Universidad de Chile
favet
Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias

ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO DE LAS MEDIDAS DE VIGILANCIA, CONTROL Y PREVENCIÓN DE LAS ENFERMEDADES PISCIRICKETTSIOSIS Y CALIGIDOSIS

Informe Final
Diciembre de 2018

MANDANTE

SERVICIO NACIONAL DE PESCA Y ACUICULTURA

EJECUTOR

Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias de la Universidad de Chile
Christopher Hamilton-West
Director Proyecto

AUTORES

Christopher Hamilton-West - U. de Chile -FAVET
Mario Maino - U. de Chile -FAVET
Jonathan Rushton - Universidad de Liverpool
Francisca Di Pillo Sanhueza U. de Chile -FAVET
Gabriel Arriagada - INCAR – U. de Concepción
Valentina Vera – U. de Chile - UNTEC
Catalina Araya – U. de Chile - UNTEC
Eileen Malo –U. de Chile - UNTEC

Índice general

Índice general **2**

Índice tablas **9**

Índice figuras **16**

Índice gráficos **20**

I. Resumen **21**

II. Abstract **22**

III. Resumen Ejecutivo **23**

IV. Executive Summary **31**

V. Introducción **38**

VI. Presentación del proyecto **39**

VI.1 Objetivo 39

VI.1.1 Objetivo general *39*

VI.1.2 Objetivos específicos *39*

VI.2 Resultados esperados 40

VI.3 Necesidad que se atiende y el problema a resolver 41

VI.4 Metodología 43

VI.4.1 Marco metodológico *43*

VI.4.2 Metodología por Etapas *44*

VI.4.2.1 Metodología etapa 0 ..... *44*

VI.4.2.2 Metodología etapa 1 ..... *45*

VI.4.2.3 Metodología etapa 2 ..... *48*

VI.4.2.4 Metodología etapa 3 ..... *52*

VI.4.2.5 Metodología etapa 4 ..... *54*

VII. Caligidosis y piscirickettsiosis **56**

VII.1 Piscirickettsia salmonis y piscirickettsiosis 56

VII.1.1 Transmisión y distribución en Chile *57*

VII.1.2 Métodos de prevención y control actuales *57*

VII.1.3 Bibliografía *59*

VII.2 Caligus rogercresseyi y caligidosis 61

VII.2.1 Biología general *61*

VII.2.2 Ciclo de vida *62*

VII.2.3 Interacción entre el pez y C. rogercresseyi 65
VII.2.4 Transmisión 65
VII.2.5 Factores de riesgo para C. rogercresseyi 66
VII.2.6 Métodos de control actuales 67
VII.2.6.1 Prácticas de manejo 67
VII.2.6.2 Control biológico 68
VII.2.6.3 Tratamientos farmacológicos 68
VII.2.7 Métodos de control en desarrollo 70
VII.2.7.1 Selección de reproductores 70
VII.2.7.2 Vacunas 70
VII.2.7.3 Inmunomoduladores 70
VII.2.8 Bibliografía 71

VIII. Normativa Vigente 76

VIII.1 Introducción 76
VIII.2 Programa sanitario específico de vigilancia y control de caligidosis 78
VIII.3 Programa sanitario específico de Vigilancia y control de piscirickettsiosis 87
VIII.4 Análisis comparado de programas sanitarios 94
VIII.5 Bibliografía 95

IX. Benchmarking 96

IX.1 Revisión literatura acuicultura 96
IX.1.1 Revisión Web of Science 99
IX.1.1.1 Economic assessment and environmental management of green tides in the Chinese Yellow Sea - 2018 99
IX.1.1.2 Production and economics of carp polyculture in ponds stocked with wild and hatchery produced seeds - 2018 100
IX.1.1.3 Cost‐benefit analysis of aquaculture breeding programs - 2018 .. 101
IX.1.1.4 A cost-benefit analysis of four treatment regimes for the invasive tunicate Ciona intestinalis on mussel farms - 2017 102
IX.1.1.5 The epidemiological and economic effects from systematic depopulation of Norwegian marine salmon farms infected with pancreas disease virus - 2016 103
IX.1.1.6 Assessment of farmed tilapia value chain in Ghana - 2016 104
IX.1.1.7 Economic comparison between offshore and inshore aquaculture production systems of European sea bass in Italy - 2014 105
IX.1.1.8 Ecological–economic assessment of monoculture and integrated multi-trophic aquaculture in Sanggou Bay of China - 2013 106
IX.1.1.9 How to measure the economic impacts of changes in growth, feed efficiency and survival in aquaculture - 2012 107

IX.1.1.10 A comparison of the yield and yield economics of three types of semi-intensive grow out systems, in the production of Heterobranchus longifilis (Teleostei: Clariidae) (Val. 1840), in Southeast Nigeria – 2007 109
IX.1.2 Conclusiones 110
IX.2 Benchmarking internacional 110
IX.2.1 Benchmarking internacional. El caso de la fiebre aftosa 111
IX.2.1.1 Fiebre aftosa 112
IX.2.1.2 Descripción de los impactos asociados a la fiebre aftosa 114
IX.2.1.3 Racionalidad del control de la fiebre aftosa 118
IX.2.2 Conclusiones 119
IX.2.3 Bibliografía 121
IX.3 Benchmarking nacional 123
IX.3.1 Producción de animales terrestres 123
IX.3.2 Bibliografía 124

X. Modelo costo-beneficio 125

X.1 Evaluación del impacto económico de enfermedades animales 125
X.1.1 Introducción 125
X.1.2 Economía de la salud animal 125
X.1.3 Análisis de costo-beneficio 128
X.1.4 Necesidades de información para la evaluación costo-beneficio de enfermedades animales 129
X.1.5 Evaluación socioeconómica 130
X.1.5.1 Contexto 130
X.1.5.2 ¿Qué se trata de medir? 132
X.1.5.3 ¿De dónde provienen los datos? 136
X.1.5.4 Las etapas 137
X.1.5.5 Resumen 138

XI. Modelo costo-beneficio por ejes 140

XI.1 Eje Productivo 141
XI.1.1 Beneficio 141
XI.1.1.1 Beneficio biomasa producida 141
XI.1.2 Costos 142
XI.1.2.1 Costo de producción 142
XI.1.2.2 Costo de Biomasa perdida 143
XI.2 Eje Gestión sanitaria 144
XI.2.1 Beneficios 144
XI.2.1.1 Reducción de presión infestación / infección sobre terceros (bien común del área) 144

XI.2.1.2 Imagen por certificación de centros de cultivo libres de uso de antimicrobianos *144*
XI.2.2 Costo *145*
XI.2.2.1 Diseño de medidas *145*
XI.2.2.2 Implementación de medidas *145*
XI.2.2.3 Evaluación de medidas *148*
XI.2.2.4 Análisis de información *148*
XI.3 Eje Logístico-Territorial 149
XI.3.1 Costo *149*
XI.4 Eje Ambiental 149
XI.4.1 Costo *149*
XI.4.1.1 Impacto en el medioambiente *149*
XI.4.1.2 Impacto en otras especies uso de tratamientos *150*
XI.5 Eje Socioeconómico 151
XI.5.1 Beneficio *151*
XI.5.1.1 Empleos generados directo e indirecto *151*
XI.5.1.2 Relaciones con la comunidad *151*
XI.5.2 Costos *152*
XI.5.2.1 Acciones comunitarias *152*
XI.5.2.2 Pago de patente de la concesión *152*
XI.6 Eje Institucional 152
XI.6.1 Beneficio *152*
XI.6.1.1 Imagen del Estado ante ciudadanía *152*
XI.6.2 Costos *153*
XI.6.2.1 Enforcement *153*
XI.6.2.2 Coordinación interinstitucional *153*
XI.7 Eje Capital humano 153

XII. Información disponible 155

XIII. Levantamiento de información 161

XIII.1 La cadena de valor de la industria salmonera 161
XIII.1.1 La Cadena Productiva de la Fase Agua de Mar y costos privados . *169*
XIII.2 Levantamiento de información primaria 172
XIII.2.1 Resultados encuestas *174*
XIII.2.1.1 Sector Público *174*
XIII.2.1.2 Sector Privado *180*
XIII.2.2 Conclusiones encuestas *193*

XIV. Brechas de información 194

XIV.1 Eje Productivo 194

XIV.1.1 Costo de producción en Centros de Cultivo *194*
XIV.1.2 Costo en planta *194*
XIV.2 Eje Gestión sanitaria 195
XIV.2.1 Beneficios *195*
XIV.2.1.1 Reducción de presión infestación/ infección sobre terceros (bien común del área) *195*
XIV.2.1.2 Imagen por certificación de centros de cultivo libres de uso de antimicrobianos *195*
XIV.2.2 Costo *196*
XIV.2.2.1 Diseño de medidas *196*
XIV.2.2.2 Implementación de medidas *196*
XIV.2.2.3 Evaluación de medidas *201*
XIV.2.2.4 Análisis de información *201*
XIV.3 Eje Logístico-Territorial 201
XIV.3.1 Costo logístico *201*
XIV.4 Eje Ambiental 202
XIV.4.1 Impacto en el medioambiente *202*
XIV.4.2 Impacto en otras especies uso de tratamientos *202*
XIV.5 Eje Socioeconómico 202
XIV.5.1 Empleo directo e indirecto *202*
XIV.5.2 Relaciones con la comunidad *202*
XIV.5.3 Acciones Comunitarias *203*
XIV.6 Eje Institucional 203
XIV.6.1 Imagen del Estado ante ciudadanía *203*
XIV.6.2 Enforcement y coordinación interinstitucional *203*
XIV.7 Eje Capital humano 203

XV. Evaluación costo-beneficio mediante el método de análisis de presupuesto parcial 205

XVI. Herramientas de simulación 208

XVI.1 Simulador de biomasa en el agua de un ciclo productivo (variable crítica) 209
XVI.1.1 Descripción general *209*
XVI.1.2 Estructura del simulador *209*
XVI.1.3 Parámetros de Entrada y Parámetros Referenciales para la ejecución de la simulación *212*
XVI.1.4 Algoritmo de Simulación *214*
XVI.1.5 Validación simulador de biomasa del ciclo productivo *219*
XVI.2 Simulador de biomasa en el agua para escenarios SRS y Caligus 227

XVI.2.1 Estructura del simulador 228
XVI.3 Simulador de presupuesto parcial 244
XVI.3.1 Estructura del simulador 244
XVI.3.2 Algoritmo de simulación 246

XVII. Lineamientos para futuras medidas de vigilancia, prevención y control de caligidosis y piscirickettsiosis 248

XVII.1 Caligidosis 248
XVII.1.1 Fichas paquete normativo 251
XVII.1.2 Fichas paquete análisis de información 268
XVII.2 Piscirickettsiosis 269

XVIII. Metodología para la evaluación costo-beneficio de futuras medidas de vigilancia, prevención y control de caligidosis y piscirickettsiosis 271

XIX. Propuesta de acciones para mejorar la evaluación y monitoreo de medidas 272

XIX.1 Evaluación 272
XIX.1.1 Evaluación periódica de Programas Sanitarios con metodología establecida 272
XIX.1.2 Soporte científico 272
XIX.2 Monitoreo 273
XIX.2.1 Monitoreo Inteligente a través de Sistemas TI 273

XX. Conclusiones y recomendaciones 274

XXI. Anexos 281

XXI.1 Anexo 1 Informe de Ajuste Metodológico 281
XXI.1.1 Introducción 281
XXI.1.2 Presentación del proyecto 282
XXI.1.2.1 Objetivo 282
XXI.1.2.2 Resultados esperados 283
XXI.1.3 Necesidad que se atiende y el problema a resolver 284
XXI.1.4 Respuesta a Observaciones para ajuste metodológico 286
XXI.2 Anexo 2: Actas de Reunión 291
XXI.3 Anexo 3: Sistemas de información 293
XXI.3.1.1 Introducción 293
XXI.3.1.2 Sistemas de información para la Fiscalización de la Acuicultura (SIFA) 294
XXI.3.1.3 Módulo de Caligus 299

XXI.3.1.4 Módulo de tratamientos y vacunaciones 302
XXI.3.1.5 Módulo de Mortalidades 306
XXI.3.1.6 Módulo de declaración de laboratorios 311
XXI.3.2 Información no automatizada 314
XXI.3.2.1 Información no automatizada asociada a mortalidades 316
XXI.3.2.2 Información no sistematizada asociada a caligidosis 317
XXI.3.2.3 Información no sistematizadas asociada a SRS 324
XXI.4 Anexo 4: Eje Logístico-Territorial 330
XXI.4.1 Caracterización de concesiones y agrupaciones de concesiones de salmónidos 330
XXI.5 Anexo 5: Manual Simulador Biomasa en el agua - Escenarios 337
XXI.5.1 Introducción 337
XXI.5.2 A quién está dirigido el manual 337
XXI.5.3 Requerimientos Técnicos del Sistema, Instalación y Configuración 338
XXI.5.4 Estructura del Simulador de Escenarios 342
XXI.5.5 Parámetros de entrada y de referencia 343
XXI.5.6 Funcionalidades del Simulador 356
XXI.5.6.1 Funcionalidad Ingresar una nueva simulación 356
XXI.5.6.2 Funcionalidad modificar simulación 358
XXI.5.6.3 Funcionalidad Simular 359
XXI.5.6.4 Simular cosecha anticipada 362
XXI.5.6.5 Incorporación manual de brotes de enfermedad en los escenarios SRS y Caligus 364
XXI.5.7 Diseño interno del simulador 365
XXI.6 Anexo 6: Talleres 371
XXI.6.1 Taller de presentación de resultados de la etapa 1 y pre-diseño del modelo de análisis de costo-beneficio 371
XXI.6.1.1 Antecedentes 371
XXI.6.1.1 Lista de asistentes 371
XXI.6.2 Taller de validación de resultados 372
XXI.6.2.1 Antecedentes 372
XXI.6.3 Lista de Asistentes 372
XXI.6.1 Taller de capacitación 372
XXI.6.1.1 Antecedentes 372
XXI.6.2 Lista de Asistentes 373

Índice tablas

Tabla 1. Etapas del desarrollo de *Caligus rogercresseyi* en condiciones de laboratorio....64
Tabla 2. Resumen de los quimioterapéuticos actualmente disponibles para el control de C. rogercresseyi....69
Tabla 3. Principales componentes PSEVC-Caligidosis....78
Tabla 4. Principales componentes PSEVC-Piscirickettsiosis....87
Tabla 5. Clasificación de centros según enfermedad y estrategias de gestión aplicadas, según normativa vigente en Chile....94
Tabla 6. Artículos seleccionados para Análisis de Costo-Beneficio en acuicultura al realizar búsqueda en Web of Science....97
Tabla 7. Artículos seleccionados para Análisis de Costo-Beneficio en acuicultura al realizar búsqueda en Scopus....98
Tabla 8. Componentes de costos en el modelo económico....104
Tabla 9. Información disponible eje productivo....155
Tabla 10. Información disponible eje gestión sanitaria....156
Tabla 11. Información disponible eje logístico-territorial....158
Tabla 12. Información disponible eje ambiental....158
Tabla 13. Información disponible eje socioeconómico....159
Tabla 14. Información disponible eje institucional....159
Tabla 15. Información disponible eje capital humano....160
Tabla 16. Actividades asociadas a las fases piscicultura y engorda en agua dulce de la Cadena de Valor de la Salmonicultura....162
Tabla 17. Actividades asociadas a la fase engorda en agua de mar de la Cadena de Valor de la Salmonicultura....163
Tabla 18. Actividades asociadas a la fase procesamiento en plantas de la Cadena de Valor de la Salmonicultura....164
Tabla 19. Actividades asociadas a la fase comercialización de la Cadena de Valor de la Salmonicultura....165
Tabla 20. Principales proveedores por fase....165
Tabla 21. Proveedores transversales....168
Tabla 22. Definición de costos a nivel de centro de cultivo por eslabones....169
Tabla 23. Listado de actores privados a encuestar....172
Tabla 24. Cantidad mínima, máxima y más probable de visitas para fiscalización de otros eventos relacionados con piscirickettsiosis realizadas durante el ciclo productivo, según especie y región....174

Tabla 25. Cantidad mínima, máxima y más probable de visitas para fiscalización de eventos relacionados con caligidosis realizadas durante el ciclo productivo, según especie y región. 175
Tabla 26. Cantidad horas hombre (HH) mensual dedicadas a realizar el análisis de la información relacionada con piscirickettsiosis 175
Tabla 27. Cantidad horas hombre (HH) mensual dedicadas a realizar el análisis de la información relacionada con caligidosis 175
Tabla 28. Cantidad de horas hombre (HH) mensual dedicadas para capacitación (incluyendo participación en seminarios) en temas de epidemiología, para piscirickettsiosis y caligidosis 176
Tabla 29. Cantidad de horas hombre (HH) mensual dedicadas a la mantención de la plataforma SIFA, y validación de la información relacionada con caligidosis o piscirickettsiosis 176
Tabla 30. Costos (en pesos) de las actividades de fiscalización de eventos relacionados con Caligus que se realizan a nivel de centro, por ciclo, especie y región. 177
Tabla 31. Costos (en pesos) de las actividades de fiscalización de eventos relacionados con piscirickettsiosis que se realizan a nivel de centro, por ciclo, especie y región 177
Tabla 32. Costos de la HH (en pesos) de las actividades de análisis de información relacionada con Caligus, a nivel de regiones y nivel central. 178
Tabla 33. Costos de la HH (en pesos) de las actividades de análisis de información relacionada con piscirickettsiosis, a nivel de regiones y nivel central. 178
Tabla 34. Costos de la HH (en pesos) mensual de las actividades de capacitación relacionada con epidemiología, piscirickettsiosis o caligidosis, a nivel de regiones y nivel central. 179
Tabla 35. Costos mensuales de la HH (en pesos) de las actividades de mantención y validación de la información en SIFA 179
Tabla 36. Duración y división conceptual de los ciclos productivos según especie 180
Tabla 37. Cantidad de brotes de piscirickettsiosis que se presentan en centros de cultivo, según región y especie, durante un ciclo productivo 180
Tabla 38.Duración (semanas) de los brotes de piscirickettsiosis, en el escenario que NO se realizarán tratamientos farmacológicos) 181
Tabla 39. Porcentaje en que se reduce la ganancia diaria de peso, mientras dura un brote de piscirickettsiosis 181
Tabla 40. Efecto del uso de vacunas contra piscirickettsiosis en la reducción del número de brotes de la enfermedad y/o en número de semanas que transcurren antes de la presentación del primer brote (retrasándolo) 181

Tabla 41. Cantidad de brotes adicionales de piscirickettsiosis se presentarían en centros de cultivo que sembraran peces no vacunados durante un ciclo productivo 182
Tabla 42. Cantidad de semanas en que se adelantaría la presentación de un brote de piscirickettsiosis en centros de cultivo que sembraran peces no vacunados 182
Tabla 43. Cantidad de tratamientos farmacológicos contra piscirickettsiosis que se realizan en centros de cultivo durante un ciclo productivo 183
Tabla 44. Duración (semanas) de los brotes de piscirickettsiosis, en el escenario en que se realicen tratamientos farmacológicos 183
Tabla 45. Número de peces muestreados sanos durante el ciclo para detección de P. salmonis en laboratorio, durante el ciclo de cultivo 184
Tabla 46. Número de muestras enviadas al laboratorio de diagnóstico para detección de P. salmonis, durante el ciclo de cultivo 184
Tabla 47. Costo del envío y análisis de muestras al laboratorio de diagnóstico para detección de P. salmonis 184
Tabla 48. Horas hombre (HH) dedicadas a realizar la clasificación de mortalidades, para la vigilancia de piscirickettsiosis (indicar el número de horas mínimo, el número más probable y el máximo que podrían realizar esta actividad durante el mes) 184
Tabla 49. Horas hombre (HH) dedicadas a informar los resultados de la vigilancia de piscirickettsiosis, durante el ciclo productivo (indicar el número de horas mínimo, el número más probable y el máximo que podrían realizar esta actividad durante el mes) 184
Tabla 50. Si realiza boosters de la vacuna contra piscirickettsiosis, durante la fase de producción en agua de mar, indique el número de boosters realizados durante el ciclo productivo y el costo. 185
Tabla 51. Costo (en pesos) del alimento medicado, necesario para realizar un tratamiento contra la piscirickettsiosis, a nivel de centro de cultivo (indicar costo mínimo, más probable y máximo) 185
Tabla 52. Costo (en pesos) del antimicrobiano inyectable, necesario para realizar un tratamiento contra la piscirickettsiosis, a nivel de centro de cultivo (indicar costo mínimo, más probable y máximo) 185
Tabla 53. Costo (en pesos) de la logística para aplicación de un tratamiento inyectable contra piscirickettsiosis, a nivel de centro de cultivo (indicar costo mínimo, más probable y máximo) 185
Tabla 54. Costo del retiro y disposición de la mortalidad mensual a nivel de centro de cultivo, indicar (indicar costo mínimo, más probable y máximo) 185
Tabla 55. Valor de la HH para la clasificación de mortalidades (indicar el valor (en pesos) mínimo, el más probable y el máximo por el mes) 186

Tabla 56. Valor de la HH de quien informa los resultados de la vigilancia de piscirickettsiosis, durante el ciclo productivo (indicar el valor (en pesos), mínimo, más probable y máximo por mes) 186
Tabla 57. Costo de la alimentación por etapa productiva del ciclo productivo (indicar costo mínimo, más probable y máximo) 186
Tabla 58. Efecto en la ganancia de peso al presentar eventos de infestación sobre 3HO 187
Tabla 59. Porcentaje de reducción de la ganancia diaria de peso diaria, mientras se mantienen los niveles de infestación sobre 3HO 187
Tabla 60. Porcentaje de la producción de peces que presentan daño en la piel o músculo, a causa de la infestación por Caligus durante el ciclo productivo, en centros de cultivo, según región y especie 188
Tabla 61. Cantidad de tratamientos farmacológicos, durante un ciclo productivo, contra Caligus, en base a benzoato de emamectina, realizados en centros de cultivo según especie y región 188
Tabla 62. Cantidad de tratamientos farmacológicos contra Caligus, baños con azametifos o deltametrina, realizados por ciclo productivo en centros de cultivo por región 189
Tabla 63. Efecto del uso de Imvixa en la reducción de la carga parasitaria que puede traducirse en una reducción en el número de eventos donde Caligus sobrepasa el umbral de 3HO. 189
Tabla 64. Cantidad de tratamientos farmacológicos con benzoato de emamectina o baños que se realizan en peces tratados con Imvixa durante el ciclo productivo, según región y especie. 189
Tabla 65. Cantidad de tratamientos farmacológicos con azametifos o deltametrina que se realizan en peces tratados con Imvixa durante el ciclo productivo, según región y especie. 190
Tabla 66. Porcentaje de la producción de peces que presentan daño en la piel o músculo, a causa de la infestación por Caligus durante el ciclo productivo, en centros de cultivo por región, para peces tratados con Imvixa 190
Tabla 67. Cantidad de horas hombre (HH) dedicadas a realizar el conteo de Caligus, para la vigilancia durante el ciclo productivo 191
Tabla 68. Cantidad de horas hombre (HH) dedicadas para informar los resultados de la vigilancia de Caligus durante el ciclo productivo 191
Tabla 69. Costo (en pesos) tratamiento con benzoato de emamectina, a nivel de centro de cultivo asumiendo un centro con 1.500 ton y un costo por tratamiento de 0,011 USD/kg pez 191
Tabla 70. Costo (en pesos) de un smolt tratado con Imvixa, asumiento el pez puesto en el mar (sembrado) 191
Tabla 71. Costo (en pesos) de un smolt NO tratado con Imvixa. 191

Tabla 72. Costo (en pesos) del producto azametifos, necesario para realizar un baño a nivel de centro de cultivo.....192
Tabla 73. Costo (en pesos) del producto deltametrina, necesario para realizar un baño a nivel de centro de cultivo.....192
Tabla 74. Costo (en pesos) de la logística para aplicación de un baño con deltametrina o azametifos, a nivel de centro de cultivo 192
Tabla 75. Valor de la HH para el conteo de Caligus mensual.....192
Tabla 76. Valor de la HH de quien informa los resultados de la vigilancia de Caligus, durante el ciclo productivo.....192
Tabla 77. Validadores N° peces sembrados / cosechados / existencia.....198
Tabla 78. Validador peso promedio. 198
Tabla 79. Validadores para biomasa sembrada / cosechada en el agua. 199
Tabla 80. Validación de campos Promedio HO, AM, JUV, Adultos totales y parásitos totales. 199
Tabla 81. Parámetros de simulación ingresados por el usuario. 212
Tabla 82. Parámetros referenciales de la pestaña "Valores" usadas para la simulación. 214
Tabla 83. Parámetros de entrada para la simulación del ciclo productivo centros X región.....220
Tabla 84. Parámetros referenciales de % de mortalidad para centros de cultivo X región.....220
Tabla 85. Parámetros referenciales para el cálculo de coeficiente de crecimiento térmico para centros de la X región.....220
Tabla 86. Parámetros de entrada para la simulación del ciclo productivo centros XI región.....223
Tabla 87. Parámetros referenciales de % de mortalidad para centros de cultivo XI región.....223
Tabla 88. Parámetros referenciales para el cálculo de coeficiente de crecimiento térmico para centros de la XI región.....224
Tabla 89. Parámetros de entrada para la simulación del ciclo productivo centros XII región.....225
Tabla 90. Parámetros referenciales de % de mortalidad para centros de cultivo XII región.....226
Tabla 91. Parámetros referenciales para el cálculo de coeficiente de crecimiento térmico para centros de la XII región. 226
Tabla 92. Parámetros de entrada simulador de escenarios.....230
Tabla 93. Acciones paquete normativo.....249
Tabla 94. Acciones paquete I+D.....250
Tabla 95. Ficha acción N1. paquete normativo. 251
Tabla 96. Ficha acción N2. paquete normativo. 252

Tabla 97. Ficha acción N3. paquete normativo. 253
Tabla 98. Ficha acción N4. paquete normativo. 254
Tabla 99. Ficha acción N5. paquete normativo. 255
Tabla 100. Ficha acción N6. paquete normativo. 255
Tabla 101. Ficha acción N7. paquete normativo. 256
Tabla 102. Ficha acción N8. paquete normativo. 257
Tabla 103. Ficha acción N9. paquete normativo. 258
Tabla 104. Ficha acción N10. paquete normativo. 259
Tabla 105. Ficha acción N11. paquete normativo. 260
Tabla 106. Ficha acción N12. paquete normativo. 261
Tabla 107. Ficha acción N13. paquete normativo. 261
Tabla 108. Ficha acción N14. paquete normativo. 262
Tabla 109. Ficha acción N15. paquete normativo. 263
Tabla 110. Ficha acción N16. paquete normativo. 264
Tabla 111. Ficha acción N17. paquete normativo. 265
Tabla 112. Ficha acción N18. paquete normativo. 266
Tabla 113. Ficha acción N19. paquete normativo. 266
Tabla 114. Ficha acción N20. paquete normativo. 267
Tabla 115. Ficha acción AI2. paquete análisis de información. 268
Tabla 116. Campos declaración monitoreo semanal de caligus. 301
Tabla 117. Campos de la declaración de tratamientos. 304
Tabla 118. Campos de la declaración semanal de mortalidades 308
Tabla 119. Campos de la declaración de laboratorios de PSEVC-SRS. 313
Tabla 120. Ficha de descripción de Planilla de seguimiento Mortalidades..... 316
Tabla 121. Ficha de descripción Informe post tratamiento (IPT) 317
Tabla 122. Ficha de descripción Informe de fallas 318
Tabla 123. Ficha de descripción de Listado Seguimiento de casos Caligus - Centros CAD..... 319
Tabla 124. Ficha de descripción de Listado de Centros CAD con cosecha anticipada por caligus..... 320
Tabla 125. Ficha de descripción Plan de gestión. 321
Tabla 126. Ficha de descripción de Plan de cosecha anticipada por CAD caligus 322
Tabla 127. Ficha de descripción encuesta epidemiológica..... 323
Tabla 128. Ficha de descripción de Encuesta y planes de acción Alerta y CAD . 324
Tabla 129. Ficha de descripción de Informe médicos veterinarios de alerta de tratamiento 325
Tabla 130. Ficha de descripción de Informe de seguimiento de casos - Centros CAD..... 326

Tabla 131. Ficha de Descripción de Informe de seguimiento de casos - Centros CAD.....327
Tabla 132. Ficha de Descripción de Listado de Centros CAD con cosecha anticipada por SRS.....328
Tabla 133. Ficha de descripción de Plan de cosecha anticipada por CAD SRS..329
Tabla 134. Descripción del contenido de la herramienta simulador.....342
Tabla 135. Parámetros de entrada simulador de escenarios.....345
Tabla 136. Parámetros de referencia por cada escenario SRS.....348
Tabla 137. Parámetros de referencia escenarios de caligidosis.....352
Tabla 138. Variables simuladas por cada escenario.....360
Tabla 139. Listado de subrutinas y su descripción.....367

Índice figuras

Figura 1. Esquema Etapas del proyecto....44
Figura 2. Esquema Etapa 0....45
Figura 3. Esquema Etapa 1....46
Figura 4. Esquema Etapa 2 Modelo de Análisis de costo-beneficio....49
Figura 5. Esquema Etapa 3....53
Figura 6. Esquema Etapa 4....55
Figura 7. Ciclo de vida C. rogercresseyi....63
Figura 8. Marco Normativo programas sanitarios específicos....77
Figura 9. Impacto de las enfermedades animales en sistemas productivos....127
Figura 10. Estructura de un análisis socioeconómico de un programa de salud animal.....132
Figura 11. Estimación de los beneficios de una intervención para salud animal con diferentes líneas base.....134
Figura 12. Esquema modelo de costo-beneficio por ejes....140
Figura 13. Esquema resumen ejes y variables modelo costo-beneficio por ejes....141
Figura 14 . Cadena de Valor de la Industria Salmonera....161
Figura 15. Cadena Productiva en Fase de Mar....169
Figura 16. Pestaña "índice" del Simulador desarrollado en Excel....210
Figura 17. Pestaña "Simulador" del Simulador desarrollado en Excel....211
Figura 18. Pestaña "Valores" del Simulador desarrollado en Excel.....211
Figura 19. Pestaña "Glosario" del Simulador desarrollado en Excel....212
Figura 20. Escenarios de simulación para SRS. 227
Figura 21. Escenarios de simulación para caligidosis. 228
Figura 22. Pestaña *"Índice Simulador"* del Simulador de Escenarios.....229
Figura 23. Pestaña *"Parámetros de Simulación"* del Simulador de Escenarios. 229
Figura 24. Parámetros de entrada para simulador de escenarios....230
Figura 25. Parámetro general de referencia para el coeficiente de crecimiento térmico. 232
Figura 26. Parámetro general de referencia para la validación de la duración del ciclo productivo.....233
Figura 27. Parámetros de referencia para escenario SRS bajo sin tratamiento.....233
Figura 28. Parámetros de referencia para escenario SRS bajo con tratamiento. .234
Figura 29. Parámetros de referencia para escenario SRS medio con tratamiento. 234
Figura 30. Parámetros de referencia para escenario SRS medio alto con tratamiento.....234
Figura 31. Parámetros de referencia para escenario SRS alto con tratamiento....235

Figura 32. Parámetros de referencia para escenario SRS alto sin tratamiento. 235
Figura 33. Parámetros de referencia para escenario Caligus bajo. 236
Figura 34. Parámetros de referencia para escenario Caligus medio. 236
Figura 35. Parámetros de referencia para escenario Caligus medio alto. 237
Figura 36. Parámetros de referencia para escenario Caligus alto.....237
Figura 37. Botones del simulador de escenarios. 238
Figura 38. Pestaña *"Escenarios de Simulación SRS"* del Simulador de Escenarios. 239
Figura 39. Pestaña *"Escenarios de Simulación Caligus"* del Simulador de Escenarios.....240
Figura 40. Pestaña *"Gráficos SRS"* del Simulador de Escenarios.....241
Figura 41. Pestaña *"Gráficos Caligus"* del Simulador de Escenarios.....242
Figura 42. Pestaña "*Valores*" del Simulador de Escenarios. 243
Figura 43. Pestaña "Glosario" del Simulador de Escenarios. 244
Figura 44. Pestaña "Índice" del Simulador Presupuesto Parcial. 245
Figura 45. Pestaña "Presupuesto Parcial" del Simulador Presupuesto Parcial.....245
Figura 46. Pestaña "Glosario" del Simulador Presupuesto Parcial. 246
Figura 47. Esquema paquetes de implementación de acciones 248
Figura 48. Módulos actuales de SIFA.....294
Figura 49. Funcionalidades generales del módulo caligus separadas por propósito. 299
Figura 50. Declaración semanal de caligus.....301
Figura 51. Funcionalidades generales del módulo tyv separadas por propósito. .303
Figura 52. Declaración de tratamientos mensual (1/2) 304
Figura 53. Declaración de tratamientos mensual (2/2) 304
Figura 54. Funcionalidades generales del módulo de mortalidades separadas por propósito. 307
Figura 55. Formato Excel declaración de mortalidad SIFA (1era parte). 308
Figura 56. Formato Excel declaración de mortalidad SIFA (2da parte). 308
Figura 57. Funcionalidades generales del módulo declaración de laboratorios separadas por propósito.....312
Figura 58. Declaración de PSEVC-SRS en formato Excel para declaración en SIFA. 313
Figura 59. Declaración de PSEVC-SRS en formato Excel para declaración en SIFA. 313
Figura 60. Mensaje para habilitar macros en Excel 338
Figura 61. Menú Archivo de Microsoft Excel 338
Figura 62. Opciones del menú Archivo. 339
Figura 63. Opciones de Excel. 340
Figura 64. Centro de confianza, opción Configuración de macros. 341
Figura 65. Simulador de Escenarios. 342

Figura 66. Parámetros de entrada y de referencia del simulador.....344
Figura 67. Parámetros de entrada para simulador de escenarios.....345
Figura 68. Hoja Parámetros de simulación. 347
Figura 69. Parámetros de referencia para escenario SRS bajo sin tratamiento. 349
Figura 70. Parámetros de referencia para escenario SRS bajo con tratamiento. .349
Figura 71. Parámetros de referencia para escenario SRS medio con tratamiento. 349
Figura 72. Parámetros de referencia para escenario SRS medio alto con tratamiento. 350
Figura 73. Parámetros de referencia para escenario SRS alto con tratamiento....350
Figura 74. Parámetros de referencia para escenario SRS alto sin tratamiento. 351
Figura 75. Parámetros de referencia para escenario Caligus bajo. 352
Figura 76. Parámetros de referencia para escenario Caligus medio. 353
Figura 77. Parámetros de referencia para escenario Caligus medio alto. 353
Figura 78. Parámetros de referencia para escenario Caligus alto.....354
Figura 79. Parámetro general de referencia para el coeficiente de crecimiento térmico. 355
Figura 80. Parámetro general de referencia para la validación de la duración del ciclo productivo. 355
Figura 81. Botones de funcionalidad del simulador.....356
Figura 82. Mensaje de confirmación al hacer clic en botón nueva simulación. ...357
Figura 83. Formulario de parámetros de entrada en blanco. 357
Figura 84. Mensaje de confirmación al hacer clic en botón modificar simulación. 358
Figura 85. Formulario de parámetros de entrada habilitado para modificar. 358
Figura 86. Ejecución de la funcionalidad Simular. 359
Figura 87. Ejemplo de escenario ejecutado por la funcionalidad Simular en la pestaña Escenarios SRS. 360
Figura 88. Gráficos de escenarios SRS.....361
Figura 89. Gráficos de escenarios caligus. 362
Figura 90. Parámetros de entrada de cosecha anticipada para escenario SRS Alto Con y Sin Tratamiento. 363
Figura 91. Simulación con la aplicación de medida de cosecha anticipada. 363
Figura 92. Registro manual en el escenario SRS alto sin tratamiento de 6 brotes consecutivos, reflejados en la columna efecto ganancia de peso.....364
Figura 93. Gráfico de la pestaña "Gráficos SRS", donde se evidencia la evolución del ciclo productivo con los brotes ingresados manualmente, en el escenario SRS alto sin tratamiento. 365
Figura 94. Pestaña Programador, opción Modo Diseño. 365

Figura 95. Vista de ventana de edición de macros (Microsoft Visual Basic para Aplicaciones).....366

Índice gráficos

Gráfico 1. Evolución de la biomasa T real vs. simulada centro de cultivo ACS 16. 221
Gráfico 2. Evolución de la biomasa T real vs. simulada centro de cultivo ACS 3B. 221
Gráfico 3. Evolución de la biomasa T real vs. simulada centro de cultivo ACS 7. .222
Gráfico 4. Evolución de la biomasa T real vs. simulada centro de cultivo ACS 21C. 224
Gráfico 5. Evolución de la biomasa T real vs. simulada centro de cultivo ACS 26B. 224
Gráfico 6. Evolución de la biomasa T real vs. simulada centro de cultivo ACS 22D. 225
Gráfico 7. Evolución de la biomasa T real vs. simulada centro de cultivo ACS 44. 226
Gráfico 8. Distribución de concesiones otorgadas por ACS - Región de los Lagos 331
Gráfico 9. Distribución de concesiones otorgadas por ACS - Región de Aysén ...332
Gráfico 10. Distribución de concesiones otorgadas por ACS - Región de Magallanes 332

I. Resumen

La acuicultura ha presentado un notable crecimiento durante los últimos años, Chile representa el segundo mayor productor de salmónidos a nivel mundial. Sin embargo, estos sistemas de producción animal están expuestos al peligro y consecuencias que generan las enfermedades animales, constituyéndose como la principal amenaza para la sustentabilidad de este sector productivo. Dentro de las enfermedades prioritarias para la acuicultura chilena, destacan la caligidosis y la piscirickettsiosis. El objetivo del presente estudio fue desarrollar un modelo de análisis de costo – beneficio basado en la bioeconomía acuícola como herramienta para evaluar y tomar decisiones en gestión sanitaria, respecto de medidas de vigilancia, control y prevención de estas enfermedades. El modelo teórico generado consideró que la evaluación de costo-beneficio debe ser vista de forma sistémica, considerando no solamente el beneficio neto productivo, sino otros ámbitos que interactúan sectorialmente bajo la lógica del bien común. Para generar una línea base se distinguen siete ejes, éstos son: Productivo, Gestión sanitaria, Logístico-Territorial, Ambiental, Socioeconómico, Institucional, Capital humano. Sin embargo, la información necesaria para realizar esta aproximación teórica presenta dispares estados de disponibilidad, evidenciándose importantes brechas de información.

Se desarrolló y transfirió a la contraparte técnica un modelo de análisis y una herramienta para su aplicación que se compone de tres simuladores, que son: 1) Simulador de biomasa en el agua de un ciclo productivo: tiene como objetivo modelar la variable crítica del modelo costo-beneficio para la evaluación de medidas regulatorias dentro de un ciclo productivo. 2) Simulador de biomasa en el agua para escenarios SRS y Caligus: tiene como objetivo modelar la variable crítica del modelo costo-beneficio para la evaluación de medidas regulatorias para un ciclo productivo bajo distintos escenarios sanitarios de SRS y caligidosis. 3) Simulador de presupuesto parcial: tiene como objetivo simular bajo el modelo de evaluación de presupuesto parcial una medida regulatoria. Estos simuladores, serán de utilidad futura para evaluar, económica y epidemiológicamente los efectos de modificaciones en las estrategias de prevención, control y vigilancia de las principales enfermedades que afectan a la acuicultura nacional.

II. Abstract

Aquaculture has shown remarkable growth in recent years. Chile is the second largest producer of salmonids in the world. However, these animal production systems are exposed to the danger and consequences generated by animal diseases, constituting the main threat to the sustainability of this productive sector. Among the priority diseases for Chilean aquaculture, caligidosis and piscirickettsiosis stand out. The objective of this study was to develop a cost-benefit analysis model based on the aquaculture bioeconomy as a tool to evaluate and make decisions in sanitary management, regarding surveillance, control and prevention measures of these diseases. The generated theoretical model considered that the cost-benefit evaluation should be seen in a systemic way, considering not only the net productive benefit, but other areas that interact sectorially under the logic of the common good. In order to generate a baseline, seven axes are distinguished: Productive, Sanitary Management, Logistic-Territorial, Environmental, Socioeconomic, Institutional, Human Capital. However, the information needed to carry out this theoretical approximation presents disparate states of availability, evidencing important information gaps.

An analysis model and a tool for its application were developed and transferred to the technical counterpart, which is composed of three simulators: 1) Biomass simulator in the water of a productive cycle: its objective is to model the critical variable of the cost-benefit model for the evaluation of regulatory measures within a productive cycle. 2) Biomass simulator in water for SRS and Caligus scenarios: its objective is to model the critical variable of the cost-benefit model for the evaluation of regulatory measures for a productive cycle under different sanitary scenarios of SRS and caligidosis. 3) Partial budget simulator: its objective is to simulate a regulatory measure under the partial budget evaluation model. These simulators will be of future use to evaluate, economically and epidemiologically, the effects of modifications in the strategies of prevention, control and surveillance of the main diseases that affect the national aquaculture.

III. Resumen Ejecutivo

El objetivo del presente estudio es desarrollar un modelo de análisis de costo – beneficio basado en la bioeconomía acuícola como herramienta para evaluar y tomar decisiones en gestión sanitaria, respecto de medidas de vigilancia, control y prevención de piscirickettsiosis y caligidosis. Para alcanzarlo, esta investigación se estructura a partir de la consecución de cinco etapas metodológicas. Como punto de partida se realizó una instancia de ajuste metodológico con la contraparte técnica, para luego iniciar la investigación con un levantamiento de antecedentes de las medidas regulatorias en Chile para piscirickettsiosis y caligidosis, además de la realización de un benchmarking a nivel nacional para conocer los desarrollos en torno a modelos costo-beneficio de otros sectores productivos; y un benchmarking a nivel internacional de modelos de costo-beneficio enfocados en la evaluación de normativas relativas a vigilancia, control y prevención de piscirickettsiosis y caligidosis. La tercera etapa contempló la elaboración de un modelo de costo-beneficio que permitió evaluar aquellas medidas de vigilancia, control y prevención de piscirickettsiosis y caligidosis, considerando una identificación de las brechas de información para la estimación. En la etapa cuatro se propuso la metodología que permite realizar la evaluación de costo-beneficio de futuras medidas de vigilancia, control y prevención de piscirickettsiosis y caligidosis, que se generen en las diferentes actividades de investigación en curso. En la última etapa se realizó la transferencia tecnológica a través de la capacitación de la contraparte técnica en el uso de la metodología y modelo de análisis costo-beneficio.

Los objetivos específicos de la presente investigación se detallan a continuación:

- Caracterizar las medidas de vigilancia, control y prevención consideradas en la actual normativa vigente relativa a piscirickettsiosis y caligidosis y otros ámbitos que dan soporte a la normativa.
- Levantar datos para la estimación de costos y beneficios de las medidas de vigilancia, control y prevención consideradas en la normativa vigente relativa a piscirickettsiosis y caligidosis.
- Identificar brechas de información para la estimación del costo-beneficio de las medidas de vigilancia, control y prevención consideradas en la normativa vigente relativa a piscirickettsiosis y caligidosis.
- Entregar un modelo de análisis de costo-beneficio que permita evaluar aquellas medidas de vigilancia, control y prevención consideradas en la

normativa vigente relativa a piscirickettsiosis y caligidosis, a nivel de centro de cultivo, ACS y región.

- Proponer una metodología basada en el modelo bioeconómico propuesto, que permita realizar el análisis costo-beneficio de futuras medidas de vigilancia, prevención y control de caligidosis y piscirickettsiosis, cuyas relaciones funcionales, variables, parámetros y datos sean resultado del Programa para la Gestión Sanitaria en la Acuicultura.
- Capacitar a la contraparte técnica en el uso de la metodología y modelo de análisis de costo-beneficio.

Las herramientas metodológicas que se emplearon para la concreción de los objetivos consideraron una gama amplia de elementos cualitativos y cuantitativos. Entre ellos se encuentran: revisión documental a nivel nacional e internacional, encuestas y entrevistas a actores claves del ámbito público, privado y de la academia en Chile, taller participativo y encuestas, taller de validación de resultados y de transferencia tecnológica.

Este estudio fue desarrollado por un equipo profesional multidisciplinario, cuyo valor agregado radica en la participación de profesionales de excelencia del mundo académico, especializados en las siguientes áreas del conocimiento: ingeniería de sistemas complejos, diseño, implementación y evaluación de políticas públicas, medicina veterinaria y epidemiología, economía de salud animal, sistemas de información, gobernanza y trayectoria del I+D+i en la acuicultura chilena.

La acuicultura ha presentado un notable crecimiento durante los últimos años, convirtiéndose en el sector de producción alimentaria con más rápido crecimiento del mundo. A nivel global, el cultivo de especies salmónidas se destaca como una importante actividad debido al valor agregado de sus productos. Chile representa el segundo mayor productor de salmónidos a nivel mundial. Sin embargo, estos sistemas de producción animal están expuestos al peligro y consecuencias que generan las enfermedades animales, constituyéndose como la principal amenaza para la sustentabilidad de este sector productivo. Dentro de las enfermedades prioritarias para la acuicultura chilena, destacan la caligidosis y la piscirickettsiosis.

Aunque ambos problemas sanitarios son de gran importancia para la acuicultura nacional, no existe suficiente información en el ámbito de la epidemiología ni de los costos asociados a ellas, ni de la rentabilidad de las medidas de gestión sanitaria definidas en la normativa vigente. De todas formas, se han desarrollado y están en curso diversas investigaciones que apuntan a elevar el conocimiento en temas de epidemiología y diagnóstico de la caligidosis y de la piscirickettsiosis. Todas estas iniciativas apuntan a mejorar las estrategias de gestión sanitaria, que se orientan

en medidas concretas para la prevención, vigilancia y control de los problemas sanitarios antes mencionados. Es relevante destacar que otras iniciativas de investigación y desarrollo apuntan al desarrollo de plataformas que ayuden a mantener, integrar y analizar la información sanitaria y ambiental, con el fin de generar alerta temprana sobre problemas sanitarios y apoyar a la gestión sanitaria.

Actualmente, el sector acuícola no cuenta con herramientas que permitan integrar los efectos de las estrategias de gestión sanitaria de las enfermedades prioritarias, con el costo asociado a dichas acciones. Complementariamente, el análisis económico del nivel de control óptimo de enfermedades animales es complejo. Esto se debe a la diversidad de enfermedades existentes, a las diferencias en su epidemiología y naturaleza de aparición, así como a la considerable variación entre las distintas medidas preventivas, tratamientos y respuestas obtenidas frente a estas intervenciones. El análisis económico en salud animal tiene en cuenta los beneficios monetarios y los costos del control de enfermedades. Para ello, es fundamental combinar conocimientos biológicos y veterinarios con consideraciones financieras. En consecuencia, para un análisis económico completo, se requieren insumos tanto de ciencias económicas como de ciencias diferentes a la economía. Una herramienta muy utilizada en la evaluación económica en salud animal es el análisis de costo-beneficio, el cual determina las opciones económicas óptimas tanto a nivel de explotaciones como a escalas más amplias, por ejemplo, a nivel regional o nacional. Con este enfoque, la optimización se logra cuando se obtienen beneficios netos, es decir, cuando los beneficios económicos menos los costos, se maximizan.

El marco normativo establece que es un deber del Estado proteger el patrimonio sanitario del país, para lo cual deben adoptarse las medidas destinadas a establecer los instrumentos de control que permitan el cumplimiento de dicho fin. El Artículo 86º de la Ley General de Pesca y Acuicultura establece que deberán reglamentarse las medidas de protección y control para evitar la introducción de enfermedades de alto riesgo, aislar su presencia en caso de que éstas ocurran, evitar su propagación y propender a su erradicación, determinando las patologías que se clasifican de alto riesgo. Por su parte, el Reglamento de medidas de protección, control y erradicación de enfermedades de alto riesgo para las especies hidrobiológicas (RESA) dispone que el Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura deberá, mediante resolución, establecer programas sanitarios generales y específicos. Los programas sanitarios tendrán por objeto determinar los procedimientos específicos y las metodologías de aplicación de las medidas que contempla el presente reglamento. Los programas generales aplicarán las medidas sanitarias adecuadas de operación contempladas en el RESA, según la especie

hidrobiológica utilizada o cultivada, con el fin de promover un adecuado estado de salud de esta, así como evitar la diseminación de las enfermedades y agentes patógenos.

Las herramientas de gestión sanitaria que se consideran para estas enfermedades prioritarias para la salmonicultura nacional son relativamente similares, variando la frecuencia e intensidad de sus aplicaciones, según la condición sanitaria de los centros de cultivo. Entre estas herramientas se incorporan procedimientos de bioseguridad generales, que buscan por una parte prevenir el ingreso de los agentes patógenos a las unidades productivas, así como también, evitar que éstos se diseminen a otras unidades productivas (desde una unidad infectada). Estos principios se conocen como bioexclusión y biocontención, respectivamente. Complementariamente a las condiciones de bioseguridad, se establecen las condiciones para aplicar tratamientos farmacológicos. Los fármacos disponibles han pasado un riguroso proceso de evaluación para su uso en animales acuáticos, y se han diseñado estrategias que apuntan a resguardar la inocuidad de los productos generados, así como también evitar la generación de resistencia a los principios activos. Otras herramientas de control se relacionan con la cosecha anticipada, en busca de reducir la presión de infección o infestación en zonas de mayor riesgo. De forma transversal, los programas sanitarios definen acciones de vigilancia, que permiten tomar decisiones oportunas de gestión sanitaria. A la fecha, no se identifican estudios que hayan evaluado con precisión los efectos epidemiológicos de las medidas previamente descritas, ni se conocen todos los detalles de la epidemiología de la piscirickettsiosis ni de la caligidosis.

