulce, a través de dos encuestas, las que se aplicaron a 60 pisciculturas pertenecientes a 17 empresas salmonicultoras, correspondiente al 38,46% del universo total de pisciculturas comerciales que operan en Chile (156).

### Definición

La Dra. Ana Strappini fue la encargada de mostrar los resultados del tema “Selección de indicadores operacionales de bienestar animal en salmónidos en agua dulce, bajo las condiciones de cultivo del sur de Chile”.

La investigadora partió definiendo el concepto de Bienestar Animal, que se refiere a la calidad de vida del animal y que considera a los animales como “seres sintientes”, es decir con conciencia y que pueden experimentar dolor y sufrimiento.

Además, la importancia del Bienestar Animal para la salmónica, pasa por poder identificar problemas y buscar soluciones, por cumplir con la legislación vigente y con estándares internacionales, “ya que los consumidores están cada vez más preocupados de cómo son tratados y sacrificados los animales que consumen”, señaló Strappini y, finalmente, porque un buen bienestar equivale a una buena producción.



Investigadores del proyecto: Dr. Gustavo Monti, Dra. Sandra Bravo, Dra. Ana Strappini y Alex Hernández.  
Foto: Karla Faundez, Salmonexpert.

### **Encuesta**

A partir de información emanada de 60 encuestas aplicadas durante la investigación, y ante la pregunta, “¿Cuentan con un protocolo de bienestar animal?”, un 51,17% de los encuestados respondió que sí cuentan con protocolos de bienestar animal y que se confunde el concepto de bienestar animal con los de buenas prácticas, control de predadores, bioterrorismo, inocuidad y salud.

Además, dentro de los resultados de las encuestas, la investigadora expuso que “frecuentemente, se confunden los términos “buenas prácticas de cultivo” y “bioseguridad”, con bienestar animal; existe desconocimiento acerca de los IOBs que se pueden utilizar en terreno de manera sistemática; se utilizan con mayor frecuencia IOBs indirectos, basados en la calidad del agua (oxígeno, temperatura y PH), que indicadores directos, basados en el animal”.

### **Resultados**

Para este primer tema, que venía a cubrir el objetivo 2 del proyecto, que buscaba identificar las IOBs durante las etapas de reproducción, alevinaje y esmoltificación de salmónidos en agua dulce, se elaboró un listado con 42 potenciales indicadores de bienestar animal, el que fue sometido a la evaluación de expertos de la industria nacional y de la academia.

Dentro de estos potenciales indicadores se cuentan: temperatura, oxígeno, CO<sub>2</sub>, pH, alcalinidad, fotoperiodo, densidad de cultivo, uso de ozono, apetito, tasa de crecimiento, grado de smoltificación, pérdida de escamas, daño y estado de aleta y de la piel, entre otros.

Los IOBs seleccionados se incorporaron en un protocolo de bienestar animal, además se validaron en terreno los IOBs seleccionados para su uso durante la etapa de agua dulce y se obtuvo información, bajo condiciones reales, de la factibilidad de su uso.

De la aplicación de este protocolo, la investigadora expuso algunas conclusiones tales como: se observó que el oxígeno, la temperatura y el pH son los IOBs monitoreados y registrados por rutina en forma continua en todas las etapas productivas y bajo todo tipo de sistemas (información en línea); hay parámetros de calidad de agua (aluminio, cobre y hierro) que sólo se miden eventualmente y no en forma regular y que el monitoreo rutinario del comportamiento de los peces requiere capacitación del personal.

La jornada prosiguió con la exposición del Dr. Gustavo Monti, del Instituto de Medicina Preventiva Veterinaria de la UACH, con el tema “Análisis de riesgo de bienestar animal en salmonídeos en agua dulce y “Propuesta de modelo para evaluar el impacto económico del bienestar animal en la cadena de producción de salmónidos en agua dulce”, por parte del ingeniero Alex Cisterna, de la Escuela de Ingeniería Civil Industrial de la UACH.

Estás en: [Inicio](#) / [I+D](#) / [En la UACH Puerto Montt: Difundirán resultados de proyecto sobre bienestar animal en salmónidos](#)

## **EN LA UACH PUERTO MONTT: DIFUNDIRÁN RESULTADOS DE PROYECTO SOBRE BIENESTAR**

### **ANIMAL EN SALMÓNIDOS**

---

El taller se llevará a cabo el próximo jueves.

Publicado el 18 de octubre del 2019  
AQUA

#### **Compartir:**

Compartir

[Enviar por email](#)

[Imprimir](#)

[Suscribirse a newsletter](#)

[Notas al editor](#)

#### **«Determinación y Aplicación de Indicadores Operacionales de Bienestar Animal en Salmónidos**



**Cultivados en Agua Dulce»,** es el nombre del proyecto FIPA 2017-29 de la recientemente asumida directora del Instituto de Acuicultura (IACUI) de la Universidad Austral de Chile (UACH), Dra. Sandra Bravo.

En esta iniciativa participan también los investigadores de la UACH Dr. Gustavo Monti y la Dra. Ana Strappini de la Facultad de Medicina Veterinaria, el ingeniero civil Álex Cisterna de la Escuela de Ingeniería Civil Industrial y la bioestadístico María Teresa Silva.

«El objetivo de esta investigación ha sido identificar y determinar indicadores operacionales (IOBs) de bienestar animal en salmónidos en las etapas de agua dulce durante reproducción, alevinaje y esmoltificación», puntualizaron desde la casa de estudios.

Junto con ello, en específico, describir los diferentes sistemas de cultivo de reproducción, alevinaje y esmoltificación en agua dulce utilizadas en Chile y en los principales países productores de salmónidos; identificar las IOBs durante las etapas de reproducción, alevinaje y esmoltificación de salmónidos en agua dulce; desarrollar y validar metodologías de evaluación estandarizadas de los IOBs para reproducción, alevinaje y esmoltificación en agua dulce, y proponer un modelo para evaluar el impacto económico del bienestar animal en la cadena de producción de salmónidos.



El taller de difusión de los resultados generados por el proyecto se realizará entre las 15:00 y 18:00 horas del próximo jueves 24 de octubre en el Aula Magna N°2 de la Sede Puerto Montt (región de Los Lagos) de la UCh, ubicada en Los Pinos S/N, Pelluco, comuna de Puerto Montt.