Además de las falencias en el conocimiento de la epidemiología de la piscirickettsiosis y de la caligidosis, también existe una falencia en el estudio del impacto económico de estas enfermedades. A nivel global, si se pudieron identificar algunos datos sobre el impacto que generan enfermedades que afectan a la producción de salmones, no se pudieron identificar resultados de análisis que evalúen la rentabilidad de las acciones de control de enfermedades en la acuicultura.

En Chile se han desarrollado programas de control y erradicación de enfermedades animales, los cuales han podido lograr los objetivos epidemiológicos abordados. Sin embargo, la evaluación económica de éstos, o de la situación basal que existía antes de su inicio es escasa, sin encontrarse estudios que hayan evaluado el impacto socioeconómico de enfermedades animales, ni tampoco de las medidas de gestión sanitaria.

Al realizarse un levantamiento de información con representantes de la industria de producción de aves y cerdos nacional, pudo identificarse que existe un levantamiento parcial de información (generalmente costos) de problemas sanitarios, pero sin una metodología, modelo o instrumento que permita realizar una evaluación del impacto que pueden generar cambios en las acciones de gestión sanitaria, y apoyar la toma de decisiones.

Los resultados de una evaluación socioeconómica son importantes para la toma de decisiones sobre la asignación de recursos tanto a nivel público como privado. Asimismo, la información generada es clave para el desarrollo de políticas agropecuarias. Una evaluación socioeconómica en salud animal tiene que comenzar desde una línea base para comparar la situación con y sin una intervención. El desarrollo de una línea base necesita información sobre los sistemas de producción y comercialización del (o los) producto(s) de interés, y el comportamiento de la enfermedad dentro estos sistemas. La última parte está basada en la epidemiología y economía del control de la enfermedad. Sin esta información, el análisis socioeconómico de una intervención en salud animal tiene limitado valor. Por lo tanto, la metodología que se presenta y utiliza en este estudio tiene una visión holística de los subsectores involucrados y se enfoca en las necesidades para generar una línea base que posea la suficiente información técnica, y que permita predecir el impacto que genera una intervención sanitaria en la epidemiología de la enfermedad.

La estructura de análisis socioeconómico de un programa de salud animal debería considerar los siguientes elementos:

- Los parámetros técnicos de producción
- Los parámetros técnicos de la enfermedad
- La escala de los sistemas de producción
- El impacto en el mercado (nacional e internacional)
- El impacto en el medioambiente
- El impacto social

Es probable que no se puedan cuantificar todos los componentes de un modelo para la evaluación de un programa de salud animal, en particular los impactos sociales y medioambientales. Sin embargo, conocer la estructura lleva a pensar sobre los diferentes ejes de los impactos de una intervención y la necesidad de hacer mediciones en términos cuantitativos y cualitativos.

Entre las metodologías para realizar evaluaciones socioeconómicas de programas de salud animal, el análisis de presupuesto parcial destaca como la herramienta

óptima. Esta herramienta identifica los costos y beneficios de un cambio en el control de una enfermedad y estima los beneficios menos los costos.

Es probable que los datos secundarios no sean suficientes para toda la lista de información necesaria para realizar un análisis de presupuesto parcial. Donde exista carencia de información, es necesario tomar decisiones sobre la recopilación de datos primarios o el uso de estimaciones de los expertos. La decisión estará basada en el presupuesto disponible para la recopilación de los datos y la sensibilidad del análisis de los datos faltantes. Si el presupuesto no es suficiente para la recopilación de datos importantes se tiene que utilizar estimaciones. Es recomendable explicar dónde y cómo las estimaciones pueden influir los resultados. Esto puede ser una manera para priorizar investigaciones y la recopilación de datos en el futuro.

El modelo teórico presentado consideró que la evaluación de costo-beneficio debe ser vista de forma sistémica, es decir, que considere no solamente el beneficio neto productivo, sino otros ámbitos que interactúan sectorialmente bajo la lógica del bien común. Para generar una línea base se distinguen siete ejes, éstos son:

1. Productivo
2. Gestión sanitaria
3. Logístico-Territorial
4. Ambiental
5. Socioeconómico
6. Institucional
7. Capital humano

Sin embargo, la información necesaria para realizar esta aproximación teórica presenta dispares estados de disponibilidad. El estudio evidenció importantes brechas de información, que impidieron desarrollar un modelo sistémico costo-beneficio de mayor complejidad. Por consiguiente, resulta fundamental avanzar en acortar las brechas de información, de manera de apuntar a una evaluación sistémica que considere los ejes: Productivo, Gestión sanitaria, Logístico-Territorial, Ambiental, Socioeconómico, Institucional y Capital humano, que permitirán el desarrollo de un modelo costo-beneficio más robusto que apoye la toma de decisiones oportunas y eficientes.

Por ejemplo, la información sanitaria y algunos parámetros productivos están disponibles, con un buen nivel de detalle y frecuencia de recopilación. Esto se debe a que los programas sanitarios antes mencionados, obligan al reporte por parte de las empresas productoras de salmón, y el Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura ha invertido en el desarrollo, implementación y mantención de un sistema de

información que permite almacenar estos datos (SIFA). Asimismo, este sistema captura parcialmente las medidas de prevención y tratamientos farmacológicos realizados. Una situación distinta ocurre con la información asociada a los costos de las acciones de gestión sanitaria, las cuales es muy probable que estén muy bien caracterizadas, parametrizadas, medidas y registradas en los sistemas de gestión de las empresas productoras de salmones, pero no están disponibles para uso público. En este proyecto se diseñaron y utilizaron diferentes estrategias para levantar esta información (ej. encuesta y entrevistas) lográndose parcialmente el acceso a algunos datos. El principal problema para el acceso a la información fue que las empresas consideran dichos datos de costos como información estratégica de producción. De existir obligatoriedad en compartir parte de estos datos, se vislumbra que en el corto plazo habría información suficiente para realizar el análisis propuesto previamente.

Otros componentes (ejes) de información se percibe que podrían levantarse en el mediano o largo plazo, por ejemplo, los relacionados a los costos y beneficios sociales, ambientales e institucionales, para los cuales en la actualidad no hay formas establecidas de medirlos. En cuanto al eje territorial, y a modo de complementar la información disponible, es que se propone evaluar el establecimiento de una zonificación dentro del territorio donde opera la industria salmonera que permita conocer las diferentes tarifas basadas en la distancia desde los diferentes polos logísticos.

En base a los antecedentes revisados, y la información disponible, se desarrolló un modelo de análisis y una herramienta para su aplicación que se compone de tres simuladores, que son:

1. Simulador de biomasa en el agua de un ciclo productivo: tiene como objetivo modelar la variable crítica del modelo costo-beneficio para la evaluación de medidas regulatorias dentro de un ciclo productivo.

2. Simulador de biomasa en el agua para escenarios SRS y Caligus: tiene como objetivo modelar la variable crítica del modelo costo-beneficio para la evaluación de medidas regulatorias para un ciclo productivo bajo distintos escenarios sanitarios de SRS y caligidosis.

3. Simulador de presupuesto parcial: tiene como objetivo simular bajo el modelo de evaluación de presupuesto parcial una medida regulatoria.

Los simuladores desarrollados permiten:

- Proyectar biomasa en el agua de un ciclo productivo, determinando mensualmente la biomasa de un centro de cultivo
- Evaluación de las medidas regulatorias, por ejemplo, cosecha anticipada, permite determinar la biomasa que deberá cosechar y la biomasa perdida, es decir, aquella que no obtuvo el productor por término anticipado del ciclo productivo.
- Determinar la variable crítica de costo-beneficio identificando el beneficio productivo del productor
- Comparar la biomasa en el agua de un centro de cultivo bajo distintos escenarios sanitarios.
- Customización de escenarios, es decir, permite la modificación de los rangos que definen los escenarios.

Las herramientas desarrolladas permiten apoyar la toma de decisiones en la gestión sanitaria en acuicultura. Cabe recordar que esta toma de decisiones involucra a diversos sectores, con diferentes objetivos y estructura, donde por ejemplo el sector público debe velar, entre otros, por el desarrollo del país, la protección del estatus sanitario y la disponibilidad de alimentos seguros para la población. Mientras que el sector productivo, busca maximizar las ganancias de su actividad. Es por esto que el proceso de toma de decisiones en salud animal es extremadamente complejo. Idealmente este proceso debe ser a) informado, b) sistemático y c) oportuno, involucrando los componentes epidemiológicos y económicos referentes a las acciones de gestión sanitaria a evaluar. En este sentido, incorporar elementos de evaluación económica (costo-beneficio) resulta extremadamente útil y necesario, por lo que el apoyo en herramientas tecnológicas como son los simuladores permite integrar la información de forma sistemática, y dar elementos oportunos e informados, que permiten anticipar los efectos de las medidas de vigilancia, prevención y control de enfermedades animales.

IV. Executive Summary

The objective of the present study is to develop a cost-benefit analysis model based on aquaculture bioeconomics as a tool to evaluate and make decisions in sanitary management, regarding surveillance, control and prevention measures for piscirickettsiosis and caligidosis. To achieve this, this research is structured from the achievement of five methodological stages. As a starting point, a methodological adjustment instance was carried out with the technical counterpart, then the research began with a background investigation of the regulatory measures in Chile for piscirickettsiosis and caligidosis, in addition to the realization of a national benchmarking to know the developments around cost-benefit models of other productive sectors; and an international benchmarking of cost-benefit models focused on the evaluation of regulations related to surveillance, control and prevention of piscirickettsiosis and caligidosis. The third stage contemplated the development of a cost-benefit model that allowed the evaluation of surveillance, control and prevention measures for piscirickettsiosis and caligidosis, considering the identification of information gaps. In stage four, a methodology was proposed to evaluate the cost-benefit of future surveillance, control and prevention measures for piscirickettsiosis and caligidosis generated in the different ongoing research activities. In the last stage, the technology transfer was carried out through the training of the technical counterpart in the use of the methodology and cost-benefit analysis model.

The specific objectives of this research are detailed below:

- To characterize the surveillance, control and prevention measures considered in the current regulations in force relating to piscirickettsiosis and caligidosis and other areas that support the regulations.
- To collect data for the estimation of costs and benefits of surveillance, control and prevention measures considered in the norm in force relative to piscirickettsiosis and caligidosis.
- To identify information gaps for the estimation of the costs and benefits of the surveillance, control and prevention measures considered in the current regulations related to piscirickettsiosis and caligidosis.
- To provide a cost-benefit analysis model to evaluate the surveillance, control and prevention measures considered in the current regulations on piscirickettsiosis and caligidosis, at the center, ACS and region level.
- To propose a methodology based on the proposed bioeconomic model, which allows cost-benefit analysis of future measures of surveillance,

prevention and control of caligidosis and piscirickettsiosis, whose functional relationships, variables, parameters and data are the result of the Program for Health Management in Aquaculture.

- To train the technical counterpart in the use of the cost-benefit analysis methodology and model.

The methodological tools used to achieve the objectives considered a wide range of qualitative and quantitative elements. Among them are: literature review at the national and international level, surveys and interviews with key actors from the public, private and academic spheres in Chile, participatory workshops and surveys, results validation and technology transfer workshops.

This study was developed by a multidisciplinary professional team, whose added value lies in the participation of professionals from the academic world, specialized in the following areas of knowledge: complex systems engineering, design, implementation and evaluation of public policies, veterinary medicine and epidemiology, animal health economics, information systems, governance and I+D+i trajectory in Chilean aquaculture.

Chilean aquaculture has shown remarkable growth in recent years, becoming the fastest growing food production sector in the world. At a global level, the farming of salmonid species stands out as an important activity due to the added value of its products. Chile is the second largest producer of salmonids in the world. However, these animal production systems are exposed to the danger and consequences generated by animal diseases, constituting the main threat to the sustainability of this productive sector. Among the priority diseases for Chilean aquaculture, caligidosis and piscirickettsiosis stand out.

Although both health problems are of great importance for national aquaculture, there is not enough information on epidemiology and the costs associated with them, nor on the cost-effectiveness of the health management measures defined in the regulations in force. Several research projects have been developed and are underway to increase knowledge of the epidemiology and diagnosis of caligidosis and piscirickettsiosis. All these initiatives aim to improve health management strategies, which are oriented towards specific measures for the prevention, surveillance and control of the aforementioned health problems. It is important to point out that other research and development initiatives are aimed at developing platforms that help maintain, integrate and analyze health and environmental information, in order to generate early warning of health problems and support health management.

Currently, the aquaculture sector does not have the tools to integrate the effects of health management strategies for priority diseases with the cost associated with such actions. Complementarily, the economic analysis of the optimal level of control of animal diseases is complex. This is due to the diversity of existing diseases, differences in their epidemiology and nature of occurrence, as well as the considerable variation between the different preventive measures, treatments and responses to these interventions. Economic analysis in animal health takes into account the monetary benefits and costs of disease control. Combining biological and veterinary knowledge with financial considerations is essential for this. Consequently, for a complete economic analysis, inputs from both economic and non-economic sciences are required. A widely used tool in animal health economic assessment is cost-benefit analysis, which determines the optimal economic options at farm and at broader scales level, for example, at the regional or national level. With this approach, optimization is achieved when net benefits are obtained, i.e., when economic benefits minus costs are maximized.

The normative framework establishes that it is the duty of the State to protect the sanitary patrimony of the country, for which measures must be adopted to establish the control instruments that allow the fulfillment of this purpose. Article 86 of the General Law of Fishing and Aquaculture establishes that protection and control measures must be regulated to avoid the introduction of high-risk diseases, isolate their presence in case they occur, avoid their propagation and tend to their eradication, determining the pathologies that are classified as high risk. The Regulation on measures for the protection, control and eradication of high-risk diseases for hydrobiological species (RESA) provides that the National Fisheries and Aquaculture Service shall, by means of a resolution, establish general and specific health programs. The purpose of the health programs shall be to determine the specific procedures and methodologies for the application of the measures contemplated in these regulations. The general programs will apply the adequate sanitary measures of operation contemplated in the RESA, according to the hydrobiological species used or cultivated, in order to promote an adequate state of health of the latter, as well as to avoid the spread of diseases and pathogens.

The health management tools considered for these priority diseases for national salmon farming are relatively similar, with the frequency and intensity of their applications varying according to the health condition of the farming centers. Among these tools are incorporated general biosecurity procedures, which seek on the one hand to prevent the entry of pathogens into production units, as well as to prevent them from spreading to other production units (from an infected unit). These principles are known as bioexclusion and biocontainment, respectively.

Complementary to the biosecurity conditions, conditions are established to apply pharmacological treatments. The available drugs have passed a rigorous evaluation process for their use in aquatic animals, and strategies have been designed to safeguard the safety of the products generated, as well as to avoid the generation of resistance to the active principles. Other control tools are related to the anticipated harvest, with the objective of reducing the pressure of infection or infestation in areas of greater risk. In a transversal way, health programs define surveillance actions, which allow taking timely health management decisions. To date, no studies have been identified that have accurately assessed the epidemiological effects of the measures described above, nor are all the details of the epidemiology of piscirickettsiosis and caligidosis known.

In addition to gaps in knowledge of the epidemiology of piscirickettsiosis and caligidosis, there is also a gap in the study of the economic impact of these diseases. At the global level, if some data on the impact of diseases affecting salmon production could be identified, it was not possible to identify the results of analyses evaluating the cost-effectiveness of disease control actions in aquaculture.

In Chile, animal disease control and eradication programs have been developed, which have been able to achieve the epidemiological objectives addressed. However, the economic evaluation of these, or the basal situation that existed before their beginning, is scarce, there are no studies that have evaluated the socioeconomic impact of animal diseases, nor the sanitary management measures.

Information gather was conducted with representatives of the national poultry and pig production industry, and it could be identified that there is some information (generally costs) on health problems, but without a methodology, model or instrument that would allow for an evaluation of the impact that can generate changes in health management actions, and support decision making.

The results of a Socio-Economic Assessment are important for decision-making on the allocation of resources at both the public and private levels. The information generated is also key to the development of agricultural policies. A socio-economic assessment in animal health has to start from a baseline to compare the situation with and without an intervention. The development of a baseline needs information on the production and marketing systems of the product(s) of interest, and the behavior of the disease within these systems. The last part is based on the epidemiology and economics of disease control. Without this information, the socio-economic analysis of an animal health intervention has limited value. Therefore, the methodology presented and used in this study has a holistic view of the subsectors involved and focuses on the needs to generate a baseline that has sufficient

technical information, and that allows predicting the impact generated by a health intervention in the epidemiology of the disease.

The socio-economic analysis structure of an animal health program should consider the following elements:

- Technical parameters of production
- Technical parameters of the disease
- Production systems scale
- The impact on the market (national and international)
- Environmental impact
- Social impact

It is likely that it will not be possible to quantify all the components of a model for the evaluation of an animal health program, particularly, the social and environmental impacts. However, knowing the structure leads to thinking about the different axes of the impacts of an intervention and the need to make measurements in quantitative and qualitative terms.

Partial budget analysis stands out as the optimal tool among the methodologies for conducting socioeconomic evaluations of animal health programs. This tool identifies the costs and benefits of a change in disease control and estimates the benefits minus the costs.

Secondary data may not be sufficient for all the list of information needed to perform a partial budget analysis. If there is a lack of information, decisions need to be made on the basis of primary data collection or the use of expert estimates. The decision will be based on the budget available for data collection and the sensitivity of the analysis of missing data. If the budget is not sufficient for the collection of important data, estimates must be used. It is advisable to explain where and how the estimates can influence the results. This may be a way to prioritize future research and data collection.

The theoretical model presented considered that the cost-benefit assessment should be seen in a systemic way, i.e, that it considers not only the net productive benefit, but other areas that interact by sector under the logic of the common good. In order to generate a baseline, seven axes are distinguished:

8. Productive
9. Health management
10. Logistic-Territorial
11. Environmental
12. Socio-economic

13. Institutional
14. Human capital

However, the information needed to carry out this theoretical approximation presents different states of availability. The study revealed important information gaps, which prevented the development of a more complex cost-benefit systemic model. Therefore, it is fundamental to advance in closing the information gaps, in order to point to a systemic evaluation that considers the axes: Productive, Health Management, Logistic-Territorial, Environmental, Socioeconomic, Institutional and Human Capital, which will allow the development of a more robust cost-benefit model that supports timely and efficient decision making.

For example, health information and some production parameters are available, with a good level of detail and frequency of collection. This is due to the fact that the sanitary programs mentioned above require reporting by salmon producing companies, and the National Fisheries and Aquaculture Service has invested in the development, implementation and maintenance of an information system that allows these data to be stored (SIFA). Likewise, this system partially captures the preventive measures and pharmacological treatments carried out. A different situation occurs with the information associated with the costs of health management actions, which are very likely to be well characterized, parameterized, measured and recorded in the management systems of salmon producing companies, but are not available for public use. In this project, different strategies were designed and used to collect this information (e.g., surveys and interviews), partially achieving access to some data. The main problem for access to information was that companies consider such cost data as strategic production information. If there was an obligation to share part of these data, it appears that in the short term there would be enough information to carry out the analysis previously proposed.

Other components (axes) of information are perceived that could be built in the medium or long term, for example, those related to social, environmental and institutional costs and benefits, for which there are currently no established ways to measure them. With regard to the territorial axis, and in order to complement the available information, it is proposed to evaluate the establishment of zoning within the territory where the salmon industry operates, which allows to know the different tariffs based on the distance from the different logistic poles.

Based on the reviewed background and available information, an analysis model was developed as well as a tool for its application which is composed of three simulators:

4. Biomass simulator (in water) of a productive cycle: its objective is to model the critical variable of the cost-benefit model for the evaluation of regulatory measures within a productive cycle.

5. Biomass (in water) simulator for SRS and Caligus scenarios: its objective is to model the critical variable of the cost-benefit model for the evaluation of regulatory measures for a productive cycle under different sanitary scenarios for SRS and caligidosis.

6. Partial budget simulator: its purpose is to simulate a regulatory measure under the partial budget evaluation model.

The developed simulators allow:

- To project biomass (in water) of a productive cycle, determining the biomass of a cultivation center by month.
- The evaluation of regulatory measures, e.g. early harvest: allows to determine the biomass to be harvested and the biomass lost, i.e., biomass that was not obtained by the producer due to the anticipated end of the production cycle.
- To determine the critical cost-benefit variable by identifying the productive benefit of the producer.
- To compare the biomass (in water) of a cultivation center under different sanitary scenarios.
- Customization of scenarios, that is, it allows the modification of the ranges that define the scenarios.

The tools developed support decision making in aquaculture health management. For example, the public sector must ensure, among other things, the country development, the health status protection and the availability of safe food for the population. At the same time, the productive sector seeks to maximize the profits of its activity. This is why the decision-making process in animal health is extremely complex. Ideally, this process should be a) informed, b) systematic and c) timely, involving the epidemiological and economic components related to the health management actions to be evaluated. In this sense, incorporating elements of economic evaluation (cost-benefit) is extremely useful and necessary, so the support in technological tools such as simulators, allows to integrate the information in a systematic way and give timely and informed elements that allow to anticipate the effects of surveillance, prevention and control measures on animal diseases.

V. Introducción

El presente corresponde al informe final del proyecto "Análisis costo-beneficio de las medidas de vigilancia, control y prevención de las enfermedades piscirickettsiosis y caligidosis" cuyo objetivo es desarrollar un modelo de análisis de costo – beneficio que se base en la bioeconomía acuícola como herramienta para evaluar y tomar decisiones respecto de medidas de vigilancia, control y prevención de piscirickettsiosis y caligidosis. El proyecto contempló un plazo de ejecución de 4 meses.

El equipo de investigadores es multidisciplinario, dado que reúne profesionales de áreas diversas, a saber: medicina veterinaria, economía, ingeniería civil industrial, ingeniería civil informática, geografía y gobernanza, las cuáles logran ser eficientemente complementadas para el desarrollo de los objetivos planteados en esta propuesta. Los profesionales cuentan con amplia trayectoria en acuicultura y desarrollo de proyectos con organismos del Estado.

Este proyecto se desarrolló en estrecha colaboración con el Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura y los profesionales del Programa para la Gestión Sanitaria en la Acuicultura como contraparte de la asesoría y otros organismos involucrados. Se establecieron reuniones regulares de trabajo para el diseño, análisis y evaluación de los productos intermedios contemplados, con una recurrente interacción por parte del equipo de trabajo de FAVET para el logro de los objetivos establecidos en el contrato.

VI. Presentación del proyecto

VI.1 Objetivo

VI.1.1 Objetivo general

Desarrollar un modelo de análisis de costo-beneficio que se base en la bioeconomía acuícola como herramienta para evaluar y tomar decisiones respecto de medidas de vigilancia, control y prevención de piscirickettsiosis y caligidosis.

VI.1.2 Objetivos específicos

a) Caracterizar las medidas de vigilancia, control y prevención consideradas en la normativa vigente relativa a piscirickettsiosis y caligidosis y otros ámbitos que son soporte de la normativa.

b) Levantar datos para la estimación de costo y beneficios de las medidas de vigilancia, control y prevención consideradas en la normativa vigente relativa a piscirickettsiosis y caligidosis.

c) Identificar brechas de información para la estimación del costo-beneficio de las medidas de vigilancia, control y prevención consideradas en la normativa vigente relativa a piscirickettsiosis y caligidosis.

d) Entregar un modelo de análisis de costo-beneficio que permita evaluar aquellas medidas de vigilancia, control y prevención consideradas en la normativa vigente relativa a piscirickettsiosis y caligidosis, a nivel de centro de cultivo, ACS y región.

e) Proponer una metodología basada en el modelo bioeconómico propuesto, que permita realizar el análisis costo–beneficio de futuras medidas de vigilancia, prevención y control de caligidosis y piscirickettsiosis, cuyas relaciones funcionales, variables, parámetros y datos sean resultado del Programa para la Gestión Sanitaria en la Acuicultura.

f) Capacitar a la contraparte técnica en el uso de la metodología y modelo de análisis de costo-beneficio

VI.2 Resultados esperados

Los resultados aportados por esta investigación están concretados en el presente informe final que contiene los siguientes productos:

1. Informe de ajuste de metodología y planificación
2. Estudio de identificación y caracterización de medidas regulatorias de la normativa nacional vigente de vigilancia, control y prevención relativas a piscirickettsiosis y caligidosis y otros ámbitos de soporte de las medidas regulatorias.
3. Estudio comparativo a nivel nacional e internacional en modelos de análisis de costo-beneficio, identificando elementos que permitan evaluar medidas de vigilancia, control y prevención relativa a piscirickettsiosis, caligidosis y otras enfermedades.
4. Prediseño del modelo análisis de costo-beneficio que contenga los lineamientos y principales variables a considerar.
5. Reporte de taller con contraparte técnica y otros actores a definir para la presentación de resultados de la Etapa 1 y prediseño del modelo de análisis de costo-beneficio y panel de expertos para levantar costos con actores públicos y privados.
6. Datos para la estimación de costos y beneficios de las medidas de vigilancia, control y prevención consideradas en la normativa vigente relativa a piscirickettsiosis y caligidosis.
7. Reporte de encuesta-focus group con panel de expertos para levantar costos con actores públicos y privados.
8. Brechas de información para la estimación del costo-beneficio de las medidas de vigilancia, control y prevención consideradas en la normativa vigente relativa a piscirickettsiosis y caligidosis.
9. Modelo de análisis de costo-beneficio que permita evaluar aquellas medidas de vigilancia, control y prevención consideradas en la actual normativa de piscirickettsiosis y caligidosis, a nivel de centro de cultivo, ACS y región.
10. Herramienta de simulación que permita analizar costo y beneficio de la implementación y operación de diversas medidas de vigilancia, prevención y control de caligidosis y piscirickettsiosis.
11. Reporte de taller de validación de escenarios y del modelo paramétrico de simulación en conjunto con la contraparte técnica.
12. Metodología para la evaluación de costo y beneficio de futuras medidas de vigilancia, prevención y control de caligidosis y piscirickettsiosis.
13. Propuesta de acciones para mejorar la evaluación y monitoreo de medidas.

14. Reporte de taller de capacitación de uso del modelo de análisis de costo-beneficio y metodología para la evaluación de costo y beneficio de futuras medidas.
15. Documento de difusión de resultados del proyecto.

VI.3 Necesidad que se atiende y el problema a resolver

La acuicultura chilena ha presentado un notable crecimiento durante los últimos años, aumentando la producción desde 55,7 a 73,8 mil millones de toneladas, convirtiéndose en el sector de producción alimentaria con más rápido crecimiento del mundo (FAO, 2016). Dentro del panorama acuícola mundial, el cultivo de especies salmónidas se destaca como una importante actividad debido al valor agregado de sus productos. Esta industria ha alcanzado cerca del 17% del valor total generado por la acuicultura global. Chile representa el segundo mayor productor de salmónidos a nivel mundial, generando 830.000 toneladas durante el 2015 equivalente a 4.976 millones de dólares de ingreso en el mismo año (FAO, 2016). Sin embargo, este sistema de producción animal está expuesto al peligro y la consecuencia que generan las enfermedades, constituyéndose como la principal amenaza para la sustentabilidad de este sector productivo. Dentro de las enfermedades prioritarias para la acuicultura chilena, destacan la caligidosis y la piscirickettsiosis.

La caligidosis, en Chile, es una enfermedad producida por Caligus rogercresseyi (Boxshall & Bravo, 2000), comúnmente llamado piojo de mar o caligus, el cual corresponde a un ectoparásito copépodo endémico que habita las aguas marinas y salobres de Chile (Bravo & Midtlyng, 2007; Asencio et al., 2011). Las principales especies salmónidas hospederas que han demostrado ser altamente susceptibles a C. rogercresseyi en orden decreciente de susceptibilidad son la trucha arcoíris y el salmón del atlántico. En contraste, el salmón coho presenta resistencia bajo las mismas condiciones de cultivo, siendo parasitado sólo por estadios juveniles (chalimus), que no logran alcanzar el estado adulto en esta especie salmónida (Pino-Marambio et al., 2007, Asencio, 2015).

Por otra parte, la piscirickettsiosis es causado por Piscirickettsia salmonis, una bacteria Gram-negativa facultativa intracelular (Fryer and Hedrick, 2003). La piscirickettsiosis es reconocida como la enfermedad bacteriana más importante para la industria salmonera en Chile, afectando a los peces durante la etapa del

ciclo productivo en agua de mar con una alta mortalidad. Asimismo, es identificada como la principal causa de tratamientos con antimicrobianos, situación que es una externalidad negativa para la producción nacional. Debido a su importancia, el año 2012 se introdujo un plan de vigilancia activa contra SRS, cuya estrategia incluye pruebas microbiológicas y moleculares, que son voluntarias y se complementan con tratamientos de vacunación y antibióticos, estos últimos administrados principalmente a través de alimentos para peces (Henríquez et al., 2016).

Aunque ambos problemas sanitarios son de gran importancia para la acuicultura nacional, no existe suficiente información, en el ámbito de la epidemiología ni de los costos asociados a ellas, ni de la rentabilidad de las medidas de gestión sanitaria definidas en la normativa vigente. De todas formas, se han desarrollado y están en curso diversas investigaciones que apuntan a elevar el conocimiento en temas de epidemiología y diagnóstico de la caligidosis y de la piscirickettsiosis. Todas estas iniciativas apuntan a mejorar las estrategias de gestión sanitaria, que se orientan en medidas concretas para la prevención, vigilancia y control de los problemas sanitarios antes mencionados.

Asimismo, es relevante destacar que otras iniciativas de investigación y desarrollo apuntan a la implementación de plataformas que ayuden a mantener, integrar y analizar la información sanitaria y ambiental, con el fin de generar alerta temprana sobre problemas sanitarios y apoyar a la gestión sanitaria.

Sin embargo, hasta ahora no se han destinado esfuerzos para la evaluación del costo asociado a la caligidosis ni a la piscirickettsiosis, que permitan evaluar si las medidas de gestión sanitaria, que apuntan a la prevención, vigilancia y control de estos problemas sanitarios generan un beneficio en términos económicos. Por dicho motivo la presente investigación aborda este vacío en la gestión sanitaria de la acuicultura, que propone el desarrollo de un modelo de análisis bioeconómico de costo–beneficio, como herramienta para evaluar y tomar decisiones respecto de medidas de gestión sanitaria para piscirickettsiosis y caligidosis, que pueda ser utilizado tanto para la toma de decisiones públicas como privadas, integrándose con las diversas iniciativas de investigación y desarrollo que actualmente están en marcha en este sector productivo.

VI.4 Metodología

VI.4.1 Marco metodológico

El proyecto tiene como objetivo desarrollar un modelo de análisis de costo-beneficio que se base en la bioeconomía acuícola como herramienta para evaluar y tomar decisiones respecto de medidas de vigilancia, control y prevención de piscirickettsiosis y caligidosis, por consiguiente, el eje de desarrollo es un modelo de costos y beneficios. Este tipo de modelo permite recoger e identificar cuál es la información relevante para determinar el escenario que proporcione el mayor beneficio respecto a una regulación, incorporándolos en un modelo único y accesible.

Actualmente, el sector acuícola no cuenta con herramientas que permitan integrar los efectos de las estrategias de gestión sanitaria de las enfermedades prioritarias, con el costo asociado a dichas acciones. Sin embargo, el análisis económico del control óptimo de enfermedades animales es complejo. Esto se debe a la diversidad de enfermedades existentes, a las diferencias en su epidemiología y naturaleza de aparición, así como a la considerable variación entre las distintas medidas preventivas, tratamientos y respuestas obtenidas frente a estas intervenciones. El análisis económico en salud animal tiene en cuenta los beneficios monetarios y los costos del control de enfermedades. Para ello, es fundamental combinar conocimientos biológicos y veterinarios con consideraciones financieras. En consecuencia, para un análisis económico completo, se requieren insumos tanto de ciencias económicas como de ciencias diferentes a la economía. Una herramienta muy utilizada en la evaluación económica en salud animal es el análisis de costo-beneficio, el cual determina las opciones económicas óptimas tanto a nivel de explotaciones como a escalas más amplias, por ejemplo, a nivel regional o nacional. Con este enfoque, la optimización se logra cuando se obtienen beneficios netos, es decir, cuando los beneficios económicos menos los costos, se maximizan.

En el desarrollo de un modelo de análisis de costo–beneficio de medidas normativas, ha sido clave el benchmarking nacional e internacional. Este tipo de análisis permitió generar un análisis comparativo con otras realidades, con el fin de describir y comprender las distintas realidades existentes e identificar similitudes, diferencias e incluso rescatar atributos deseables de incorporar en la realidad nacional.

VI.4.2 Metodología por Etapas

La metodología desarrollada se estructuró en etapas, la que aportó en ordenamiento lógico de las actividades para alcanzar los resultados esperados.

Para la consecución de los objetivos se definieron 5 etapas. Las etapas y los objetivos asociados se resumen en el siguiente esquema.

Figura 1. Esquema Etapas del proyecto

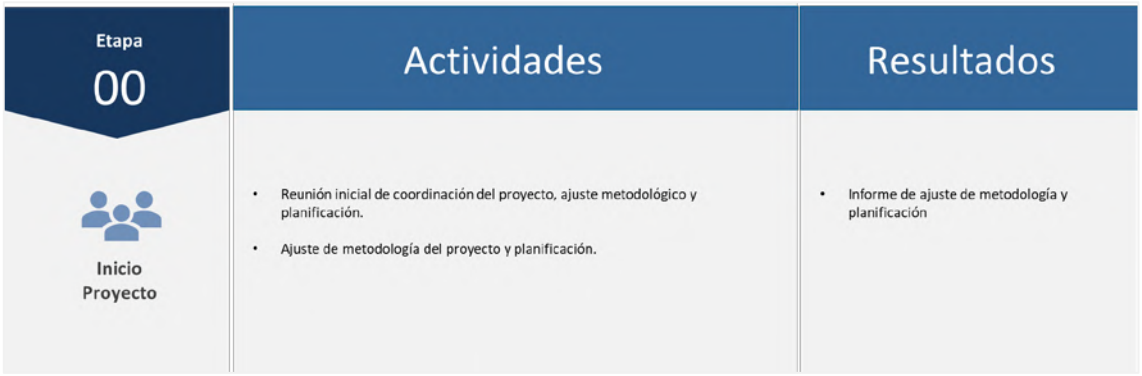
	Etapa	Objetivos
Etapa 00	Inicio de Proyecto	Todos los objetivos
Etapa 01	Levantamiento de antecedentes de medidas regulatorias y modelos de costo-beneficio	1. Caracterizar las medidas de vigilancia, control y prevención consideradas en la actual normativa vigente relativa a Piscirickettsiosis y Caligidosis y otros ámbitos que son soporte de la normativa.
Etapa 02	Modelo de análisis de costo--beneficio que permita evaluar aquellas medidas de vigilancia, control y prevención de Piscirickettsiosis y Caligidosis.	2. Levantar datos para la estimación de costo y beneficios de las medidas de vigilancia, control y prevención consideradas en la actual normativa vigente relativa a Piscirickettsiosis y Caligidosis. 3. Identificar brechas de información para la estimación el costo-beneficio de las medidas de vigilancia, control y prevención consideradas en la actual normativa vigente relativa a Piscirickettsiosis y Caligidosis. 4. Entregar un modelo de análisis de costo--beneficio que permita evaluar aquellas medidas de vigilancia, control y prevención consideradas en la actual normativa vigente relativa a Piscirickettsiosis y Caligidosis, a nivel de centro de cultivo, ACS y región.
Etapa 03	Metodología para la evaluación costo-beneficio de futuras medidas de vigilancia, prevención y control de Caligidosis y Piscirickettsiosis	5. Proponer una metodología basada en el modelo bioeconómico propuesto, que permita realizar el análisis costo – beneficio de futuras medidas de vigilancia, prevención y control de Caligidosis y Piscirickettsiosis, cuyas relaciones funcionales, variables, parámetros y datos sean resultado del Programa para la Gestión Sanitaria en la Acuicultura.
Etapa 04	Transferencia tecnológica	6. Capacitar a la contraparte técnica en el uso de la metodología y modelo de análisis de costo-beneficio.

A continuación, se describe cada etapa junto con la metodología asociada.

VI.4.2.1 Metodología etapa 0

Esta etapa consideró el establecimiento de las coordinaciones necesarias con la contraparte técnica de manera de dar inicio al proyecto. El siguiente esquema resume las actividades realizadas en la etapa inicial del proyecto, sus objetivos y resultados.

Figura 2. Esquema Etapa 0



A continuación, se describen las actividades y su metodología:

- **Reunión inicial de coordinación del proyecto, ajuste metodológico y planificación**

Esta actividad consideró una reunión de inicio del proyecto entre el equipo consultor y la contraparte técnica. El objetivo de esta reunión fue revisar la metodología y plan de trabajo del proyecto.

- **Ajuste de metodología del proyecto y planificación**

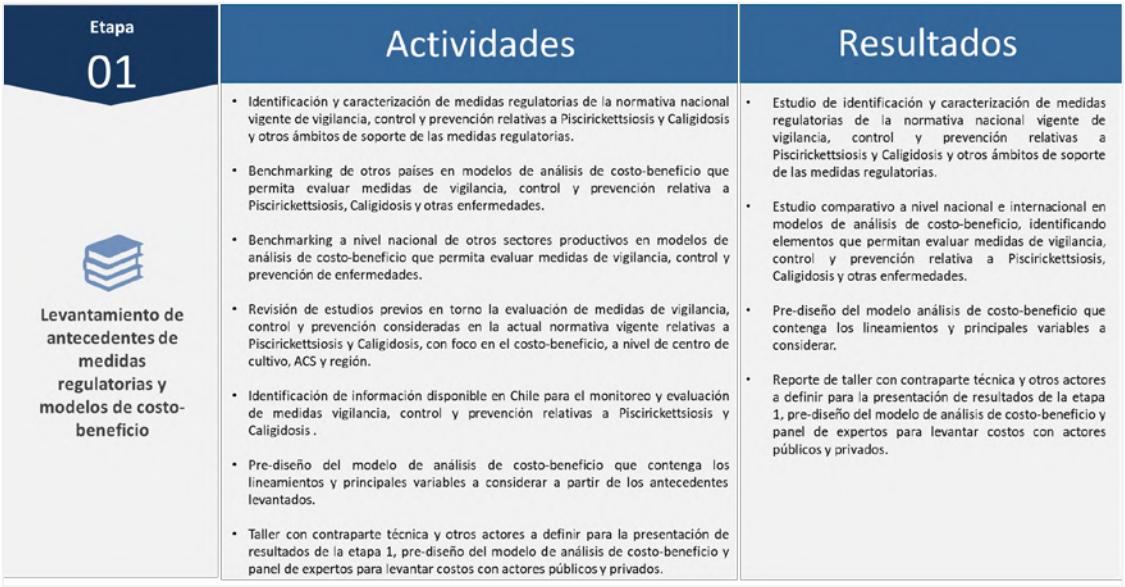
A partir de la realización de la reunión anterior y las modificaciones y/o especificaciones que resultantes, se elaboró un informe que contiene los ajustes metodológicos y plan de trabajo consensuado con la contraparte técnica.

VI.4.2.2 Metodología etapa 1

La primera etapa tuvo por objetivo realizar un levantamiento de antecedentes que permitan tener una visión de la situación actual de medidas regulatorias de la normativa nacional vigente de vigilancia, control y prevención relativas a piscirickettsiosis y caligidosis considerando los siguientes ámbitos de levantamiento: sanitario, económico (productivo, social, público), logístico y territorial e institucional. Adicionalmente, se levantaron antecedentes sobre modelos de análisis de costo-beneficio de otros países productores de salmónidos y modelos de análisis de costo-beneficio en otros sectores productivos a nivel nacional. Finalmente, se obtuvo un prediseño del modelo de análisis de costo-beneficio con los lineamientos y principales variables a considerar.

El siguiente esquema resume las actividades, objetivos y resultados de la etapa.

Figura 3. Esquema Etapa 1



A continuación, se describen las actividades:

- **Identificación y caracterización de medidas regulatorias de la normativa nacional vigente de vigilancia, control y prevención relativas a piscirickettsiosis y caligidosis y otros ámbitos de soporte de las medidas regulatorias.**

La identificación y caracterización de medidas regulatorias de la normativa nacional vigente de vigilancia, control y prevención relativas a piscirickettsiosis y caligidosis y otros ámbitos de soporte de las medidas regulatorias, consideró en cada ámbito los siguientes componentes:

a) Sanitario

- Programas sanitarios
- Identificación de grupos de medidas asociadas a los programas sanitarios de piscirickettsiosis y caligidosis
- Indicadores de monitoreo (cargas caligus, mortalidades SRS, CAD, entre otros)
- Evaluación de programas sanitarios

b) Económico:

- Económico-productivo
- Económico social (empleos directos e indirectos, y aspectos relativos al desempeño económico regional. Se exploraron externalidades asociadas a la producción acuícola)

- Económico público (costos de la fiscalización e implementación de las medidas)

c) Logístico y Territorial

- Caracterización de concesiones por ACS y Región
- Caracterización logístico-territorial-temporal
- Costo logístico territorial

d) Institucionalidad

- Diseño e implementación de normativas
- Fiscalización
- Monitoreo y evaluación de medidas

La actividad se enfocó en el levantamiento de antecedentes a través de revisión bibliográfica de material disponible en estudios previos y la normativa vigente, junto con entrevistas/encuestas a actores clave.

- **Benchmarking de otros países en modelos de análisis de costo-beneficio que permita evaluar medidas de vigilancia, control y prevención relativa a piscirickettsiosis, caligidosis y otras enfermedades.**

En esta actividad se realizó un benchmarking internacional, levantando los modelos de análisis de costo-beneficio que permitió evaluar medidas de vigilancia, control y prevención relativa a piscirickettsiosis, caligidosis y otras enfermedades. El levantamiento consideró a los países con producción de salmónidos: Noruega, Canadá y Escocia, así como información publicada por otros países para otras especies acuícolas. Esto se realizó a través de revisión bibliográfica.

- **Benchmarking a nivel nacional de otros sectores productivos en modelos de análisis de costo-beneficio que permitan evaluar medidas de vigilancia, control y prevención de enfermedades.**

Esta actividad contempló un benchmarking a nivel nacional de otros sectores productivos que ya hayan desarrollado modelos de análisis de costo-beneficio de medidas de vigilancia, control y prevención de enfermedades. El benchmarking se abarcará con entrevistas/encuestas a actores de otros sectores productivos a nivel nacional.

- **Revisión de estudios previos en torno la evaluación de medidas de vigilancia, control y prevención consideradas en la actual normativa vigente**

relativas a piscirickettsiosis y caligidosis, con foco en el costo-beneficio, a nivel de centro de cultivo, ACS y región.

Esta actividad contempló una revisión de estudios desarrollados con anterioridad en torno a modelos de análisis de costo-beneficio de medidas de vigilancia, control y prevención de enfermedades. La actividad se abarcó a través de revisión bibliográfica.

- **Identificación de información disponible en Chile para el monitoreo y evaluación de medidas de vigilancia, control y prevención relativas a piscirickettsiosis y caligidosis.**

Esta actividad contempló una revisión documental en torno a monitoreo y evaluación de las medidas de vigilancia, control y prevención de enfermedades. La actividad se abarcó a través de revisión bibliográfica, papers científicos, revisión de artículos web y entrevistas/encuestas a actores clave.

- **Prediseño del modelo de análisis de costo-beneficio que contenga los lineamientos y principales variables a considerar a partir de los antecedentes levantados.**

Esta actividad consideró la elaboración de un prediseño del modelo de costo-beneficio, estableciendo cuáles son los principales lineamientos y restricciones, además de identificar cuáles son las variables a utilizar a partir de la información levantada en las actividades anteriores.

- **Taller con contraparte técnica y otros actores a definir para la presentación de resultados de la etapa 1, prediseño del modelo de análisis de costo-beneficio y panel de expertos para levantar costos con actores públicos y privados.**

Esta actividad contempló la realización de un taller de validación del prediseño del modelo de análisis de costo-beneficio y la presentación de los resultados alcanzados en la Etapa 1 a la contraparte técnica.

VI.4.2.3 Metodología etapa 2

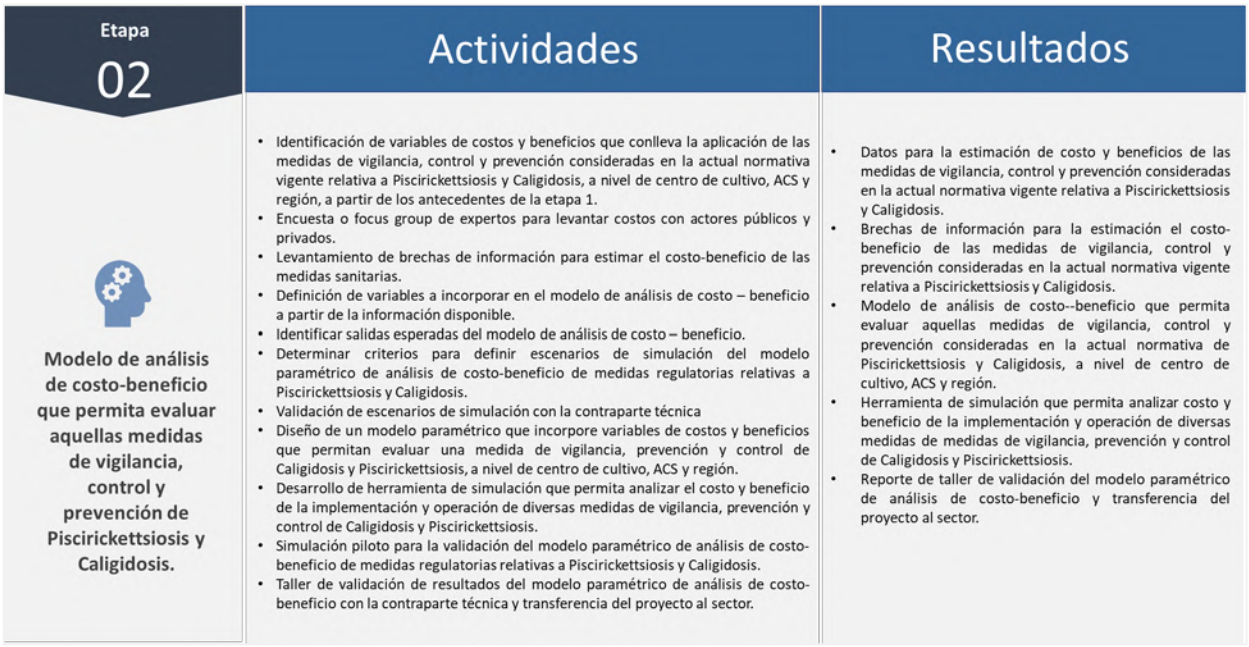
Esta etapa tuvo como objetivo central entregar un modelo de análisis de costo-beneficio que permita evaluar aquellas medidas de vigilancia, control y prevención consideradas en la normativa vigente relativa a piscirickettsiosis y caligidosis, a nivel de centro de cultivo, ACS y región, junto con levantar datos para

la estimación de costos y beneficios de las medidas de vigilancia, control y prevención consideradas en la normativa vigente relativa a piscirickettsiosis y caligidosis. Además, permitió identificar brechas de información para la estimación el costo-beneficio de las medidas de vigilancia, control y prevención consideradas en la actual normativa vigente relativa a piscirickettsiosis y caligidosis.

Para ello primeramente se definieron las variables a incluir en el modelo de costo-beneficio junto con levantar datos de éstas. Dentro del diseño, se contempló la definición de escenarios a simular y salidas esperadas del modelo. Finalmente, se desarrolló una herramienta de simulación que permite analizar costo y beneficio de la implementación y operación de diversas medidas de vigilancia, prevención y control de caligidosis y piscirickettsiosis.

El siguiente esquema resume las actividades, objetivos y resultados de la etapa.

Figura 4. Esquema Etapa 2 Modelo de Análisis de costo-beneficio



A continuación, se describen las actividades junto con la metodología de la etapa 2.

- **Identificación de variables de costos y beneficios que conlleva la aplicación de las medidas de vigilancia, control y prevención consideradas en la normativa vigente relativa a piscirickettsiosis y caligidosis, a nivel de centro de cultivo, ACS y región, a partir de los antecedentes de la etapa 1.**

En esta actividad se utilizó como insumo los antecedentes levantados en la etapa 1, obteniendo como resultado la identificación de variables de costos y beneficios que conlleva la aplicación de las medidas de vigilancia, control y prevención consideradas en la normativa vigente relativa a piscirickettsiosis y caligidosis, a nivel de centro de cultivo, ACS y región.

- **Levantamiento de datos de las variables de costos y beneficios definidas para el modelo**

Se realizó un levantamiento de fuentes de información junto con los sistemas de información asociados, que permitan obtener la data de las variables de costos y beneficios definidas para el modelo de análisis de costo-beneficio.

Para este levantamiento se utilizaron dos tipos de fuentes: fuente primaria y fuente secundaria. En la fuente primaria se levantó toda aquella información institucional de Sernapesca, es decir, data de indicadores para el monitoreo y fiscalización, junto con sistemas de información como el Sistema Integral de Información para la Fiscalización de Acuicultura (SIFA), adicionalmente, se consideró la data de otras instituciones que capturan información relevante para el modelo. En tanto, la fuente secundaria, se enmarcó en la provisión de data que manejan los agentes privados sobre costos económicos-productivos.

- **Encuesta a expertos para levantar costos con actores públicos y privados**

Se realizó una encuesta a expertos del ámbito público y otra encuesta a expertos del ámbito privado para levantar los costos de la cadena de valor en sus fases agua mar y proceso, que permitan obtener la data de las variables de costos para el modelo de análisis de costo-beneficio.

- **Levantamiento de brechas de información para estimar el costo-beneficio de las medidas sanitarias.**

En esta actividad se realizó un levantamiento de brechas de la información que se requiere para estimar el costo-beneficio de las medidas de vigilancia, prevención y control de caligidosis y piscirickettsiosis. Este levantamiento se realizó a partir del análisis de los resultados de las actividades anteriores, complementando con entrevistas a actores relevantes que se definieron en conjunto con la contraparte.

- **Definición de variables a incorporar en el modelo de análisis de costo–beneficio a partir de la información disponible.**

Considerando la información disponible y brechas de información, se definieron las variables que resulta posible incluir dentro del modelo de análisis de costo-beneficio con el desafío de plantear un modelo escalable en el tiempo que pueda incorporar nuevas variables en el futuro.

- **Identificar salidas esperadas del modelo de análisis de costo–beneficio.**

En esta actividad se identificaron las salidas que tendrá el modelo de análisis de costo-beneficio, salidas tanto a nivel de resultados como formas de visualización de resultados, esto se definió en conjunto con la contraparte técnica durante el taller de validación de resultados.

- **Determinar criterios para definir escenarios de simulación del modelo paramétrico de análisis de costo-beneficio de medidas regulatorias relativas a piscirickettsiosis y caligidosis.**

El equipo consultor, en conjunto con la contraparte, determinó una serie de criterios para definir los escenarios deseables a simular en el modelo de análisis de costo-beneficio.

- **Diseño de un modelo paramétrico que incorpore variables de costos y beneficios que permitan evaluar una medida de vigilancia, prevención y control de caligidosis y piscirickettsiosis, a nivel de centro de cultivo, ACS y región.**

Esta actividad contempló el diseño en detalle del modelo de análisis de costo-beneficio, considerando como lineamiento de diseño que esté constituido por un modelo paramétrico y flexible, es decir, que se permita incorporar nuevas variables en el futuro. Los parámetros considerados fueron: costos, costos evitados, balance entre factores de producción, pérdida generada por no producir, entre otros que se definieron a lo largo del proyecto.

- **Desarrollo de herramienta de simulación que permita analizar el costo y beneficio de la implementación y operación de diversas medidas de vigilancia, prevención y control de caligidosis y piscirickettsiosis.**

Se desarrolló una herramienta de simulación que permite ejecutar el modelo paramétrico de análisis de costo-beneficio. El diseño de esta herramienta consideró una fase de diseño conceptual de la herramienta, y luego una fase de implementación que permite ingresar valores que están parametrizados obteniendo los resultados del modelo.

- **Descripción de herramienta de simulación y opciones de implementación**

Se realizó una descripción de la herramienta de simulación y su implementación especificando las herramientas TI/plataformas/lenguajes disponibles, que justifica la selección de alguna en particular

- **Simulación piloto para la validación del modelo paramétrico de análisis de costo-beneficio de medidas regulatorias relativas a piscirickettsiosis y caligidosis.**

Se ejecutó una simulación con características de piloto que permitió realizar una validación del modelo paramétrico de análisis de costo-beneficio de medidas regulatorias relativas a piscirickettsiosis y caligidosis con la data disponible. Los escenarios a simular fueron los definidos en las actividades precedentes.

- **Taller de validación de resultados del modelo paramétrico de análisis de costo-beneficio con la contraparte técnica y transferencia al sector.**

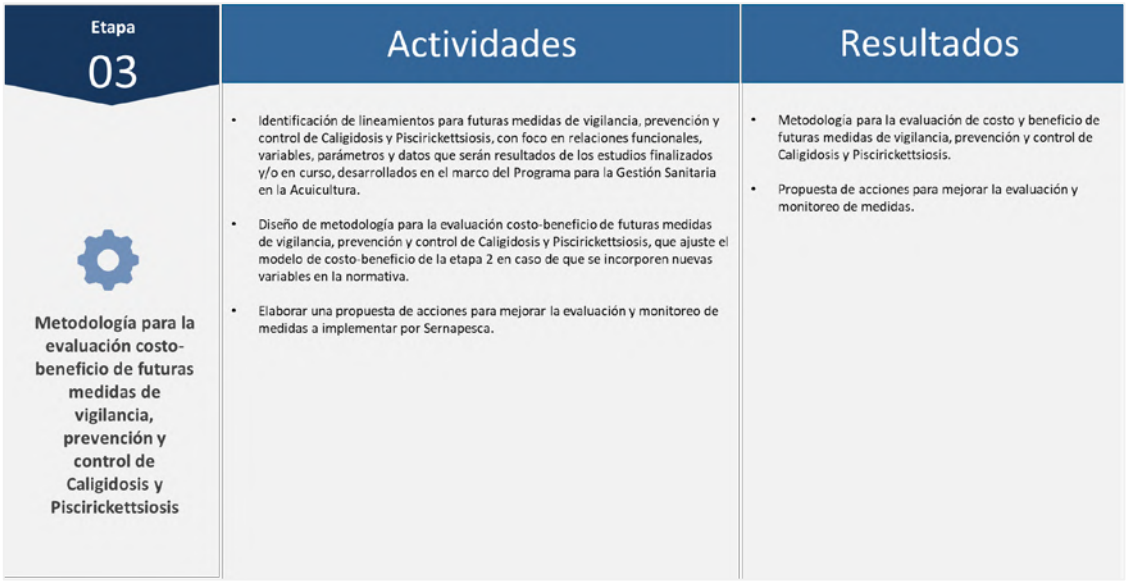
Se realizó un taller donde se presentaron los resultados del modelo paramétrico de análisis de costo-beneficio para validar los resultados obtenidos en conjunto con la contraparte técnica.

VI.4.2.4 Metodología etapa 3

Esta etapa tuvo por objetivo proponer una metodología de evaluación costo-beneficio de futuras medidas de vigilancia, prevención y control de caligidosis y piscirickettsiosis basada en el modelo de análisis costo – beneficio de la etapa 2. Para ello se identificaron los lineamientos de estas futuras medidas desarrolladas en el marco del Programa para la Gestión Sanitaria en la Acuicultura, junto con diseñar la metodología que ajuste el modelo de costo-beneficio de la etapa 2 en caso de que se incorporen nuevas variables en la normativa. Finalmente, se elaboró una propuesta de acciones para mejorar la evaluación y monitoreo de medidas a implementar por Sernapesca.

El siguiente esquema resume las actividades, objetivos y resultados de la etapa.

Figura 5. Esquema Etapa 3



A continuación, se describen las actividades:

- **Identificación de lineamientos para futuras medidas de vigilancia, prevención y control de caligidosis y piscirickettsiosis, con foco en relaciones funcionales, variables, parámetros y datos que serán resultados de los estudios finalizados y/o en curso, desarrollados en el marco del Programa para la Gestión Sanitaria en la Acuicultura.**

Esta actividad consideró la identificación de las principales líneas de trabajo que debieran abordar las modificaciones o incorporaciones de futuras medidas de vigilancia, prevención y control de caligidosis y piscirickettsiosis. Además, contempló el establecimiento de relaciones funcionales entre ellas de modo que las variables, parámetros y datos resultados de otros estudios finalizados y/o en curso del PGSA encuentren sinergias con el modelo de costo-beneficio propuesto por este proyecto y en el futuro puedan alimentarlo.

- **Diseño de metodología para la evaluación costo-beneficio de futuras medidas de vigilancia, prevención y control de caligidosis y piscirickettsiosis, que ajuste el modelo de costo-beneficio de la etapa 2 en caso de que se incorporen nuevas variables en la normativa.**

Esta actividad contempló el diseño de la metodología a emplear para la evaluación costo-beneficio de las futuras medidas de vigilancia, prevención y control de caligidosis y piscirickettsiosis. El principal propósito de esta metodología es que los usuarios del modelo conozcan cómo ajustarlo en caso de que se incorporen nuevas variables en la normativa vigente.

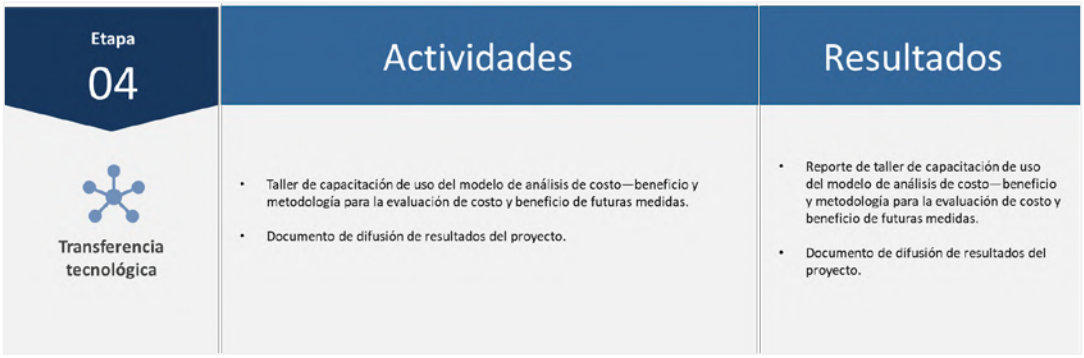
- **Elaborar una propuesta de acciones para mejorar la evaluación y monitoreo de medidas a implementar por Sernapesca.**

Esta actividad consideró la elaboración de una propuesta que contenga acciones que apuntan al mejoramiento de las medidas que Sernapesca implemente en el futuro, enfocándose en optimizar las tareas de evaluación y monitoreo de estas.

VI.4.2.5 Metodología etapa 4

La etapa 4 tuvo por objetivo transferir los resultados del proyecto a la contraparte técnica, de manera de capacitarlos sobre el uso del modelo de análisis de costo-beneficio junto con la metodología para evaluar futuras medidas. El siguiente esquema resume las actividades, resultados y objetivos de la etapa.

Figura 6. Esquema Etapa 4



A continuación, se describen las actividades:

- **Taller de capacitación de uso del modelo de análisis de costo-beneficio y metodología para la evaluación de costo y beneficio de futuras medidas.**

Se realizó una jornada de capacitación a los futuros usuarios del modelo de análisis costo-beneficio a partir de la metodología previamente diseñada por el equipo consultor. Los usuarios del modelo fueron definidos por la contraparte.

- **Documento de difusión de resultados del proyecto.**

Se diseñó un documento de difusión que contiene una explicación breve del modelo de análisis costo-beneficio y cuáles son las variables que considera. Además, contiene la propuesta de acciones para el mejoramiento de la evaluación y monitoreo de las medidas de vigilancia, prevención y control.

VII. Caligidosis y piscirickettsiosis

VII.1 Piscirickettsia salmonis y piscirickettsiosis

La piscirickettsiosis es reconocida como una de las principales amenazas sanitarias a la que se enfrenta la industria salmonicultora de Chile. Esta enfermedad se encuentra, además, descrita en algunos países del hemisferio norte, donde existen cultivos de salmónidos. No obstante, su virulencia varía fuertemente, lo cual ha sido asociado en parte a la secuencia 16S rRNA (Mauel *et al.,* 1996). Es así que se describe un comportamiento particularmente agresivo de la patología en Chile, donde se han llegado a informar mortalidades superiores al 90%, mientras que en el resto del mundo los niveles de mortalidad son del orden de 0,06% en brotes de presentación esporádica. (Brocklebank *et al*., 1992). Pese a su importancia, aún existen importantes brechas en el conocimiento de la epidemiología de esta enfermedad.

Los primeros antecedentes de piscirickettsiosis se remontan a fines de la década de los 80s, cuando la enfermedad fue reportada en centros de cultivo de salmón coho (*Oncorhynchus kisutch*) ubicados en la Región de Los Lagos, aunque se sospecha su presencia desde el año 1983 (Rozas y Henríquez, 2014). Sin embargo, solo en el año 1992 se logra la identificación del agente infeccioso causante de la enfermedad, *Piscirickettsia salmonis*, siendo la primera bacteria del tipo rickettsia que se reconoce como un patógeno de peces. *P salmonis* es una bacteria gramnegativa, intracelular, inmóvil, aeróbica, de forma cocoide, con un diámetro que varía entre 0,5 a 1,5 µm, observada a menudo como anillos pares de forma curva (Fryer et al., 1992; Fryer & Hedrick, 2003).

La piscirickettsiosis se describe como una patología que afecta a peces de mar y estuario, cuyos primeros signos clínicos pueden identificarse entre las 6 a 12 semanas después de la siembra. La mortalidad causada por la piscirickettsiosis puede variar entre el 30 y el 90% de los peces (Fryer & Hedrick, 2003). Durante el año 1993 se reporta un brote de la enfermedad en una piscicultura ubicada en el Lago Llanquihue (Bravo, 1994), siendo éste el único antecedente de enfermedad en este tipo de unidades productivas a la fecha.

La enfermedad es septicémica de curso crónico. Los peces más susceptibles a la enfermedad son los que han sido sometidos a condiciones de estrés crónico o condiciones de cultivo subóptimas, lo cual deriva de manejos productivos inadecuados, condiciones ambientales adversas, ataque de predadores e infestaciones por Caligus, parásito que en la actualidad afecta fuertemente a la salmonicultura nacional (Yatabe *et al*., 2011; Hamilton-West, *et al*., 2012). Esta situación se refleja en los factores de riesgo identificados para la enfermedad, donde eventos estresantes, como son los baños contra *C. rogercresseyi* o tratamientos inyectables serían un factor de riesgo para la presentación de la enfermedad.

VII.1.1 Transmisión y distribución en Chile

Experimentalmente se ha demostrado la transmisión de *P. salmonis* por vías vertical y horizontal. Asimismo, se ha descrito experimentalmente la infección por las vías intraperitoneal, oral y por branquias, demostrándose que la bacteria es capaz de penetrar piel y branquias intactas, aún en ausencia de vectores (Almendras *et al*., 1997; Smith *et al*., 1999; Larenas *et al*., 2003). Complementariamente, se describe que *P. salmonis* se elimina por bilis, heces y orina de peces infectados, los que pueden o no presentar signología compatible con la enfermedad (Rozas & Enríquez, 2014). La sobrevida del patógeno en agua de mar puede llegar hasta los 50 días (Olivares & Marshall, 2010).

En la actualidad, la piscirickettsiosis se encuentra diseminada prácticamente en toda la zona de producción de salmones en Chile, afectando a todas las especies de salmónidos cultivados. Como respuesta, el Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura (SERNAPESCA), ha implementado el Programa Sanitario Específico de Vigilancia y Control de la piscirickettsiosis, con el objetivo disminuir el impacto de la enfermedad a través de la detección temprana y seguimiento de casos, aplicando medidas de control oportunas y graduales (Chile, 2012).

VII.1.2 Métodos de prevención y control actuales

Desde la descripción de la piscirickettsiosis en el país, se han utilizado de forma infructuosa múltiples quimioterápicos y vacunas, en el tratamiento y prevención de la enfermedad. Se presume que el control y tratamiento eficaz de la piscirickettsiosis ha sido difícil de lograr porque no existen vacunas comerciales eficaces (Rozas & Enríquez, 2014), y los antibióticos (Cabello, 2006) tienen un efecto limitado sobre la enfermedad. Por lo tanto, el control profiláctico de las infecciones depende de las

buenas prácticas de manejo; los períodos de descanso han sido considerados en la estrategia para limitar la propagación del patógeno (Olivares & Marshall, 2010).

Los antimicrobianos disponibles para el tratamiento de esta enfermedad son los existentes en el registro de medicamentos veterinarios del Servicio Agrícola y Ganadero son: Ácido oxolínico, flumequina, oxitetraciclina, florfenicol, existiendo también la opción de uso de antibióticos no registrados, como son rifampicina, doxiciclina, minociclina (San Martín *et al.,* 2010). Como estrategia para el control de la enfermedad se han realizado tratamientos a los peces, que a través de los años han ido vertiendo cantidades significativas de antimicrobianos al mar. Solo para el año 2003 se comercializaron más de 134.163 kg de antimicrobianos destinados a la producción de salmones en el país (Bravo *et al*., 2005). El tratamiento con antibióticos establecido en los programas de control de la piscirickettsiosis debe estar bien coordinado y sólo debe realizarse una vez finalizadas las actividades de vigilancia. El antibiograma de los aislados de campo es extremadamente importante para el control farmacológico eficaz de *P. salmonis*, pero se necesitan esfuerzos para estandarizar las pruebas *in vitro* de sensibilidad a los antimicrobianos y para ampliar la comprensión de las vías genéticas y moleculares de la resistencia a los antimicrobianos en los salmónidos de *P. salmonis*. Estos esfuerzos deberían centrarse en la mejora de la gestión rutinas, control reglamentario del uso de productos antimicrobianos de los agentes, la aplicación de un uso prudente directrices y vigilancia del uso de productos antimicrobianos y resistencia a los antimicrobianos. Toda esta información es necesaria para establecer una efectiva estrategia de control de la enfermedad (Rozas 6 Enríquez, 2014).

Los antígenos de *P. salmonis* que son se reconocen como potencialmente importantes para el desarrollo de vacunas se han identificado en base a su reacción con sueros de salmón convalecientes y se han detectado utilizando anticuerpos policlonales y monoclonales contra inmunoglobulinas de salmón. Existe una falta de información de campo sobre la respuesta inmunológica y la protección generada por las vacunas disponibles en Chile, pero hay varios resultados derivados de ensayos clínicos experimentales. En general, los grupos de peces vacunados muestran tasas de mortalidad acumulada más bajas en comparación con los peces no vacunados hasta el invierno de cada año, pero la eficacia de la vacuna disminuye significativamente y las tasas de mortalidad aumentan tanto en los peces vacunados como en los no vacunados a principios de la primavera (Leal & Woywood, 2007). Todas las vacunas inyectables son relativamente eficaces para prevenir los brotes iniciales de piscirickettsiosis que se producen después de la transferencia de peces desde el agua dulce al agua de

mar para la fase de crecimiento (Tobar *et al*., 2011), pero después de este brote inicial, los peces son susceptibles a nuevos brotes más agresivos que se correlacionan con el debilitamiento de la respuesta inmune específica provocada por el primer evento de inmunización (Tobar *et al*., 2011). Estos brotes suelen afectar a los peces de gran tamaño y se producen 10-12 meses después de la transferencia al mar, lo que resultaría en una mayor pérdida económica. Aunque la protección de esos peces mediante una revacunación inyectable (booster) es una interesante alternativa, es extremadamente difícil, principalmente debido a los aspectos económicos, prácticos y operativos (Rozas & Enríquez, 2014).

VII.1.3 Bibliografía

Almendras, F. E., Fuentealba, I. C., Jones, S. R. M., Markham, F., & Spangler, E. (1997). Experimental infection and horizontal transmission of Piscirickettsia salmonis in freshwater-raised Atlantic salmon, Salmo salar L. *Journal of Fish Diseases*, *20*(6), 409-418.

Bravo, S. (1994). Piscirickettsiosis in freshwater. *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists*, *14*(4), 137-139.

Bravo, S., Dölz, H., Silva, M. T., Lagos, C., Millanao, A., & Urbina, M. (2005). Diagnóstico del uso de fármacos y otros productos químicos en la acuicultura. *Report Proyect Nº 2003*, *28*, 202003-28.

Brockelbank, J. R., Speare, D. J., Armstrong, R. D., & Evelyn, T. (1992). Septicemia suspected to be caused by a rickettsia-like agent in farmed Atlantic salmon. *Canadian Veterinary Journal*, *33*(6), 407-408

Cabello F.C. (2006) Heavy use of prophylactic antibiotics in aquaculture: a growing problem for human and animal health and for the environment. Environmental Microbiology 8, 1137–1144.

CHILE. (2012). Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura. Resolución Exenta 3174: Programa sanitario específico de Vigilancia y control de piscirickettsiosis, Diciembre 2012.

Fryer, J. L., and R. P. Hedrick. (2003) "Piscirickettsia salmonis: A Gram-negative intracellular bacterial pathogen of fish." *Journal of fish diseases* 26.5: 251-262.

Fryer, J. L., Lannan, C. N., Giovannoni, S. J., & Wood, N. D. (1992). Piscirickettsia salmonis gen. nov., sp. nov., the Causative Agent of an Epizootic Disease in

Salmonid Fishes†. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, *42*(1), 120-126.

Hamilton-West, C., Arriagada, G., Yatabe, T., Valdes, P., Herve-Claude, L.P., Urcelay, S., (2012). Epidemiological description of the sea lice (Caligus rogercresseyi) situation in southern Chile in August 2007. Preventive Veterinary Medicine 104, 341-345.

Larenas, J. J., Bartholomew, J., Troncoso, O., Fernández, S., Ledezma, H., Sandoval, N., Vera, P., Contreras, J. & Smith, P. (2003). Experimental vertical transmission of Piscirickettsia salmonis and in vitro study of attachment and mode of entrance into the fish ovum. *Diseases of aquatic organisms*, *56*(1), 25-30.

Leal J. & Woywood D. (2007) Piscirickettsiosis en Chile: avances y perspectivas para su control. Salmociencia 2, 34–42.

Mauel, M. J., Ware, C., & Smith, P. A. (2008). Culture of Piscirickettsia salmonis on enriched blood agar. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*, *20*(2), 213-214.

Olivares J. & Marshall S. (2010) Determination of minimal concentration of Piscirickettsia salmonis in water columns to establish a fallowing period in salmon farms. Journal of Fish Diseases 33, 261–266.

Rozas, M., & Enríquez, R. (2014). Piscirickettsiosis and Piscirickettsia salmonis in fish: a review. *Journal of fish diseases*, *37*(3), 163-188.

San Martín, B., Yatabe, T., Gallardo, A., & Medina, P. 2010. Manual de buenas prácticas en el uso de antibióticos y antiparasitarios en la salmonicultura chilena. *Universidad de Chile, Santiago, Chile*.

Smith, P. A., Pizarro, P., Ojeda, P., Contreras, J., Oyanedel, S., & Larenas, J. (1999). Routes of entry of Piscirickettsia salmonis in rainbow trout Oncorhynchus mykiss. *Diseases of aquatic organisms*, *37*(3), 165-172.

Tobar J.A., Jerez S., Caruffo M., Bravo C., Contreras F., Bucarey S.A. & Harel M. (2011) Oral vaccination of Atlantic salmon (Salmo salar) against salmonid rickettsial septicaemia. Vaccine 29, 2336–2340.

Yatabe, T., Arriagada, G., Hamilton-West, C., Urcelay, S. (2011). Risk factor analysis for sea lice, Caligus rogercresseyi, levels in farmed salmonids in southern Chile. Journal of Fish Diseases 34, 345-354.

VII.2 Caligus rogercresseyi y caligidosis

VII.2.1 Biología general

La caligidosis o la infestación por piojos de mar afectan a los peces en agua salada (Burka *et al*., 2012; Torrissen *et al*., 2013). Esta familia de parásitos representa más del 60% de los informes de parásitos en peces en ambientes marinos (Johnson et al., 2004). Entre los calígidos, *Lepeophteirus salmonis* y *Caligus rogercresseyi* son los principales ectoparásitos que afectan tanto a los salmónidos de cultivo como a los salvajes (Burka *et al*., 2012).

L. salmonis, que se encuentra sólo en el hemisferio norte, afecta predominantemente a los salmónidos de los géneros Salmo, Oncophynchus y Salvelinus, incluido el salmón atlántico de cultivo (Pike & Wadsworth, 1999). Se ha descrito que *Oncophynchus kisutch* (salmón coho) y *Oncorhynchus gorbuscha* (salmón rosado) son más resistentes a las infecciones por *L. salmonis* que otras especies de salmónidos (Johnson *et al.,* 2004; Wagner *et al*., 2008). Entre las especies susceptibles, el salmón del Atlántico (salmo salar) es la especie salmónida más afectada por *C. rogercresseyi* (Bravo, 2003). El *Caligus elongatus* también se puede encontrar en los salmónidos del hemisferio norte, pero ha sido menos problemático para los peces de cultivo que *L. salmonis* (Costello, 2006). *L. salmonis* ha sido el agente responsable de importantes brotes de enfermedades en Canadá, Islas Feroe, Irlanda, Maine (EE.UU.), Noruega y Escocia (Burka *et al*., 2012, Costello, 2006; Torrissen *et al*., 2013).

Caligus rogercresseyi es la especie de piojo de mar más importante de Chile. En contraste con *L. salmonis, C. rogercresseyi* tiene una especificidad de hospedero menor, ya que se ha encontrado en especies silvestres locales, como el bacalao de roca (*Eleginops maclovinus*) y el pejerrey (*Odontesthes regia*), así como el salmón del Atlántico (*Salmo salar*) y la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) introducidos (Carvajal et al., 1998). Se ha informado de que el salmón coho (*Oncophynchus kisutch*) es menos susceptible que otras especies de salmónidos (Bravo, 2003).

Caligus rogercresseyi fue descrito en 2000 por Boxhall y Bravo, aunque originalmente fue reportado como *Caligus flexispina* (Boxhall y Bravo, 2000, Carvajal *et al*., 1998). Debido a que los primeros salmónidos introducidos en Chile estaban libres de piojos de mar, se cree que *C. rogercresseyi* se transmitió de especies nativas infectadas naturalmente por este parásito y que se encuentran comúnmente cerca de los centros de cultivo de salmón (Carvajal *et al.,* 1998). *C.*

rogercresseyi se encuentra a lo largo de la costa del Pacífico sur de Chile (41° S), excepto en el extremo sur (51° S), donde las bajas temperaturas del agua impiden el desarrollo de los piojos marinos.

VII.2.2 Ciclo de vida

El ciclo de vida de los piojos de mar comprende fases planctónicas y parasitarias de natación libre. La fase planctónica consiste en dos etapas de nauplios y una de copépodos, siendo esta última la etapa infecciosa. Los piojos planctónicos tienen alrededor de siete días para encontrar un hospedero, aunque este tiempo depende de la temperatura y de la especie. Durante ese tiempo, las larvas se alimentan de su vitelo. El copepodito encuentra a su hospedero siguiendo rasgos conductuales, incluyendo gradientes de químicos derivados del hospedero (e.j. kairomones), y vibraciones de origen del hospedero (Heuch *et al*., 1995; Heuch & Karlsen, 1997; Bailey *et al*., 2006). El copépodo se adhiere a la piel del pez usando su par de antenas enganchadas; este proceso está mediado por quimiorreceptores en las antenas del copépodo (Gresty *et al.,* 1993). Durante su proceso de desarrollo, el parásito aumenta gradualmente de tamaño y se adhiere en todo momento al pez. Una vez en el pez, el copépodo muda a chalimus I, y desarrolla un filamento frontal para adherirse al pez hasta la etapa de chalimus IV (González & Carvajal, 2003). El parásito muda en tres etapas más de chalimus (II, III y IV) mientras está adherido al pez. Finalmente, el individuo evoluciona hacia una etapa adulta, que es capaz de penetrar la piel del pez (ver Figura 7). El dimorfismo sexual se puede observar en la etapa de chalimus III. Sin embargo, es más claro en la etapa de chalimus IV. En el caso de *L. salmonis*, se ha descrito una etapa preadulta después del chalimus IV y antes de la etapa adulta. Los tamaños medios de los estadios de desarrollo de *C. rogercresseyi* son: nauplios de 0,45 mm de largo, copépodos de 0,66 mm de largo, chalimus de 1,85 mm de largo y adultos de 4,81 mm de largo (González y Carvajal, 2003).

Figura 7. Ciclo de vida C. rogercresseyi

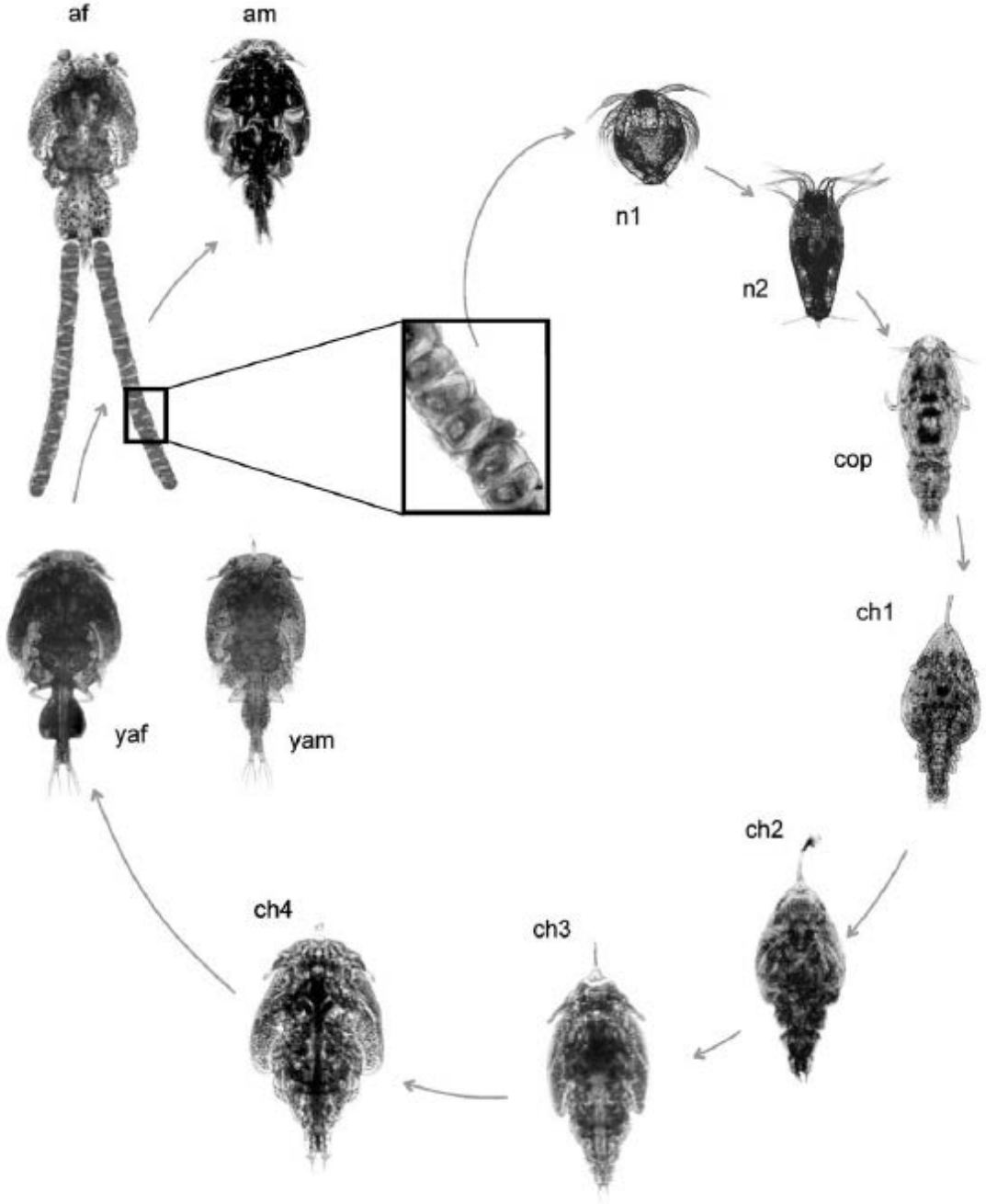


Fig. 1. Life cycle of *C. rogercresseyi*. es: egg strings; n1: first nauplius (0.43 mm long); n2: second nauplius (0.46 mm long); cop: copepodid (0.66 mm long); ch1: first chalimus I (0.83 mm long); ch2: second chalimus (1.27 mm long); ch3: third chalimus (2.15 mm long); ch4: fourth chalimus (3.15 mm long); ya: young adult which is not a different stage from adults (4.1 mm long); am: adult male (4.83 mm long); af: adult female with egg strings (4.79 mm long).

González & Carvajal (2003) determinaron que la duración del ciclo de vida de *C. rogercresseyi* depende de la temperatura del agua, y encontraron que a 16.7° C el ciclo se completa en 18 días, y 45 días a 10.3° C. En el mismo estudio, se determinó que la temperatura mínima a la que el parásito puede desarrollarse es de 4.2° C. Posteriormente, Bravo (2010) estimó la duración de cada etapa en grados-día (ver Tabla 1) y encontró que la primera cadena de huevos se produce a 389 grados-día (°D) después de la incubación del huevo, y la periodicidad con la que se producen las cadenas de huevos depende de la temperatura del agua. Esta última característica también ha sido descrita para *L. salmonis* (Heuch *et al*., 2000).

Tabla 1. Etapas del desarrollo de *Caligus rogercresseyi* en condiciones de laboratorio

Etapa de Desarrollo	°D	Acumulado (°D)
Huevo	0	0
Copepodid (etapa infectiva)	103	103
Chalimus I	62	165
Chalimus II	88	253
Chalimus III	31	284
Chalimus IV	30	315
Adulto inmaduro	30	345
Adulto maduro	44	389

Fuente: Bravo, 2010.

Se recolectaron hembras grávidas del campo. °D se refiere a los grados-días, que es el producto entre el tiempo que los individuos tardan en evolucionar de una determinada etapa de desarrollo a la siguiente (en días), y la temperatura media del agua (en ° C) durante esos días.

Los piojos de mar son un organismo cuyo desarrollo óptimo ocurre en aguas de alta salinidad. En particular, se ha descrito que las larvas son el estadio más sensible a la baja salinidad, y se ven afectadas en sus tasas de éxito de apego. Existen pruebas de que los valores de salinidad por debajo de 20% perjudican gravemente el desarrollo de *C. rogercresseyi* (Bravo *et al*., 2008a; Brooks *et al*., 2005; Costello, 2006). Sin embargo, también hay pruebas de que en algunos casos los piojos de mar se han adaptado a las aguas de baja salinidad. Además, se ha descrito que las hembras de *C. rogercresseyi* toleran niveles de salinidad más bajos que los machos (Bravo *et al*., 2008a).

VII.2.3 Interacción entre el pez y *C. rogercresseyi*

La infección por *C. rogercresseyi* produce una respuesta generalizada de estrés crónico. Las áreas de peces comúnmente elegidas por *C. rogercresseyi* son aquellas con menor perturbación hidrodinámica, como la base de las aletas (Genna *et al*., 2005). El daño es causado por la adhesión al hospedero y la alimentación en la mucosa epidérmica, la piel y la sangre (González *et al*., 2000). Una vez establecido en el hospedero, el parásito secreta enzimas para la digestión del mucus, lo que ayuda a *C. rogercresseyi* a alimentarse y suprimir la respuesta inmune del salmón en el lugar de inserción (Ross *et al*., 2000). Los cambios patológicos en la piel incluyen pérdida de epitelio, sangrado, aumento de la secreción de moco, cambio en la composición química del mucus, necrosis tisular, y la consecuente pérdida de función de la piel como barrera física y microbiológica (Costello, 2006).

Los peces infectados presentan baja del apetito, el crecimiento y la eficacia de la conversión de alimento, mientras que el estrés y las heridas causadas por el parásito exponen a los peces a infecciones secundarias debido a una inmunocompetencia deficiente (Costello, 2006). Se ha informado de que la infestación con altos niveles de *C. rogercresseyi* puede causar la muerte de los peces, como consecuencia del estrés osmorregulador generado por las lesiones cutáneas del huésped (Johnson *et al.*, 2004; Costello, 2006). Además, los piojos marinos son un vector potencial de transmisión de enfermedades bacterianas y virales (Costello, 2006).

La evidencia observacional y experimental ha demostrado que la trucha arcoíris es más susceptible a *C. rogercresseyi* que el salmón del Atlántico, mientras que el salmón Coho es la especie más tolerante (González *et al*., 2000; Zagmutt-Vergara et al., 2005).

VII.2.4 Transmisión

La transmisión de *C. rogercresseyi* está mediada por sus etapas planctónicas. El rango de dispersión de estas larvas dependerá principalmente de las corrientes de agua (Brooks *et al.,* 2005; Costello, 2006), aunque la temperatura y la salinidad también influyen en este rango, ya que estos factores afectan el desarrollo y la supervivencia del parásito (Genna *et al*., 2005; Bravo *et al*., 2008a).

Varios estudios han encontrado que las etapas planctónicas pueden ser transportadas decenas de kilómetros desde su fuente por las corrientes (McKibben & Hay, 2004; Costello, 2006). Más recientemente, un estudio observacional sugirió que el rango promedio de las etapas planctónicas de *C. rogercresseyi* es de 30 km

(Kristoffersen *et al*., 2013). En las regiones de cultivo intensivo de salmón, como Chile, donde los centros de cultivo están muy cerca, implica que hay transmisión de piojos de mar entre los centros de cultivo. Esta situación puede conducir a una disminución de la eficacia del tratamiento, ya que los peces tratados pueden ser infestados poco después del tratamiento por nuevos individuos procedentes de centros de cultivo vecinos. Una descripción más precisa de los patrones de dispersión de *C. rogercresseyi* puede lograrse usando modelos hidrodinámicos, que rastrean las partículas del parásito en las corrientes de agua a lo largo del tiempo (Amundrud & Murray, 2009).

La transmisión de *C. rogercresseyi* entre peces en la misma jaula está mediada en gran medida por la densidad del hospedero. Cuando la densidad es alta, las posibilidades de intercambio de piojos marinos entre los peces son mayores; el aumento de la transmisión a este nivel aumenta la tasa de reproducción (Keeling & Rohani, 2007). Asimismo, se ha descrito que, en general, los centros de cultivo con un gran número de peces contribuyen más a la densidad de copépodos en la columna de agua que los centros de cultivo con menos peces (Penston & Davies, 2009).

VII.2.5 Factores de riesgo para *C. rogercresseyi*

Los estudios observacionales y experimentales han sugerido un grupo de factores como determinantes de la abundancia de *C. rogercresseyi*, que pueden clasificarse ampliamente en parámetros ambientales y prácticas de gestión. Entre los factores ambientales, la temperatura y la salinidad del agua son importantes (Brooks, 2005; Costello, 2006; Genna *et al*., 2005; González & Carvajal, 2003). Entre las prácticas de manejo, se ha sugerido que en condiciones de campo la especie hospedero tiene un impacto significativo en los niveles de *C. rogercresseyi*, siendo la trucha arcoíris y el salmón del atlántico las especies más afectadas, mientras que el salmón plateado parece ser el más resistente de los tres en Chile (Hamilton-West *et al*., 2012; Zagmutt-Vergara *et al.,* 2005; Yatabe *et al.,* 2011). El peso medio de los peces es otro factor relacionado con el hospedero que se asocia positivamente con la abundancia de piojos marinos (Kristoffersen *et al.,* 2013; Zagmutt-Vergara *et al.,* 2005; Yatabe *et al.,* 2011). El uso de tratamientos farmacológicos, más precisamente, la intensidad y el tipo de medicamento, es otro factor que, en general, impacta en la abundancia de piojos marinos a nivel de centro de cultivo (Kristoffersen *et al.,* 2013; Zagmutt-Vergara *et al.,* 2005; Yatabe *et al.,* 2011). Esto último tiene un efecto directo sobre los parásitos existentes en los peces, así como sobre los futuros parásitos que habrían sido producidos por los peces del centro de cultivo.

Por último, la presión infecciosa externa ejercida por las explotaciones vecinas es otro factor que determina, en parte, la abundancia de piojos marinos a nivel de centro de cultivo. Jansen *et al.,* (2012) midieron la presión infecciosa como la densidad de biomasa local en un radio de 40 km de los centros de cultivo individuales en Noruega, y encontraron un fuerte efecto sobre los niveles de piojos marinos y los esfuerzos para controlar las infecciones, lo que sugiere que esta presión externa puede afectar el resultado de los tratamientos. Más recientemente, en un estudio para evaluar las fuentes de piojos marinos en Chile, Kristoffersen *et al.* (2013) encontraron que el número de hembras ovígeras tanto en el centro de cultivo, como fuera de este impactó significativamente la abundancia media de *C. rogercresseyi* juveniles.

VII.2.6 Métodos de control actuales

Las estrategias para controlar el nivel de infestación por *C. rogercresseyi* en la acuicultura nacional, utilizadas actualmente o en estudios, son variadas e incluyen prácticas de manejo, control biológico, quimioterapéuticos y métodos actualmente en etapas de I+D, como la vacunación, la reproducción selectiva y el uso de inmunomoduladores (Burka *et al.,* 2012; Jones, 2009; Torrissen *et al.,* 2013). Cualquiera que sea el método de control utilizado, en la mayoría de las regiones productoras de salmón, las autoridades locales fomentan la adopción de programas de manejo integrado de plagas (MIP) con el objetivo de aplicar métodos de control que tengan un impacto en el nivel de *C. rogercresseyi* a través de diferentes mecanismos (Heuch *et al.,* 2005; Grist, 2002).

VII.2.6.1 Prácticas de manejo

Las buenas prácticas generales de manejo para el control de los piojos marinos en un centro de cultivo deben incluir el descanso entre los ciclos de producción y la repoblación de una sola clase anual (Revie *et al.,* 2009). Estas estrategias están diseñadas para interrumpir el ciclo de vida de *C. rogercresseyi* y minimizar su transmisión entre peces de diferentes edades. En Chile, los períodos de descanso se han fijado en tres meses y deben realizarse de manera coordinada. Dado que la duración de un ciclo de producción de salmón atlántico es prácticamente el doble de la del salmón Coho y la trucha arcoíris, en los barrios multiespecíficos, habrá clases anuales mixtas de trucha arcoíris y salmón atlántico durante el período de producción de 24 meses. Esto puede plantear un problema para controlar la infestación por *C. rogercresseyi*.

Además, el centro de cultivo debiese emplear un programa de monitoreo para el conteo de *C. rogercresseyi* y para evaluar la resistencia a los agentes antiparasitarios, tanto con esquemas de muestreo adecuados como con frecuencia (Revie et al., 2009). En Chile, el monitoreo está regulado por el Programa Oficial de Vigilancia y Control de la caligidosis, administrado por el Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura. De los resultados de los estudios de los factores de riesgo para *C. rogercresseyi* pueden deducirse otras prácticas de manejo alternativas, como la reducción del número de peces, la densidad de población y el uso de especies de salmón menos susceptibles (Kristoffersen *et al.,* 2013; *Revie et al.,* 2003; Yatabe *et al.,* 2011; Zagmutt-Vergara *et al*., 2005). La selección del sitio es otro factor importante para reducir el riesgo de enfermedades infecciosas debido a la proximidad de los centros de cultivo vecinos, que actualmente se está considerando en el establecimiento de nuevas concesiones de salmón en Chile (Alvial *et al.,* 2012).

VII.2.6.2 Control biológico

Esta estrategia consiste en encontrar un depredador natural de *C. rogercresseyi* y ubicarlo (en redes) rodeando los centros de cultivo para reducir la carga del parásito. En Noruega y, en menor medida en Escocia e Irlanda, se han utilizado diferentes especies de peces para este fin (Treasurer, 2002). No existen experiencias similares en otras regiones productoras de salmón, como Chile, ya que aún no se han encontrado peces autóctonos que puedan cumplir esta función (Torrissen *et al.,* 2013).

VII.2.6.3 Tratamientos farmacológicos

Los agentes antiparasitarios se pueden clasificar ampliamente en dos grupos, según su método de administración: en la alimentación o en el baño. Las avermectinas y los inhibidores de síntesis de quitina se administran como aditivos en la alimentación, mientras que los piretroides sintéticos, el organofosfato y los agentes oxidantes se administran mediante tratamientos de baño. La Tabla 2 resume las opciones farmacológicas disponibles actualmente para el control de *C. rogercresseyi*.

Tabla 2. Resumen de los quimioterapéuticos actualmente disponibles para el control de C. rogercresseyi

Drug	Type	Target	Via	Dose	Mechanism
Emamectin benzoate (Slice®)	Avermectin	All stages	Oral	50 µg/kg/d, 7 cons. days	Interfere nerve impulse (take action on chloride channels)
Cypermethrin (Excis®)	Synthetic pyrethroid	Attached and mobile stages (juveniles and adults)	Bath	5.0 µg/L; 1 h bath	Interfere nerve impulse (take action on sodium channels)
High-cis-cypermethrin (Betamax®)	Synthetic pyrethroid		Bath	15 µg/L; 30 min bath	
Deltamethrin (Alphamax®)	Synthetic pyrethroid		Bath	2-3 µg/L; 40 min bath	
Hydrogen peroxide	Oxidizing agent	Mobile stages (removal)	Bath	0.5 g/L, by 20 min (not effective below 10°C)	Mechanical paralysis (bubble formation in gut and heamolymph results in detachment from the host), peroxidation of cell lipid membrane, inactivation of enzymes and DNA replication.
Azamathiphos (Salmosan®)	Organo-phosphate	Adult and pre-adult (not over juveniles)	Bath	100 µg/L, by 60 min.	Neurotoxic: inhibit acetylcholinesterase (AChE) activity
Diflubenzuron (Lepsidon®)	Chitin synthesis inhibitors	Larval & pre-adult stages	Oral		Inhibits chitin synthesis in the copepod exoskeleton
Teflubenzuron (Calicide®)	Chitin synthesis inhibitors	Larval & pre-adult stages	Oral	10 mg/kg/d bw, per 7 days (11-15°C)	

VII.2.7 Métodos de control en desarrollo

VII.2.7.1 Selección de reproductores

Se ha demostrado que la susceptibilidad del salmón del atlántico a *C. rogercresseyi* es variable y puede asociarse con familias específicas de peces. Además, se ha informado de que la susceptibilidad está vinculada a un importante complejo de histocompatibilidad (MHC) de Clase II (Glover *et al*., 2007). Sin embargo, el número de estudios enfocados en este tipo de análisis es bastante pequeño (Yánez *et al.,* 2014); por lo tanto, la selección de reproductores permanece en una etapa experimental.

VII.2.7.2 Vacunas

Se ha intentado encontrar antígenos adecuados en *L. salmonis* y *C. rogercresseyi* para inmunizar al salmón del Atlántico con relativo éxito en ambientes controlados (Carpio *et al.,* 2011; Grayson *et al.,* 1995). Esta estrategia de control se encuentra aún en fase de desarrollo.

VII.2.7.3 Inmunomoduladores

Los inmunomoduladores actúan mejorando los mecanismos inflamatorios sistémicos y localizados a través de la inmunoestimulación antes de la exposición a *L. salmonis*, que probablemente acelera y aumenta la respuesta de los peces a los piojos de mar, lo que conduce a una mayor protección contra la infección (Burka *et al.,* 2012). Existen productos estimulantes en la alimentación disponibles para la industria, pero hasta la fecha sólo se han utilizado en producciones a pequeña escala (Torrissen *et al.,* 2013).

VII.2.8 Bibliografía

Alvial, A., Kibenge, F., Forster, J., Burgos, J.M., Ibarra, R., St-Hilaire, S., 2012. Case study 1: The Infectious Salmon Anemia Outbreak in Chile. In: Reducing Disease Risk in Aquaculture. World Bank Report Number 88257-GLB. The International Bank for Reconstruction and Development/The World Bank, Washington, DC, pp. 9–31.

Amundrud, T.L., Murray, A.G., 2009. Modelling sea lice dispersion under varying environmental forcing in a Scottish sea loch. *J. Fish Dis.* 32, 27–44.

Bailey, R.J.E., Birkett, M.A., Ingvarsdottir, A., Mordue, A.J., Mordue, W., O'Shea, B., Pickett, J.A., Wadhams L.J., 2006. The role of semiochemicals in host location and non-host avoidance by salmon louse (*Lepeophtheirus salmonis*) copepodids. *Can J Fish Aquat Sci* 63, 448–456.

Boxshall, G.A., Bravo, S., 2000. On the identity of the common Caligus (Copepoda: Siphonostomatoida: Caligidae) from salmonid netpen systems in southern Chile. *Contrib Zool* 69, 137-146.

Bravo, S., 2003. Sea lice in Chilean salmon farms. *Bull. Eur. Ass. Fish Pathol.* 23, 197-200.

Bravo, S., Pozo, V., Silva, M.T., 2008a. The tolerance of *Caligus rogercresseyi* to salinity reduced in southern Chile. *Bull. Eur. Ass. Fish Pathol.*, 28, 198-206.

Bravo, S., 2010. The reproductive output of sea lice *Caligus rogercresseyi* under controlled conditions. *Exp. Parasitol.* 125, 51-54.

Brooks, K., 2005. The effects of water temperature, salinity, and currents on the survival and distribution of the infective copepodid stage of sea lice (*Lepeophtheirus salmonis*) originating on Atlantic salmon farms in the Broughton Archipelago of British Columbia, Canada. *Rev Fish Sci*, 13:177–204.

Burka, J.F., Fast, M.D., Revie, C.W., 2012. *Lepeophtheirus salmonis* and *Caligus rogercresseyi*. In: Woo, P.T.K., Buchmann, K. (Eds.), Fish Parasites: Pathobiology and Protection. Wallingford, Oxfordshire, Cambridge, MA: CABI, pp. 350–370.

Carpio, Y., Basabe, L., Acosta, J., Rodríguez, A., Mendoza, A., Lisperger, A., Zamorano, E., González, M., Rivas, M., Contreras, S., Haussmann, D., Figueroa, J., Osorio, V.N., Asencio, G., Mancilla, J., Ritchie, G., Borroto, C., Estrada, M.P., 2011. Novel gene isolated from *Caligus rogercresseyi*: a promising target for vaccine development against sea lice. *Vaccine* 29, 2810–2820.

Carvajal, J., Gonzalez, L., George-Nascimento, M., 1998. Native sea lice (Copepods: Caligidae) infestation of salmonids reared in netpen systems in southern Chile. *Aquaculture* 166, 241-266.

Costello, M.J., 2006. Ecology of sea lice parasitic on farmed and wild fish. *Trends Parasitol.* 22, 475-483.

Genna, R.L, Mordue, W., Pike, A.W., Mordue (Luntz), A.J., 2005. Light intensity, salinity, and host velocity influence presettlement intensity and distribution on hosts by copepodids of sea lice, *Lepeophtheirus salmonis*. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 62: 2675–2682.

Glover K.A., Grimholt U., Bakke H.G., Nilsen F., Storset A., Skaala O., 2007. Major histocompatibility complex (MHC) variation and susceptibilty to the sea louse *Lepeophtheirus salmonis* in Atlantic salmon *Salmo salar*. *Dis. Aquat. Org.* 76, 57–65.

González, L., Carvajal, J., 2003. Life cycle of *Caligus rogercresseyi*, (copepoda: Caligidae) parasite of Chilean reared salmonids. *Aquaculture* 220, 101-117.

González, L., Carvajal, J., George-Nascimento, M., 2000. Differential infectivity of *Caligus flexispina* (copepoda, caligidae) in three farmed salmonids in Chile. *Aquaculture* 183, 13–23.

Grant, A.N., 2002. Medicines for sea lice. *Pest. Manag. Sci.* 58, 521–527.

Grayson, T.H., John, R.J., Wadsworth, S., Greaves, K., Cox, D., Roper, J., Wrathmell, A.B., Gilpin, M.L., Harris J.E., 1995. Immunization of Atlantic salmon against the salmon louse: identification of antigens and effects on louse fecundity. *J. Fish Biol.* 47, 85–94.

Gresty, K.A., Boxshall, G.A., Nagasawa, K., 1993. Antennular sensors of the infective copepodid larva of the salmon louse, *Lepeophtheirus salmonis* (Copepods: Caligidae). In: Boxshall, G.A. and Defaye, D. (eds) Pathogens of Wild and Farmed Fish: Sea Lice. Ellis Norwood, Chichester, West Sussex, U K, pp. 83-98.

Grist, B., 2002. The regulatory system for aquaculture in the Republic of Ireland. *Pest Manag Sci* 58,609-615.

Hamilton-West, C., Arriagada, G., Yatabe, T., Valdés, P., Hervé-Claude, L.P., Urcelay, S., 2012. Epidemiological description of the sea lice (*Caligus rogercresseyi*) situation in southern Chile in August 2007. *Prev. Vet. Med.* 104, 341–345.

Heuch, P.A., Karlsen, H.E., 1997. Detection of infrasonic water oscillations by copepodids of Lepeophtheirus salmonis (Copepoda: Caligida). *J. Plankton Res.* 19, 735–747.

Heuch, PA., Bjorn, PA., Finstad, B., Holst, J.C., Asplin, L., Nilsen, F., 2005. A review of the Norwegian action plan against salmon lice on salmonids: the effect on wild salmonids. *Aquaculture* 246,79-92.

Heuch, PA., Nordhagen, J.R., Schram, T.A., 2000. Egg production in the salmon louse [Lepeophtheirus salmonis (Kreger)] in relation to origin and water temperature. *Aquac. Res.*31, 805-814.

Heuch, P.A., Parsons, A., Boxaspen, K., 1995. Diel vertical migration: a possible host finding mechanism in salmon lice (Lepeophtheirus salmonis) copepodids? *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 52, 681-689.

Jansen, P.A., Kristoffersen, A.B., Viljugrein, H., Jimenez, D., Aldrin, M., Stien, A., 2012. Sea lice as a density-dependent constraint to salmonid farming. *Proc. R. Soc. Lond., B* 279, 2330-2338.

Johnson, S.C., Albright, L.J., 1991. The developmental stages of *Lepeophtheirus salmonis* (Kreger,1837) (Copepoda: Caligidae). *Can. J. Zool.* 69,929-950.

Johnson S.C., Treasurer, J.W., Bravo, S., Nagasawa, K., Kabata, Z., 2004. A review of the impact of parasitic copepods on marine aquaculture. *Zool. Stud.* 43, 229–243.

Jones, S., 2009. Controlling salmon lice on farmed salmon and implications for wild salmon. *CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources* 2009 4, No. 048.

Keeling, M.J., Rohani, P., 2008. Modeling infectious diseases in humans and animals. Princeton University Press, Princeton, 368 pp.

Kristoffersen, A.B., Rees, E.E., Stryhn, H., Ibarra, R., Campisto, J.L., Revie, C.W., St-Hilaire, S., 2013. Understanding sources of sea lice for salmon farms in Chile. *Prev. Vet. Med.* 111, 165-175.

McKibben, M.A., Hay, D.W., 2004. Distributions of planktonic sea lice larvae *Lepeophtheirus salmonis* in the inter-tidal zone in Loch Torrindon, western Scotland in relation to salmon farm production cycles. *Aquac. Res.* 35, 742-750.

Penston, M.J., Davies, I.M., 2009. An assessment of salmon farms and wild salmonids as sources of *Lepeophtheirus salmonis* (Kroyer) copepodids in the water column in Loch Torridon, Scotland. *J. Fish Dis.* 32, 75–88.

Pike, A.W., Wadsworth, S.L., 1999. Sea lice on salmonids: their biology and control. *Adv. Parasitol.* 44, 233-337.

Revie, C.W., Gettinby, G., Treasurer, J.W., Wallace, C., 2003. Identifying epidemiological factors affecting sea lice *Lepeophtheirus salmonis* abundance on Scottish salmon farms using general linear models. *Dis. Aquat. Org.* 57, 85-95.

Revie, C., Dill, L., Finstad, B., Todd, C.D., 2009. Salmon Aquaculture Dialogue Working Group Report on Sea Lice, commissioned by the Salmon Aquaculture Dialogue. Available at: http://www.worldwildlife.org/publications/sea-lice-report-salmon-aquaculture-dialogue_salmoncc-pdf (accessed Dec 30, 2014).

Ross, N.W., Firth, K.J., Wang, A., Burka, J.F., Johnson, S.C., 2000. Changes in hydrolytic enzyme activities of naive Atlantic salmon (*Salmo salar*) skin mucus due to infection with the salmon louse (*Lepeophtheirus salmonis*) and cortisol implantation. *Dis. Aquat. Org.* 41, 43-51.

San Martin, B., Yatabe, T., Gallardo, A., Medina, P., 2010. Manual de buenas prácticas en el uso de antibióticos y antiparasitarios en la salmonicultura chilena. University of Chile and the Chilean Fisheries and Aquaculture Service, Santiago, 43 pp. (in Spanish).

Torrissen, O., Jones, S., Asche, F., Guttormsen, A., Skilbrei, O.T., Nilsen, F., Horsberg, T.E., Jackson, D., 2013. Salmon lice—impact on wild salmonids and salmon aquaculture. *J. Fish Dis.* 36, 171–194.

Treasurer, J.W., 2002. A review of potential pathogens of sea lice and the application of cleaner fish in biological control. *Pest Manag. Sci.* 58, 546-558.

Wagner, G.N., Fast, M.D., Johnson, S.C., 2008. Physiology and immunology of *Lepeophtheirus salmonis* infections of salmonids. *Trends in Parasitology* 24, 176-183.

Yáñez, J.M., Lhorente, J.P., Bassini, L.N., Oyarzún, M., Neira, R., Newman, S., 2014. Genetic co-variation between resistance against both *Caligus rogercresseyi* and *Piscirickettsia salmonis*, and body weight in Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture* (accepted).

Yatabe, T., Arriagada, G., Hamilton-West, C., Urcelay, S., 2011. Risk factor analysis for sea lice, *Caligus rogercresseyi*, levels in farmed salmonids in southern Chile. *J. Fish Dis.* 34, 345-354.

Zagmutt-Vergara, F., Carpenter, T.E., Farver, T.B., Hedrick, R.P., 2005. Spatial and temporal variations in sea lice (copepoda: Caligidae) infestations of three salmonid species farmed in net pens in southern Chile. *Dis. Aquat. Org.* 64, 163-173.

VIII. Normativa Vigente

VIII.1 Introducción

Chile es libre de la mayoría de las enfermedades listadas por la Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE), sin embargo, existen patógenos que amenazan y limitan el desarrollo del sector acuícola nacional. Como se ha descrito previamente, piscirickettsiosis y caligidosis representan, quizás, a los problemas sanitarios endémicos más relevantes para la acuicultura Nacional en la actualidad. Estas enfermedades forman parte de la lista 2 de las Enfermedades de Alto Riesgo para peces (Chile, 2013a).

El marco normativo establece que es un deber del Estado proteger el patrimonio sanitario del país, para lo cual deben adoptarse las medidas destinadas a establecer los instrumentos de control que permitan el cumplimiento de dicho fin. El Artículo 86º de la Ley General de Pesca y Acuicultura establece que deberán reglamentarse las medidas de protección y control para evitar la introducción de enfermedades de alto riesgo, aislar su presencia en caso de que éstas ocurran, evitar su propagación y propender a su erradicación, determinando las patologías que se clasifican de alto riesgo. Por su parte, el Reglamento de medidas de protección, control y erradicación de enfermedades de alto riesgo para las especies hidrobiológicas (RESA) dispone que el Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura deberá, mediante resolución, establecer programas sanitarios generales y específicos. Los programas sanitarios tendrán por objeto determinar los procedimientos específicos y las metodologías de aplicación de las medidas que contempla el presente reglamento. Los programas generales aplicarán las medidas sanitarias adecuadas de operación contempladas en el RESA, según la especie hidrobiológica utilizada o cultivada, con el fin de promover un adecuado estado de salud de la misma, así como evitar la diseminación de las enfermedades y agentes patógenos[1].

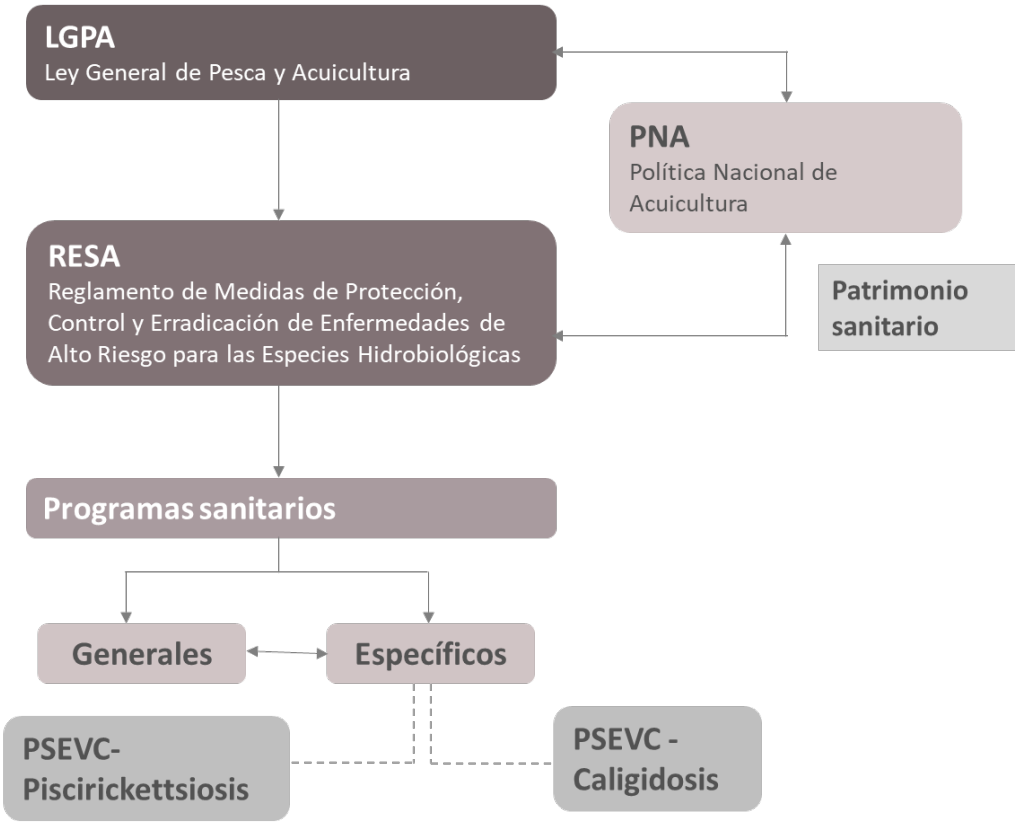
Los programas sanitarios específicos de piscirickettsiosis y caligidosis son:

[1] Decreto 319, Reglamento de medidas de protección, control y erradicación de enfermedades de alto riesgo para las especies hidrobiológicas (RESA), Agosto 2017.

- Res. Ex. N°13 Programa sanitario específico de vigilancia y control de piscirickettsiosis (PSEVC-Piscirickettsiosis)
- Res. Ex. N° 3174 Programa sanitario específico de vigilancia y control de caligidosis (PSEVC-Caligidosis)

Estos se resumen en el marco normativo donde se enmarcan los programas sanitarios específicos (ver Figura 8).

Figura 8. Marco Normativo programas sanitarios específicos



Fuente: Elaboración Propia

Los principales elementos de la normativa vigente se detallan a continuación.

VIII.2 Programa sanitario específico de vigilancia y control de caligidosis

La siguiente tabla resume los principales componentes del Programa sanitario específico de vigilancia y control de caligidosis (Res. Ex. N° 3174 Programa sanitario específico de vigilancia y control de caligidosis (PSEVC-Caligidosis), cuya última modificación se hizo en julio de 2018.

Tabla 3. Principales componentes PSEVC-Caligidosis

Componente	***Descripción***
Objetivo del Programa	
Objetivo general	El presente programa establece el manejo integrado de la caligidosis, que tiene por objetivos su detección temprana, la disminución de las cargas parasitarias y el control de su diseminación.
Objetivos Específicos	• Determinar la presencia y abundancia de Caligus rogercresseyi, en el tiempo y el espacio, en base al riesgo de infestación de centros por especie y zona de cultivo. • Proteger a la población en riesgo a través de la implementación de acciones oportunas ante la detección de centros de alta diseminación.
Ficha Técnica de la Enfermedad	
Clasificación del Agente Causal	El agente causal de la caligidosis es un copépodo de la familia Caligidae llamado Caligus rogercresseyi, comúnmente denominado piojo del salmón o piojo de mar, y que es endémico en peces silvestres de aguas marinas y salobres de Chile.
Ciclo de vida de C. rogercresseyi	Presenta ocho estadios de desarrollo, tres planctónicos (de vida libre) y cinco parasíticos (adheridos al hospedero).

	Los estadios planctónicos son dos Nauplios y un Copepodito (fase infestante). Luego, el piojo se adhiere al hospedero por un filamento rostral (Chalimus), muda pasando por cuatro estadios distintos, aumentando de tamaño, hasta llegar al estado adulto.
Epidemiología	Caligus rogercresseyi es un copépodo exclusivo de aguas de mar y salobres, que parasita la piel de diversas especies de peces silvestres y de cultivo. Se alimenta de mucus y escamas, produciendo lesiones por erosión que favorecen la entrada de agentes patógenos. Las altas densidades manejadas en el cultivo de salmones suelen favorecer su proliferación y desarrollo, así como también su patogenicidad. Su ciclo de desarrollo está directamente relacionado con la temperatura y salinidad del agua, donde temperaturas superiores a 4,2ºC y salinidades por sobre 15% aceleran su desarrollo y favorecen su proliferación.
Hospederos	Se ha descrito su presencia en todos los salmónidos de cultivo, así como también, en diversas especies de peces nativos como el róbalo, pejerrey y lenguado. Las especies salmónidas más susceptibles son la Trucha arcoíris (Oncorhynchus mykiss) y el Salmón del Atlántico (salmo salar).
Fuentes del parásito	El parásito se encuentra de forma natural en peces silvestres, de forma libre en el plancton y en materia orgánica de redes peceras y loberas, y en forma parasitaria en peces de cultivo como las especies salmónidas.

Distribución geográfica	Los copépodos de este grupo (o familia) se han descrito en países de todo el mundo, entre ellos Canadá, Noruega, Australia y Chile, siendo representados por una gran variedad de especies.
Diagnóstico	Conteo de parásitos directamente en el pez. Se realiza mediante inspección visual y con ayuda del tacto.
Lesiones	Ocasionan soluciones de continuidad de la piel, descamación, petequias, equimosis, laceraciones y ocasionales lesiones oculares.
Medidas de vigilancia	
Centro de alta vigilancia	Centro de cultivo con las especies Salmón del Atlántico (Salmo salar) o Trucha arcoíris (Oncorhynchus mykiss), ubicado en alguna de las agrupaciones de concesiones de la Región de Los Lagos, Región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo y de la Región de Magallanes y la Antártica Chilena. Se exceptúan de esta clasificación los centros de cultivo situados en las AC 4A y 4B. Como medidas de vigilancia debe: - muestrear cuatro jaulas escogidas de forma aleatoria o el 100% de las jaulas si el centro tiene menos de cuatro jaulas pobladas. - enviar al Servicio en un plazo máximo de 15 días desde terminada la siembra, una planilla que detalle las unidades de cultivo escogidas para ser muestreadas semanalmente - muestreo de cargas parasitarias con una frecuencia semanal

Centro de baja vigilancia	a) Centro cultivado con las especies Salmón coho (Oncorhynchus kisutch) o Salmón chinook (Oncorhynchus tshawytscha), ubicado en cualquiera de las agrupaciones de concesiones. b) Centro cultivado con las especies Salmón del Atlántico (salmo salar) o Trucha arcoíris (Oncorhynchus mykiss), ubicado en las agrupaciones 4A y 4B de la Región de Los Lagos. c) Centros de cultivo ubicados en agua de mar o salobre en la Región de Los Ríos Como medidas de vigilancia debe: - muestrear cuatro jaulas escogidas de forma aleatoria o el 100% de las jaulas si el centro tiene menos de cuatro jaulas pobladas. - enviar al Servicio en un plazo máximo de 15 días desde terminada la siembra, una planilla que detalle las unidades de cultivo escogidas para ser muestreadas semanalmente - muestreo de cargas parasitarias con una frecuencia mensual durante la última semana del mes
Centro de Alta Diseminación (CAD)	Centro de cultivo que, en el primer monitoreo semanal realizado posterior al término de la ventana de tratamiento oficial establecida para su agrupación, presenta cargas parasitarias de 3 hembras ovígeras (HO). Se excluye de la condición de centro de alta diseminación a los centros de acopio. Como medidas de vigilancia debe: - muestrear cuatro jaulas escogidas de forma aleatoria o

	el 100% de las jaulas si el centro tiene menos de cuatro jaulas pobladas. - muestreo de cargas parasitarias con una frecuencia semanal
Caso Sospechoso (XII Región)	Toda jaula de centro de alta vigilancia (S. salar u O. mykiss), que, durante el muestreo semanal de carga parasitaria, presente cargas promedio >0 Caligus, en cualquier estadio. Como medidas de vigilancia debe: - muestrear cuatro jaulas escogidas de forma aleatoria o el 100% de las jaulas si el centro tiene menos de cuatro jaulas pobladas. - enviar al Servicio en un plazo máximo de 15 días desde terminada la siembra, una planilla que detalle las unidades de cultivo escogidas para ser muestreadas semanalmente - muestreo de cargas parasitarias con una frecuencia semanal - enviar muestras de ejemplares de Caligus rogercresseyi al laboratorio de referencia de Caligus - enviar al Servicio la encuesta epidemiológica
Caso Confirmado (XII Región)	Toda jaula de centros de alta vigilancia (S. salar u O. mykiss), que, durante el muestreo semanal de cargas parasitarias, presente carga promedio > 1,5 hembra ovígera (H.O). Como medidas de vigilancia debe: - muestrear cuatro jaulas escogidas de forma aleatoria o el 100% de las jaulas si el centro

	tiene menos de cuatro jaulas pobladas. - enviar al Servicio en un plazo máximo de 15 días desde terminada la siembra, una planilla que detalle las unidades de cultivo escogidas para ser muestreadas semanalmente - muestreo de cargas parasitarias con una frecuencia semanal - enviar muestras de ejemplares de Caligus rogercresseyi al laboratorio de referencia de Caligus
Medidas de control	
Plan de Cosecha Anticipada	Aquellos centros de cultivo que, durante un período máximo de 6 evaluaciones consecutivas, presenten 3 categorizaciones como centro de alta diseminación, quedarán sujetos a la medida de cosecha anticipada de un porcentaje de la biomasa infestada, debiendo enviar al Servicio su plan de cosecha en un plazo máximo de 48 horas posterior a la notificación. La aplicación de la referida medida estará sujeta a un análisis de la evolución de la condición sanitaria del centro de cultivo. Para Magallanes, todo centro confirmado deberá presentar un plan de acción por jaula para disminuir las cargas parasitarias, esta contará con un seguimiento de 4 semanas consecutivas posterior a la cual quedará afecto a la medida de cosecha inmediata de las jaulas involucradas. Una vez cosechadas el 50% de las jaulas (acumulativamente)

	deberá realizar la cosecha total del resto del centro.
Tratamientos Farmacológicos	Los tratamientos antiparasitarios deberán considerar: - Uso exclusivo de fármacos registrados por SAG - Dosis y tiempo de exposición de tratamientos por inmersión acorde con registro. - La lona utilizada debe ser impermeable y sin roturas ni perforaciones. - La dosis se debe calcular en base al volumen de la lona, considerando como profundidad máxima de tratamiento lo indicado en el registro. - Utilizar máximo 3 veces durante un ciclo productivo principios activos que pertenezcan a la misma familia química - Los tratamientos por inmersión deben realizarse en sistemas cerrados y dentro de las ventanas de tratamiento oficial establecidas por el Servicio por ACS o macrozona - Los tratamientos con peróxido de hidrógeno podrán ser ejecutados tanto dentro como fuera de una ventana de tratamiento oficial. - La duración de los tratamientos por inmersión no deberá superar los siete días. - Para evitar alzas predecibles de la carga parasitaria o cuando la condición sanitaria lo amerite, el Servicio, podrá fijar la realización

	de tratamientos coordinados extraordinarios, fijando ciertas condiciones - Todos los tratamientos terapéuticos administrados por inmersión deberán ser previamente informados al Servicio al menos tres (3) días hábiles previos a la fecha de inicio de la ventana de tratamiento. - Todo centro de cultivo que realice tratamiento deberá informar la eficacia del mismo, a través del envío del Informe Post Tratamiento (IPT)
Plan de Manejo	Cualquier Agrupación de Concesiones podrá acordar, por la unanimidad de sus integrantes, medidas específicas de control de caligidosis, fuera del marco del presente PSEVC caligidosis, mediante el otorgamiento de un Plan de Manejo Sanitario, conforme a lo establecido en el artículo 58 l del DS N.º 319, citado en Visto, las cuales serán sometidas a una evaluación técnica y jurídica por parte del Servicio, quien tendrá amplias facultades para acogerlas o rechazarlas por resolución.
Encuesta Epidemiológica	El titular del centro sospechoso (XII Región) debe completar y enviar al Servicio una encuesta epidemiológica (disponible en página web del Servicio).
Plan de Gestión	Las agrupaciones de concesiones consideradas como de mayor riesgo para caligidosis, deberán presentar un plan de gestión obligatorio, que considere la estrategia común a implementar por todos los integrantes

	de la agrupación, para el control de caligidosis. El plan de gestión de caligidosis deberá incluir, al menos, las siguientes materias: a) Código, nombre y número de centros de cultivos integrantes de la agrupación. b) Justificación de la zona de alcance del plan si comprende un área mayor o menor a una AC, considerando antecedentes oceanográficos y epidemiológicos. c) Medidas a aplicar para disminuir las cargas parasitarias y controlar la diseminación. d) Justificación oceanográfica de la estrategia de coordinación y secuencia cronológica de realización de los tratamientos antiparasitarios administrados por inmersión. e) Esquema de rotación de principios activos.

VIII.3 Programa sanitario específico de Vigilancia y control de piscirickettsiosis

La siguiente tabla resume los principales componentes del Programa sanitario específico de Vigilancia y control de piscirickettsiosis (Res. Ex. N°13 Programa sanitario específico de vigilancia y control de piscirickettsiosis (PSEVC-Piscirickettsiosis), cuya última modificación se hizo en febrero de 2018.

Tabla 4. Principales componentes PSEVC-Piscirickettsiosis

Componente	***Descripción***
Objetivo del Programa	
Objetivo general	El presente programa tiene por objetivo disminuir el impacto de la enfermedad en Chile.
Objetivos Específicos	• Detección temprana y seguimiento de los casos de piscirickettsiosis. • Aplicación de medidas de control oportunas y graduales en casos tempranos y avanzados de piscirickettsiosis.
Ficha Técnica de la Enfermedad	
Clasificación del Agente Causal	La enfermedad es causada por Piscirickettsia salmonis, corresponde a una bacteria Gram-negativa, aeróbica, intracelular facultativa, inmóvil y no capsulada.
Epidemiología	La enfermedad afecta a las tres especies de mayor importancia productiva en Chile, existiendo aparentemente variantes con diferentes características de virulencia, resistencia antibiótica y especificidad de especie. Se considera una enfermedad de agua de mar o salobre. La sobrevivencia de la bacteria en agua de mar puede alcanzar los 45 a 50 días y su rango de temperatura óptimo de crecimiento está entre los 15 a 18 °C. A nivel

	nacional, en centros de producción marinos, los brotes de piscirickettsiosis alcanzan entre un 20% a 30% de mortalidad, llegando en algunos casos hasta un 90%.
Hospederos	Afecta a la gran mayoría de las especies de salmónidos cultivados en estuario y en mar, aunque los hospederos principales son peces del género Oncorhynchus y Salmo de la subfamilia Salmonidae, existen reportes de la presencia de esta bacteria en otras especies de peces
Transmisión	Vía de transmisión es horizontal, pudiendo el agente penetrar por piel intacta y branquias. Pueden desempeñar un papel en la transmisión horizontal parásitos como Caligus rogercresseyi, cumpliendo una función de vector mecánico. No se descartan la posibilidad de transmisión vertical de la bacteria.
Fuentes de la bacteria	Se encuentra en materiales orgánicos procedentes de peces infectados. La bacteria se ha detectado en peces silvestres, bivalvos, caligus y biofilm, entre otras fuentes.
Distribución geográfica	En Chile, en las regiones de Los Ríos, Los Lagos y Aysén, considerándose una enfermedad endémica.
Diagnóstico Clínico	Se caracteriza por aumento de la mortalidad, nado errático y lento en la superficie del agua, letargia, anorexia, exoftalmia uni o bilateral, orillamiento y oscurecimiento de la piel.
Lesiones	Lesiones macroscópicas externas que incluyen descamación, palidez branquial, hemorragias equimóticas y petequiales en la base de las aletas,

	nódulos y úlceras en la piel. Las internas incluyen hígado aumentado de tamaño y con presencia de nódulos subcapsulares de color cremoso a amarillento, esplenomegalia, hemorragias petequiales en vísceras y vejiga, cavernas musculares y hemorragias y congestión a nivel cerebral.
Diagnóstico de Laboratorio	A través de técnicas como: Tinciones Gram y Giemsa, histopatología, aislamiento bacteriano, inmunofluorescencia indirecta con anticuerpo, prueba de reacción de la polimerasa en cadena (PCR), ensayo inmunoabsorbente ligado a enzimas (ELISA)
Medidas de vigilancia	
Centro en Vigilancia	Por 3 motivos: - Todo aquel centro de cultivo que inicie un ciclo productivo - Luego de haber sido categorizado como Centro en Alerta por mortalidades y presente durante un período de 12 semanas consecutivas mortalidades asociadas a la enfermedad, a nivel de jaula, con un valor inferior a 0,35% semanal. - Luego de haber sido categorizado como Centro en Alerta por tratamiento y presente en un período de 4 semanas contadas a partir de la fecha de notificación, mortalidades a nivel de jaula, inferiores a 0,35% - Los centros de Magallanes con mortalidades inferior a 0,1% se mantendrán en vigilancia hasta que no se detecten resultados positivos o mortalidad por piscirickettsiosis, y

	deberán continuar con las medidas del plan de acción.
Centro en Alerta	Por 1 de los siguientes motivos: - Presentar en **una o más jaulas** mortalidad asociada a la enfermedad en un **valor igual o superior a 0,35% semanal** - Haber realizado **3 tratamientos antimicrobianos, en la(s) misma(s) unidad(es) de cultivo** en un período de 3 meses. - Habiendo sido categorizado como **centro en alerta y transcurrido un período de 4 semanas** el centro presenta, en **una o más jaulas**, mortalidad asociada a la enfermedad en un valor i**gual o superior a 0,35% semanal** - Habiendo sido **categorizado como CAD y posterior al periodo de seguimiento de 6 semanas**, el centro presenta como **máximo un 25% de sus jaulas** con un valor **igual o superior a 0,35% de mortalidad semanal** asociada a la enfermedad. - Habiendo sido **categorizado como CAD y posterior al periodo de seguimiento de 6 semanas**, el centro presenta un **promedio de mortalidades semanales**, asociadas a la enfermedad, **inferior a 0,35% a nivel de centro**. - Una vez ejecutado el Plan de Cosecha Anticipada
Centro de Alta Diseminación (CAD)	Por 1 de los siguientes motivos: - Presentar simultáneamente el 50% o más de sus jaulas con un valor igual o superior a 0,35% de mortalidad semanal asociada a la enfermedad. - Presentar una mortalidad asociada a la enfermedad en un valor igual o

	superior a 0,35% semanal, a nivel de centro, por un período de 4 semanas consecutivas.
Caso Sospechoso	Sólo para Magallanes, en caso de que una jaula presente detección del agente, signología de la enfermedad o mortalidad asociada a piscirickettsiosis
Caso Confirmado	Sólo para Magallanes, en caso de que una jaula que presente, al menos en conjunto dos de las siguientes condiciones - detección del agente, signología de la enfermedad - mortalidad semanal por piscirickettsiosis > 0,1%.
Medidas de control	
Plan de Acción (no Magallanes)	Ante **notificación como Centro en Alerta,** el centro debe enviar dentro de las siguientes 48 horas, un plan de acción que incorpore las medidas a implementar tendientes a reducir la excreción del agente y la transmisión del patógeno al ambiente. El Plan debe incluir el aumento de la frecuencia de retiro de mortalidad en la(s) jaula(s) afectada(s), al menos 2 veces al día. Además de medidas opcionales como: - extracción de peces moribundos - desdobles con fines sanitarios - cosecha o eliminación parcial o total de la(s) jaula(s) afectada(s) - tratamientos farmacológicos Ante **notificación como Centro de Alta Diseminación**, el centro debe enviar dentro de las siguientes 48 horas, un plan de acción, que incorpore la implementación de medidas de bioseguridad reforzadas tendientes a

	disminuir el impacto de la enfermedad en el propio centro, así como en otros centros de cultivo. El Plan debe incluir las siguientes medidas: aumento de la frecuencia de retiro de mortalidad en la(s) jaula(s) afectada(s); al menos 2 veces al día y retiro de peces moribundos. Además de medidas opcionales como: - desdobles con fines sanitarios - cosecha o eliminación parcial o total de la(s) jaula(s) afectada(s) - tratamientos farmacológicos
Plan de Acción (Magallanes)	Ante **jaulas confirmadas** deberán notificar dentro de 24 horas por correo electrónico, y además entregar un Plan de Acción que contemple al menos una de las siguientes acciones: - extracción de peces moribundos - desdobles con fines sanitarios - cosecha o eliminación parcial o total de la(s) jaula(s) afectada(s) - tratamientos farmacológicos
Plan de Cosecha Anticipada o eliminación de jaulas más afectadas	Habiendo sido notificado como CAD y transcurrido el periodo de seguimiento de 6 semanas: - el centro exceda el 25% de sus jaulas con un valor igual o superior a 0,35% de mortalidad semanal - el centro presente un promedio de mortalidades semanales, asociadas a la enfermedad, igual o superior a 0,35% a nivel de centro Para **centros de Magallanes** con plan de acción ejecutado y con que posterior al seguimiento de 6 semanas, que presenten mortalidad total > 0,15%, deberá cosechar la(s) jaula(s) afectada(s), dentro de un plazo no superior a 7 días corridos

Tratamientos Farmacológicos	Todo tratamiento: - Deberá ser respaldado por una Prescripción Médico Veterinaria (PMV). - Deberá mantener claramente identificadas las unidades de cultivo que estén bajo tratamiento. - Los registros sobre el uso de agentes antimicrobianos deberán mantenerse e informarse al Servicio, de acuerdo a lo establecido en la normativa vigente. - Deberán notificarse al Servicio las reacciones adversas, incluyendo resultados de baja eficacia.
Plan de Manejo	Las AC podrán adoptar acuerdos sobre medidas productivas, logísticas o medidas sanitarias adicionales a las ya dispuestas por la normativa vigente, en pos de mejorar el desempeño sanitario a través de la implementación de planes de manejo. Se podrían implementar medidas, para efectos de este programa de control, referidas a la calidad de smolts, uso de vacunas, alimentos funcionales e inmunoestimulantes, condiciones del transporte, densidades de cultivo, manejos y bioseguridad entre otras.
Encuesta Epidemiológica	Ante caso sospechoso en Magallanes
Limpieza in situ de redes	Ante presencia de Piscirickettsia salmonis los centros podrán hacer limpieza in situ, a excepción de aquellos que se mantengan categorizados como CAD tras el periodo de seguimiento que establece el Programa

VIII.4 Análisis comparado de programas sanitarios

En la Tabla 5 se resumen las principales medidas de los programas sanitarios específicos de caligidosis y piscirickettsiosis.

Tabla 5. Clasificación de centros según enfermedad y estrategias de gestión aplicadas, según normativa vigente en Chile

Enfermedad	Clasificación	Tratamiento farmacológico	Vigilancia	Cosecha Anticipada
Caligidosis	Centros de alta vigilancia	✓	✓	
	Centros de baja vigilancia	✓	✓	
	Centros de alta diseminación	✓	✓	✓
	Centros de acopio	✓	✓	
Piscirickettsiosis	Centros en vigilancia	✓	✓	
	Centros en alerta	✓	✓	✓
	Centros de alta diseminación	✓	✓	✓
	Centros de Acopio	✓	✓	

A partir de la sistematización anterior, es posible notar que tanto la medida de cosecha anticipada como la medida de tratamiento farmacológico son comunes a ambos programas sanitarios analizados, dado lo anterior es posible justificar la consideración de estas medidas de control, cosecha anticipada y tratamientos, en la construcción de escenarios a evaluar dentro del modelo costo-beneficio diseñado.

VIII.5 Bibliografía

CHILE. 2013a. Resolución Exenta 1741: Establece clasificación de enfermedades de alto riesgo.

Res. Ex. N°13 Programa sanitario específico de vigilancia y control de piscirickettsiosis (PSEVC-Piscirickettsiosis), febrero 2018.

Res. Ex. N° 3174 Programa sanitario específico de vigilancia y control de caligidosis (PSEVC-Caligidosis), julio 2018.

Decreto 319, Reglamento de medidas de protección, control y erradicación de enfermedades de alto riesgo para las especies hidrobiológicas (RESA), agosto 2017.

IX. Benchmarking

IX.1 Revisión literatura acuicultura

Se realizó una búsqueda de información con el objetivo de identificar y analizar estudios científicos a nivel internacional y nacional, que hayan utilizado la metodología del análisis costo-beneficio en el área de la acuicultura. Para cumplir con este objetivo, se realizó una búsqueda sistemática en Web of Science y Scopus. Web of Science es una plataforma basada que aglomera las referencias de las principales publicaciones científicas, abarcando cualquier disciplina del conocimiento, tanto científico como tecnológico, humanístico y sociológico. Por otra parte, Scopus es una base con Elsevier como propietarios, la cual contiene 18.000 revistas publicadas por más de 5.000 editores internacionales.

Al realizar la búsqueda en Web of Science a través de las palabras "cost-benefit AND aquaculture", la búsqueda arrojó 61 resultados. De estos, luego de hacer un filtro por títulos de la publicación, los resultados disminuyeron a 26. Finalmente, un último filtro fue realizado mediante la lectura de los abstracts y metodologías utilizadas por cada artículo, seleccionando aquellos que fuese atingentes y se enmarcaran en los objetivos de este proyecto, disminuyendo los artículos de interés a 10, los cuales se detallan en la Tabla 6.

Tabla 6. Artículos seleccionados para Análisis de Costo-Beneficio en acuicultura al realizar búsqueda en Web of Science

Año	Título	Revista
2018	Economic assessment and environmental management of green tides in the Chinese Yellow Sea	Ocean & Coastal Management
2018	Production and economics of carp polyculture in ponds stocked with wild and hatchery produced seeds	Journal of Fisheries
2018	Cost-benefit analysis of aquaculture breeding programs	Genetics Selection Evolution
2017	A cost-benefit analysis of four treatment regimes for the invasive tunicate Ciona intestinalis on mussel farms	Management of Biological Invasions
2016	The epidemiological and economic effects from systematic depopulation of Norwegian marine salmon farms infected with pancreas disease virus	Preventive Veterinary Medicine
2016	Assessment of farmed tilapia value chain in Ghana	Aquaculture international
2014	Economic comparison between offshore and inshore aquaculture production systems of European sea bass in Italy	Aquaculture
2013	Ecological–economic assessment of monoculture and integrated multi-trophic aquaculture in Sanggou Bay of China	Aquaculture
2012	How to measure the economic impacts of changes in growth, feed efficiency and survival in aquaculture	Aquaculture Economics & Management
2007	A comparison of the yield and yield economics of three types of semi-intensive grow out systems, in the production of Heterobranchus longifilis (Teleostei: Clariidae) (Val. 1840), in Southeast Nigeria	Aquaculture

Al realizar la misma búsqueda en la base de datos Scopus a través de las palabras "cost-benefit AND aquaculture", la búsqueda arrojó 302 resultados. De estos, luego de hacer un filtro por títulos de la publicación, los resultados disminuyeron a 54 artículos. Al hacer el mismo filtro que con la base de datos de Web of Science, los artículos seleccionados a revisión fueron 16, de los cuales seis coincidían con artículos seleccionados en el filtro de Web of Science (WoS). El resultado se detalla en la Tabla 7.

Tabla 7. Artículos seleccionados para Análisis de Costo-Beneficio en acuicultura al realizar búsqueda en Scopus

Año	Título	Fuente	Artículos que coincidieron en búsqueda en WoS
2018	Production economics of striped catfish (Pangasianodon hypophthalmus, Sauvage, 1878) farming under polyculture system in Bangladesh	Aquaculture	
2018	Cost-benefit analysis of aquaculture breeding programs	Genetics Selection Evolution	X
2018	A methodological note for the development of integrated aquaculture production models	Frontiers in Marine Science	
2017	Economics and factors affecting rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) production in Kashmir	Indian Journal of Agricultural Economics	
2017	A cost-benefit analysis of four treatment regimes for the invasive tunicate Ciona intestinalis on mussel farms	Management of Biological Invasions	X
2016	The epidemiological and economic effects from systematic depopulation of Norwegian marine salmon farms infected with pancreas disease virus	Preventive Veterinary Medicine	X
2016	Assessment of farmed tilapia value chain in Ghana	Aquaculture international	X
2016	Comparative economic performance and carbon footprint of two farming models for producing Atlantic salmon (Salmo salar): Land-based closed containment system in freshwater and open net pen in seawater	Aquacultural engineering	
2014	Cost-effectiveness of alternative disease management policies for Bacterial kidney disease in Atlantic	Aquaculture	
2014	Economic comparison between offshore and inshore aquaculture production systems of European sea bass in Italy	Aquaculture	X
2012	How to measure the economic impacts of changes in growth, feed efficiency and survival in aquaculture	Aquaculture Economics & Management	X

2012	A multi-disciplinary framework for bio-economic modeling in aquaculture: a welfare case study	Aquaculture Economics and Management	
2012	Bio-economic costs and benefits of using triploid rainbow trout in aquaculture: reduced mortality	Aquaculture Economics and Management,	
2012	Costs and benefits of freedom from shrimp diseases in the European Union	Journal of Invertebrate Pathology	
2009	A dynamic ecological-economic modeling approach for aquaculture management	Ecological Economics	
2009	Economic inefficiency and environmental impact: An application to aquaculture production	Journal of Environmental Economics and Management	

IX.1.1 Revisión Web of Science

IX.1.1.1 Economic assessment and environmental management of green tides in the Chinese Yellow Sea - 2018

Autores: Yi Yanga, Jean Boncoeur, Shuguang Liu, Pi Nyvall-Collen

Objetivo general: Este trabajo se centra en el fenómeno de la marea verde en el Mar Amarillo chino y proporciona una evaluación económica en una perspectiva de costo-beneficio.

Detalles: En primera instancia investiga los mecanismos bioeconómicos de estos episodios, sus consecuencias económicas, las políticas de gestión pública y las percepciones de los interesados. Luego, trata de cuantificar el costo social de las mareas verdes, incluidos los costos de gestión y los costos residuales de las actividades de mercado y no de mercado (pérdida del excedente del consumidor por actividades recreativas). Sobre esta base, se comparan escenarios de gestión alternativos.

En cuanto al **costo social** los investigadores concluyen que las mareas verdes pueden representarse como una consecuencia de la interacción entre varias actividades humanas, generando beneficios a través de sus productos, pero también costos debido a los daños generados por las mareas verdes y su gestión.

El total de estos costos (menos los beneficios generados por el procesamiento de algas verdes) forma el costo social de las mareas verdes.

IX.1.1.2 Production and economics of carp polyculture in ponds stocked with wild and hatchery produced seeds - 2018

Autores: Md. Rafiqual Islam Khan, Md. Taskin Parvez, Mohammad Golam Sarowar Talukder, Md. Akhtar Hossain, Md. Shamsul Karim

Objetivo general: Estudiar la producción y economía del policultivo de carpa utilizando semillas silvestres y en viveros en estanques en el distrito de Faridpur, Bangladesh

Detalles: Se probaron semillas de carpas nativas (CMN) y carpas no nativas (CNN) de cuatro fuentes diferentes en estanques de policultivos a base de fertilizantes y piensos en ensayos de mesocosmos controlados con cuatro tratamientos (T1-T4), cada uno con cuatro repeticiones. Se hizo un análisis costo-beneficio para comparar los tratamientos.

Parámetros utilizados para monitorear el crecimiento de los peces (Brett and Groves 1979):

- Peso inicial (g) = Peso del pez en la siembra
- Peso final (g) = Peso del pez a la cosecha
- Ganancia de peso (g) = Peso promedio final (g) - Peso promedio inicial (g)
- Tasa de crecimiento específico (SGR[%, bw, d^{-1}]) = $\frac{LnW_2 - LnW_1 \; X \; 100}{t_2 - t_1}$

Donde, W1 y W2 son el peso medio inicial y final (g $pescado^{-1}$) y t1 y t2 (días) son el inicio y el final del período.

- Tasa de sobrevivencia (%) = $\frac{número\ de\ peces\ cosechados}{número\ de\ peces\ sembrados}\ x\ 100$
- Rendimiento neto (kg ha^{-1}) = Biomasa de peces en la cosecha - Biomasa de peces en la siembra inicial.
- Benefício neto (R) = I - (Cf + Cv + Ii)

Donde, R se refiere al beneficio neto; I, ingresos totales del pescado vendido; Cf para costos fijos, Cv para costos variables e Ii para intereses en costos de insumos.

- Razón de costo beneficio (CBR) = $\frac{Beneficios\ netos}{Inversión\ total}$

IX.1.1.3 Cost- benefit analysis of aquaculture breeding programs - 2018

Autores: Kasper Janssen, Helmut Saatkamp and Hans Komen

Objetivo general: evaluar diferentes diseños de programas de cría para la acuicultura y optimizar el número de candidatos seleccionados para estos programas.

Detalles: Se realizaron análisis de costo-beneficio para comparar programas de reproducción. Los resultados se utilizaron para describir las relaciones entre la rentabilidad y el número de candidatos seleccionados, la duración del horizonte temporal y la producción, y para estimar el número óptimo de candidatos seleccionados.

Metodología: Primero, los análisis de costo-beneficio se basaron en los beneficios y costos anuales desde el inicio del programa de mejoramiento. El valor presente neto se calculó con la siguiente fórmula:

$$NPV = \sum_{j=0}^{t} ((B_j - C) * r^j)$$

Donde Bj son beneficios en el año j, C son costos anuales (que son constantes a lo largo del tiempo) y r es un factor de descuento calculado como r = 1/(1 + d), donde d es la tasa de descuento.

Por lo tanto, el NPV (t) proporciona la suma de todos los beneficios descontados menos la suma de todos los costos descontados desde el inicio de un programa de cría hasta un horizonte temporal de t años.

En segundo lugar, con el objetivo de explicar las diferencias entre los programas de reproducción y para su posterior optimización, el VAN se aproximó algebraicamente utilizando una fórmula que consideraba el aumento promedio en los beneficios por año y el retraso promedio entre los costos realizados para una ronda de selección y los beneficios resultantes.

IX.1.1.4 A cost-benefit analysis of four treatment regimes for the invasive tunicate Ciona intestinalis on mussel farms - 2017

Autores: John D.P. Davidson, Thomas Landry, Gerald R. Johnson and Pedro A. Quijón

Objetivo general: Demostrar la importancia de seleccionar el régimen de tratamiento adecuado para maximizar la productividad y el beneficio en las granjas de mejillones afectadas por la infestación de *Ciona intestinalis.*

Detalles: Se realizó un análisis de costo-beneficio para determinar el régimen de tratamiento más beneficioso económicamente para la mitigación de *C. intestinalis* en dos áreas de cultivo de mejillón en dos tiempos de muestreo.

Se entrevistaron los propietarios o administradores de las granjas. Así se recolectó información de la gestión de la granja y datos financieros. Estas encuestas fueron diseñadas principalmente para capturar los costos asociados con el tratamiento de las líneas de mejillón infestadas con *C. intestinalis*, pero también capturaron el costo general de operar su granja de mejillones.

Costos fijos: definidos como gastos que no cambian en función de la actividad de una granja (por ejemplo, el tratamiento de los tunicados), no eran esenciales para los objetivos de este proyecto. Los costos fijos no varían de acuerdo con el régimen de tratamiento o si la granja fue infestada o tratada por tunicados. Sin embargo, la encuesta capturó tanto los costos fijos como los costos variables del tratamiento para garantizar la validez de los datos.

Costos variables: definidos como un costo que varía en relación con los cambios en el volumen de actividad, p. ej. número de tratamientos con tunicados, se identificaron como aquellos gastos asociados exclusivamente con el manejo y tratamiento de *C. intestinalis*. Las dos categorías principales de gastos fueron la inversión adicional requerida para comprar equipo especializado para la gestión del tratamiento y los costos operativos adicionales, incluida la mano de obra y el combustible para embarcaciones. El costo del tratamiento se calculó para cada régimen de tratamiento. Como se trataba de un costo variable, los costos aumentaron a medida que aumentaba el número de tratamientos en el régimen.

Beneficios: Los resultados que definieron el beneficio consistieron en la biomasa media, la longitud, el recuento y el índice de condición de los mejillones, y la biomasa media, la longitud y el recuento de *C. intestinalis*.

Ganancia bruta: El margen de ganancia bruta para una línea se calculó restando la ganancia bruta de los gastos totales.

Ganancia bruta = peso promedio (kg) de los mejillones x precio promedio por kilogramo de mejillones.

IX.1.1.5 The epidemiological and economic effects from systematic depopulation of Norwegian marine salmon farms infected with pancreas disease virus - 2016

Autores: J.M. Pettersen, O.B. Brynildsrud, R.B. Huseby, K.M. Rich, A. Aunsmo, B. Jensen Bang, M. Aldrin Norwegian

Objetivo general: Investigar cómo las estrategias de arraigo desencadenado por la enfermedad (despoblación sistemática de los centros de cultivo de salmones marinos infectados) pueden afectar la dinámica de la enfermedad y las ganancias del productor de salmón en una zona endémica en la parte suroeste de Noruega

Detalles: Se evaluaron cuatro tipos diferentes de estrategias de extracción activadas por la enfermedad durante un período de cuatro años (2011-2014), cada escenario con diferentes procedimientos de detección de la enfermedad, el momento para iniciar las intervenciones de recolección en cohortes infectadas y los niveles de cumplimiento de la estrategia por parte del agricultor. Los resultados de estas simulaciones se utilizaron en los análisis de costo-beneficio para estimar los beneficios netos de diferentes estrategias de cosecha a lo largo del tiempo.

Pettersen *et al.* (2015b) demostró que el uso de cosechas preprogramadas para evitar pérdidas por un brote de PD (SAV3) puede ser económicamente beneficioso para un centro de cultivo en las últimas etapas del ciclo de producción, lo que se conoce como una "estrategia de cosecha desencadenada por enfermedad". Esta estrategia requiere vigilancia para detectar los niveles de virus en el stock de salmón, que puede servir como una alerta temprana de un brote inminente. La recolección de los centros de cultivo infectados antes de los brotes también reduce la propagación de la enfermedad a los centros de cultivo vecinos, por lo que actúa como una externalidad positiva al romper la vía de transmisión y reducir el reservorio del virus. El uso coordinado de estrategias de cosecha desencadenadas por la enfermedad en una región puede disminuir la presión de la infección en el área y hacer que sea económicamente racional cosechar centros de cultivo con pérdidas económicas en beneficio del grupo más grande de productores de salmón.

El Modelo Bioeconómico utilizado fue el enfocado en la metodología de **presupuesto parcial** para estimar los beneficios netos de las diferentes estrategias de cosecha.

Calcularon el **beneficio neto** para una cohorte como:

Beneficio neto = ingreso marginal - costos de producción variables marginales.

Este valor se descontó luego por un factor de descuento anual para convertir el flujo de efectivo nominal de 2011–2014 a su valor presente en 2011.

Tabla 8. Componentes de costos en el modelo económico

Costos Variables	$
Costo de la cosecha por kg de salmón	-
Costo de alimentación por kg	-
Costo del seguro por kg de salmón producido	-
Reducción de precio de calidad ordinaria por kg (eviscerado)	-
Reducción del precio de calidad de producción por kg (eviscerado)	-
Manejo de la mortalidad por kg de salmón muerto	-
Vigilancia de virus PD por día	-
Costo mantención de jaulas marinas smolt $^{-1}$ por día	PERT (0.0036; 0.0049; 0.0067)
Costo de tratamiento del piojo de mar smolt $^{-1}$ por día	PERT (0.0060; 0.0087; 0.012)

En el caso de un brote de PD, se agregaron costos variables adicionales específicos de PD: alimento funcional, contrataciones extras y cosecha (como costos por pez).

IX.1.1.6 Assessment of farmed tilapia value chain in Ghana - 2016

Autores: Gifty Anane-Taabeah, Kwamena Quagrainie, Steve Amisah

Objetivo general: El estudio evaluó la cadena de valor de la tilapia cultivada en Ghana.

Detalles: Una encuesta realizada en 2012 proporcionó datos sobre actores clave, flujo de productos e información, costos y márgenes, y relación entre los actores.

Comentario: Todos los costos son en base a la cadena de valor. No están especificadas fórmulas ni costos fijos/variables.

IX.1.1.7 Economic comparison between offshore and inshore aquaculture production systems of European sea bass in Italy - 2014

Autores: Anna Maria Di Trapani, Filippo Sgroi, Riccardo Testa, Salvatore Tudisca

Objetivo general: Evaluar el desempeño económico del sistema de producción costa afuera con respecto al nivel costero, comparando el valor presente neto (VAN), el tiempo de recuperación con descuento (DPBT) y la tasa interna de retorno (TIR) de dos centros de cultivo de acuicultura italianas que producen lubina europea.

Detalles:

El primer indicador financiero fue el valor presente neto.

$$NPV = \sum_{t=0}^{n} \frac{C_t}{(1+r)^t}$$

Donde Ct representa los flujos de efectivo anuales descontados; t es el momento del flujo de caja; n corresponde a la vida útil de la inversión y r es la tasa de descuento.

Los flujos de efectivo anuales descontados (Ct) se obtuvieron de la diferencia entre los beneficios anuales (entradas) y los costos directos (salidas).

Costos directos: considera tanto el costo inicial de inversión como el costo de producción. El período de inversión fue igual a dos años y el costo se consideró neto de la subvención pública no retornable según el Reglamento (CE) no. 1198/2006 sobre el Fondo Europeo de Pesca (FEP).

Los costos de producción incluyeron todos los costos monetarios relacionados con el ciclo productivo: alimentos, juveniles, combustibles, electricidad, medicamentos, servicios veterinarios y otros, empaque, concesiones estatales, mano de obra requerida desde el inicio del cultivo hasta la cosecha, costos de reparación, mantenimiento y seguro.

IX.1.1.8 Ecological–economic assessment of monoculture and integrated multi-trophic aquaculture in Sanggou Bay of China - 2013

Autores: Honghua Shi, Wei Zheng, Xuelei Zhang, Mingyuan Zhu, Dewen Ding

Objetivo general: Investigar tres tipos de modelos de cultivo en Sanggou Bay, China, que fueron el monocultivo de kelps, el monocultivo de vieiras y el policultivo de kelps y vieiras (IMTA), a fin de comparar los beneficios ecológicos y económicos entre monocultivos e IMTA en sistemas de aguas abiertas

Detalles: Utilizando el análisis de costo-beneficio (CBA), desarrollaron un nuevo índice, el coeficiente relativo (RC), para equilibrar los beneficios y la eficiencia de los modelos de cultivo.

$$NPV = \sum_{t=0}^{T} \frac{(EB_t + TB_t - C_t)}{(1+r)^2}$$

Donde EBt, TBt y Ct son el beneficio económico, el beneficio ambiental y el costo de implementación de un programa, respectivamente, en el décimo año; r representa la tasa de descuento; y T es la escala de tiempo del programa. Un beneficio neto positivo indica que el programa debe ser apoyado.

La relación beneficio/costo (BCR) también es un índice importante en el análisis costo beneficio.

$$BCR = \frac{\sum_{t=0}^{T} \frac{(EB_t + TB_t)}{(1+r)^2}}{\sum_{t=0}^{T} \frac{C_t}{(1+r)^t}}$$

Donde Σ es la suma de los valores; EBt y TBt son el beneficio económico y el beneficio ambiental, respectivamente, del programa en el momento t; Ct es el costo en el tiempo t; T es la escala de tiempo del programa (t = 0 denota la hora de inicio del programa); y r denota una tasa de descuento. Los programas con BCR>1 están justificados económicamente y los BCR superiores indican usos más eficientes de los recursos y el medioambiente.

Debido a las inconsistencias ocasionales de NPV y BCR, desarrollaron un nuevo índice, el coeficiente relativo (RC), para evaluar los programas equilibrando el beneficio y la eficiencia en la utilización de recursos y la protección del medioambiente. RC se define de la siguiente manera:

RC = NPV x BCR

IX.1.1.9 How to measure the economic impacts of changes in growth, feed efficiency and survival in aquaculture - 2012

Autores: Markus Kankainen, Jari Setala , Iain K. Berrill, Kari Ruohonen, Chris Noble, and Oliver Schneider

Objetivo general: Introducir una variedad de modelos bioeconómicos que se pueden usar para calcular los beneficios económicos asociados con la mejora de la productividad en la acuicultura.

En la industria de la acuicultura, tres factores importantes de la productividad biológica son el crecimiento, la supervivencia y la eficiencia de la alimentación. En este artículo, se destacan nueve modelos bioeconómicos introducidos como ecuaciones que pueden ser utilizados por la gestión de la acuicultura, los responsables políticos y los investigadores para calcular los beneficios económicos de mejorar el crecimiento, la supervivencia y la eficiencia de la alimentación.

La función de los modelos bioeconómicos utilizados en este contexto es expresar cómo los cambios en los factores de productividad biológica, inducidos por cualquier cambio en la gestión de la producción acuícola, afectan el desempeño económico de un centro de cultivo o la industria en general.

Por ejemplo, si un stock de peces se vacuna contra una enfermedad, uno puede conocer la eficacia de la vacuna contra la enfermedad, pero solo puede estimar sus efectos sobre la tasa de mortalidad general si no ocurre el brote de la enfermedad. Ambos impactos se evalúan en la variable, "alcance de la intervención", como se muestra en el siguiente modelo bioeconómico.

Modelos bio-económico para eficiencia de la alimentación, supervivencia y crecimiento

Eficiencia alimentaria

La alimentación es uno de los mayores factores de costo en el cultivo de peces y puede representar más de la mitad de los costos totales de producción. En este

artículo se calculó la eficiencia de alimentación como el índice de conversión de alimentación (FCR); la proporción de alimento utilizado contra las ganancias en el peso de los peces (ΔFCR = Cambio en FCR%). Las relaciones de conversión de alimento más bajas equivalen a una mayor eficiencia de producción (es decir, se usa menos alimento para cultivar el pescado) y, por lo tanto, equivale a un mayor ahorro en términos de reducción de costos de compra de alimentos.

La eficiencia de la alimentación y los costos de alimentación varían durante el ciclo de vida de los peces. Por lo tanto, el consumo total de alimento debe ponderarse en función de la biomasa o el volumen de cosecha durante todo el período que se evalúa.

Sobrevivencia

Si los peces mueren durante el ciclo de producción, no se pueden usar (o vender) para el consumo o la repoblación. Como se explicó anteriormente, los modelos que se describen aquí se basan en el **supuesto de que los productores utilizan toda la capacidad de producción disponible para maximizar los beneficios e incorporan así las tasas de mortalidad previstas al planificar su estrategia de producción**. Esto significa que los beneficios de una mejor supervivencia deben calcularse como costos reducidos (menos compras de alevines comprados y ahorros en costos acumulados perdidos) en lugar de mayores ventas, porque la capacidad no puede sostener volúmenes más grandes debido a diversas restricciones de producción.

El costo de la mortalidad depende de la etapa de la vida en la que mueren los peces. Si los peces mueren jóvenes, aún no han acumulado muchos costos, aparte de los costos de compra de alevines, para llegar a ese punto (es decir, piensos, mano de obra). Los costos de producción aumentan cuando se usan más insumos como alimento y trabajo durante el ciclo de producción. Por lo tanto, el costo de la mortalidad aumenta con el tamaño y el tiempo de los peces.

A partir de entonces, es posible multiplicar el costo unitario del inventario por el número de peces muertos para obtener el costo total de la mortalidad. El costo promedio del inventario se calcula como el costo de producción final (precio productor - beneficio) dividido por dos, para generar un costo promedio para la unidad de producto en el inventario. El costo unitario de producción se puede calcular dividiendo los costos totales anuales de la compañía por el volumen de ventas. La proporción de costos unitarios de alevines que se utilizan para calcular los ahorros de compra de alevines se puede establecer dividiendo el costo de compra de alevines por ventas anuales. Estos parámetros se utilizan para calcular los beneficios económicos de una mejor supervivencia.

Crecimiento

El crecimiento es a menudo considerado como el factor de productividad más importante en la producción animal. De nuevo, sería incierto suponer que un agricultor podría aumentar su volumen de ventas sin límite. Por lo tanto, un método viable para cuantificar las ganancias económicas cuando los volúmenes de producción son constantes es analizar los costos de entrada. Este enfoque también tiene la ventaja de que es independiente de las fluctuaciones de precios inducidas por los cambios en los volúmenes del mercado.

En este artículo se presentan cinco enfoques alternativos para modelar los impactos económicos de mejorar el desempeño del crecimiento; cada enfoque genera resultados diferentes si se utilizan para el mismo sistema y, por lo tanto, es importante identificar y seleccionar el enfoque correcto para comprender mejor los impactos bioeconómicos de los cambios en las prácticas de manejo en el sistema de acuicultura observado.

IX.1.1.10 A comparison of the yield and yield economics of three types of semi-intensive grow out systems, in the production of Heterobranchus longifilis (Teleostei: Clariidae) (Val. 1840), in Southeast Nigeria – 2007

Autores: Chukwuma Okereke Ofor

Objetivo General: Se compararon la economía de rendimiento y el rendimiento de tres tipos de sistemas de cultivo de bagres semi-intensivos en el sureste de Nigeria. Estos fueron: un sistema integrado de acuicultura y agricultura, un sistema comercial basado en piensos que utiliza pellets producidos localmente y técnicas de cultivo tradicionales.

Detalles: Para calcular las variables económicas del rendimiento, se realizó una encuesta en los mercados locales para averiguar el precio del pescado (*H. longifilis y O. niloticus*) del mismo tamaño que los capturados. Los peces se vendieron a precios de peso unitario directamente proporcionales a tamaños individuales determinados visualmente. El precio promedio de varios comerciantes se utilizó para calcular los ingresos y en el análisis de costo-beneficio de los tratamientos. Los costos utilizados fueron los siguientes: (1) Salario mínimo oficial del estado y una jornada laboral de 8 horas. (2) Un total de 44,8 horas para el tratamiento 1. (3) Un total de 9 h para el tratamiento 2. (4) Un total de 13,8 h para el tratamiento 3, (5) Costos de transporte = costo de contratación de un retiro (Furgoneta para

transporte de productos al mercado local). (6) Los costos de construcción del estanque se depreciaron en un período de 50 años. No se describen fórmulas en el estudio.

IX.1.2 Conclusiones

El resultado de esta revisión sistemática nos permitió identificar las lagunas de información en cuanto a artículos científicos publicados destinados a hacer un análisis de costo-beneficio frente a distintas estrategias de intervención en acuicultura. La literatura asociada a análisis de costo-beneficio en acuicultura está distribuida en una amplia gama de especies acuícolas y donde se utilizan distintas metodologías de evaluación económica. Sin embargo, la mayoría de los artículos se basan en la comparación de los costos económicos de producción versus los beneficios económicos de éstos, siendo un punto en común para todos los artículos, la dificultad de medición de los beneficios económicos asociados a los sistemas de producción acuícola.

IX.2 Benchmarking internacional

Si bien no se pudieron identificar resultados de modelos de análisis costo-beneficio realizados en otros países productores de salmónidos, si se pudieron identificar algunos datos sobre el impacto que generan enfermedades como caligidosis o piscirickettsiosis.

Por ejemplo, se describe que los piojos de mar producen pérdidas económicas asociadas principalmente a los costos de los tratamientos. Complementariamente, se identifican otros costos, como son la reducción de la comerciabilidad del producto, el deterioro del crecimiento y la eficacia de la conversión de los alimentos, las infecciones secundarias y, en casos extremos, la mortalidad directa (Costello, 2009). Los impactos económicos a nivel de centro de cultivo se han estimado entre US$ 0,18 y 0,45 por kg. de salmón producido en Escocia, y entre US$ 0,08 y 0,11 por kg. de salmón producido en New Brunswick, Canadá (Johnson *et al.*, 2004). En Chile, a fines de la década de 1990, las pérdidas se estimaron en US$ 0,3 por kilogramo de salmón producido. En dicho estudio, la abundancia media fue de 4,9 piojos por pez (Carvajal *et al.*, 1998).

Para el caso de la piscirickettsiosis no existen estudios que cuantifiquen las pérdidas asociadas a la enfermedad. Sin embargo, puede inferirse que los ámbitos

asociados al impacto económico de serían los mismos descritos previamente para la caligidosis, añadiendo los niveles de mortalidad registrados en centros de cultivo en mar, los que pueden variar entre el 30 y el 90% de los peces (Fryer & Hedrick 2003).

Estimaciones realizadas en el año 1989 estimaron pérdidas de aproximadamente US $10 millones asociadas a piscirickettsiosis, basado en la mortalidad de aproximadamente 1,5 millones de individuos de salmón plateado (Cvitanich *et al.* 1990. Posteriormente, en el 2006, y antes de la crisis de la anemia infecciosa del salmón en Chile, el Instituto Tecnológico del Salmón (INTESAL) menciona que las pérdidas económicas directas causadas por la piscirickettsiosis durante la fase de engorda en mar alcanzaban los 100 millones de dólares y que las pérdidas del potencial de cosecha ascendían a unos 400 millones de dólares (Cabezas, 2006). Sin embargo, no existen estudios bioeconómicos publicados en revistas cie tíficas con comité editorial que cuantifiquen el real impacto de esta enfermedad.

A nivel de la industria, algunos de los impactos asociados a la caligidosis y piscirickettsiosis son la imagen negativa del uso de antiparasitarios y antimicrobianos, ya que estos pueden dejar residuos en la carne de pescado. Asimismo, otro elemento que contribuye a la imagen negativa del sector se relaciona con la contaminación del medioambiente por el uso de fármacos y los efectos que estos pueden tener para la fauna silvestre

Los impactos regionales de la caligidosis se han estimado en un 4% del valor de la producción en el Atlántico canadiense (Mustafa *et al.,* 2001), y entre un 7 y un 10% en Escocia (Rae, 2002). En una estimación más global de los impactos económicos de los piojos marinos, Costello (2009) calculó que los costos de los piojos marinos para la industria mundial del cultivo de salmónidos, para 2006, ascendieron a 480 millones de dólares.

IX.2.1 Benchmarking internacional. El caso de la fiebre aftosa

Como se mencionó previamente, no existen publicaciones científicas que aborden la evaluación de programas de control de enfermedades en recursos hidrobiológicos, en particular caligidosis ni piscirickettsiosis. Sin embargo, este tipo de análisis si se ha realizado en otros ámbitos de la producción animal. A continuación, se describirá brevemente el caso de la fiebre aftosa, que puede considerarse como una de las enfermedades animales más ampliamente estudiadas a nivel global.

IX.2.1.1 Fiebre aftosa

La fiebre aftosa es una de las enfermedades más contagiosas de los animales. El virus de la fiebre aftosa se replica y se propaga rápidamente dentro del animal infectado, y entre los animales susceptibles por contacto directo y por aerosoles. Los signos de la enfermedad pueden aparecer entre 2 y 3 días después de la exposición y pueden durar de 7 a 10 días (Grubman *et al.,* 2004).

La primera descripción escrita de la fiebre aftosa se realizó, probablemente, en 1514, en Italia. Casi 400 años después, en 1897, se demostró que un agente filtrable causaba enfermedad. Esta fue la primera demostración de que una enfermedad de los animales era causada por un agente filtrante y dio paso a la era de la virología. Posteriormente se demostró que el agente, el virus de la fiebre aftosa (FMDV), consiste en un genoma de ARN monocatenario de aproximadamente 8.500 bases rodeado de cuatro proteínas estructurales para formar una cápside icosaédrica. A la fecha, se han identificado serológicamente siete serotipos (A, O, C, Asia 1 y los territorios sudafricanos 1, 2 y 3), y dentro de cada serotipo se encuentran múltiples subtipos (Grubman *et al.,* 2004).

La fiebre aftosa ha producido brotes en todas las regiones del mundo que crían ganado, con excepción de Nueva Zelanda. La enfermedad afecta a los animales domésticos de pezuña hendida, incluidos el ganado vacuno, porcino, ovino y caprino, así como a más de 70 especies de animales salvajes, incluidos los ciervos, y se caracteriza por fiebre, cojera y lesiones vesiculares en la lengua, los pies, el hocico y los pezones. En ovinos y caprinos la enfermedad es generalmente leve y puede ser difícil de distinguir de otras condiciones comunes. Además, otras enfermedades vesiculares, como la enfermedad vesicular porcina, la estomatitis vesicular y el exantema vesicular de los cerdos, causan signos muy similares a los de la fiebre aftosa, lo que dificulta el diagnóstico clínico diferencial. Aunque la fiebre aftosa no causa una mortalidad elevada en los animales adultos, la enfermedad tiene efectos debilitantes, como la pérdida de peso, la disminución de la producción de leche y la pérdida de capacidad de arrastre, lo que provoca una pérdida de productividad durante un tiempo considerable. Sin embargo, la mortalidad puede ser alta en animales jóvenes, donde el virus puede afectar el corazón. Además, el ganado vacuno, ovino y caprino puede convertirse en portador, y el ganado vacuno puede albergar el virus hasta 2 ó 3 años (Grubman *et al.,* 2004).

Desde principios del siglo XX, la fiebre aftosa ha sido motivo de gran preocupación a nivel mundial, y los brotes o el temor al ingreso de la enfermedad a algunos países

o territorios, han llevado a la creación de institutos para investigar métodos de control de la enfermedad. En particular, el Insel Reims en Alemania en 1909, el laboratorio de Pirbright en el Reino Unido en 1924, Lindholm Island en Dinamarca en 1925, el Centro Panamericano de Fiébre Aftósa (PanAftosa) en Brasil en 1951 y el Centro de Enfermedades Animales de Plum Island en los Estados Unidos en 1953 fueron abiertos específicamente para estudiar la fiebre aftosa (Brooksby, 1982).

Actualmente, la fiebre aftosa ha sido erradicada por muchas naciones ricas, pero sigue siendo endémica en la mayor parte del mundo. Cuando se producen brotes de fiebre aftosa en países y zonas libres de la enfermedad que producen ganado para la exportación, el impacto económico es evidente. Sin embargo, el impacto de la enfermedad en los países endémicos es más polémico, especialmente cuando se compara con las enfermedades que causan una mayor mortalidad. En los últimos tiempos se ha prestado mayor atención a la lucha contra la fiebre aftosa en los países endémicos. El conocimiento del impacto económico de la enfermedad es esencial a la hora de decidir el nivel de gasto que puede ser justificado por un programa de control de enfermedades. El impacto, junto con los beneficios marginales de la inversión en el control de enfermedades, debe compararse para las diferentes enfermedades, teniendo en cuenta el costo de las medidas de control y su efecto probable (Knight-Jones & Rushton, 2013).

Siempre existe el peligro de que las conclusiones sobre el impacto de la enfermedad se basen en observaciones de las personas o explotaciones afectadas, especialmente si las pérdidas son dramáticas. Al considerar la carga de una enfermedad, hay que dar un paso atrás y considerar su impacto a nivel de la población. Considerar esto como una función de las pérdidas en los individuos enfermos y el número de afectados es una simplificación excesiva; para las enfermedades del ganado y la fiebre aftosa en particular, el impacto total de una enfermedad es mucho más complejo (Knight-Jones & Rushton, 2013).

Aunque la fiebre aftosa es una enfermedad de baja mortalidad, la frecuencia de los brotes y el gran número de animales y especies afectados en cada brote tienen como resultado un impacto elevado y continuo de la fiebre aftosa en los países endémicos. Los países endémicos de la fiebre aftosa contienen colectivamente tres cuartas partes de la población mundial.

IX.2.1.2 Descripción de los impactos asociados a la fiebre aftosa

IX.2.1.2.1 Impactos directos: Pérdidas visibles

Las pérdidas de producción debidas directamente a la fiebre aftosa incluyen la reducción de la producción de leche, que afecta tanto a los humanos como a los terneros que dependen de ella. Esto puede representar el 33% de las pérdidas en entornos endémicos (Ellis y Putt, 1981). No sólo es crucial para las operaciones lácteas comerciales, la leche es una fuente importante de nutrición para muchas personas, especialmente para los niños. Aunque la fiebre aftosa suele tener un efecto a corto plazo en la salud de los animales, la fiebre aftosa crónica suele reducir la producción de leche en un 80% (Bayissa *et al.,* 2011). También se reducen las tasas de crecimiento del ganado y la mortalidad entre los animales jóvenes suele ser del 2-3%, aunque en ocasiones es mucho mayor (Barasa *et al.,* 2008). La pérdida de fuerza de tracción cuando se utilizan animales de tiro es particularmente perjudicial si ocurre durante la cosecha. La fiebre aftosa puede causar abortos, cuyo costo es elevado, ya que el ganadero tendrá que pagar para mantener a la vaca sin que produzca nada durante otro año o más, o para sacrificar al animal.

Las pérdidas visibles de producción son más importantes en los cerdos en sistemas de producción intensiva y en el ganado lechero. Estos dos sistemas son fuentes clave de proteína animal en los países pobres y su importancia sigue creciendo (Delgado *et al.,* 1999).

IX.2.1.2.2 Impactos directos: Pérdidas invisibles

Un efecto combinado de los problemas de fertilidad debidos al aborto y a la reducción de las tasas de concepción, generan la necesidad de tener una mayor proporción de animales reproductores en una población, para mantener una producción determinada. Esta pérdida invisible significa que por cada kilogramo de carne o leche producido hay un costo fijo adicional para mantener más ganado reproductor (Rushton, 2009).

IX.2.1.2.3 Impactos indirectos: Costos adicionales – control de la enfermedad

El costo del control realizado por los servicios veterinarios oficiales (por ejemplo, vacunación, control de brotes, sacrificio e indemnización) corre a cargo de los contribuyentes. Además, el sector privado gasta cantidades importantes. Estos costos son enormes, ya que se estima que cada año se administran en el mundo

2.350 millones de dosis de la vacuna contra la fiebre aftosa, a un costo de 0,4 a 3 dólares u ocasionalmente 9 dólares por dosis, incluidas la administración y la aplicación. Debido a la corta duración de la inmunidad inducida por las vacunas contra la fiebre aftosa, los programas de control en curso vacunan a los bovinos de una a cinco veces al año y a los ovinos y caprinos una vez al año, lo que limita los recursos disponibles para combatir otras enfermedades.

En algunos casos, debe mantenerse a la fauna silvestre fuera de las zonas libres de fiebre aftosa, utilizando cercas, lo cual es costoso y afecta la ecología de la fauna silvestre (Gadd, 2011).

Incluso si un país está libre de fiebre aftosa, existen costos continuos debido a los esfuerzos para prevenir la introducción de la enfermedad, incluidos los controles de importación y, a veces, la vacunación. Además, mantener la capacidad de detección temprana y control de la fiebre aftosa, incluidos los bancos de vacunas, es costoso. Otros costos incluyen la investigación relacionada con la fiebre aftosa y las restricciones permanentes en el sector ganadero (como las paradas posteriores a los desplazamientos y las prohibiciones de alimentar a los animales con residuos alimenticios).

El costo de la vigilancia es significativo, incluida la demostración de la ausencia de la enfermedad después de un brote. Por ejemplo, se analizaron más de 3 millones de muestras de suero después del brote de 2001 en el Reino Unido (Paton *et al.,* 2006), además de aproximadamente 3,5 millones de sueros examinados durante el brote.

Las medidas de control pueden afectar a otras industrias, siendo el peor ejemplo el brote del Reino Unido en 2001, que causó pérdidas de ingresos en el turismo por un valor estimado entre 4.000 y 5.000 millones de dólares (Thompson *et al.,* 2002). Las medidas de control basadas en la eliminación selectiva pueden tener un impacto más amplio, incluyendo la indignación pública, la depresión y los suicidios entre los agricultores (Mort *et al.,* 2005), la contaminación por cadáveres y el bienestar animal. Las restricciones de movimiento interrumpen los flujos normales de animales entre diferentes unidades y empresas en diferentes etapas de su vida y pueden dar lugar a problemas de bienestar si se impide el acceso al alojamiento y al pastoreo.

IX.2.1.2.4 Impactos indirectos: Ingresos no percibidos – acceso a los mercados

Los países infectados por la fiebre aftosa no pueden comercializar animales vivos con países libres de fiebre aftosa. Por lo general, los países con los mejores precios

de la carne están libres de fiebre aftosa (es decir, la UE, los EE.UU. y Japón) (James & Rushton, 2002), donde los precios suelen ser un 50% más altos.

También se restringe el comercio de productos pecuarios. Si sólo se producen brotes regulares, los productos en conserva pueden exportarse a países libres; si la fiebre aftosa es controlada eficazmente con vacunación por un servicio veterinario competente capaz de detectar brotes, entonces se puede exportar carne deshuesada. Además, el comercio de frutas y hortalizas puede verse afectado por la situación de la fiebre aftosa. Incluso si un país está libre de fiebre aftosa, si comercializa con países infectados por la fiebre aftosa experimentará restricciones comerciales (James & Rushton, 2002).

La falta de acceso a mercados lucrativos tiene otras consecuencias; restringe el desarrollo de la agricultura comercial. Las restricciones limitan el suministro de ganado y productos pecuarios a los países libres; aunque esto es bueno para los productores nacionales, conduce a un aumento de los precios de mercado para los consumidores. Si se pierde la certificación de libre de fiebre aftosa, el ganado es objeto de dumping en el mercado interno, lo que reduce los precios para los consumidores a expensas de los productores. Incluso dentro de un país endémico, el comercio de ganado es limitado; los afectados por la fiebre aftosa reciben precios más bajos por su ganado y los que desean comprar animales de rebaños libres de fiebre aftosa se enfrentan a una oferta restringida. Además, las inversiones en el sector ganadero son limitadas si se percibe un riesgo de que se produzca fiebre aftosa. Las razas de alta productividad suelen ser más susceptibles a la fiebre aftosa. Por consiguiente, la amenaza de la fiebre aftosa limita el uso de estas razas e impide el desarrollo de una producción más intensiva.

IX.2.1.2.5 Impactos indirectos: Ingresos no percibidos – externalidades

La fiebre aftosa es altamente contagiosa, afecta a muchas especies y no es fácil de contener en una sola explotación o población. La presencia de la fiebre aftosa plantea problemas a todos los ganaderos que están conectados a poblaciones en las que la fiebre aftosa está presente. Esta conexión puede ser geográfica o a través de cadenas de comercialización. Por lo tanto, la fiebre aftosa crea lo que los economistas llaman externalidades. Si se produce un brote porque un agricultor no protegió a sus animales, otros pueden sufrir. Por el contrario, cuando un ganadero protege a sus animales de la infección por fiebre aftosa, genera una externalidad positiva, ya que es menos probable que se infecten y transmitan el agente patógeno a otras explotaciones.

Los efectos positivos y negativos de la fiebre aftosa en los distintos agentes de un mercado dinámico son complejos; cuando los brotes de fiebre aftosa generan una mayor demanda de vacunas, las empresas farmacéuticas se benefician. Cuando un país libre experimenta un brote, los precios de las aves de corral pueden aumentar debido a la renuencia del público a consumir productos de especies susceptibles a la fiebre aftosa, especialmente si por ignorancia existe una renuencia a comer productos de animales vacunados contra la fiebre aftosa. En los casos en que existen externalidades, es necesaria la inversión pública, ya que las acciones de un agricultor generan costos y beneficios para los demás. Estas externalidades no se reparten equitativamente entre los diferentes sectores ganaderos (Perry & Randolph, 2003) y las pérdidas de producción son particularmente graves en el caso de las explotaciones lecheras comerciales. Incluso cuando los individuos obtienen resultados positivos en la lucha contra la fiebre aftosa, hay menos incentivos para emprender un programa de este tipo si existe un alto riesgo de reinfección por parte de los que no intentan luchar contra la fiebre aftosa.

El control eficaz de las enfermedades infecciosas con vacunación a menudo requiere altos niveles de cobertura de vacunas para desarrollar la inmunidad del rebaño, con una proporción suficiente de brotes de animales inmunes tenderá a extinguirse debido a la falta de hospederos susceptibles. Si se deja en manos de los agricultores, la falta de acción de los menos visiblemente afectados por la fiebre aftosa se traducirá en zonas en las que el control es deficiente, lo que afectará a todo el programa de control. Los impactos en el productor ganadero tienen efectos dominó a lo largo de toda la cadena de comercialización, afectando a otros actores, como los mercados, los mataderos y las lecherías, por mencionar algunos. La lucha contra la fiebre aftosa puede ser tanto una externalidad, con beneficios que el mercado no capta, como un bien público regional o mundial, ya que la reducción del riesgo de fiebre aftosa también afecta a países distintos de los que controlan la enfermedad; por lo tanto, es necesario contar con financiación y cooperación externas.

IX.2.1.2.6 Impactos indirectos: Ingresos no percibidos – impactos en diferentes países

El impacto de la enfermedad no es el mismo en todos los países y poblaciones ganaderas debido a las diferencias no sólo en la incidencia y el riesgo de ingreso de la fiebre aftosa, sino también en: a) la genética del rebaño nacional; b) las prácticas de gestión ganadera imperantes; c) los precios de los insumos y productos de la producción pecuaria; y d) su capacidad para abastecer de ganado a los mercados de exportación.

IX.2.1.3 Racionalidad del control de la fiebre aftosa

Si el dinero se gasta en el control de enfermedades, la intención es reducir las pérdidas en una cantidad mayor. Estas pérdidas pueden deberse a la reducción de la producción o al acceso restringido al mercado. Para controlar la fiebre aftosa, los gobiernos deben crear un entorno en el que los costos del control a nivel de población reflejen los beneficios experimentados por el sector ganadero y la economía en general. Esto requiere una combinación de:

• Inversiones en servicios veterinarios, educación, investigación e infraestructura general para desarrollar el sistema de sanidad animal, lo que los economistas llamarían costes fijos.

• Programas específicos que cubran los costos del control y la gestión de la fiebre aftosa, lo que los economistas llamarían costos variables.

En muchos países ya existe una inversión de costos fijos en los sistemas de sanidad animal, y añadir un programa de lucha contra la fiebre aftosa es relativamente fácil. Sin embargo, los países con un bajo nivel de inversiones en sanidad animal tendrán dificultades para aplicar un programa eficaz de lucha contra la fiebre aftosa. En esta situación, es necesario que aumenten tanto los costos fijos como los variables. El elemento de costo fijo generará capacidad y habilidades que beneficiarán el control de otras enfermedades y, por lo tanto, no todos los costos de este elemento deberían asignarse a la fiebre aftosa (Knight-Jones & Rushton, 2013).

IX.2.1.3.1 Análisis económico del control de la fiebre aftosa

El método preferido para estimar el impacto mundial de la fiebre aftosa está dado por la combinación de estudios nacionales y regionales. Este es el enfoque adoptado por la Organización Mundial de la Salud al estimar la carga mundial de morbilidad.

A la fecha no se ha realizado ningún estudio para una estrategia mundial de lucha y erradicación de la fiebre aftosa, pero se han publicado más de 30 estudios nacionales o regionales en la literatura gris y revisada por pares. Un gran número de ellas son evaluaciones ex post después de grandes brotes en países que antes estaban libres. Los países libres también han llevado a cabo una serie de estudios de simulación de brotes. Por último, existe un conjunto limitado de estudios sobre el control de la fiebre aftosa en países endémicos. Los desafíos e incertidumbres asociados a la lucha contra la fiebre aftosa en las regiones endémicas son

considerables; no es fácil predecir el rendimiento de las inversiones en la lucha contra la fiebre aftosa en estos entornos. Se puede destacar lo siguiente:

- Los programas de control en países que antes eran libres generan beneficios para la economía.
- Los países libres de fiebre aftosa que sufren un brote pierden entre el 0,2% y el 0,6% del PIB.
- En los países con comercio internacional de ganado y productos pecuarios, el control de la fiebre aftosa tiene buenos resultados económicos.
- En los países donde el comercio internacional de ganado y productos pecuarios es limitado o inexistente, para que la lucha contra la fiebre aftosa dé resultados positivos es necesario contar con programas específicos.
- Faltan estudios que examinen el costo económico total de la fiebre aftosa en los países endémicos, sobre todo teniendo en cuenta las pérdidas indirectas a nivel nacional.

También se ha realizado un trabajo muy limitado en el análisis económico de la lucha contra la fiebre aftosa en las explotaciones, una consideración importante para el éxito de la lucha contra la enfermedad. Se reporta un alto impacto de la fiebre aftosa y una rentabilidad positiva de su control en los sistemas lácteos de la India y Bolivia, respectivamente. Asimismo, se indica que la fiebre aftosa tendría un gran impacto en los sistemas de producción lechera y porcina, pero un impacto limitado o nulo en los sistemas de producción ovina y bovina (sector de carne). En Bolivia, un estudio indicó que no hubo un retorno positivo a la lucha contra la fiebre aftosa en las explotaciones con vacunación preventiva (Knight-Jones & Rushton, 2013).

IX.2.2 Conclusiones

Los países ricos que han erradicado la fiebre aftosa deben hacer frente a los costos continuos de los brotes periódicos y a los costos de mantener la estrategia de preparación. Muchos países reducen el impacto de la enfermedad con amplios programas de vacunación. La escala mundial y los costos asociados con estos programas son enormes, con miles de millones de dosis administradas anualmente. El acceso restringido a los mercados internacionales debido a la fiebre aftosa reduce considerablemente los ingresos de los países con capacidad para exportar ganado y sus productos.

El impacto de la fiebre aftosa en los países endémicos ha recibido menos atención que el impacto de los brotes en los países libres, a pesar del gran número de animales afectados y de la importancia del ganado en estos países. Sin embargo,

en los países endémicos, la carga de la fiebre aftosa se manifiesta a menudo como pérdidas generalizadas y continuas que limitan el desarrollo del sector ganadero. La fiebre aftosa repercute de manera diferente en las distintas empresas y países; las consecuencias de estas variaciones en impacto y riesgo deben tenerse en cuenta al planificar la lucha contra la enfermedad (Knight-Jones & Rushton, 2013).

IX.2.3 Bibliografía

Barasa, M., Catley, A., Machuchu, D., Laqua, H., Puot, E., Tap Kot, D., Ikiror, D., 2008. Foot-and-mouth disease vaccination in South Sudan: benefit–cost analysis and livelihoods impact. Transbound. Emerg. Dis. 55, 339–351.

Brooksby, J.B. 1982.Portraits of viruses: foot-and-mouth disease virus. *Intervirology* 18:1-23

Bayissa, B., Ayelet, G., Kyule, M., Jibril, Y., Gelaye, E., 2011. Study on seroprevalence, risk factors, and economic impact of foot-and- mouth disease in Borena pastoral and agro-pastoral system, southern Ethiopia. Trop. Anim. Health Prod. 43, 759–766.

Costello, M.J., 2009. The global economic cost of sea lice to the salmonid farming industry. *J. Fish Dis.* 32, 115-118.

Carvajal, J., Gonzalez, L., George-Nascimento, M., 1998. Native sea lice (Copepods: Caligidae) infestation of salmonids reared in netpen systems in southern Chile. *Aquaculture* 166, 241-266.

Delgado, C., Rosegrant, M., Steinfeld, H., Ehui, S., Courbois, C., 1999. Live- stock to 2020. The Next Food Revolution. Food, Agriculture and the Environment Discussion Paper 28. IFPRI, Washington, DC, USA, pp. 72.

Ellis, P.R., Putt, S.N.H., 1981. The Epidemiological and Economic Implica- tions of the Foot and Mouth Disease Vaccination Programme in Kenya. Pan Livestock Services, Reading, UK.

Gadd, M.E., 2011. Barriers, the beef industry and unnatural selection: a review of the impact of veterinary fencing on mammals in Southern Africa. In: Somers, M.J., Hayward, M. (Eds.), Fencing for Conservation. Springer, New York, USA, pp. 153–186.

Grubman, M. J., & Baxt, B. (2004). Foot-and-mouth disease. *Clinical microbiology reviews*, *17*(2), 465-493.

James, A.D., Rushton, J., 2002. The economics of foot and mouth disease. Revue scientifique et technique (OIE) 21, 637–644.

Johnson S.C., Treasurer, J.W., Bravo, S., Nagasawa, K., Kabata, Z., 2004. A review of the impact of parasitic copepods on marine aquaculture. *Zool. Stud.* 43, 229–243.

Knight-Jones, T. J. D., & Rushton, J. (2013). The economic impacts of foot and mouth disease–What are they, how big are they and where do they occur?. *Preventive veterinary medicine*, *112*(3-4), 161-173.

Mort, M., Convery, I., Baxter, J., Bailey, C., 2005. Psychosocial effects of the 2001 UK foot and mouth disease epidemic in a rural population: qualitative diary based study. BMJ (Clinical research ed.) 331, 1234, 1234.

Mustafa, A., Rankaduwa, W., Campbell P., 2001. Estimating the cost of sea lice to salmon aquaculture in eastern Canada. *Can. Vet. J.* 42, 54–56.

Paton, D.J., de Clercq, K., Greiner, M., Dekker, A., Brocchi, E., Bergmann, I., Sammin, D.J., Gubbins, S., Parida, S., 2006. Application of non- structural protein antibody tests in substantiating freedom from foot-and-mouth disease virus infection after emergency vaccination of cattle. Vaccine 24, 6503–6512.

Perry, B.D., Randolph, T.F., 2003. The economics of foot-and-mouth dis- ease, its control and its eradication. In: In: Dodet, B., Vicari, M. (Eds.), Foot-and-Mouth Disease: Control Strategies. Éditions scientifiques et médicales, Elsevier, SAS, pp. 23–41.

Rae G.H., 2002. Sea louse control in Scotland, past and present. *Pest Manag*

Rushton, J., 2009. The Economics of Animal Health and Production. CAB International, Oxfordshire & Massachusetts, pp. 193–197.

Thompson, D., Muriel, P., Russell, D., Osborne, P., Bromley, A., Rowland, M., Creigh-Tyte, S., Brown, C., 2002. Economic costs of the foot and mouth disease outbreak in the United Kingdom in 2001. Revue scientifique et technique (OIE) 21, 675–687.

IX.3 Benchmarking nacional

IX.3.1 Producción de animales terrestres

La globalización de la ganadería y el sector acuicultor chileno puede ser considerada como un fenómeno reciente y que se encuentra en pleno desarrollo. Hoy en día, el país es un exportador e importador de productos pecuarios, por lo cual la salud de la población animal y por ende el desarrollo de la ganadería y el sector acuícola, están íntimamente ligados al comercio internacional. La inserción internacional ha sido producto de una estrategia país, sumado a voluntades de los sectores público y privado, que se ha impulsado la mejora del estatus sanitario de las poblaciones animales. Este elemento ha sido el eje del proceso de negociación sanitaria para la apertura y mantención de mercados (Rivera *et al.,* 2012).

La mejora de la condición sanitaria en las poblaciones animales ha sido un proceso paulatino. El primer gran hito en la salud animal chilena fue la erradicación de la Fiebre Aftosa. Este programa se inicia en el año 1970, lográndose la erradicación el año 81. Este proceso fue apoyado por el Banco Interamericano de Desarrollo y el apoyo técnico de PANAFTOSA (Melo & Lopez, 2002). Posteriormente se erradica la Peste Porcina Clásica, en una campaña que comprendió el período 1983-1997. Se calculó que las pérdidas directas debido a la morbilidad y mortalidad de esta enfermedad alcanzaban los 2,5 millones de dólares. Durante el período 1981-1996 se presentaron 295 focos de PPC con 19.998 animales afectados, y 2.446 animales muertos a causa de la enfermedad. Desde el año 1997 no ha habido focos de PPC en el país. Estudios epidemiológicos han demostrado la ausencia de virus patógeno en la población porcina, y la declaración de libre de PPC sin vacunación data del 6 de abril de 1998 (Ferrer *et al,* 2010). Asimismo, se ha debido lidiar con situaciones de emergencia sanitaria, como el brote de influenza aviar de alta patogenicidad, que se registró el año 2002, en la zona central de Chile, el cual fue erradicado prontamente. El costo de este evento se estimó en 32 millones de dólares. Finalmente debe destacarse la epidemia causada por la anemia infecciosa del salmón, en el año 2007.

Los antecedentes previamente expuestos, demuestran que en Chile se han desarrollado programas de control y erradicación de enfermedades animales, los cuales han podido lograr los objetivos epidemiológicos abordados. Sin embargo, la evaluación económica de estos, o de la situación basal que existía antes de su inicio es escasa, sin encontrarse estudios que hayan evaluado el impacto socio económico de enfermedades animales, ni tampoco las medidas de gestión sanitaria.

Al realizarse un levantamiento de información con representantes de la industria de producción de aves y cerdos nacional, pudo identificarse que existe un levantamiento parcial de información (generalmente costos) de problemas sanitarios, pero sin una metodología, modelo o instrumento que permita realizar una evaluación del impacto que pueden generar cambios en las acciones de gestión sanitaria, y apoyar la toma de decisiones.

IX.3.2 Bibliografía

Ferrer, E., Fonseca, O., Percedo, M. I., & Abeledo, M. A. (2010). La Peste Porcina Clásica En Las Américas Y El Caribe: Actualidad Y Perspectivas De Control Y Erradicación. *Revista de Salud Animal*, *32*(1), 11-21.

Melo, E. C., & López, A. (2002). Control de la fiebre aftosa: la experiencia americana. *Rev Sci Tech Off Int Epiz*, *21*(3), 689-94.

Rivera, D., Rojas, H., Urcelay, S., & Hamilton-West, C. (2012). Sanidad animal y comercio internacional. *Avances en Ciencias Veterinarias*, *27*(1).

X. Modelo costo-beneficio

X.1 Evaluación del impacto económico de enfermedades animales

X.1.1 Introducción

La evaluación del impacto económico de las enfermedades animales representa un elemento esencial, para que los tomadores de decisiones puedan priorizar los esfuerzos en el ámbito de prevención, vigilancia y control de enfermedades animales, pudiendo así hacer una eficiente asignación de los siempre escasos recursos que estos sistemas tienen.

Hoy en día, se analiza el efecto de las patologías en la población animal objetivo, y sus consecuencias en los parámetros zootécnicos y comerciales, tomando en cuenta el efecto de las perturbaciones de la salud animal en el incremento de los costos de producción, reducción del volumen de oferta, deterioro de la calidad de los productos, caída de los precios y pérdida de mercados internacionales.

A pesar de los desarrollos conceptuales y metodológicos de la medicina veterinaria, existe escasa bibliografía asociada a la determinación de las pérdidas económicas causadas por enfermedades animales, situación que se complica aún más cuando la búsqueda se orienta al impacto que las enfermedades animales representan para la producción de recursos hidrobiológicos.

En este capítulo se abordarán antecedentes sobre el desarrollo que ha presentado el estudio de la economía de la salud animal, junto a la descripción de las herramientas metodológicas seleccionadas para el desarrollo del "Análisis costo-beneficio de las medidas de vigilancia, control y prevención de las enfermedades piscirickettsiosis y caligidosis".

X.1.2 Economía de la salud animal

El estudio de la economía de la salud animal es una disciplina que se desarrolla entre la década de 1960-1970, donde crecientemente comienzan a aumentar el estudio del impacto que presentan ciertas enfermedades en la producción animal. El interés en esta área de estudio es generado en gran parte por el sector público de diferentes países que enfrentan las etapas avanzadas en procesos de

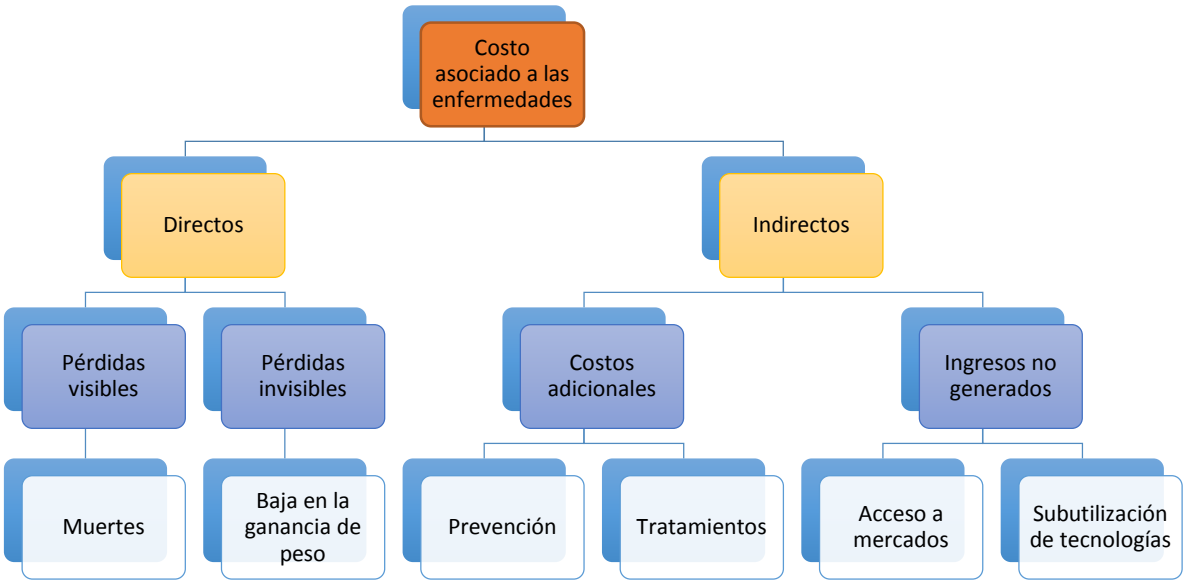
erradicación de enfermedades animales prioritarias, y comienzan a enfrentar el problema del impacto que pueden causar enfermedades prevalentes que son menos impactantes en términos de mortalidad, como son las enfermedades parasitarias (Rushton, 2009).

El efecto de las enfermedades animales, en un sistema de producción determinado, es reducir la eficiencia con la que los insumos se convierten en productos, es decir, disminuyen la productividad. Este efecto puede resultar de la disminución del valor de los productos para un determinado nivel de entradas, o de la necesidad de un mayor nivel de entradas para alcanzar un determinado nivel de producción, o de ambos. Existen varios mecanismos por los cuales las enfermedades afectan la productividad animal. La reducción directa de la productividad causada por la enfermedad puede resultar en pérdidas que son claramente visibles para los productores, como por ejemplo (Hamilton-West *et al,* 2012; Mardones *et al.,* 2009; Mardones *et al,* 2018; Rushton *et al.,* 1999):

a) La muerte de los animales afectados por enfermedades como la anemia infecciosa del salmón o piscirickettsiosis
b) Reducción del aumento de peso vivo debido a la presencia de enfermedades infecciosas
c) Calidad inferior del producto, como pieles dañadas debido a las altas cargas de *Caligus rogercresseyi*.

Asimismo, pueden existir algunos efectos de las enfermedades, que no son visibles o identificables fácilmente, como no alcanzar el potencial máximo de producción. Complementariamente, costos adicionales en el proceso productivo, que buscan limitar el efecto de las enfermedades, por ejemplo, vacunación y cuarentena, o para tratar los casos. En algunas situaciones, a los productores y a los sectores productivos se les niega el acceso a (mejores) mercados debido a la presencia de enfermedades, lo que corresponde a ingresos no generados. La Figura 9 presenta una representación esquemática de los costos asociados a las enfermedades (Rushton *et al.,* 1999).

Figura 9. Impacto de las enfermedades animales en sistemas productivos



El costo total de las enfermedades animales (C) es la suma de las pérdidas de producción directas e indirectas (L) y los costos asociados a su vigilancia, prevención y control (E).

$$C = L + E$$

Sin embargo, es posible extender esta conceptualización incorporando otros elementos. Por ejemplo, algunas enfermedades provocan mayor susceptibilidad a la presentación de otras enfermedades, por ejemplo, se ha identificado que *C. rogercresseyi* podría reducir la resistencia en salmón del atlántico a la infección con *P. salmonis* (Lhorente *et al,* 2014), o al considerar que ciertas enfermedades pueden tener efectos en otros sistemas productivos (otras especies) o sobre la fauna nativa, al generar contaminación del medioambiente, o cuando los tratamientos pueden afectar tanto a otros sistemas productivos como al ambiente, o consideraciones sobre el bienestar de los animales. Probablemente, esta complejidad haya derivado en que los impactos económicos de las enfermedades animales y el control de las mismas no estén suficientemente estudiados, tanto en sistemas de producción de animales terrestres, como en acuáticos (Hennessy, 2017; Rushton *et al.,* 1999).

Independientemente de las limitaciones descritas, se deben tomar decisiones en el contexto de la gestión sanitaria: en un centro de cultivo, se debe conocer ¿Cuánta enfermedad se puede tolerar?, ¿Cuál es la estrategia de control más apropiada

para hacer frente a la caligidosis? ¿O es el control de la piscirickettsiosis una prioridad? Para los responsables políticos de los gobiernos, la decisión de invertir en un programa de control de enfermedades animales debe compararse con la inversión en otros tipos de proyectos de desarrollo, como la construcción de caminos, la mejora de la educación o quizás el control de enfermedades de las plantas. Estos son los tipos de preguntas que la evaluación de impacto debe abordar, si se quiere asesorar objetivamente a los responsables de la toma de decisiones, desde los pequeños productores hasta los responsables de las políticas gubernamentales, sobre las líneas de acción adecuadas. Por lo anteriormente expuesto, la necesidad de evaluar el impacto económico de las enfermedades animales es evidente, al igual que la necesidad de incluir las implicaciones medioambientales y sociales del cambio (Rushton *et al,* 1999).

X.1.3 Análisis de costo-beneficio

El análisis de costo-beneficio es un enfoque sistemático que permite estimar las fortalezas y debilidades de distintas alternativas. Se utiliza para determinar las opciones que brindan el mejor enfoque para lograr beneficios al mismo tiempo que se preservan los ahorros. Así, permiten la comparación de potenciales cursos de acción o estimación (o evaluación) del valor contra los costos de una sola decisión, proyecto o política. Las áreas comunes de aplicación incluyen transacciones comerciales, decisiones de negocios funcionales, decisiones de políticas (especialmente políticas gubernamentales) o inversiones en proyectos.

En general, los análisis de costo-beneficio tiene dos aplicaciones principales:

- Para determinar si una inversión o decisión es sólida, verificando si sus beneficios superan los costos y en qué medida.

- Para proporcionar una base para comparar inversiones o decisiones, comparando el costo total esperado de cada opción con sus beneficios totales esperados.

De esta manera, para realizar un análisis de costo-beneficio, es necesario contar con los valores monetarios tanto de los costos implicados como de los beneficios generados en el sistema productivo a evaluar.

X.1.4 Necesidades de información para la evaluación costo-beneficio de enfermedades animales

Antes de comenzar con la evaluación costo-beneficio del impacto económico de las enfermedades o de las acciones de vigilancia, control o prevención de estas, es necesario tener una serie de antecedentes críticos. Por ejemplo, se debe conocer si las estrategias de control son socialmente aceptables. Algunas acciones pueden ser percibidas como negativas por la población, como la producción de efectos adversos para el medioambiente, uso excesivo de fármacos, sacrificio de animales sanos, entre otros. La presión social no debe ser un elemento que quede fuera de cualquier evaluación, ya que incluso pueden llevar al colapso y cierre de unidades de producción animal, como fue el caso Freirina[2].

En cuanto a los requisitos de información (datos), hay que responder a varias preguntas. ¿Se dispone de datos sobre el sistema de producción y los costos asociados, la enfermedad y las medidas de control? ¿Se conoce en profundidad la epidemiología de las enfermedades? (Rushton *et al,* 1999). Estudios recientes identifican una falta de estos antecedentes en el caso de piscirickettsiosis, principalmente en las áreas de epidemiología, ecología, ciencias ambientales, microbiología, inmunología y farmacología (Mardones *et al.,* 2018). Una situación similar puede especularse con la caligidosis. En este sentido, el desarrollo de herramientas de simulación que permitan incorporar elementos para los cuales se tengan diferentes niveles de calidad de información permitirá realizar ajustes una vez que se hayan acortado las brechas existentes, apoyando a la toma de decisiones en base a información.

La importancia de la evaluación costo beneficio de enfermedades animales puede ejemplificarse con el estudio de caso realizado para el brote de Influenza Aviar de alta Patogenicidad que ocurrió en EE. UU entre 2014 y 2015, descrito por Marsh *et al.,* (2017).

El sector avícola es de gran importancia económica en EE. UU, existiendo nueve mil millones de aves y un valor de producción de más de 50 mil millones de dólares para 2014. La influenza aviar altamente patógena (IAAP) se presenta en una primera instancia en la costa del Pacífico en 2014, diseminándose hacia la zona del

[2] https://www.cooperativa.cl/noticias/pais/region-de-atacama/conflicto-en-freirina/agrosuper-anuncio-el-cierre-indefinido-de-la-planta-en-freirina/2012-12-10/174949.html

Mississippi en 2015. Cincuenta millones de aves murieron o fueron eliminadas. A nivel de mercado se observó un incremento del precio de los huevos.

Estimaciones iniciales de las pérdidas de aves y para las empresas relacionadas, como, los mayoristas de huevos y empresas de servicios de alimentos, entre otras elevaron las pérdidas a 3.300 millones de dólares. Complementariamente, se reportó una caída del 14% en las exportaciones durante el primer semestre de 2015 en comparación con 2014, traduciéndose en cerca de 390 millones de dólares.

Complementariamente se reportaron pérdidas en el sector ganadero y los sectores de los cereales forrajeros en de aproximadamente 1.000 millones de dólares para. Estos cambios en el bienestar económico de los productores reflejan la interacción entre las pérdidas de producción y las exportaciones disminuciones, es decir, embargos comerciales.

Evaluaciones preliminares de las inversiones en vacunación contra la IAAP, indicaron que, en zonas densamente pobladas de aves de corral, los beneficios de la vacunación (debido a la reducción de la enfermedad, menores costos de despoblación y eliminación de virus, y reducción de la reacción del consumidor a los esfuerzos de control de enfermedades) puede ser mayor que los costos adicionales de la aplicación de la vacunación, y a las limitaciones de las exportaciones. Como resultado de los resultados y consecuencias de la IAAP en los EE. UU, los organismos gubernamentales han vuelto a revisar los programas de respuesta y planes de compensación. Además, ha estimulado discusión sobre la asignación de recursos del gobierno y marcos conceptuales para la toma de decisiones.

X.1.5 Evaluación socioeconómica

X.1.5.1 Contexto

Los resultados de una evaluación socioeconómica son importantes para la toma de decisiones sobre la asignación de recursos tanto a nivel público como privado. Asimismo, la información generada es útil en el desarrollo de políticas agropecuarias.

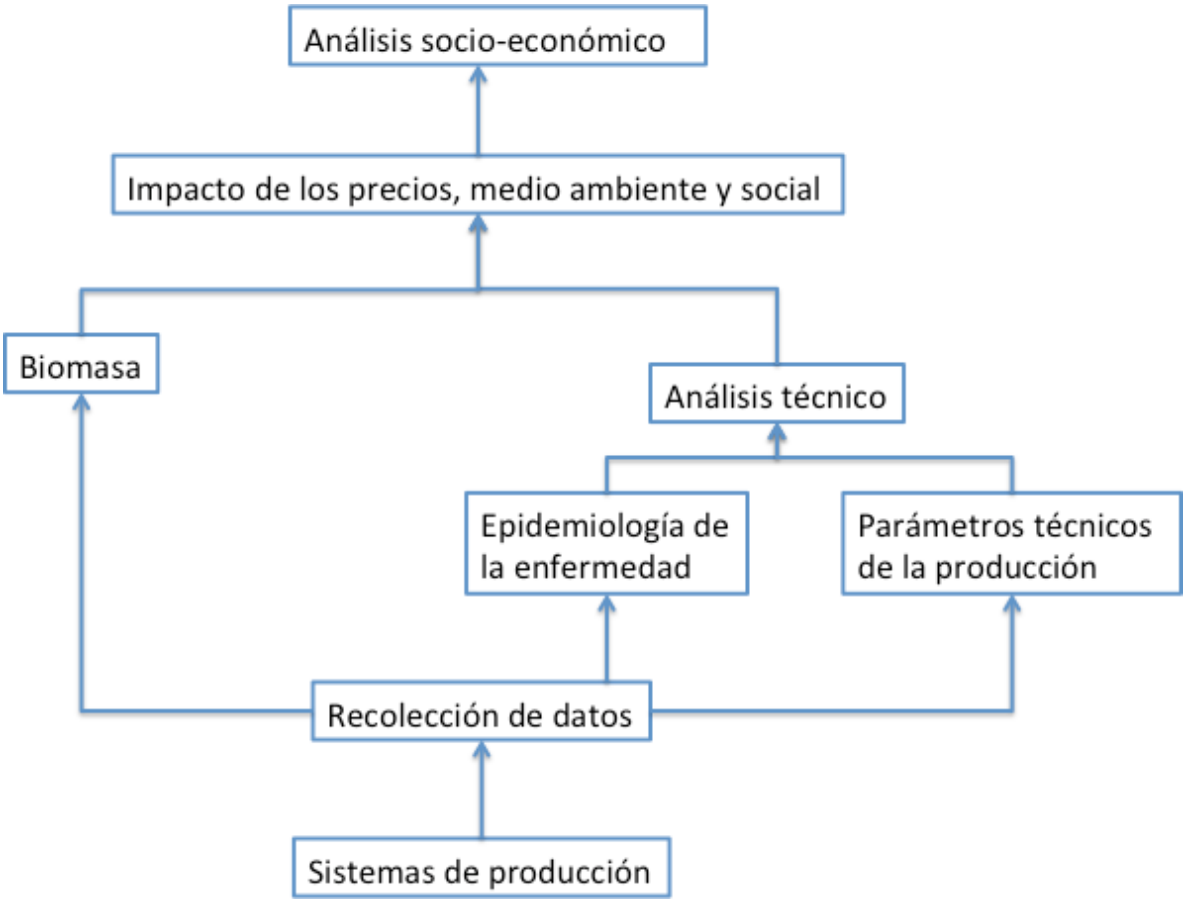
Una evaluación socioeconómica en salud animal tiene que tener una línea base para comparar la situación con y sin una intervención (medida de prevención o control). El desarrollo de una línea base necesita información sobre los sistemas de

producción y comercialización del (o los) producto(s) de interés, y el comportamiento de la enfermedad dentro estos sistemas. La última parte está basada en la epidemiología y economía del control de la enfermedad o plaga. Sin esta información, un análisis socioeconómico de una intervención en salud animal tiene limitado valor. Por lo tanto, la metodología general que se presenta tiene una visión holística de los subsectores involucrados y se enfoca en las necesidades para generar una línea base que posea la suficiente información técnica, y que permita predecir el impacto que genera una intervención sanitaria en la epidemiología de la enfermedad.

La Figura 10 presenta una estructura de un análisis socioeconómico de un programa de salud animal. Es importante notar que esta estructura incluye:

- Los parámetros técnicos de producción
- Los parámetros técnicos de la enfermedad
- La escala de los sistemas de producción
- El impacto en el mercado (nacional e internacional)
- El impacto en el medioambiente
- El impacto social

Figura 10. Estructura de un análisis socioeconómico de un programa de salud animal.



Es probable que no se puedan cuantificar todos los componentes de un modelo para la evaluación de un programa de salud animal, en particular los impactos sociales y medioambientales. Sin embargo, conocer la estructura lleva a pensar sobre los diferentes ejes de los impactos de una intervención y la necesidad de hacer mediciones en términos cuantitativos y cualitativos.

X.1.5.2 ¿Qué se trata de medir?

Una enfermedad genera impactos directos e indirectos. Con respecto a los impactos directos pueden idnetificarse elementos obvios, como animales muertos. Sin embargo, también hay pérdidas "invisibles". Por ejemplo, una enfermedad animal puede aumentar los costos de producción. De los impactos indirectos, otra vez hay costos obvios como medicamentos, vacunas o implementación de

medidas de bioseguridad. Asimismo, hay costos que no son tan fáciles de identificar, en particular a nivel del productor. Entre estos se puede destacar, los costos relacionados con acceso a mercados con mejores precios, pudiendo ser estos mercados nacionales o internacionales. Finalmente, una enfermedad afecta la selección de las líneas genéticas. Generalmente, los productores seleccionarán líneas que puedan producir aún con la presencia de la enfermedad (o que sean más resistentes) aunque estas variedades no sean las mejores en términos de cantidad o calidad de producción. Aquí, los productores toman la decisión de que es mejor: tener un ingreso regular sin variaciones grandes o un ingreso que puede ser alto, pero cuando la enfermedad se presenta, el ingreso puede disminuir drásticamente. El resumen de los impactos de una enfermedad o plaga se muestra en la Figura 9.

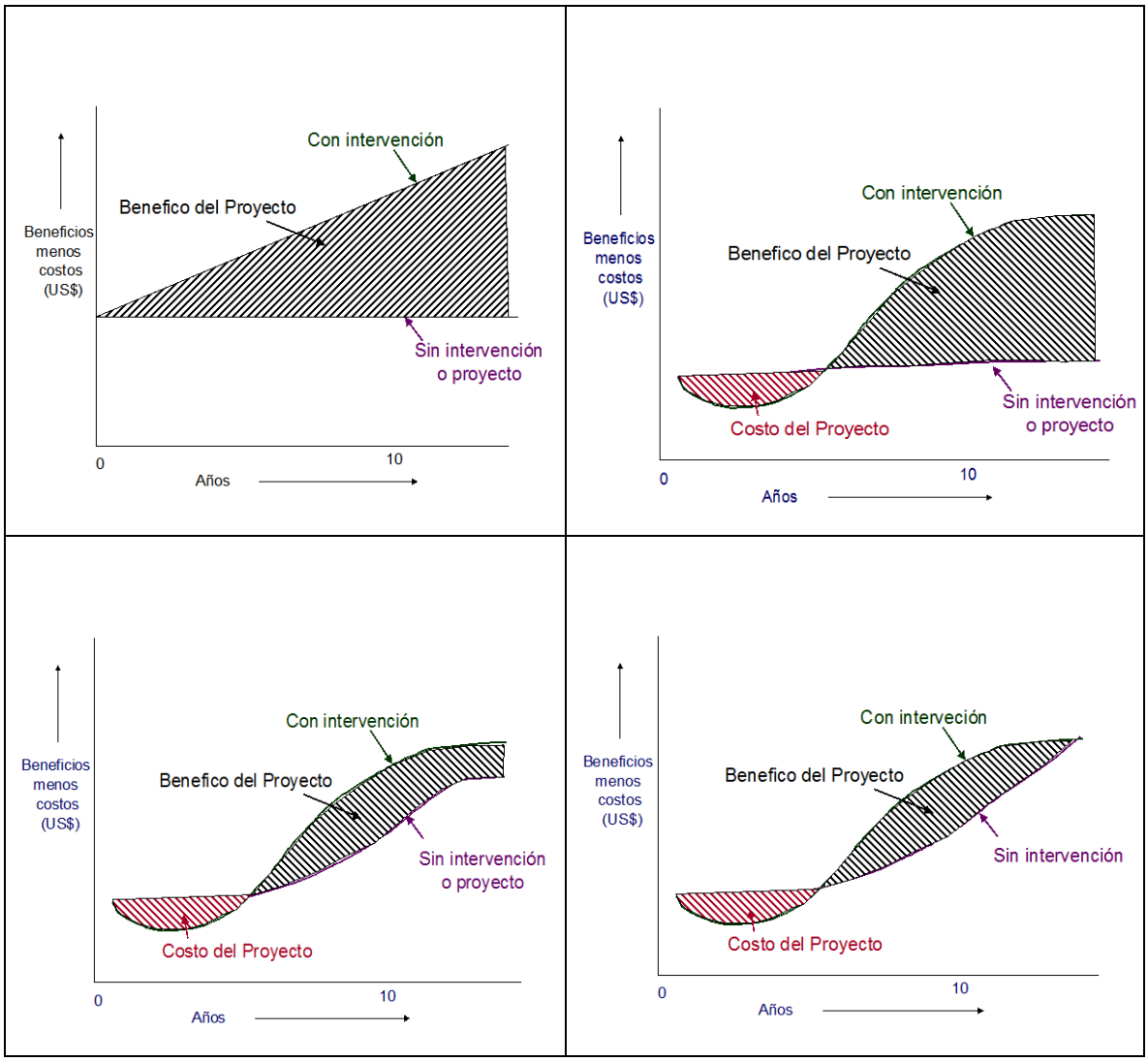
Una falla de muchas evaluaciones en salud animal es que estiman los impactos obvios de las enfermedades, sin considerar la información sobre los costos necesarios para evitar estos impactos. Por ejemplo, en la literatura hay estimaciones enormes sobre el impacto de problemas con garrapatas, pero no se presentan los costos para controlar o erradicar este problema. En dicho escenario, los impactos no son suficientes para tomar decisiones de control de las enfermedades animales, solamente dan una impresión sobre la importancia de la enfermedad. Para tomar decisiones se tiene que tener información sobre:

- Situación actual (línea base)
- Los costos de un cambio en el estatus sanitario
- Los beneficios de un cambio de un estatus sanitario

En muchas situaciones la línea base también es dinámica y puede llegar al mismo punto que con una intervención, pero más lentamente. Se tiene que comparar la situación con y sin la intervención para estimar los beneficios (ver Figura 11). En este caso se puede ver la importancia de tener:

- Un buen conocimiento técnico para estimar la línea base
- Información sobre los incentivos en el ámbito de los productores para controlar la enfermedad
- La línea con la intervención

Figura 11. Estimación de los beneficios de una intervención para salud animal con diferentes líneas base.



En programas estatales y nacionales, el objetivo es buscar intervenciones que aceleren el control y erradicación de enfermedades para tener beneficios más rápidos que una situación donde los productores están luchando solos contra estos problemas. La forma de las intervenciones del estado depende de donde se acumularán los beneficios. Por ejemplo, una intervención que pueda dar beneficios al productor y al consumidor es considerada un **bien público** y existe una fuerte justificación de que el Estado esté involucrado en todos los componentes del control o erradicación de este problema. Esto fue el caso del control de la tuberculosis bovina en Inglaterra durante los años 50s, 60s y 70s. Sin embargo, hay otros problemas donde los beneficios del control o erradicación se acumularán

solamente en los productores, donde los beneficios del control son capturados por las empresas que aplican el control, y la intervención es un **bien privado**. Aquí el rol del Estado es menos claro, pero puede ser a través de aportes en investigaciones para mejorar las medidas de control y el abastecimiento de información. Un ejemplo de este tipo es el control de parásitos en animales.

X.1.5.2.1 Herramientas de Análisis

La base de las evaluaciones económicas en salud animal es el **margen bruto**. Esta herramienta es sencilla pero muy poderosa. El margen bruto tiene que presentar los ingresos menos los costos variables. Es común presentar el margen bruto como un retorno por cantidad de producto, por animal o por unidad de producción (por ejemplo, un centro de cultivo, ACS o Región), pero para permitir comparaciones entre sistemas se tiene que presentar la estructura de los costos y los ingresos. La estructura de los costos es clave para identificar los costos más importantes de una actividad, y en el caso de una evaluación de un programa de control de salud animal, los costos de las actuales medidas de control (o de las que se proyectan realizar).

El margen bruto provee un cuadro estático de un sistema, pero para comparar un cambio en el estatus sanitario se tiene que utilizar el **análisis de presupuesto parcial**. Esta herramienta identifica los costos y beneficios de un cambio en el control de una enfermedad y estima los beneficios menos los costos. En la situación donde los costos y beneficios ocurren en diferentes años se tiene que poner el análisis parcial en un marco de **costo-beneficio** donde los valores están descontados.

A nivel de un productor el análisis del control de una enfermedad es relativamente fácil. Las complicaciones pueden aparecer cuando hay más de una opción de control y las medidas de control tienen un nivel de incertidumbre. En estos casos, se pueden combinar los resultados de análisis costo-beneficio de las diferentes opciones y riesgos, mediante un **árbol de decisiones**.

A nivel de una región o país, el análisis tiene la misma estructura, pero las estimaciones de los costos y beneficios son más complicadas. Un cambio de estatus sanitario que permita una mayor producción puede tener un impacto en los precios del producto. Las estimaciones de los beneficios tienen que utilizar las **elasticidades de demanda y oferta,** debe considerarse que en muchas situaciones este tiene que incluir la oferta y demanda de los mercados nacionales e internacionales y la competitividad de los sistemas. Los cambios en la calidad de

un producto por un cambio en el estatus sanitario pueden mejorar la **salud pública**, que tiene un **beneficio** en términos de los **costos médicos**, el **número de días donde la gente no puede trabajar** o en el peor escenario el **número de muertos**. En este caso es común presentar los resultados en términos de "**disability adjusted life years**" **(DALYs)**. En el caso que un cambio de estatus sanitario pueda tener un impacto en la economía general hay que utilizar "**social accounting matrices**" **(SAMs)** para estimar los factores de multiplicación. Un análisis completo a nivel de país también debería incluir la distribución de los beneficios dentro la sociedad. Aquí se tiene que tener información sobre el **estatus socioeconómico** de los productores, los trabajadores y los consumidores quienes son afectados por el cambio del estatus sanitario y los costos y beneficios de cada grupo.

Hay una gran variedad de herramientas para hacer una evaluación de un programa de control en salud animal. El uso de las herramientas depende de:

- La complejidad de la enfermedad y su control
- La disponibilidad de datos
- Los recursos para recopilar datos
- Los recursos para hacer el análisis
- Las demandas del grupo que tiene que tomar una decisión sobre el control

Por lo tanto, los elementos presentados anteriormente no son una receta, sino una guía en la evaluación de un cambio del estatus sanitario.

X.1.5.3 ¿De dónde provienen los datos?

Antes de comenzar una recopilación de datos, es necesario tener un marco del análisis que pueda indicar los datos claves. Las secciones anteriores han indicado la mayoría de los datos claves necesarios para un análisis socioeconómico de una intervención en salud animal. En base a dicha lista, se debe empezar con la recopilación de los datos secundarios de trabajos anteriores o actuales.

Los datos sobre los sistemas de producción, los mercados nacionales, la economía nacional y los estratos sociales, serán de las instituciones nacionales públicas y privadas. Las instituciones privadas son importantes en la generación de información sobre los costos de producción de sistemas comerciales y en algunos casos sobre los mercados para sus productos. Las instituciones estatales son

importantes en la generación de información sobre la distribución de las poblaciones humanas y animales, empleos, entre otros. También tienen información clave sobre la economía y los estratos socioeconómicos. Para datos más específicos sobre los mercados, hay empresas privadas de marketing que a veces tienen información sobre los mercados de productos agropecuarios, pero obviamente estos datos no están disponibles de forma gratuita. Hay fuentes de información a nivel internacional sobre los mercados agropecuarios de los diferentes países. Con respecto a la información técnica, en particular la información sobre la epidemiología de las enfermedades es importante destacar la necesidad de buscar datos a nivel nacional e internacional. Enfermedades como piscirickettsiosis y caligidosis presentan importantes falencias en cuanto al conocimiento de su epidemiología, si bien en la actualidad existen diversas actividades que deberían generar importantes niveles de información en el corto y mediano plazo. Datos de su epidemiología provenientes de otros países tendrían limitada aplicación a nivel nacional, ya que no se generan los mismos escenarios que se han descrito en Chile.

Es probable que los datos secundarios no sean suficientes para la lista completa de información necesaria para realizar un análisis. Donde exista carencia de información, es necesario tomar decisiones sobre la recopilación de datos primarios o el uso de estimaciones de los expertos. La decisión estará basada en el presupuesto disponible para la recopilación de los datos y la sensibilidad del análisis de los datos faltantes. Si el presupuesto no es suficiente para la recopilación de datos importantes se tiene que utilizar estimaciones. Es recomendable explicar dónde y cómo las estimaciones pueden influir los resultados. Esto puede ser una manera para priorizar investigaciones y la recopilación de datos en el futuro.

X.1.5.4 Las etapas

Las etapas para hacer una evaluación socioeconómica de un programa de control de una enfermedad animal son las siguientes (adaptado de Rushton, 2002):

1) Identificar la población (animales / centros de cultivo / otros) afectada por la enfermedad
2) Si la población está bajo diferentes sistemas de manejo, realizar una clasificación de los sistemas de producción con una estimación de la población asociada a cada sistema
3) Medir los parámetros de producción de cada sistema de producción con y sin la enfermedad;

4) Estimar del porcentaje de los animales o centros de cultivo afectados por la enfermedad por unidad de tiempo;
5) Calcular los costos de las actuales medidas de control en cada sistema;
6) Desarrollar un modelo para simular un centro de cultivo sin y con la enfermedad o con diferentes escenarios para cada sistema de producción
7) Cuantificar los costos de un cambio de estatus sanitario de la enfermedad. Esto puede ser la reducción de la prevalencia de la enfermedad o la erradicación de esta
8) Estimar el impacto del cambio de estatus sanitario en términos de producto producido, la calidad del producto, el impacto en el mercado y la distribución de los beneficios
9) Realizar una comparación entre los costos y beneficios de un cambio del estatus sanitario tomando en cuenta la situación actual como una línea base.

Los puntos del 1 al 6 son suficientes para tener información sobre las pérdidas por una enfermedad, pero los puntos 7 al 9 son necesarios para tomar decisiones sobre estrategias de control en el futuro.

X.1.5.5 Resumen

Los cimientos de una evaluación socioeconómica de una intervención en salud animal son: un buen análisis del sector y un buen análisis del comportamiento o la epidemiología de la enfermedad dentro este sector. La epidemiología tiene que tomar en cuenta la economía de las medidas de control y los incentivos de control a nivel de los productores. Aquí, un análisis económico a nivel de los productores es clave. El impacto de una enfermedad no es suficiente para que el Estado tome decisiones sobre sus intervenciones. Es necesario tener información sobre los costos de un cambio en el estatus sanitario y la comparación de un cambio con la situación actual (**la línea base**).

El uso del análisis socioeconómico de una campaña se resume en tres etapas:

- Evaluar una intervención anterior (ex post)
- Evaluar la eficiencia de una intervención se está efectuando (indicadores)
- Evaluar una intervención para el futuro (ex ante) - análisis de estrategias

Las preguntas claves en una evaluación de un programa de control son:

- ¿Es el control técnicamente factible? (en el caso de un análisis ex ante)
- ¿Es el control socialmente aceptable? (en el caso de un análisis ex ante)
- ¿Qué herramientas de análisis son apropiadas?
- ¿Hay suficientes datos e información para decir que la enfermedad existe y para determinar su prevalencia?
- ¿Es (o era) el control económicamente rentable?

Finalmente, se tienen que presentar los resultados al grupo objetivo.

Un análisis socioeconómico debe tener su fundamento en:

- Una buena recopilación de datos técnicos, económicos y sociales (cualitativos y cuantitativos)
- Un análisis de los datos recopilados para generar información oportuna
- Difusión de la información a los niveles que tienen poder de decisión
- Actualización participativa y periódica del proceso.

Los resultados de un análisis son importantes:

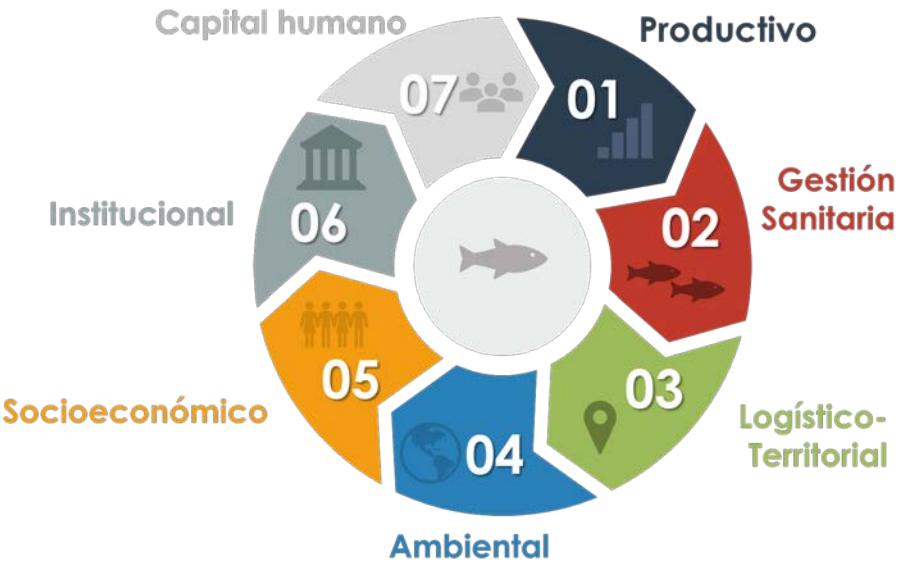
- A nivel de la unidad productiva para:
  - Informar sobre la **rentabilidad** de actividades
  - Tomar decisiones sobre la **selección** de estrategias de control de las enfermedades animales.
- A nivel de la región para:
  - **Tener información** sobre la importancia del sector productivo y sus subsectores
  - Hacer inversiones en proyectos o programas tomando en cuenta el impacto sobre los **mercados** y la **sociedad**.
- A nivel nacional
  - **Tener información** sobre la importancia del sector agropecuario y sus subsectores
  - Hacer inversiones en proyectos o programas tomando en cuenta el impacto sobre los **mercados** y la **sociedad**
  - **Desarrollar políticas** que puedan apoyar al sector agropecuario para mantener y mejorar su **competitividad** a nivel mundial.

XI. Modelo costo-beneficio por ejes

La evaluación de costo-beneficio debe ser vista de forma sistémica, es decir, que considere no solamente el beneficio neto productivo sino otros ámbitos que interactúan sectorialmente bajo la lógica del bien común. Se distinguen siete ejes, éstos son:

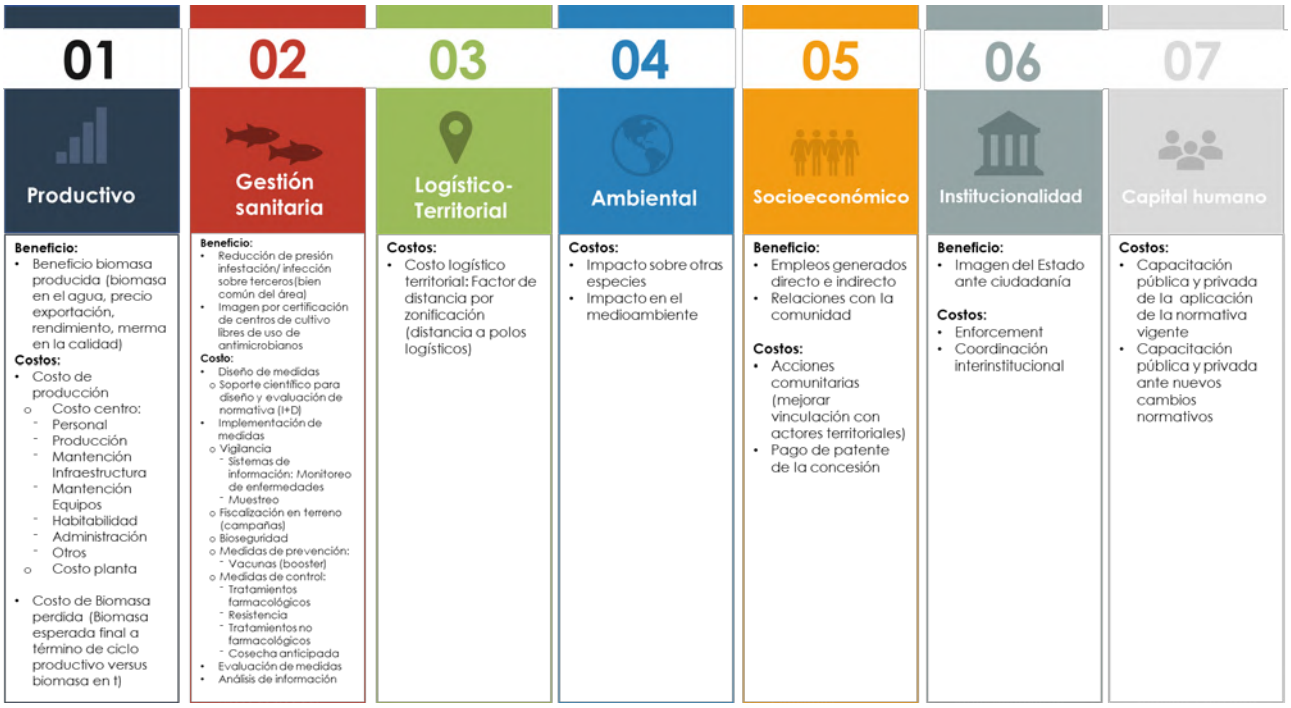
1. Productivo
2. Gestión sanitaria
3. Logístico-Territorial
4. Ambiental
5. Socioeconómico
6. Institucional
7. Capital humano

Figura 12. Esquema modelo de costo-beneficio por ejes



En la Figura 13 se resumen las variables consideradas para cada eje en esta propuesta de modelo costo-beneficio, para luego describir en detalle cada una de éstas.

Figura 13. Esquema resumen ejes y variables modelo costo-beneficio por ejes



XI.1 Eje Productivo

XI.1.1 Beneficio

XI.1.1.1 Beneficio biomasa producida

El beneficio de la biomasa producida por un centro de cultivo de salmónidos se estima a partir de la multiplicación de los siguientes factores:

- **Biomasa en el agua:** Cantidad producida por el centro de cultivo (número de peces por peso).
- **Precio exportación (Precio de venta):** Precio de venta máximo que se puede alcanzar cuando el producto se comercializa.
- **Rendimiento:** factor de rendimiento sobre la biomasa cosechada, es decir, el porcentaje de la cantidad producida por el centro de cultivo que efectivamente se puede comercializar.

- **Merma en el precio por efecto de caligus o SRS**: factor de merma en la calidad del producto por efecto del daño que puede causar la caligidosis y/o piscirickettsiosis.

XI.1.2 Costos

XI.1.2.1 Costo de producción

XI.1.2.1.1 Costo centro de cultivo

La estructura de costos de producción de un centro de cultivo de salmónidos se distribuye de la siguiente forma:

- **Producción**

Considera los costos asociados a todas las operaciones relativas a la siembra, engorda y cosecha de salmón, entre estos están: alevines y smolts, transporte de alevines y smolts, seguros de biomasa, vacunas, fármacos, alimento, desinfectantes y químicos, extracción y retiro mortalidad, consultoría ambiental, servicios de seguridad, servicios de informática, servicios higiene ambiental, servicios de terceros, servicios de desinfección, arriendo de maquinarias y equipos, transporte terrestre.

- **Personal**

Considera los costos en función de las remuneraciones, lo que incluye: bonos, horas extras, gratificaciones, indemnizaciones y viáticos. Además, los costos en ropa de trabajo, capacitación, movilización, alojamientos y alimentación.

- **Mantención Infraestructura**

Considera los costos asociados a la mantención de infraestructuras móviles para la operación de la etapa de siembra, engorda y cosecha. El detalle de los costos se asocia a: mantención y reparación de balsas jaulas, pintura antifouling, mantención y reparación de fondeos, taller de redes, mantención y reparación de estructuras flotantes, taller de loberas y pajareras, mantención y reparación de embarcaciones menores, instalación de redes, entre otros.

- **Mantención Equipos**

Considera los costos asociados a la mantención de equipos móviles para la operación de la etapa de siembra, engorda y cosecha. El detalle de los costos se asocia a: mantención y reparación de equipos y motores, seguros de vehículos y equipos y seguro de embarcaciones.

- **Habitabilidad**

Considera los costos en función de la habilitación de la infraestructura para habitación de los trabajadores. El detalle de los costos se asocia a: seguros bienes inmuebles, servicios de lavandería, servicios de aseo, servicios de consumo básicos, entre otros.

- **Administración**

Considera los costos en función de las actividades administrativas que demanda la operación de la etapa de siembra, engorda y cosecha. En este ítem se incluye la tarea que implica el reporte semanal de variables sanitarias requerido por la autoridad. El detalle de los costos se asocia a: contabilidad y auditoría, artículos de oficina, insumos computacionales, administración de la producción, trámites legales y notariales.

- **Otros**

Considera los costos transversales que implica la operación de la etapa de siembra, engorda y cosecha. Entre ellos está: multas y sanciones, depreciación, siniestros y el costo de las patentes acuícolas.

XI.1.2.1.2 Costo en planta

El costo en planta considera el costo de procesamiento de la biomasa cosechada en el centro cultivo, es decir, considera el costo de la planta de proceso primaria que recibe la materia prima (salmónidos) y realiza la matanza, para luego en la planta de procesos secundaria, transformar los productos generando productos finales con valor agregado, de acuerdo a los requerimientos de los mercados de destino, para su posterior comercialización.

XI.1.2.2 Costo de Biomasa perdida

El costo de la biomasa perdida considera el valor económico de la biomasa perdida, definida como la diferencia entre la biomasa esperada a término de ciclo productivo menos la biomasa en el agua en un tiempo determinado anteriormente al término del ciclo.

XI.2 Eje Gestión sanitaria

XI.2.1 Beneficios

XI.2.1.1 Reducción de presión infestación / infección sobre terceros (bien común del área)

Tanto como en la naturaleza, los peces en cautiverio se ven afectados por enfermedades animales. Además, las altas densidades de peces en cautiverio aumentan sustancialmente el riesgo de propagación de enfermedades. Para facilitar la producción industrial, debe ser posible controlar las enfermedades (Asche & Bjorndal, 2011). El beneficio económico de controlar una enfermedad en producción animal se puede medir considerando la reducción de las pérdidas económicas debido a la enfermedad según los diferentes niveles de gasto en su control (Rushton, 2009).

Los beneficios epidemiológicos obtenidos del control de SRS consideran:

- Reducción en los porcentajes de mortalidad debidos a brotes de SRS.
- Reducción de la diseminación de la enfermedad a centros de cultivos vecinos.
- Aumento de ganancia diaria de peso debido a ausencia de SRS.

Por otra parte, los beneficios epidemiológicos obtenidos del control de Caligus consideran:

- Reducción en lesiones en piel dadas por el parásito, traducido en mayor precio de mercado.
- Reducción de la carga parasitaria en centros de cultivos vecinos.
- Aumento en ganancia diaria de peso debido a ausencia de parasitosis.

XI.2.1.2 Imagen por certificación de centros de cultivo libres de uso de antimicrobianos

La certificación que otorga el Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura a los centros de cultivo dada la producción libre del uso de antimicrobianos acredita que los peces que dieron origen al producto final no fueron tratados con antimicrobianos durante la fase de cultivo de mar. Esta certificación influye positivamente en la imagen de las empresas productoras dado que afirman el compromiso que tienen en relación a la disminución del uso de antibiótico, mejorar la competitividad a nivel país y la posición en los mercados internacionales.

XI.2.2 Costo

XI.2.2.1 Diseño de medidas

XI.2.2.1.1 Soporte científico para diseño y evaluación de normativa (I+D)

Las medidas regulatorias requieren el soporte científico para diseño y evaluación de éstas. Esto se traduce en un costo para el Estado en estudios específicos de investigación que den sustento científico a las nuevas normativas, sus modificaciones y evaluación. El Estado invierte en I+D a través de diferentes fondos de investigación, asociados a universidades y centros de investigación.

XI.2.2.2 Implementación de medidas

XI.2.2.2.1 Vigilancia

XI.2.2.2.1.1 *Sistemas de información: Monitoreo de enfermedades*

El monitoreo de enfermedades de salmónidos en Chile se realiza principalmente a través de sistemas de información del Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura. En específico, el Programa Sanitario Específico de Vigilancia y Control de caligidosis (PSEVC-Caligidosis) y el Programa Sanitario Específico de Vigilancia y Control de piscirickettsiosis (PSEVC-Piscirickettsiosis), indican que el titular del centro de cultivo debe reportar las cargas parasitarias monitoreadas y mortalidades en el Sistema de Información para la Fiscalización de Acuicultura (SIFA). El SIFA es una herramienta valiosa de captura de información que permite tener acceso a ésta para su análisis y modelamiento. Adicionalmente, se captura información a través de instrumentos manuales que no permiten su fácil sistematización y acceso, por ejemplo, Informe Post Tratamientos (IPT), informe de fallas, entre otros.

Tanto el SIFA como la captura de información no automatizada, generan costos en la implementación de medidas regulatorias.

XI.2.2.2.1.2 *Muestreo*

La toma de muestras para el cumplimiento del Programa Sanitario Específico de Vigilancia y Control de caligidosis (PSEVC-Caligidosis) y el Programa Sanitario Específico de Vigilancia y Control de piscirickettsiosis (PSEVC-Piscirickettsiosis involucra acciones que debe realizar el personal de los centros de cultivo, como también personal certificado por SERNAPESCA, que poseen una capacitación para el conteo e identificación de diferentes estadio de caligus, o para certificar la

condición sanitaria referente a piscirickettsiosis. Esto además genera un costo en horas hombre destinadas al muestreo por parte de los productores.

XI.2.2.2.1.3 *Fiscalización en terreno (campañas)*

La vigilancia busca monitorear el estado sanitario de las especies hidrobiológicas cultivadas respecto de las enfermedades de alto riesgo, en una zona delimitada. En particular, se realizan campañas sanitarias, que corresponden a un conjunto organizado de actividades de vigilancia y/o control que se realizan durante cierto tiempo y en área un geográfica determinada, focalizadas según el riesgo de incumplimiento y/o amenaza sanitaria[3]. La realización de estas campañas genera un costo de fiscalización en terreno, en la implementación de medidas regulatorias.

XI.2.2.2.2 Bioseguridad

La bioseguridad es un elemento esencial en la prevención y control de enfermedades, entendiéndose como bioseguridad a la aplicación de los conocimientos, técnicas y equipamiento que permitan prevenir la exposición de personas, animales y medioambiente a agentes potencialmente infecciosos o considerados de riesgo biológico. Entre las medidas e implementos clásicos utilizados con fines de bioseguridad, se encuentra el uso de guantes, delantal, botas y desinfección en maniluvios y pediluvios. Estas medidas e implementos tienen un costo asociado. Por otra parte, la extracción de mortalidades, las cuales deben ser de retiro diario, es también una medida de bioseguridad aplicada con el objetivo de prevenir la exposición de animales y medioambiente a agentes potencialmente infeccioso. Gestión la cual, también cuenta con un costo asociado, ya que se debe procurar la biocontención en cada procedimiento y considerar la limpieza y desinfección asociada a los equipos, materiales, buzos y todo implemento utilizado.

[3] Fiscalización en Pesca y Acuicultura, Informe de actividades 2017, Sernapesca.

XI.2.2.2.3 Medidas de prevención

XI.2.2.2.3.1 *Vacunas (booster)*

Las vacunas buscan limitar los efectos nocivos de las enfermedades animales, buscando prevenir la ocurrencia de focos de las enfermedades y también de reducir la mortalidad y morbilidad de los procesos infecciosos. Los costos asociados son el valor de los principios activos y los asociados a la logística de su aplicación.

XI.2.2.2.4 Medidas de control

XI.2.2.2.4.1 *Tratamientos farmacológicos*

Los tratamientos farmacológicos buscan limitar los efectos nocivos de las enfermedades animales, buscando reducir la mortalidad y morbilidad de los procesos infecciosos. Los costos asociados son el valor de los principios activos y los asociados a la logística de su aplicación

XI.2.2.2.4.2 *Resistencia a antimicrobianos y antiparasitarios*

El uso de antibióticos en el tratamiento de enfermedades es otro tema controvertido asociado a las prácticas ambientales de la acuicultura de salmón. El uso de antibióticos puede conducir a la resistencia a los antibióticos en peces y otros organismos vivos (Asche & Bjorndal, 2011). No sólo se describe que la acuicultura de salmónidos distribuya drogas y antimicrobianos al ambiente, sino que también contaminantes químicos, provocando impactos ecológicos y evolutivos potencialmente duraderos, asociándose, entre otros con la pérdida de biodiversidad bentónica. El uso de antibióticos es más alto en Chile que en otros países y ha sido fuertemente criticado por grupos de interés ambientalistas y de consumidores, tanto por sus efectos en el medioambiente como por el potencial peligro para la salud pública.

XI.2.2.2.4.3 *Tratamientos no farmacológicos*

En cuanto a tratamientos no farmacológicos, estos buscan por una parte prevenir la manifestación de las enfermedades o limitar su impacto. Entre estos, puede considerarse a las herramientas para selección de reproductores, desarrollo y uso de inmunomoduladores. Estas estrategias pueden generar costos, desde I+D y de aplicación, como también efectos en la baja de rendimiento.

XI.2.2.2.4.4 *Cosecha anticipada*

La medida de control cosecha anticipada se indica en el Programa Sanitario Específico de Vigilancia y Control de caligidosis (PSEVC-Caligidosis) y el Programa Sanitario Específico de Vigilancia y Control de piscirickettsiosis (PSEVC-Piscirickettsiosis), esta puede ser total o parcial, es decir, cosecha inmediata de la totalidad de la biomasa presente en el centro de cultivo o cosecha anticipada de un porcentaje de la biomasa infestada, bajo distintos umbrales de la variable monitoreada en cada programa.

La cosecha anticipada genera un costo para el titular del centro de cultivo, ya que no obtiene la biomasa esperada al término del ciclo productivo, ya que el ciclo productivo se interviene, adelantando su término. Esta medida tiene directa relación con la variable descrita anteriormente, costo de biomasa perdida.

XI.2.2.3 Evaluación de medidas

El ciclo de política pública establece en sus etapas el diseño, implementación y evaluación de éstas. Donde es clave, que cada medida regulatoria sea evaluada de manera de generar una mejora continua en el proceso normativo y establecer las modificaciones que sean necesarias. La evaluación de medidas genera un costo para el Estado en recursos humanos para la evaluación e I+D descrito anteriormente (Soporte científico para diseño y evaluación de normativa).

XI.2.2.4 Análisis de información

El diseño, implementación y evaluación de una medida regulatoria requiere un análisis de información permanente, el que es realizado por las unidades de la Subdirección de Acuicultura del Sernapesca. Esto genera un costo para el Estado en recursos humanos que realizan esta labor, en pos de dar soporte técnico a las medidas regulatorias, en específico en vigilancia y fiscalización de la actividad productiva.

XI.3 Eje Logístico-Territorial

XI.3.1 Costo

La tarifa integral del servicio de cabotaje está determinada por los siguientes factores[4]: origen, puerto, muellaje de carga, destino, tipo de producto a transportar y sus características, el volumen de las cargas, la capacidad de almacenamiento en los puertos de origen y punto de destino, el tamaño promedio de las naves de cabotaje, la velocidad de transferencia o rendimiento de embarque/desembarque, la frecuencia de recalada de naves y el nivel de especialización del puerto de origen y punto de destino y los días (u horas) en puerto.

En el transporte marítimo, los costos se expresan generalmente en relación al tipo de nave y el tonelaje a transportar, esto determina una cifra de costo diario el que debe ser multiplicado por los días que demora en navegar la carga hasta el punto de destino en función de la distancia a recorrer. Los costos de navegación por lo tanto deben ser expresados en la unidad $/Km (u otra unidad de distancia).

XI.4 Eje Ambiental

XI.4.1 Costo

XI.4.1.1 Impacto en el medioambiente

Cualquier proceso de producción que interactúe con el entorno natural tiene el potencial para dañar el medioambiente alrededor del sitio de producción. La acuicultura, al ser una práctica de producción llevada a cabo en el agua, tiene efectos directos sobre el medioambiente, los cuales han ido en aumento dado al incremento de la producción y a la introducción de prácticas productivas intensivas. Esto incluye la destrucción del hábitat natural y la contaminación de la producción que influye en el hábitat y la vida silvestre alrededor del sitio, así, entre los principales efectos ambientales se incluyen:

- Las descargas de sitios de cultivo
- Destrucción del hábitat local

[4] Steer Davies Gleave, 2011

- Propagación de patógenos

Específicamente para el cultivo del salmón, los principales problemas han sido la contaminación de los desechos orgánicos y la interacción entre el salmón de cultivo y especies silvestres (Asche & Bjorndal, 2011). El salmón de cultivo puede transmitir enfermedades a los peces silvestres, y los escapes de salmones de cultivo pueden generar una alteración al ecosistema marino chileno al ser una especie exótica introducida en el país (Buschmann *et al.*, 2009).

Hay dos causas principales por las cuales la industria debe abordar los efectos ambientales:

a. Los efectos ambientales reducen la productividad: La productividad en la acuicultura depende del ambiente que rodea a los peces de cultivo. Si malas prácticas ambientales hacen que la calidad del ambiente local se deteriore se reducirá la productividad en el centro de cultivo. Los resultados son una reducción en el crecimiento de la biomasa a través del deterioro de la salud de los peces y, en el peor de los casos, brotes de enfermedades que eliminan la totalidad de las poblaciones de peces en los centros de cultivo. En consecuencia, debe haber preocupación por desarrollar prácticas de gestión que eviten tales repercusiones negativas en la productividad.

b. Los efectos ambientales perjudiciales de la acuicultura que no se tienen en cuenta en los precios de mercado son, por definición, externalidades negativas (Asche & Bjorndal, 2011).

XI.4.1.2 Impacto en otras especies uso de tratamientos

Actualmente se utilizan varios productos químicos para tratar los brotes de caligus, y el uso indiscriminado de algunos de estos productos en Chile pareciera tener el potencial de aumentar los niveles de resistencia de este parásito, el cual ha descrito que afecta también a otras especies de peces costeras autóctonas. Además, los productos utilizados contra el parásito, pueden afectar a otros crustáceos, exacerbándose las interrupciones de la red alimentaria y el riesgo de proliferación de algas nocivas (Buschmann *et al.*, 2009).

XI.5 Eje Socioeconómico

XI.5.1 Beneficio

XI.5.1.1 Empleos generados directo e indirecto

Los empleos son parte fundamental del desarrollo de los territorios y los beneficios que generan van más allá de los ingresos generados para las personas. Son esenciales para reducir la pobreza, dinamizar el funcionamiento de las ciudades y proporcionar a los jóvenes, opciones de participación social. La generación de empleo permite conectar a la economía con los mercados mundiales y brinda a las personas espacios de participación. Todos estos antecedentes, que implican crecimiento económico, se traducen en rentabilidad para las empresas que integran la estructura de producción del sistema local.

XI.5.1.1.1 Empleo directo

La variable se cuantificará en base a la cantidad de empleos directos generados en cada una de las etapas de producción de salmónidos, es decir, toda la cadena de valor de la industria que genera empleo directo. Esta variable indica la cantidad de trabajadores empleados por empresas productoras.

XI.5.1.1.2 Empleo Indirecto

La variable empleo indirecto se cuantificará en base la cantidad de empleos generados por empresas proveedoras de servicios a centros de cultivo, como es el caso de diversos servicios que van desde la instalación del centro de cultivo hasta el servicio de cosecha.

XI.5.1.2 Relaciones con la comunidad

Esta variable se basa en las causas y los factores gatillantes de las relaciones que establecen las empresas del rubro con las comunidades del entorno en el cual desempeñan esta actividad productiva. Por ejemplo, la consideración en el modelo de la brecha que se podría dar entre la generación de empleo y el bienestar de las personas, o en otro ámbito la brecha que existe en los espacios de relacionamiento industria-comunidades que podrían eventualmente mermar la confianza en la industria. La consideración de esta variable dentro del modelo aportaría en la línea del aumento de la confianza que constituye una pieza clave en la construcción de capital social, lo que impacta contundentemente en el diseño de normativas y competitividad del sector. Actualmente no existe un

indicador sistemático y metodológicamente confiable que proporcione información sobre la percepción que tienen las comunidades sobre el desempeño de la industria en los territorios.

XI.5.2 Costos

XI.5.2.1 Acciones comunitarias

En los últimos años en las empresas ha surgido la necesidad de transformar la gestión con el entorno social a través del mejoramiento de la vinculación con los actores territoriales basado en una mirada estratégica del negocio. La experiencia ha demostrado que el establecimiento de un vínculo de manera oportuna y permanente disminuye la incertidumbre de las comunidades frente a la actividad productiva y mejora su percepción negativa. En este sentido el rol de las acciones comunitarias desarrolladas en los territorios tiene un espacio importante en la construcción de la imagen de las empresas, por lo que las mismas empresas se encargan de transparentar y publicitar la cantidad de acciones desarrolladas.

XI.5.2.2 Pago de patente de la concesión

El Estado de Chile exige el pago de patentes por las concesiones otorgada para el cultivo de salmones. El pago de patentes acuícolas por concesiones se distribuye entre el Municipio y el Gobierno Regional. Para los municipios el ingreso percibido por el pago de estas patentes constituye impacto importante en las comunidades del sur donde los presupuestos generalmente son bajos.

XI.6 Eje Institucional

XI.6.1 Beneficio

XI.6.1.1 Imagen del Estado ante ciudadanía

XI.6.1.1.1 Imagen Estado

El Estado de Chile, a través de Sernapesca, vela por la protección de recursos hidrobiológicos y su medioambiente. El beneficio en este sentido se relaciona con la gestión de la imagen de las instituciones del Estado, entendiéndolo como el nivel de aceptación de la gestión de las instituciones por sus clientes, tanto ciudadanos como otras instituciones vinculadas al sector. Esta variable se mide como el nivel de cumplimiento de la normativa sanitaria a nivel del Estado de cara al ciudadano,

de manera de lograr el mandato de proteger los recursos hidrobiológicos y su medioambiente.

XI.6.2 Costos

XI.6.2.1 Enforcement

El enforcement se entiende como todas las acciones tomadas por una institución tendientes a promover el cumplimiento comprehensivo del marco normativo. El costo del enforcement está dado por todas las acciones que incluyen la participación de los stakeholders (públicos y privados) tanto en el diseño y evaluación de las normativas, como la etapa de implementación y fiscalización de éstas.

XI.6.2.2 Coordinación interinstitucional

La actividad productiva acuícola chilena se encuentra sometida al cumplimiento de normas emanadas principalmente desde los Ministerios de Economía, Fomento y Turismo, el Ministerio de Medioambiente, el Ministerio de Agricultura y el Ministerio de Defensa. A su vez, en el ejercicio de sus funciones diversos Servicios, dependientes de estos ministerios, ejercen sus funciones y atribuciones, destacando el Servicio de Evaluación Ambiental y la Superintendencia de Medioambiente, ambas dependientes del Ministerio de Medioambiente; el Servicio Agrícola y Ganadero del Ministerio de Agricultura; el Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura y la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, el Instituto de Fomento Pesquero del Ministerio de Economía y la Subsecretaría de las Fuerzas Armadas, la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante y Marina Nacional dependientes del Ministerio de Defensa. El costo asociado a la coordinación de esta variada gama de instituciones debe ser considerado dentro de los costos institucionales para alcanzar la coherencia que permita el correcto cumplimiento de los mandatos legales, funciones, estrategias y políticas de cada una de ellas para el adecuado desarrollo de la actividad productiva.

XI.7 Eje Capital humano

La gestión del fortalecimiento del capital humano público y privado permite a las instituciones contar con sistemas de trabajo de alto desempeño, que potenciarán la calidad de los productos que se generan en relación con el diseño, implementación y evaluación de las normativas. El fortalecimiento apunta por un

lado a la capacitación de los funcionarios del sector público de los aspectos de la normativa vigente y su gestión, y por otro lado capacitación tanto pública como privada, para el conocimiento y gestión de nuevos cambios normativos. Lo anterior permitirá que el capital humano involucrado cuente con los conocimientos y capacidades necesarias a la hora de implementar las nuevas regulaciones.

XII. Información disponible

En este apartado se identifica la información disponible en Chile para el monitoreo y evaluación de medidas vigilancia, control y prevención relativas a piscirickettsiosis y caligidosis. La revisión se realizará bajo una estructura de ejes, descritos en el apartado anterior. Las siguientes tablas muestra la disponibilidad de la información para el análisis de cada una de las variables por eje, indicando la institución que cuenta con la información, periodicidad y observación en casa de no contar con la información u otras causales que impiden el acceso.

Tabla 9. Información disponible eje productivo

			Disponibilidad pública para análisis		
	Variable	**Subvariable**	**Institución**	**Periodicidad**	**Observación**
Eje Productivo	Beneficio biomasa producida	Biomasa en el agua	Sernapesca-SIFA	semanal	
		Precio exportación (Precio de venta)	Aduanas	mensual	
		Rendimiento	Empresas productoras	Anual	Información publicada esporádicamente por algunas empresas
		Merma en el precio por efecto de caligus o SRS	Empresas productoras	Anual	Información no disponible públicamente
	Costo de producción	Costo centro de cultivo	Empresas productoras	Mensual	Información no disponible públicamente
		Costo en planta	Empresas productoras	Mensual	Información no disponible públicamente

	Costo de Biomasa perdida		Sernapesca-SIFA		Calculada bajo algoritmo de biomasa en el agua en t

Tabla 10. Información disponible eje gestión sanitaria

			Disponibilidad pública para análisis		
	Variable	**Subvariable**	**Institución**	**Periodicidad**	**Observación**
Eje Gestión sanitaria	Reducción de presión infestación/ infección sobre terceros (bien común del área)				No existe
	Imagen por certificación de centros de cultivo libres de uso de antimicrobianos				No existe
	Diseño de medidas	Soporte científico para diseño y evaluación de normativa (I+D)			No existe de forma integrada (incompleta)
	Implementación de medidas – Vigilancia	Sistemas de información: Monitoreo de enfermedades[5]	Sernapesca	Anual	
		Muestreo	Empresas productoras	Semanal	Información no disponible públicamente

[5] Ver levantamiento de información disponible Anexo 3: Sistemas de información.

		Fiscalización en terreno (campañas)	Sernapesca	Anual	
	Implementación de medidas - Bioseguridad		Empresas productoras	Mensual	Información no disponible públicamente
	Implementación de medidas - Medidas de prevención	Vacunas (booster)	Empresas productoras	Ciclo productivo	Información no disponible públicamente
	Implementación de medidas - Medidas de control	Tratamientos farmacológicos	Empresas productoras	Mensual	Información no disponible públicamente
		Resistencia a antimicrobianos y antiparasitarios	Empresas productoras y comunidad científica	Anual	Información no disponible públicamente
		Tratamientos no farmacológicos	Empresas productoras	Mensual	Información no disponible públicamente
		Cosecha anticipada	Empresas productoras	Mensual	Información no disponible públicamente
	Evaluación de medidas		Sernapesca	Anual	Información no disponible públicamente
	Análisis de información		Sernapesca	Anual	Información no disponible públicamente

Tabla 11. Información disponible eje logístico-territorial

			Disponibilidad pública para análisis		
	Variable	Subvariable	Institución	Periodicidad	Observación
Eje Logístico-Territorial	Costo Logístico-Territorial[6]				No existe

Tabla 12. Información disponible eje ambiental

			Disponibilidad pública para análisis		
	Variable	Subvariable	Institución	Periodicidad	Observación
Eje Ambiental	Impacto en el medioambiente				No existe
	Impacto en otras especies uso de tratamientos				No existe

[6] Ver levantamiento de información disponible Anexo 4: Eje Logístico-Territorial

Tabla 13. Información disponible eje socioeconómico

			Disponibilidad pública para análisis		
	Variable	Subvariable	Institución	Periodicidad	Observación
Eje Socioeconómico	Empleos generados directo e indirecto	Empleo directo	Salmonchile	Anual	No existe con el detalle requerido
		Empleo indirecto	Salmonchile	Anual	No existe con el detalle requerido
	Relaciones con la comunidad		Salmonchile	Anual	Información no disponible públicamente
	Acciones comunitarias		Salmonchile	Anual	Está disponible la cantidad de acciones, pero no el costo asociado
	Pago de patente de la concesión		Salmonchile	Anual	

Tabla 14. Información disponible eje institucional

			Disponibilidad pública para análisis		
	Variable	Subvariable	Institución	Periodicidad	Observación
Eje Institucional	Imagen Estado				No existe
	Enforcement				No existe
	Coordinación interinstitucional				No existe

Tabla 15. Información disponible eje capital humano

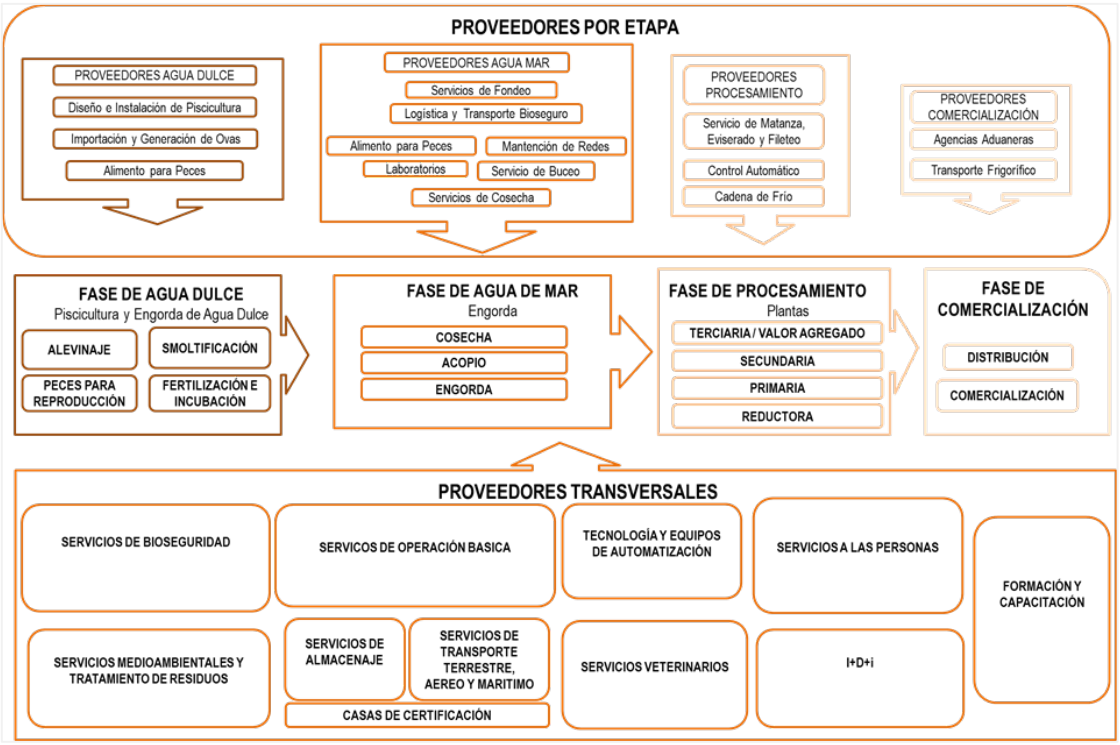
			Disponibilidad pública para análisis		
	Variable	Subvariable	Institución	Periodicidad	Observación
Eje Capital humano	Capacitación pública y privada de la aplicación de la normativa vigente				No existe
	Capacitación pública y privada ante nuevos cambios normativos				No existe
	Fortalecimiento de competencias capital humano público		Sernapesca	Anual	

XIII. Levantamiento de información

XIII.1 La cadena de valor de la industria salmonera

La cadena de valor de la salmonicultura, posterior a la crisis sanitaria ocasionada por la irrupción del virus ISA, se complejizó con la aparición de nuevos servicios de proveedores tanto de las fases tradicionales de producción de la industria como proveedores de carácter transversal. Estos cambios surgieron debido a la adaptación del sistema que responde a los requerimientos derivados de las nuevas normativas sanitarias (RESA y programas sanitarios específicos) y ambientales. Cabe destacar que gran parte de estas modificaciones hacen obligatoria la incorporación de tecnologías y de automatización de las actividades en centros de cultivo y plantas de proceso. El trabajo realizado en 2015 por el Programa Cluster y Territorio del Departamento de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile para la Asociación Gremial de Salmoneros, Salmonchile ilustra la cadena de valor de la industria como se puede ver en la siguiente figura.

Figura 14 . Cadena de Valor de la Industria Salmonera



La columna vertebral de la cadena de valor de la salmonicultura está compuesta por fases que van desde la fase de agua dulce (pisciculturas y engorda en agua dulce) para luego acceder a la fase de engorda en agua de mar donde permanecen entre 10 a 20 meses en función de la especie cultivada. Una vez alcanzado el peso comercial la siguiente fase corresponde a la de procesamiento para luego culminar con la fase de comercialización.

En el siguiente cuadro se describen con mayor profundidad las principales actividades y procesos asociados a cada fase de la cadena de valor en cuanto a las principales modificaciones y el tipo de personal que interviene en cada una de ellas.

Tabla 16. Actividades asociadas a las fases piscicultura y engorda en agua dulce de la Cadena de Valor de la Salmonicultura

Fase	Proceso / Actividad	Descripción
Piscicultura y engorda en Agua Dulce	Peces para Reproducción	Las nuevas disposiciones establecen la ubicación en tierra del plantel de ejemplares para reproducción. Anteriormente se ubicaban en concesiones de mar habilitadas. Para esta actividad se requiere personal para la mantención y cuidado de los reproductores y el servicio de desove.
	Fertilización e Incubación	Proceso propio de las pisciculturas. Las nuevas disposiciones establecen una certificación necesaria para la importación de ovas. Interviene personal especializado para garantizar el embrionaje.
	Alevinaje	Proceso propio de las pisciculturas. Las nuevas disposiciones solicitan controles del estado sanitario de salud de los peces. Interviene personal especializado para la alimentación, salud y traslado de peces.
	Smoltificación	Etapa final de la fase. En algunos casos la smoltificación se verifica en centros con condiciones de salinidad menor (fiordos). Las nuevas disposiciones ya no permiten la realización de esta etapa en lagos y estuarios. Interviene personal especializado para la alimentación, vacunación, monitoreo de salud y traslado de peces.

Tabla 17. Actividades asociadas a la fase engorda en agua de mar de la Cadena de Valor de la Salmonicultura

Fase	Proceso / Actividad	Descripción
Engorda en Agua de Mar	Engorda	Corresponde a la etapa que en función de la especie cultivada transcurre dentro de 10 a 20 meses en los centros de cultivo. Las nuevas disposiciones establecen restricciones para la siembra y periodos obligados de descanso entre periodos productivos. Interviene personal especializado bajo régimen de turnos de permanencia y descanso tipo régimen minero (14 x 10 o 14 x 7). La estructura clásica contempla un jefe de centro, un asistente y operarios. Luego de la crisis se disminuyó de manera importante la dotación de operarios, estableciéndose un máximo promedio de 10 personas por centro. En este periodo el centro es visitado por especialistas en salud animal, muestreadores y personal para tratamientos (baños para caligus), entre otros.
	Acopio	Se encuentra en proceso la tramitación de restricciones para los acopios ubicados en mar (borde costero) que no tengan acceso directo a plantas, ya existiendo acopios en tierra que proveen de peces vivos a las plantas. Interviene personal que coordina el traslado de peces vivos desde los centros de engorda y verifica la correcta disposición de éstos en acopios.

Tabla 18. Actividades asociadas a la fase procesamiento en plantas de la Cadena de Valor de la Salmonicultura

Fase	Proceso / Actividad	Descripción
Procesamiento en Plantas	Primaria	Corresponde al básico proceso de eviscerado y corte de cabeza de las piezas, existiendo plantas que cumplen únicamente esta función. Si bien se ha automatizado esta labor sigue siendo intensiva en mano de obra.
	Secundaria	Corresponde al fileteo y extracción de espinas de las piezas. Si bien se ha automatizado esta labor sigue siendo intensiva en mano de obra y comúnmente desarrollada por operarias de sexo femenino en sistemas de turnos diarios (8 horas). Se ha generado recientemente un mayor uso de maquinarias de control automático en plantas de proceso generándose la demanda por operarios mantenedores y operadores.
	Terciaria	Corresponde a la producción de platos preparados, cortes específicos para consumidores finales y ahumado. Interviene personal más calificado en producción de alimentos y operación de maquinaria más compleja.
	Reductora	Corresponde a plantas dedicadas al procesamiento de mortalidad para harina o subproductos (hamburguesas, salchichas, etc.). Éstas han visto aumentada las restricciones para el abastecimiento de sus plantas con poblaciones afectadas por enfermedades, debiendo cumplirse protocolos para su movimiento.
	Distribución	Corresponde a las actividades logísticas para la exportación de productos.

Tabla 19. Actividades asociadas a la fase comercialización de la Cadena de Valor de la Salmonicultura

Fase	Proceso / Actividad	Descripción
Comercialización	Comercialización	Esta etapa final del proceso productivo contempla funciones previas de carácter ejecutivo y de gestión de ventas y abastecimiento regular de mercados de destino
	Distribución	Corresponde a las actividades logísticas para la exportación de productos.

De acuerdo con la descripción anterior, las principales modificaciones post crisis verificadas en la columna vertebral de la cadena de valor de la industria se materializaron en las fases de Agua Dulce y Agua Mar generándose mayores necesidades de control y reporte a la autoridad sobre el estado sanitario de los centros de cultivo. Otra tendencia verificada en los años recientes se constata en la mayor automatización de procesos que se llevan a cabo en las fases antes mencionadas como también en la fase de procesamiento en plantas.

A continuación, se describen los principales proveedores por fase, indicándose preferentemente aquellos que adquirieron mayor protagonismo dentro de la cadena de valor.

Tabla 20. Principales proveedores por fase

Fase	Proveedor	Descripción
Agua Dulce	Diseño e instalación de pisciculturas	Existen proveedores especializados que diseñan y construyen pisciculturas de acuerdo con requerimientos. La demanda por este tipo de instalaciones ha aumentado debido a las nuevas disposiciones exigidas para los estanques de recirculación.
	Importación y Generación de Ovas	Existen proveedores internacionales de ovas y producción nacional de ovas. Las nuevas disposiciones requieren que éstas sean certificadas por Sernapesca.
	Alimentos para peces	Los proveedores de alimentos para peces generan dietas específicas para esta de desarrollo.
Agua Mar	Servicio de fondeo	Los servicios de fondeo de centros de cultivo se han visto más demandados en los últimos años debido al incremento de concesiones

		operativas en Aysén y la relocalización de centros por cambios normativos.
	Logística y transporte bioseguro	La logística portuaria y de transporte terrestre y naviero vieron incrementados sus estándares de bioseguridad debido a las nuevas disposiciones contempladas en el Reglamento Sanitario (RESA) para el transporte de peces vivos y carga de riesgo.
	Mantención de redes	La confección, instalación, mantención y limpieza de redes de protección para los centros de cultivo se ha mantenido a pesar de la aparición de iniciativas como las de "lavado in situ" y redes de cobre.
	Alimento para peces	Estos proveedores adquirieron gran relevancia dado que constituyeron el capital de trabajo de la industria por un largo periodo post crisis. Se han complejizado las combinaciones de alimentos con dietas funcionales para combatir diversos tipos de patologías.
	Laboratorios	La emergencia de vacunas para el tratamiento de diversas enfermedades (entre ellas ISAv) y la necesidad del monitoreo para la detección temprana de brotes han incrementado sustantivamente la acción de laboratorios. Emerge el rol de muestreador como una función recurrente en el nuevo esquema de fiscalización sanitaria de la producción.
	Servicios de buceo	Los retiros de mortalidad de manera más frecuentes y sujetos a la fiscalización vía las nuevas disposiciones de ensilaje han mantenido la actividad. Aumentaron los requisitos para operar en este servicio y en algunas empresas este rol se ha internalizado. Con todo lo anterior se ha disminuido la accidentabilidad en la función.
	Servicios de Cosecha	Como se indicó al momento de describir la cadena de valor en su fase de agua de mar es usual que se siga contratando el servicio externalizado de cosecha, toda vez que las restricciones para cosechar la totalidad o parcialidad de un centro hoy es regulado y debe hacerse perentoriamente y de manera anticipada frente a contingencias.

Procesamiento	Servicios de matanza, fileteo y eviscerado	También existen cuadrillas de turnos, sobre todo en aquellas plantas que proveen el servicio de maquila, que prestan el servicio de procesamiento básico de la cosecha.
	Control Automático	Tal como se ha mencionado anteriormente, emergieron en los últimos años diversos equipamientos que han permitido la automatización de funciones en plantas, donde ha tomado relevancia la mantención electromecánica de equipos que permita resolver fallas en los equipos de línea de producción.
	Cadena de Frío	El modelo productivo instalado post crisis genera peaks de cosecha lo cual hace necesario la operación de cadenas de frío para absorber los excedentes de la capacidad de procesamiento de las plantas.
Comercialización	Agencias Aduaneras	El servicio clásico de tramitación de exportaciones se ha visto demandado por la producción histórica mencionada y la mayor fiscalización por parte de la autoridad de los envíos al exterior.
	Transporte Frigorífico	La recuperación del volumen de exportaciones ha demandado de los servicios de distribución de transporte fresco y congelado.

De acuerdo con la descripción anterior, las principales modificaciones post crisis detectadas en los proveedores por fase guardan en común los estándares de servicio impuestos por los mayores requisitos de certificación y trazabilidad establecidos en los nuevos reglamentos de operación. Se ha verificado que a estos proveedores han migrado ejecutivos antes miembros de la plana de las empresas salmoneras, asociándose a este hecho que la emergencia de innovaciones preferentemente en estos servicios más que en la rutinizada operación de las plantas de procesamiento.

Finalmente, a nivel de proveedores transversales se identifican los siguientes:

Tabla 21. Proveedores transversales

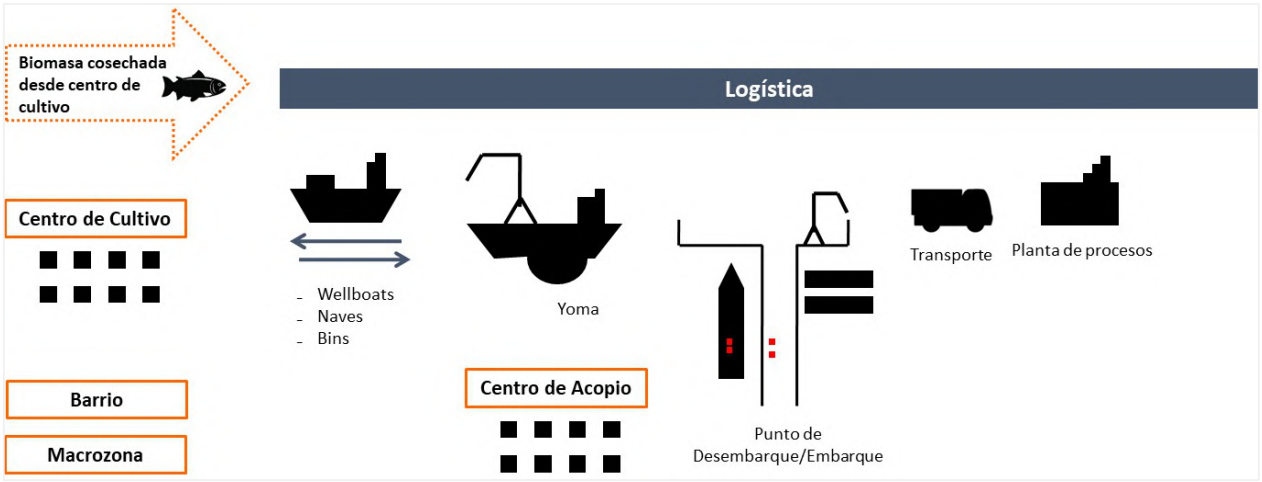
Proveedor	Descripción
Servicios de Bioseguridad	Se considera a los proveedores de equipos y materiales de desinfección y ensilaje. Estos proveedores surgen a propósito de las nuevas disposiciones post crisis.
Servicios medioambientales y tratamiento de residuos	Contempla a monitoreo de variables ambientales, tramitación de autorizaciones ambientales y asesorías para informes de fiscalización ambiental. Surge con mayor fuerza en los últimos años dada la nueva institucionalidad ambiental.
Servicios de Operación básica	Considera el abastecimiento de hielo, oxígeno, combustible, seguridad y mantención de instalaciones.
Servicios de almacenaje	Contempla servicios de bodegas y proveimiento de almacenaje menor como bins.
Servicios de transporte aéreo terrestre y marítimo	Transporte de carga. Especial importancia post crisis adquirieron las naves especializadas para el transporte de peces vivos (wellboats)
Casas de certificación	Auditorías de bioseguridad, certificación y calificación de servicios.
Tecnología y equipos de automatización	Equipos de alimentación automática, cámaras de filmación y automatización de procesos.
Servicios veterinarios	Servicios de diagnóstico, vacunación, fármacos y baños.
Servicios a las personas	Contempla los servicios de hotelería y alimentación, transporte aéreo y marítimo, conectividad y vestuario corporativo.
I + D + i	Considera a Universidades, empresas tecnológicas, centros e institutos tecnológicos proveedores de nuevo conocimiento e innovación.
Formación y Capacitación	Contempla la formación técnica y profesional otorgada por Liceos Técnicos Profesionales, Institutos Profesionales, OTECs y Universidades.

En este caso y de acuerdo con la descripción anterior, las principales modificaciones post crisis detectadas en los proveedores transversales se verifican en la emergencia y/o mayor importancia de los servicios de bioseguridad y medioambientales junto con los servicios veterinarios.

XIII.1.1 La Cadena Productiva de la Fase Agua de Mar y costos privados

La etapa de engorda o de fase de mar para su funcionamiento requiere la disponibilidad de una multiplicidad de recursos. Por un lado, se encuentran los recursos logísticos fijos y móviles, tales como: wellboats, bins, embarcaciones, acopios, plantas de proceso, yomas y camiones.

Figura 15. Cadena Productiva en Fase de Mar



Estos recursos son utilizados transversalmente tanto para el proceso de habilitación de los centros de cultivo, siembra, engorda y cosecha de peces, entendidas como eslabones secuenciales dentro de la fase de agua de mar. En este entendido es que el equipo investigador ha determinado utilizar para la definición de costos a nivel de centro de cultivo dichos eslabones, detallándolos como se describe a continuación:

Tabla 22. Definición de costos a nivel de centro de cultivo por eslabones.

	Fase Agua Mar			
	Implementación Centro	**Siembra**	**Engorda**	**Cosecha**
Personal	Sueldos	Sueldos	Sueldos	Sueldos
	Ropa de Trabajo	Movilización	Movilización	Movilización
	Capacitación	Alimentación	Alimentación	Alimentación
	Movilización	Alojamientos	Alojamientos	Alojamientos
	Alojamientos			
	Alimentación			
Prod	Combustibles	Alevines y Smolts	Seguro Biomasa	Seguro Biomasa

	Desinfectantes y Químicos	Transporte Alevines y Smolts	Baños Caligus	Alimento
	Servicios Higiene Ambiental	Seguro Biomasa	Fármacos	Extracción y Retiro Mortalidad
	Consultoría Ambiental	Vacunas	Alimento	Hielo
	Servicios de seguridad	Fármacos	Fármacos	Lavado y Sanitizado de Bins
	Servicios de Informática	Alimento	Extracción y Retiro Mortalidad	Consultoría Ambiental
	Servicios Higiene Ambiental	Desinfectantes y Químicos	Desinfectantes y Químicos	Desinfectantes y Químicos
	Servicios de Terceros	Extracción y Retiro Mortalidad	Consultoría Ambiental	Servicios de seguridad
	Servicios de desinfección	Consultoría Ambiental	Servicios de seguridad	Arriendo de Maquinarias y Equipos
	Transporte Terrestre	Servicios de seguridad	Arriendo de Maquinarias y Equipos	Servicios de Informática
	Operaciones Salmones	Servicios de Informática	Servicios de Informática	Servicios Higiene Ambiental
		Servicios Higiene Ambiental	Servicios Higiene Ambiental	Servicios de Terceros
		Servicios de Terceros	Servicios de Terceros	Servicios de desinfección
		Servicios de desinfección	Servicios de desinfección	Transporte Terrestre
		Arriendo de Maquinarias y Equipos	Transporte Terrestre	Operaciones Salmones
		Transporte Terrestre	Operaciones Salmones	
		Operaciones Salmones		
Mante	Mantención y reparación de Balsas Jaulas	Pintura Antifouling	Pintura Antifouling	Pintura Antifouling

	Mantención y reparación Fondeos	Taller de Redes	Taller de Redes	Taller de Redes
	Mantención y reparación. Estructuras Flotantes	Taller Loberas Pajareras	Taller Loberas Pajareras	Taller Loberas Pajareras
	Mantención y reparación de Embarcaciones Menores			
	Instalación de Redes			
Mantención	Mantención y reparación de Equipos y Motores			
	Seguros Vehículos y Equipos			
	Seguro embarcaciones			
Habitabilidad	Seguros Bienes Inmuebles			
	Servicios de Lavandería			
	Servicios de Aseo			
	Servicios de consumo básicos			
Administración	Contabilidad y Auditoria			
	Artículos de Oficina			
	Insumos Computacionales			
	Administración Producción			
	Legales y Notariales			
Otros	Multas y Sanciones			
	Depreciación			
	Siniestros			
	Patentes Acuícolas			

XIII.2 Levantamiento de información primaria

Se desarrollaron dos encuestas. La primera estuvo enfocada al sector público, y la segunda al sector privado. La encuesta dirigida al sector público encuesta tuvo por objetivo levantar información sobre las acciones que desarrolla SERNAPESCA, asociada a los programas de vigilancia y control de caligidosis y piscirickettsiosis. En particular, buscaba levantar datos de actividades y tiempo dedicado a labores de fiscalización, levantamiento de información, análisis de datos, capacitación, soporte técnico y recursos asignados para dichas actividades. La encuesta dirigida al sector privado, buscaba levantar información epidemiologíca y económica asociada a caligidosis y piscirickettsiosis. (ver Anexo Digital N°1 Encuesta Sector Público y Anexo Digital N°2 Encuesta Sector Privado).

En una primera instancia, junto a la contraparte técnica de SERNAPESCA, se definió una lista de actores clave de la industria (representando a las principales empresas productoras de salmones en Chile), a quienes SERNAPESCA envió la encuesta (Tabla 23). Lamentablemente, no se recibieron respuestas después de más de un mes (insistiendo reiteradamente por correo y teléfono). INTESAL, envió una serie de estudios donde se pudo levantar parcialmente la información requerida para los análisis.

Como acción correctiva, se envió la encuesta a más de 40 médicos veterinarios, especialistas en salud de peces. Se obtuvieron algunas respuestas, y fue posible levantar antecedentes de que la causa de la baja tasa de respuestas se debió a que, a nivel de empresas, consideraron que los datos que se intentó levantar en las encuestas eran estratégicos para la industria, y no se podían compartir.

Complementariamete, se entrevistó a investigadores que participan en otros proyectos FIE, quienes aportaron datos relevantes y aun no publicados sobre variables epidemiológicas, tanto para caligidosis, como para piscirickettsiosis.

XIII.2.1 Resultados encuestas

XIII.2.1.1 Sector Público

La encuesta fue contestada por un total de ocho participantes del sector público (esto representa un 100% de los participantes definidos con la contraparte técnica), quienes representaron a la X Región de Los Lagos, XI Región de Aysén, XII Región de Magallanes y representantes de la dirección nacional. La encuesta permitió recolectar información de gestión sanitaria y costos de actividades relacionadas al análisis de información y fiscalización.

A continuación, se detallan los resultados de las encuestas según región y enfermedad. Todos los datos se encuentran expresados según la mediana.

XIII.2.1.1.1 Actividades de Fiscalización

Tabla 24. Cantidad mínima, máxima y más probable de visitas para fiscalización de otros eventos relacionados con piscirickettsiosis realizadas durante el ciclo productivo, según especie y región.

		N° visitas de fiscalización por centro de cultivo, durante un ciclo productivo		
		X Región de los Lagos	XI Región de Aysén	XII Región de Magallanes
Salmón coho	Mínimo	60	0,5	1
	Más probable	90	1	1
	Máximo	120	1	2
Trucha arcoíris	Mínimo	31	0,5	0,6
	Más probable	40	1,5	0,6
	Máximo	62	2,5	1,2
Salmón del atlántico	Mínimo	100	1	0,6
	Más probable	150	2	0,7
	Máximo	200	3,5	1,3

Tabla 25. Cantidad mínima, máxima y más probable de visitas para fiscalización de eventos relacionados con caligidosis realizadas durante el ciclo productivo, según especie y región.

		N° visitas de fiscalización por centro de cultivo, durante un ciclo productivo		
		X Región de los Lagos	XI Región de Aysén	XII Región de Magallanes
Salmón coho	Mínimo	0	0	1
	Más probable	3	0	1
	Máximo	60	0	1
Trucha arcoíris	Mínimo	31	1	0,5
	Más probable	30	1,5	0,6
	Máximo	62	2,5	0,6
Salmón del atlántico	Mínimo	100	1	0,04
	Más probable	120	2	0,3
	Máximo	200	3	0,4

XIII.2.1.1.2 Actividades de análisis de información

Tabla 26. Cantidad horas hombre (HH) mensual dedicadas a realizar el análisis de la información relacionada con piscirickettsiosis

	N° HH para análisis de información relacionada con piscirickettsiosis			
	X Región de los Lagos	XI Región de Aysén	XII Región de Magallanes	Nivel Central
Mínimo	80	20	0	120
Más probable	100	37.5	0	156
Máximo	110	54	0	208

Tabla 27. Cantidad horas hombre (HH) mensual dedicadas a realizar el análisis de la información relacionada con caligidosis

	N° HH para análisis de información relacionada con caligidosis			
	X Región de los Lagos	XI Región de Aysén	XII Región de Magallanes	Nivel Central
Mínimo	100	10	4	120
Más probable	126	27.5	8	156
Máximo	144	35	10	208

Tabla 28. Cantidad de horas hombre (HH) mensual dedicadas para capacitación (incluyendo participación en seminarios) en temas de epidemiología, para piscirickettsiosis y caligidosis

	N° de horas hombre (HH) dedicadas para capacitación			
	X Región de los Lagos	XI Región de Aysén	XII Región de Magallanes	Nivel central
Mínimo	9	0,5	1	4,5
Más probable	18	2	4	8
Máximo	36	25,5	6	28

Tabla 29. Cantidad de horas hombre (HH) mensual dedicadas a la mantención de la plataforma SIFA, y validación de la información relacionada con caligidosis o piscirickettsiosis

	N° de horas hombre (HH) dedicadas a mantención SIFA			
	X Región de los Lagos	XI Región de Aysén	XII Región de Magallanes	Nivel central
Mínimo	18	10	4	16
Más probable	23	22,5	4	24
Máximo	36	30	6	40

XIII.2.1.1.3 Costos públicos de las acciones de gestión sanitaria para piscirickettsiosis y caligidosis

Tabla 30. Costos (en pesos) de las actividades[1] de fiscalización de eventos relacionados con Caligus que se realizan a nivel de centro, por ciclo, especie y región.

		Costo de fiscalización de caligidosis por centro de cultivo, durante un ciclo productivo		
		X Región de los Lagos	XI Región de Aysén	XII Región de Magallanes
Salmón coho	Mínimo	0	0	0
	Más probable	540.000	0	0
	Máximo	6.905.920	0	0
Trucha arcoiris	Mínimo	3.482.960	25.250	68.858
	Más probable	4.456.400	70.250	137.716
	Máximo	6.835.920	479.040	275.432
Salmón del atlántico	Mínimo	12.053.120	135.250	267.111
	Más probable	16.594.000	299.080	534.222
	Máximo	23.846.240	859.040	641.066

Tabla 31. Costos (en pesos) de las actividades[1] de fiscalización de eventos relacionados con piscirickettsiosis que se realizan a nivel de centro, por ciclo, especie y región

		Costo de fiscalización de piscirickettsiosis por centro de cultivo, durante un ciclo productivo		
		X Región de los Lagos	XI Región de Aysén	XII Región de Magallanes
Salmón coho	Mínimo	6.905.920	0	0
	Más probable	10.258.880	25.250	0
	Máximo	13.611.840	40.250	0
Trucha arcoíris	Mínimo	3.482.960	60.000	68.858
	Más probable	4.456.400	130.250	137.716
	Máximo	6.835.920	539.040	275.432
Salmón del atlántico	Mínimo	12.103.120	70.250	137.716
	Más probable	17.995.600	289.080	206.574
	Máximo	2.4046.240	859.040	423.148

[1] Las actividades consideran costos de horas hombre, logística y viáticos.

Tabla 32. Costos de la HH (en pesos) de las actividades de análisis de información relacionada con Caligus, a nivel de regiones y nivel central.

	Costo de actividades de análisis de información relacionada con Caligus			
	X Región de los Lagos	XI Región de Aysén	XII Región de Magallanes	Nivel central
Mínimo	450.000	55.000	NC[1]	115.000
Más probable	567.000	165.000	NC	175.000
Máximo	648.000	165.000	NC	235.000

Tabla 33. Costos de la HH (en pesos) de las actividades de análisis de información relacionada con piscirickettsiosis, a nivel de regiones y nivel central.

	Costo de actividades de análisis de información relacionada con piscirickettsiosis			
	X Región de los Lagos	XI Región de Aysén	XII Región de Magallanes	Nivel central
Mínimo	360.000	52.500	NC	115.000
Más probable	450.000	91.250	NC	175.000
Máximo	495.000	124.500	NC	235.000

[1] NC: No contestaron la información, ya que consideraron los costos de análisis dentro de los sueldos mensuales.

Tabla 34. Costos de la HH (en pesos) mensual de las actividades de capacitación relacionada con epidemiología, piscirickettsiosis o caligidosis, a nivel de regiones y nivel central.

	Costo de actividades de capacitación de información relacionada con epidemiología, piscirickettsiosis o caligidosis			
	X Región de los Lagos	XI Región de Aysén	XII Región de Magallanes	Nivel central
Mínimo	40.500	25.000	NC	32.000
Más probable	81.000	55.500	NC	47.500
Máximo	16.2000	207.000	NC	172.000

Tabla 35. Costos mensuales de la HH (en pesos) de las actividades de mantención y validación de la información en SIFA

	Costo de actividades de mantención y validación de la información en SIFA			
	X Región de los Lagos	XI Región de Aysén	XII Región de Magallanes	Nivel central
Mínimo	81.000	180.000	NC	125.000
Más probable	103.500	387.500	NC	199.000
Máximo	162.000	665.000	NC	312.000

XIII.2.1.2 Sector Privado

La encuesta fue contestada por 9 profesionales (médicos veterinarios) e investigadores de proyectos FIE.

Tabla 36. Duración y división conceptual de los ciclos productivos según especie

Especie	Etapa del ciclo de cultivo (semanas)			
	Siembra	Engorda	Cosecha	Total
Salmón del atlántico	8	62	4	74
Trucha arcoíris	12	54	4	70
Salmón coho	12	44	4	60

XIII.2.1.2.1 PISCIRICKETTSIOSIS

XIII.2.1.2.1.1 *Impacto de piscirickettsiosis durante el ciclo productivo*

Tabla 37. Cantidad de brotes de piscirickettsiosis que se presentan en centros de cultivo, según región y especie, durante un ciclo productivo

		N° de brotes de SRS		
		X Región de los Lagos	XI Región de Aysén	XII Región de Magallanes
Salmón coho	**Mínimo**		0	
	Más probable		1	
	Máximo		1	
Trucha arcoíris	**Mínimo**	1	1	
	Más probable	3	3	
	Máximo	6	5	
Salmón del atlántico	**Mínimo**	1	0	0
	Más probable	3	2	1
	Máximo	4	3,5	2

Tabla 38.Duración (semanas) de los brotes de piscirickettsiosis, en el escenario que NO se realizarán tratamientos farmacológicos)

		Duración de brotes de SRS (semanas)		
		X Región de los Lagos	XI Región de Aysén	XII Región de Magallanes
Salmón coho	**Mínimo**			
	Más probable			
	Máximo			
Trucha arcoíris	**Mínimo**	8	8	
	Más probable	10	10	
	Máximo	15	15	
Salmón del atlántico	**Mínimo**	5	4	6
	Más probable	7	15	8
	Máximo	11,5	19,5	12

Tabla 39. Porcentaje en que se reduce la ganancia diaria de peso, mientras dura un brote de piscirickettsiosis

Mínimo	2%
Más probable	6,5%
Máximo	10,5%

Tabla 40. Efecto del uso de vacunas contra piscirickettsiosis en la reducción del número de brotes de la enfermedad y/o en número de semanas que transcurren antes de la presentación del primer brote (retrasándolo)

Sí	X
No	

Tabla 41. Cantidad de brotes adicionales de piscirickettsiosis se presentarían en centros de cultivo que sembraran peces no vacunados durante un ciclo productivo

		Nº de brotes adicionales de SRS (semanas)		
		X Región de los Lagos	XI Región de Aysén	XII Región de Magallanes
Salmón coho	**Mínimo**			
	Más probable			
	Máximo			
Trucha arcoíris	**Mínimo**	0	0	
	Más probable	1	1	
	Máximo	3	3	
Salmón del atlántico	**Mínimo**	0,5	1	0
	Más probable	2	2	1
	Máximo	3	2	2

Tabla 42. Cantidad de semanas en que se adelantaría la presentación de un brote de piscirickettsiosis en centros de cultivo que sembraran peces no vacunados

		Nº de semanas de adelanto-brotes de SRS (semanas)		
		X Región de los Lagos	XI Región de Aysén	XII Región de Magallanes
Salmón coho	**Mínimo**			
	Más probable			
	Máximo			
Trucha arcoíris	**Mínimo**	5	5	
	Más probable	10	10	
	Máximo	12	12	
Salmón del atlántico	**Mínimo**	4,5	4,5	6
	Más probable	7	9	7
	Máximo	9	15	10

XIII.2.1.2.1.2 *Impacto de los tratamientos contra piscirickettsiosis durante el ciclo productivo*

Tabla 43. Cantidad de tratamientos farmacológicos contra piscirickettsiosis que se realizan en centros de cultivo durante un ciclo productivo

		N° de tratamientos farmacológicos contra SRS en el ciclo		
		X Región de los Lagos	XI Región de Aysén	XII Región de Magallanes
Salmón coho	**Mínimo**			
	Más probable			
	Máximo			
Trucha arcoíris	**Mínimo**	1	1	
	Más probable	4	4	
	Máximo	7	7	
Salmón del atlántico	**Mínimo**	0,5	0	0
	Más probable	3	3	1
	Máximo	4	5	2

Tabla 44. Duración (semanas) de los brotes de piscirickettsiosis, en el escenario en que se realicen tratamientos farmacológicos

		Duración de brotes de SRS (semanas) con tratamiento		
		X Región de los Lagos	XI Región de Aysén	XII Región de Magallanes
Salmón coho	**Mínimo**			
	Más probable			
	Máximo			
Trucha arcoíris	**Mínimo**	2	2	
	Más probable	3	3	
	Máximo	5	5	
Salmón del atlántico	**Mínimo**	2	2	1
	Más probable	3	4	2
	Máximo	5	7	4

XIII.2.1.2.1.3 *Impacto de acciones de vigilancia para piscirickettsiosis durante el ciclo productivo*

Tabla 45. Número de peces muestreados sanos durante el ciclo para detección de P. salmonis en laboratorio, durante el ciclo de cultivo

Mínimo	85
Más probable	110
Máximo	120

Tabla 46. Número de muestras enviadas al laboratorio de diagnóstico para detección de P. salmonis, durante el ciclo de cultivo

Mínimo	60
Más probable	120
Máximo	150

Tabla 47. Costo del envío y análisis de muestras al laboratorio de diagnóstico para detección de P. salmonis

	Costo de envío (pesos chilenos)		
	X Región de los Lagos	**XI Región de Aysén**	**XII Región de Magallanes**
Mínimo			
Más probable		0,5 UF/muestra	
Máximo			

Tabla 48. Horas hombre (HH) dedicadas a realizar la clasificación de mortalidades, para la vigilancia de piscirickettsiosis (indicar el número de horas mínimo, el número más probable y el máximo que podrían realizar esta actividad durante el mes)

Mínimo	30
Más probable	60
Máximo	90

Tabla 49. Horas hombre (HH) dedicadas a informar los resultados de la vigilancia de piscirickettsiosis, durante el ciclo productivo (indicar el número de horas mínimo, el número más probable y el máximo que podrían realizar esta actividad durante el mes)

Mínimo	5
Más probable	10
Máximo	15

Tabla 50. Si realiza boosters de la vacuna contra piscirickettsiosis, durante la fase de producción en agua de mar, indique el número de boosters realizados durante el ciclo productivo y el costo.

Número de boosters	2
Costo	$65.000.000

Tabla 51. Costo (en pesos) del alimento medicado, necesario para realizar un tratamiento contra la piscirickettsiosis, a nivel de centro de cultivo (indicar costo mínimo, más probable y máximo)

Mínimo	4.586.000
Más probable	16.000.000
Máximo	63.000.000

Tabla 52. Costo (en pesos) del antimicrobiano inyectable, necesario para realizar un tratamiento contra la piscirickettsiosis, a nivel de centro de cultivo (indicar costo mínimo, más probable y máximo)

Mínimo	53.500.000
Más probable	70.350.000
Máximo	105.000.000

Tabla 53. Costo (en pesos) de la logística para aplicación de un tratamiento inyectable contra piscirickettsiosis, a nivel de centro de cultivo (indicar costo mínimo, más probable y máximo)

Mínimo	2.000.000
Más probable	4.000.000
Máximo	8.000.000

Tabla 54. Costo del retiro y disposición de la mortalidad mensual a nivel de centro de cultivo, indicar (indicar costo mínimo, más probable y máximo)

Mínimo	8.873.000
Más probable	8.873.000
Máximo	11.500.000

Tabla 55. Valor de la HH para la clasificación de mortalidades (indicar el valor (en pesos) mínimo, el más probable y el máximo por el mes)

Mínimo	266.000
Más probable	533.280
Máximo	799.920

Tabla 56. Valor de la HH de quien informa los resultados de la vigilancia de piscirickettsiosis, durante el ciclo productivo (indicar el valor (en pesos), mínimo, más probable y máximo por mes)

Mínimo	44.440
Más probable	88.880
Máximo	136.660

Tabla 57. Costo de la alimentación por etapa productiva del ciclo productivo (indicar costo mínimo, más probable y máximo)

		Costo alimentación (pesos chilenos) en diferentes etapas del ciclo de cultivo		
Especie	**Región**	**Siembra**	**Engorda**	**Cosecha**
Salmón del atlántico	X Región de los Lagos			
Trucha arcoíris	X Región de los Lagos			
Salmón coho	X Región de los Lagos			
Salmón del atlántico	XI Región de Aysén	567 MUS	3558 MUS	1918 MUS
Trucha arcoíris	XI Región de Aysén			
Salmón coho	XI Región de Aysén			
Salmón del atlántico	XII Región de Magallanes			
Trucha arcoíris	XII Región de Magallanes			
Salmón coho	XII Región de Magallanes			

XIII.2.1.2.2 CALIGIDOSIS

XIII.2.1.2.2.1 *Impacto de la caligidosis durante el ciclo productivo*

Tabla 58. Efecto en la ganancia de peso al presentar eventos de infestación sobre 3HO

Sí	X
No	

Tabla 59. Porcentaje de reducción de la ganancia diaria de peso diaria, mientras se mantienen los niveles de infestación sobre 3HO

		Porcentaje de reducción en la ganancia diaria de peso por Caligus		
		X Región de los Lagos	**XI Región de Aysén**	**XII Región de Magallanes**
Salmón coho	**Mínimo**			
	Más probable			
	Máximo			
Trucha arcoíris	**Mínimo**	10	10	
	Más probable	20	20	
	Máximo	50	50	
Salmón del atlántico	**Mínimo**	10	0	10
	Más probable	20	1	20
	Máximo	50	3	50

Tabla 60. Porcentaje de la producción de peces que presentan daño en la piel o músculo, a causa de la infestación por Caligus durante el ciclo productivo, en centros de cultivo, según región y especie

		Porcentaje de peces con daño por Caligus (por ciclo)		
		X Región de los Lagos	XI Región de Aysén	XII Región de Magallanes
Salmón coho	**Mínimo**			
	Más probable			
	Máximo			
Trucha arcoíris	**Mínimo**	40	50	
	Más probable	70	75	
	Máximo	100	100	
Salmón del atlántico	**Mínimo**	5,5	0	20
	Más probable	11,5	3	50
	Máximo	30	6	70

XIII.2.1.2.2.2 *Impacto de los tratamientos contra caligidosis durante el ciclo productivo*

Tabla 61. Cantidad de tratamientos farmacológicos, durante un ciclo productivo, contra Caligus, en base a benzoato de emamectina, realizados en centros de cultivo según especie y región

		N° Tratamientos farmacológicos contra Caligus, en base a benzoato de emamectina (por ciclo)		
		X Región de los Lagos	XI Región de Aysén	XII Región de Magallanes
Salmón coho	**Mínimo**			
	Más probable			
	Máximo			
Trucha arcoíris	**Mínimo**	0	0	
	Más probable	1	1	
	Máximo	4	4	
Salmón del atlántico	**Mínimo**	0	0	0
	Más probable	1	1	0
	Máximo	2,5	2	0

Tabla 62. Cantidad de tratamientos farmacológicos contra Caligus, baños con azametifos o deltametrina, realizados por ciclo productivo en centros de cultivo por región

		N° Tratamientos farmacológicos contra Caligus, en base a azametifos o deltametrina (por ciclo)		
		X Región de los Lagos	XI Región de Aysén	XII Región de Magallanes
Salmón coho	**Mínimo**			
	Más probable			
	Máximo			
Trucha arcoíris	**Mínimo**	3	5	
	Más probable	5	6	
	Máximo	15	15	
Salmón del atlántico	**Mínimo**	0,4	0	0
	Más probable	4	6,5	1
	Máximo	14,5	14,5	2

Tabla 63. Efecto del uso de Imvixa en la reducción de la carga parasitaria que puede traducirse en una reducción en el número de eventos donde Caligus sobrepasa el umbral de 3HO.

Sí	X
No	

Tabla 64. Cantidad de tratamientos farmacológicos con benzoato de emamectina o baños que se realizan en peces tratados con Imvixa durante el ciclo productivo, según región y especie.

		N° Tratamientos farmacológicos contra Caligus, en base a benzoato de emamectina (por ciclo), para peces tratados con Imvixa		
		X Región de los Lagos	XI Región de Aysén	XII Región de Magallanes
Salmón coho	**Mínimo**			
	Más probable			
	Máximo			
Trucha arcoíris	**Mínimo**	0	0	
	Más probable	1	1	
	Máximo	2	2	
	Mínimo	0	0	0

Salmón del atlántico	**Más probable**	1,5	1	0
	Máximo	2,5	1,5	0

Tabla 65. Cantidad de tratamientos farmacológicos con azametifos o deltametrina que se realizan en peces tratados con Imvixa durante el ciclo productivo, según región y especie.

		N° Tratamientos farmacológicos contra Caligus, en base a azametifos o deltametrina (por ciclo), para peces tratados con Imvixa		
		X Región de los Lagos	**XI Región de Aysén**	**XII Región de Magallanes**
Salmón coho	**Mínimo**			
	Más probable			
	Máximo			
Trucha arcoíris	**Mínimo**	2	3	
	Más probable	3	3	
	Máximo	8	8	
Salmón del atlántico	**Mínimo**	0	0	0
	Más probable	3	4	1
	Máximo	5,5	10	2

Tabla 66. Porcentaje de la producción de peces que presentan daño en la piel o músculo, a causa de la infestación por Caligus durante el ciclo productivo, en centros de cultivo por región, para peces tratados con Imvixa

		Porcentaje de peces con daño por Caligus (por ciclo), para peces tratados con Imvixa		
		X Región de los Lagos	**XI Región de Aysén**	**XII Región de Magallanes**
Salmón coho	**Mínimo**			
	Más probable			
	Máximo			
Trucha arcoíris	**Mínimo**	30	40	
	Más probable	50	60	
	Máximo	100	100	
Salmón del atlántico	**Mínimo**	20	0	10
	Más probable	36	3	40
	Máximo	52,5	5	70

XIII.2.1.2.2.3 *Impacto de las acciones de vigilancia para caligidosis durante el ciclo productivo*

Tabla 67. Cantidad de horas hombre (HH) dedicadas a realizar el conteo de Caligus, para la vigilancia durante el ciclo productivo

Mínimo	128
Más probable	224
Máximo	256

Tabla 68. Cantidad de horas hombre (HH) dedicadas para informar los resultados de la vigilancia de Caligus durante el ciclo productivo

Mínimo	80
Más probable	160
Máximo	240

XIII.2.1.2.2.4 *Costo de las acciones de gestión sanitaria para Caligus durante el ciclo productivo*

Tabla 69. Costo (en pesos) tratamiento con benzoato de emamectina, a nivel de centro de cultivo asumiendo un centro con 1.500 ton y un costo por tratamiento de 0,011 USD/kg pez

Mínimo	23.587.200
Más probable	78.640.000
Máximo	117.936.000

Tabla 70. Costo (en pesos) de un smolt tratado con Imvixa, asumiento el pez puesto en el mar (sembrado)

Mínimo	440
Más probable	490
Máximo	550

Tabla 71. Costo (en pesos) de un smolt NO tratado con Imvixa.

Mínimo	300
Más probable	845
Máximo	1405

Tabla 72. Costo (en pesos) del producto azametifos, necesario para realizar un baño a nivel de centro de cultivo

Mínimo	5.126.300
Más probable	5.616.000
Máximo	8.879.600

Tabla 73. Costo (en pesos) del producto deltametrina, necesario para realizar un baño a nivel de centro de cultivo

Mínimo	9.098.050
Más probable	10.108.800
Máximo	12.130.300

Tabla 74. Costo (en pesos) de la logística para aplicación de un baño con deltametrina o azametifos, a nivel de centro de cultivo

Mínimo	700.000
Más probable	825.000
Máximo	1.100.000

Tabla 75. Valor de la HH para el conteo de Caligus mensual

Mínimo	38.052
Más probable	65.966
Máximo	75.604

Tabla 76. Valor de la HH de quien informa los resultados de la vigilancia de Caligus, durante el ciclo productivo

Mínimo	25.220
Más probable	48.440
Máximo	71.660

XIII.2.2 Conclusiones encuestas

Para lograr los objetivos propuestos, fue necesario levantar información que en este momento no está disponible en la literatura científica, pero para la cual, sí existen antecedentes en el conocimiento que poseen profesionales vinculados al sector acuicultor. Por ese motivo se generó una encuesta orientada al sector privado, que permitiera acercar los parámetros del modelo en desarrollo, a la realidad existente en los centros de cultivo de especies salmonídeas. Se buscó obtener información tanto epidemiológica, como de costos asociados a las medidas de gestión sanitaria definidas en la normativa vigente.

Sin embargo, se registró una baja participación del sector privado, ya que consideraron que los datos de costos era información estratégica. La información obtenida, provino de fuentes que pidieron mantener sus nombres en reserva, y de informes generados por INTESAL.

Complementariamente, se diseñó y aplicó una encuesta dirigida al sector público, para levantar información sobre dedicación, infraestructura y costos de las actividades que realizan tanto a nivel central, como en las regiones donde se concentra la industria salmonicultora, lográndose un 100% de participación de los profesionales de SERNAPESCA.

Los resultados de costos obtenidos desde el sector público, logró identificar que los costos públicos totales destinados a caligidosis, son aproximadamente $45.479.669 pesos chilenos para cada ciclo productivo. Mientras que los costos destinados a piscirickettsiosis durante un ciclo productivo, se aproximan a $53.105.000 pesos chilenos. De esta manera, la sumatoria de los costos públicos asociados a ambas enfermedades, corresponde al total de $98.584.668 pesos chilenos por ciclo productivo. Al desglosar el destino de los costos, se puede observar que, para el caso de caligidosis, el 50% de los costos se asocia a actividades de fiscalización, el 34% a análisis de la información, un 13% a la mantención de la plataforma SIFA y un 3% se destina a capacitación relacionada con epidemiología y la enfermedad. Para el caso de piscirickettsiosis, el 63% de los costos está destinado a actividades de fiscalización, un 23% a análisis de la información, 11% a la mantención de la plataforma SIFA y un 3% a capacitación asociada a epidemiología y la enfermedad.

XIV. Brechas de información

A continuación, se describirán las variables que no tienen información disponible como también brechas en la calidad de la información.

XIV.1 Eje Productivo

XIV.1.1 Costo de producción en Centros de Cultivo

No existe un levantamiento de los costos de producción que tenga carácter periódico a nivel sectorial. El único esfuerzo que se ha hecho a nivel público por conocer los datos de costos es el Estudio "Caracterización empresarial a través de la Encuesta Estructural y Evaluación de factibilidad de indicadores de la industria del salmón en las regiones de la macrozona su" realizado por INE Los Lagos en colaboración con CORFO Los Lagos, sin embargo dicho estudio carece del nivel de detalle requerido para los efectos del desarrollo del modelo aquí planteado, en términos de las subvariables de los costos de producción como del nivel territorial, que detalla la información a nivel regional. El costo de producción relativo a personal presenta brechas en la calidad de la información proporcionada, dado que, si bien se maneja la remuneración promedio por tipo de trabajador, no es posible conocer la diferenciación por región de este promedio ni conocer el número de trabajadores con que opera un centro de cultivo ni el sistema de turnos empleado.

XIV.1.2 Costo en planta

No existe un levantamiento del costo de producción referido a la actividad de procesamiento en planta que tenga carácter periódico a nivel sectorial. El único esfuerzo que se ha hecho a nivel público por conocer los datos de costos es el Estudio "Caracterización empresarial a través de la Encuesta Estructural y Evaluación de factibilidad de indicadores de la industria del salmón en las regiones de la macrozona su" realizado por INE Los Lagos en colaboración con CORFO Los Lagos, sin embargo, dicho estudio carece de los detalles de costo que requiere el modelo de costo-beneficio propuesto. Si bien el estudio referido entrega datos respecto de los costos que implica a las empresas la actividad de procesamiento de su producción, no se individualizan datos respecto del costo de procesamiento por unidad de peso, por ejemplo $/ton procesada. Por lo tanto, resulta imposible conocer el costo del proceso en planta para un ciclo productivo en particular.

XIV.2 Eje Gestión sanitaria

XIV.2.1 Beneficios

XIV.2.1.1 Reducción de presión infestación/ infección sobre terceros (bien común del área)

El beneficio económico de controlar una enfermedad en producción animal no solo presenta un impacto en la misma unidad productiva, sino que aporta al bien común, reduciendo la carga de patógenos en el ambiente, y disminuyendo el riesgo de infección en unidades de producción vecinas.

A la fecha, no existe una métrica económica para estimar, en términos epidemiológicos ni económicos el aporte del control de caligidosis o piscirickettsiosis a la disminución de la presión infestación/ infección sobre terceros

XIV.2.1.2 Imagen por certificación de centros de cultivo libres de uso de antimicrobianos

Si bien se reconoce que los consumidores, tanto nacionales, como los de mercados internacionales, son cada vez más conscientes sobre los impactos negativos (externalidades) de la producción intensiva sobre el medioambiente, o sobre posibles elementos que alteren la inocuidad de los productos, el uso de antimicrobianos en la salmonicultura nacional se convierte en un tema de especial interés. Es por eso que actualmente, algunas empresas hacen esfuerzos por controlar las enfermedades que afectan a los peces en cultivo, por métodos que no involucran el uso de antimicrobianos, y certifican dicha condición. Es posible identificar que en supermercados locales se resalta este atributo, y los productos tienen un precio de mercado mayor. Asimismo, se presume que esta condición les permitirá ingresar a nuevos mercados o adaptarse a nuevas exigencias de mercados internacionales en los que se comercializan estos productos. Sin embargo, actualmente no existe una métrica económica que permita medir el beneficio económico de imagen por certificación de centros de cultivo libres de uso de antimicrobianos

XIV.2.2 Costo

XIV.2.2.1 Diseño de medidas

XIV.2.2.1.1 Soporte científico para diseño y evaluación de normativa (I+D)

Débil soporte científico para diseño y evaluación de normativa (I+D), además no existe un plan anual permanente de investigación con presupuesto definido. En específico:

- No existe suficiente información sobre la epidemiología de la piscirickettsiosis ni de la caligidosis
- Estudios en desarrollo que debiesen mejorar el estado del conocimiento
- No existe una descripción de las funciones, tanto en curvas de mortalidad de SRS y curva de ganancia de peso para cada escenario

XIV.2.2.2 Implementación de medidas

XIV.2.2.2.1 Vigilancia

XIV.2.2.2.1.1 *Sistemas de información: Monitoreo de enfermedades*

En sistemas de información para el monitoreo de enfermedades:

- Información capturada por SIFA no tiene validadores de ingreso en los módulos caligus, tratamientos y vacunaciones.
- Existe información no automatizada (IPT, Plan de Gestión, Informe de Fallas, Encuesta epidemiológica, entre otros)
- No existe un sistema de información que integre la información de SIFA y otras fuentes, que permita acceder expeditamente para su análisis.

XIV.2.2.2.1.1.1 Brechas de información del sistema SIFA relacionadas al proyecto

El sistema SIFA es una plataforma que ha facilitado el registro y consolidación de la información Dentro de Las brechas identificadas se mencionan a continuación:

- **Declaración de todas las unidades de cultivo de un centro dentro de un solo campo en la declaración de tratamientos:** La declaración está diseñada para realizarse por unidad de cultivo, sin embargo, el sistema permite que el titular pueda declarar todas sus jaulas tratadas dentro del mismo campo, ya que es un campo de texto abierto sin ningún tipo de formato sistematizable. Esto se produce por un mal entendimiento de la declaración, sin posibilidad de una posterior corrección y capacitación a usuarios.

    - ***Impacto:*** Al declarar de forma errónea por centro completo en un sólo registro reduce la capacidad de analizar los tratamientos a nivel de jaula como unidad de estudio ya que se pierde la trazabilidad del tratamiento.

    - ***Recomendación:*** Se recomienda implementar un formato de declaración estándar en el registro de las jaulas tratadas sea más claro y didáctico, ya que el actual se presta para una declaración con error del usuario. Además, reforzar la capacitación a usuarios en la declaración.

- **Validación no estandarizada en módulos de SIFA:** Existen campos que no cuentan con validaciones adecuadas, pudiendo a inducir a errores de ingreso por parte de los declarantes. Estos problemas se presentan principalmente porque no se validan los valores dentro de un rango de valores permitido. Estos problemas principalmente se encuentran en campos comunes a varios tipos de declaración dentro del sistema, y que están asociados al registro de información tal como peso promedio, densidad, número de peces, entre otros.

    - ***Impacto:*** Errores de declaración en campos asociados a la cantidad de fármaco administrado puede generar errores en los análisis de uso de fármaco a nivel general, ya sea a nivel de ciclo productivo, especie, ACS, región y/o país.

    - ***Recomendación:*** En conjunto con la unidad encargada de tratamientos y vacunaciones definir y documentar la metodología para estandarización de tratamiento de información para el manejo de errores o inconsistencia del registro, con los criterios de tratamiento de información, y evaluar qué problemas se podrían abordar para dar una solución definitiva y reducir la intervención de los encargados. Adicionalmente, se sugiere la implementación de los validadores levantados en el marco del proyecto

"Validación de información productiva", que se presenta en la Tabla 77, Tabla 78, Tabla 79 y Tabla 80.

Tabla 77. Validadores N° peces sembrados / cosechados / existencia.

Variable	Movimiento	Temporalidad	Validador	Valor
N° de peces sembrados / cosechados / existencia	N° peces sembrados	Por movimiento	Mínimo absoluto (error)	1
	N° peces sembrados	Por movimiento	Mínimo recomendado	500
	N° peces sembrados	Por movimiento	Máximo recomendado	50.000
	N° peces sembrados	Por movimiento	Máximo absoluto (error)	500.000
	N° peces sembrados	Mensual	Mínimo absoluto (error)	1
	N° peces sembrados	Mensual	Mínimo recomendado	10000
	N° peces sembrados	Mensual	Máximo recomendado	1.300.000
	N° peces sembrados	Mensual	Máximo absoluto (error)	2.000.000
	N° peces cosechados	Por movimiento	Mínimo absoluto (error)	1
	N° peces cosechados	Por movimiento	Mínimo recomendado	200
	N° peces cosechados	Por movimiento	Máximo recomendado	60.000
	N° peces cosechados	Por movimiento	Máximo absoluto (error)	500.000
	N° peces cosechados	Mensual	Mínimo absoluto (error)	1
	N° peces cosechados	Mensual	Mínimo recomendado	3000
	N° peces cosechados	Mensual	Máximo recomendado	800.000
	N° peces cosechados	Mensual	Máximo absoluto (error)	1.500.000
	N° peces existencia	Mensual	Mínimo absoluto (error)	1
	N° peces existencia	Mensual	Mínimo recomendado	20000
	N° peces existencia	Mensual	Máximo recomendado	1.600.000
	N° peces existencia	Mensual	Máximo absoluto (error)	4.000.000

Tabla 78. Validador peso promedio.

Variable	Movimiento	Especie	Validador	Valor
Peso promedio (Kg)	Siembra	Todas	Mínimo absoluto (error)	0,001
	Siembra	Todas	Mínimo recomendado	0,05
	Siembra	Todas	Máximo recomendado	0,60
	Siembra	Todas	Máximo absoluto (error)	5,00
	Cosecha	Salar	Mínimo absoluto (error)	0,01
	Cosecha	Salar	Mínimo recomendado	2,00
	Cosecha	Salar	Máximo recomendado	7,00
	Cosecha	Salar	Máximo absoluto (error)	20,00
	Cosecha	Trucha	Mínimo absoluto (error)	0,01
	Cosecha	Trucha	Mínimo recomendado	0,30
	Cosecha	Trucha	Máximo recomendado	4,00
	Cosecha	Trucha	Máximo absoluto (error)	12,00
	Cosecha	Coho	Mínimo absoluto (error)	0,01
	Cosecha	Coho	Mínimo recomendado	0,50
	Cosecha	Coho	Máximo recomendado	4,00
	Cosecha	Coho	Máximo absoluto (error)	10,00
	Existencia	Todas	Mínimo absoluto (error)	0,01
	Existencia	Todas	Mínimo recomendado	0,05
	Existencia	Todas	Máximo recomendado	7,00
	Existencia	Todas	Máximo absoluto (error)	20,00

Tabla 79. Validadores para biomasa sembrada / cosechada en el agua.

Variable	Movimiento	Temporalidad	Validador	Valor
Biomasa sembrada / cosechada / en el agua (Ton)	Biomasa sembrada	Por movimiento	Mínimo absoluto (error)	0,1
	Biomasa sembrada	Por movimiento	Mínimo recomendado	10
	Biomasa sembrada	Por movimiento	Máximo recomendado	6.000
	Biomasa sembrada	Por movimiento	Máximo absoluto (error)	600.000
	Biomasa sembrada	Mensual	Mínimo absoluto (error)	0,1
	Biomasa sembrada	Mensual	Mínimo recomendado	10
	Biomasa sembrada	Mensual	Máximo recomendado	350.000
	Biomasa sembrada	Mensual	Máximo absoluto (error)	1.200.000
	Biomasa cosechada	Por movimiento	Mínimo absoluto (error)	0,1
	Biomasa cosechada	Por movimiento	Mínimo recomendado	300
	Biomasa cosechada	Por movimiento	Máximo recomendado	300.000
	Biomasa cosechada	Por movimiento	Máximo absoluto (error)	2.400.000
	Biomasa cosechada	Mensual	Mínimo absoluto (error)	0,1
	Biomasa cosechada	Mensual	Mínimo recomendado	300
	Biomasa cosechada	Mensual	Máximo recomendado	3.000.000
	Biomasa cosechada	Mensual	Máximo absoluto (error)	6.500.000
	Biomasa en el agua	Mensual	Mínimo absoluto (error)	0,1
	Biomasa en el agua	Mensual	Mínimo recomendado	15000
	Biomasa en el agua	Mensual	Máximo recomendado	5.000.000
	Biomasa en el agua	Mensual	Máximo absoluto (error)	3.500.000

Tabla 80. Validación de campos Promedio HO, AM, JUV, Adultos totales y parásitos totales.

			Variable				
Región	Especie	Rango	Promedio HO	Promedio AM	Promedio Juveniles	Promedio Adultos Totales	Promedio Parásitos Totales
X y XI	Trucha arcoíris y Salmón del atlántico	Mínimo absoluto (error)	0	0	0	0	0
		Mínimo recomendado	0	0	0	0	0
		Máximo recomendado	15	16	22	31	53
		Máximo absoluto (error)	200	200	200	400	600
	Salmón coho	Mínimo absoluto (error)	0	0	0	0	0
		Mínimo recomendado	0	0	0	0	0
		Máximo recomendado	0,2	0,3	1,7	0,4	1,9
		Máximo absoluto (error)	2	2	10	3	14
XII	Trucha arcoíris, Salmón coho y Salmón del atlántico	Mínimo absoluto (error)	0	0	0	0	0
		Mínimo recomendado	0	0	0	0	0
		Máximo recomendado	0	0	0	0	0
		Máximo absoluto (error)	1	1	1	2	3

XIV.2.2.2.2 Bioseguridad

En la literatura se describe la importancia y mecanismos mediante los cuales las medidas de bioseguridad disminuyen el impacto y diseminación de agentes infecciosos y peligros biológicos. Sin embargo, no hay información disponible en detalle de todas las medidas de boseguridad utilizadas para le prevención específica de caligidosis y piscirickettsiosis, debido a que la gran mayoría de las medidas, tienen un efecto para una amplia gama de agentes infecciosos y peligros biológicos. Asimismo, la información sobre los costos asociados a las medidas implementadas, tanto de equipamiento como de gestión sanitaria (por ejemplo, retiro de mortalidades), no está actualmente documentado.

XIV.2.2.2.3 Medidas de prevención

XIV.2.2.2.3.1 *Vacunas (booster)*

A la fecha no hay estudios epidemiológicos que evalúen el real impacto de las diferentes vacunas y estrategias de revacunación (booster) en campo. Asimismo, la información sobre los costos asociados al producto y la logística de su aplicación no está disponible púbicamente.

XIV.2.2.2.4 Medidas de control

XIV.2.2.2.4.1 *Tratamientos farmacológicos*

A la fecha no hay estudios epidemiológicos que evalúen el real impacto de los diferentes tratamientos farmacológicos y estrategias de aplicación en campo. Asimismo, la información sobre los costos asociados a los productos y la logística de su aplicación no está disponible púbicamente

XIV.2.2.2.4.2 *Resistencia a antimicrobianos y antiparasitarios*

A la fecha sólo se conocen antecedentes de resistencia tanto para algunos antimicrobianos y antiparasitarios utilizados en las estrategias de control de piscirickettsiosis y caligidosis. Sin embargo, no se han evaluado los costos asociados a estos eventos.

XIV.2.2.2.4.3 *Tratamientos no farmacológicos*

A la fecha no hay estudios epidemiológicos que evalúen el real impacto de los diferentes tratamientos no farmacológicos y estrategias de aplicación en campo. Asimismo, la información sobre los costos asociados a los productos y la logística de su aplicación no está disponible púbicamente

XIV.2.2.2.4.4 *Cosecha anticipada*

A la fecha no hay estudios epidemiológicos que evalúen el real impacto de las diferentes estrategias de cosecha anticipada. Asimismo, la información sobre los costos asociados a la logística de su aplicación no está disponible púbicamente.

XIV.2.2.3 Evaluación de medidas

Si bien la autoridad sanitaria realiza periódicamente evaluación de las medidas de gestión sanitaria, mediante análisis internos de información, o por medio de asesorías especializadas, estas actividades no se realizan con metodología, indicadores, presupuesto y frecuencia definida.

XIV.2.2.4 Análisis de información

A partir de los antecedentes levantados, tanto de información primaria como secundaria, se ha detectado la necesidad de fortalecer las labores de análisis de la información que se dispone a partir de las obligaciones generadas tanto por los programas sanitarios estudiados como por otras obligaciones legales. Actualmente la información capturada no se encuentra suficientemente integrada, validada y sistematizada. Lo anterior no permite la aplicación de modelos de inteligencia para un oportuno manejo, conocimiento y control de las enfermedades. Además, también se ha detectado que las competencias y capacidades en el sector público, dada la carencia de profesionales de perfil técnico, no permiten la elaboración de análisis de complejidad epidemiológico en acuicultura.

XIV.3 Eje Logístico-Territorial

XIV.3.1 Costo logístico

No existe información respecto de los costos logísticos que implica la operación de la industria en los diferentes territorios. Evidentemente el costo de producir distante desde los reconocidos polos logísticos con que cuenta la industria se incrementa conforme aumenta la distancia. No se cuenta con información respecto de cuál es el diferencial de costo logístico de producir en un centro versus otro en función de su ubicación. En este sentido resulta relevante contar con una zonificación que incorpore un factor de distancia que permita conocer el incremento del costo logístico por zona, de este modo se puede diferenciar el costo de la aplicación de una medida en un centro respecto de otro.

XIV.4 Eje Ambiental

XIV.4.1 Impacto en el medioambiente

Si bien se reconoce que la producción intensiva tiene impactos negativos en el medioambiente, principalmente asociado a la contaminación y degradación del medio, junto con efectos en el paisaje que pueden afectar negativamente al turismo. No existe una métrica económica para estimar el valor de dicho impacto sobre otras especies

XIV.4.2 Impacto en otras especies uso de tratamientos

La producción intensiva puede afectar a las especies silvestres de diferentes formas; por ejemplo, al afectar al medioambiente, pueden limitarse los recursos o hábitats para especies silvestres. Asimismo, la presencia de enfermedades en sistemas de producción intensiva, generan una carga de patógenos en el medio que aumenta el riesgo de infección (y enfermedad) en individuos silvestres. Sin embargo, a la fecha no existe una métrica económica para estimar el impacto de la producción intensiva ni de la presencia de enfermedades en la salmonicultura, sobre especies de fauna nativa.

XIV.5 Eje Socioeconómico

XIV.5.1 Empleo directo e indirecto

No existe información de empleo directo e indirecto generado asociado a las operaciones de un centro de cultivo, la información que existe disponible no permite conocer el detalle requerido para efectos de la modelación propuesta. Los datos de empleo levantados por Salmonchile, que cuentan con periodicidad anual, no hacen diferenciación territorial, sólo indica el número de empleos a nivel agregado. Por otro lado, la información proporcionada por el estudio realizado por el INE Los Lagos, muestra la cantidad de empleos generados a nivel de empresa y región.

XIV.5.2 Relaciones con la comunidad

No existe una métrica que otorgue valor económico al beneficio generado por mejorar las relaciones con la comunidad. Si bien existen metodologías diseñadas que permiten medir cuál es beneficio económico que alcanzan las empresas por

las acciones que ejercen para mejorar la vinculación con las comunidades donde desempeñan su actividad productiva, el sector salmonicultor no cuenta con estudios en esta línea. Los esfuerzos que se han para conocer cuál es la percepción de las personas se ha basado en entrevistas y encuestas que entregan información cualitativa sobre las relaciones que establecen con las comunidades.

XIV.5.3 Acciones Comunitarias

En relación con la información disponible referida a acciones comunitarias, si bien existen datos sobre la cantidad de acciones comunitarias realizadas anualmente, Salmonchile no informa el costo económico que implica para el gremio o para las empresas la ejecución de estas.

XIV.6 Eje Institucional

XIV.6.1 Imagen del Estado ante ciudadanía

No existe una métrica que otorgue valor económico al nivel de cumplimiento del rol del Estado en el ejercicio de la normativa sanitaria. Si bien, a nivel de instituciones, se han registrado encuestas de percepción para algunos sectores productivos, en las instituciones relacionadas con acuicultura no se conoce el nivel de aceptación de la gestión de las instituciones tanto ciudadanos como otras instituciones vinculadas al sector.

XIV.6.2 Enforcement y coordinación interinstitucional

No existe información sobre costos de acciones para potenciar el enforcement y la coordinación interinstitucional. Si bien el Sernapesca realiza acciones que potencian la participación de todos los actores e instituciones en el ciclo de la política pública de las normativas que gestiona, no cuenta con una valoración económica de estas actividades. Por otro lado, en términos de fiscalización, tampoco cuenta con los costos detallados que implican las acciones de fiscalización impuesta por los diversos programas sanitarios.

XIV.7 Eje Capital humano

No existe información sobre costos públicos de capacitación para la aplicación de la normativa vigente en relación a Caligus y SRS, principalmente porque no está

individualizado como partida dentro del presupuesto institucional. Por el lado de las empresas privadas tampoco se conoce cuál es el costo en el que incurren por el concepto de capacitación de su personal para la comprensión y cumplimiento de cambios normativos.

XV. Evaluación costo-beneficio mediante el método de análisis de presupuesto parcial

Una de las principales herramientas que utilizan los economistas para evaluar las consecuencias de las enfermedades animales es el análisis de beneficio-costo. Bajo este enfoque, los beneficios y los costos esperados se comparan para determinar los beneficios netos esperados de un evento o intervención (Marsh *et al.,* 2017).

Los economistas han desarrollado un proceso de razonamiento lógico que permite predecir cómo los componentes que maximizan las ganancias del sector productivo ganadero responderían frente a cambios en la política de precios de los productos e insumos pecuarios utilizados, dado que otras variables no cambian. Para estudiar el proceso de producción animal, se distinguen las siguientes categorías de insumos:

- Insumos variables: pueden ser controlados por el sistema productivo y varían según la cantidad de producción. Un buen ejemplo sería la alimentación, o la atención veterinaria.
- Costos fijos: no cambian durante el periodo de análisis. Son los insumos en términos de infraestructura. En esta categoría se pueden incluir los edificios, e incluso la inversión en los propios animales.
- Costos aleatorios: están asociadas con entradas que no pueden ser influenciadas por el productor, como por ejemplo el clima y el mercado (precios de entradas y salidas). Para simplificar esto, un análisis económico a menudo asume que estas entradas aleatorias son constantes.

Por otra parte, la economía en producción animal debe seguir una serie de supuestos iniciales importantes, los cuales se describen brevemente a continuación:

1. Las entradas se pueden clasificar en entradas variables, fijas y aleatorias.
2. Los insumos son homogéneos y equivalentes en calidad y son divisibles y móviles.
3. Hay certeza perfecta.
4. El proceso de producción es estable, es decir, durante el período de análisis hay tecnología constante.
5. El objetivo del productor es maximizar los beneficios.
6. El productor es un tomador de precios y no puede influir en el precio de los insumos o productos.
7. Hay numerosos productores, lo que implica que hay competencia perfecta.

El beneficio económico de controlar una enfermedad animal se puede medir teniendo en cuenta la reducción en la pérdida económica de la enfermedad correspondiente a los diferentes niveles de costos en su control. Dado el conocimiento disponible, se supone que, para cualquier nivel de gasto en el control de enfermedades, ese gasto se realiza de una manera que maximice los beneficios económicos. Sin embargo, asegurar esto no siempre es una tarea fácil.

El proceso subyacente de una operación ganadera es biológico, es decir, el nivel de salida está directamente relacionado con la cantidad de entrada.

Dado que, en el presente proyecto de investigación, se busca identificar las mejores estrategias en término de costo-beneficio para el control y prevención de enfermedades, sin considerar cambios en los costos fijos del sistema productivo en sí, se utilizará la metodología económica de Presupuesto Parcial.

El presupuesto parcial es una técnica utilizada para evaluar pequeños cambios en los sistemas productivos, donde los costos y beneficios de cada cambio son estimados y comparados para dar una indicación de si el cambio vale la pena. Así, los presupuestos parciales se utilizan con mayor frecuencia para considerar el uso de un nuevo insumo, de esta manera, es útil para probar la viabilidad de introducir un nuevo medicamento o una nueva práctica de manejo de los animales. Los resultados de este análisis permiten mostrar el aumento o la disminución neta en el ingreso neto del sistema productivo como resultado de los cambios propuestos, siendo una herramienta ampliamente utilizada para estimar, por ejemplo, el impacto económico de una enfermedad. El concepto económico de presupuesto parcial es importante para el análisis de costo-beneficio de los proyectos de control de enfermedades.

Los presupuestos parciales trabajan con cuatro ítems básicos:

- Costos:
    - Nuevos costos (a)
    - Ingresos no percibidos (b)
- Beneficios:
    - Costos ahorrados (c)
    - Nuevos ingresos (d)

En el proyecto en desarrollo, estos elementos se pueden describir de la siguiente forma:

- Nuevos costos: Tratamientos (principio activo, logística de administración); Prevención (vacunas o fármacos protectores como Imvixa); Vigilancia (toma de muestras, análisis en laboratorio, clasificación de mortalidades)

- Ingresos no percibidos: Mortalidad, disminución en la ganancia de peso, Cosecha anticipada, mermas asociadas a la calidad del producto final (por lesiones generadas por Caligus); Infraestructura en desuso
- Costos ahorrados: Alimentación, en caso de producirse mortalidades, mantención de infraestructura
- Nuevos ingresos: No se identifican nuevos ingresos asociados a las enfermedades a evaluar, sino que sólo un desplazamiento al máximo potencial productivo

Para evaluar un cambio en el sistema productivo, se debe estimar la diferencia entre (a) + (b) y (c) + (d). Si los beneficios superan los costos, sería ventajoso para el productor realizar el cambio; mientras que si no hubiera diferencias o los costos fueran mayores, entonces el sistema existente sería mejor.

XVI. Herramientas de simulación

Para la evaluación de presupuesto parcial se diseñaron tres simuladores:

1. **Simulador de biomasa en el agua de un ciclo productivo:** tiene como objetivo modelar la variable crítica del modelo costo-beneficio para la evaluación de medidas regulatorias para un ciclo productivo.

2. **Simulador de biomasa en el agua para escenarios SRS y Caligus:** tiene como objetivo modelar la variable crítica del modelo costo-beneficio para la evaluación de medidas regulatorias para un ciclo productivo bajo distintos escenarios sanitarios de SRS y caligidosis.

3. **Simulador de presupuesto parcial:** tiene como objetivo simular bajo el modelo de evaluación de presupuesto parcial una medida regulatoria**.**

Los simuladores de biomasa en el agua tienen múltiples usos, que permitirán apoyar la gestión sanitaria tanto en la evaluación de costo-beneficio de medidas como en otros ámbitos para la toma de decisiones. Se destacan los siguientes usos:

- Proyectar biomasa en el agua de un ciclo productivo, determinando mensualmente la biomasa de un centro de cultivo

- Evaluación de las medidas regulatorias, por ejemplo, cosecha anticipada, permite determinar la biomasa que deberá cosechar y la biomasa perdida, es decir, aquella que no obtuvo el productor por término anticipado del ciclo productivo.

- Determinar la variable crítica de costo-beneficio identificando el beneficio productivo del productor

- Comparar la biomasa en el agua de un centro de cultivo bajo distintos escenarios sanitarios.

- Customización de escenarios, es decir, permite la modificación de los rangos que definen los escenarios.

A continuación, se describe en detalle cada uno de los simuladores.

XVI.1 Simulador de biomasa en el agua de un ciclo productivo (variable crítica)

XVI.1.1 Descripción general

El simulador de ciclo productivo tiene por objetivo simular la biomasa en el agua para todo t del ciclo productivo (Q(t)), esto permitirá modelar distintos escenarios y medidas respecto a la intervención de la biomasa del centro de cultivo. El simulador se encuentra disponible como Anexo con el nombre Anexo Digital N°3 - Simulador Biomasa en el Agua - Ciclo Productivo.xlsm.

El simulador de ciclo productivo ha sido desarrollado en Excel de la suite Microsoft Office 365, utilizando macros para su implementación. Una macro corresponde a un conjunto de instrucciones almacenadas dentro de un archivo Excel con el objetivo de automatizar tareas repetitivas. Las macros en Excel se desarrollan en un lenguaje de programación llamado *Visual Basic for Applications (VBA),* y permite manipular todas las funcionalidades con las que cuenta Excel y así ampliar la funcionalidad de éste.

El simulador corresponde a un modelo paramétrico, donde las variables usadas en el proceso de simulación pueden ser modificadas por el usuario. Dentro del simulador existen dos tipos de parámetros: por un lado, están los parámetros de entrada, que corresponden a aquellos que son ingresados por el usuario al momento de simular, y por el otro lado, están los parámetros referenciales que corresponden a aquellas variables que se han fijado principalmente a partir de criterio experto, y que a pesar de que se encuentran fijos en el simulador (pestaña “Valores”), estos pueden ser modificados fácilmente por el usuario.

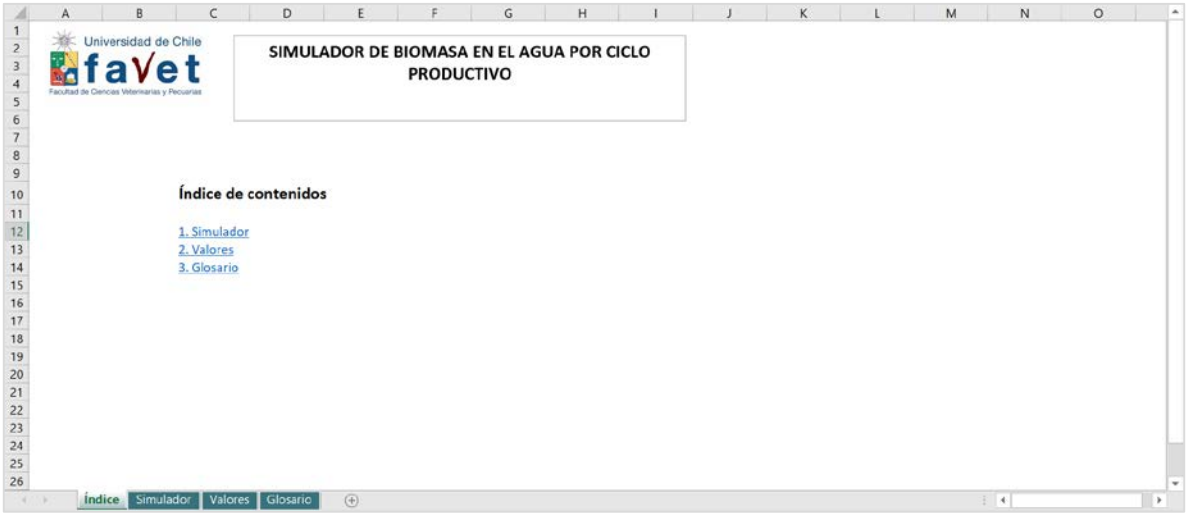
XVI.1.2 Estructura del simulador

El simulador corresponde a un archivo de formato Excel que se compone de 4 pestañas. El simulador de escenarios fue desarrollado con macros usando el lenguaje de Programación Visual Basic for Applications (VBA). Cada una de las pestañas son descritas en detalle a continuación:

El diseño del simulador considera cuatro pestañas, la primera con un índice de contenidos, la segunda con el simulador propiamente tal y sus salidas, la tercera pestaña de valores paramétricos del simulador y la última pestaña con un glosario. A continuación, se describe en detalle cada una.

- **Índice:** corresponde a la hoja de presentación del simulador donde existe un listado de contenidos donde al hacer clic se puede acceder al contenido seleccionado.

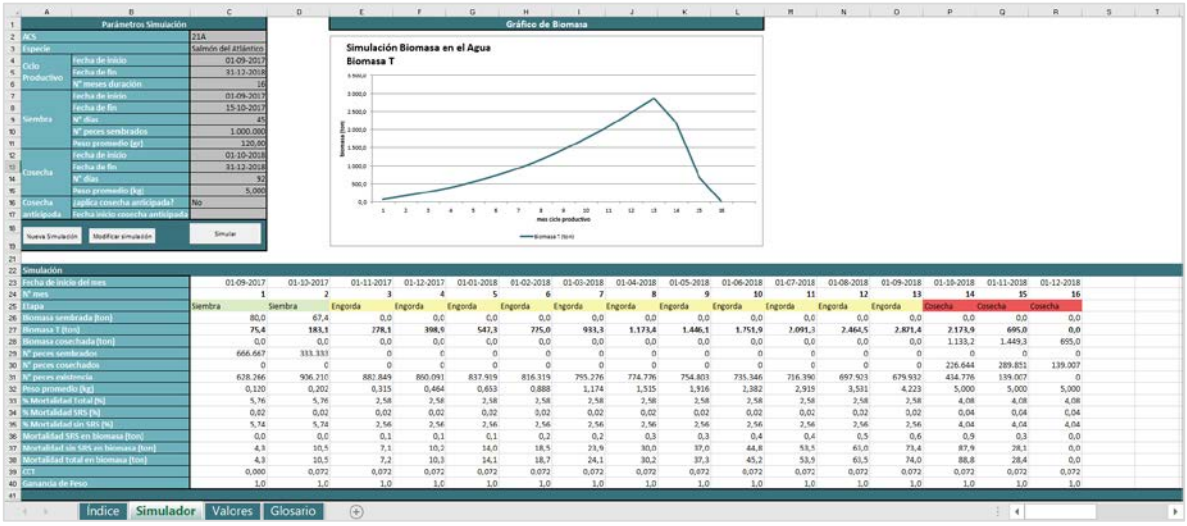
Figura 16. Pestaña "índice" del Simulador desarrollado en Excel



- **Pestaña Simulador:** corresponde al simulador de ciclos productivos, consta de 3 secciones, una que permite registrar los parámetros para caracterizar el ciclo productivo a simular, la segunda es un gráfico donde se despliega la biomasa instantánea simulada, y la tercera es donde se despliegan los resultados de la simulación. Además, la pestaña tiene 3 botones que tiene las siguientes funcionalidades:

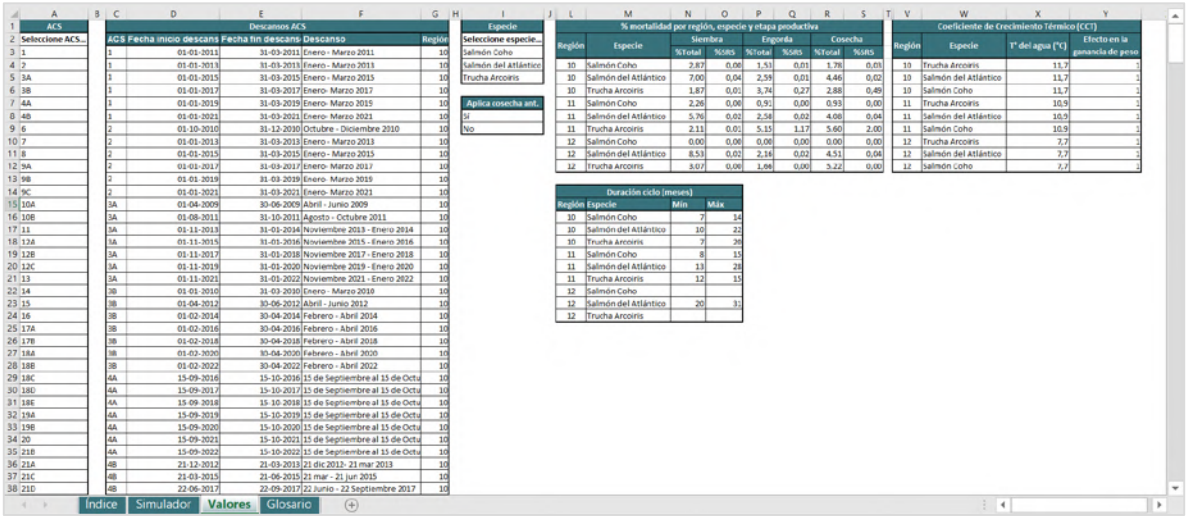
  - **Nueva Simulación:** Limpia los parámetros para ingresarlos desde cero.
  - **Modificar Simulación:** Limpia la simulación, pero mantiene los parámetros de entrada modificables para generar una nueva simulación, sin tener que volver a ingresar todos los parámetros.
  - **Simular:** ejecuta la simulación.

Figura 17. Pestaña "Simulador" del Simulador desarrollado en Excel



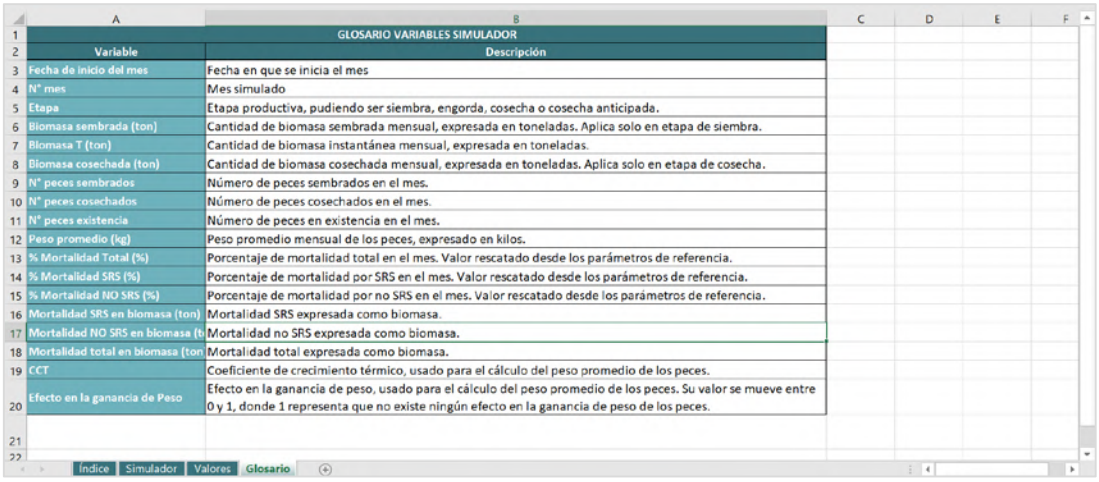
- **Pestaña Valores:** corresponde a la pestaña que registra todos aquellos parámetros adicionales requeridos para la simulación, tal como listados usados por el formulario de ingreso de parámetros y parámetros referenciales para variables asociadas a la duración del ciclo productivo, coeficiente de crecimiento térmico para la estimación del peso promedio, y porcentaje de mortalidad en cada una de las etapas productivas del ciclo, todo esto definido a nivel de región y especie. A pesar de que esta hoja ya tiene registrados valores para cada una de estas variables, el usuario tiene la libertad de modificarlos según sus necesidades.

Figura 18. Pestaña "Valores" del Simulador desarrollado en Excel.



Glosario: corresponde a un listado con los términos usados en la simulación del ciclo productivo, entregando definiciones de cada término ante dudas.

Figura 19. Pestaña "Glosario" del Simulador desarrollado en Excel.



	A	B	C	D	E	F
1	GLOSARIO VARIABLES SIMULADOR					
2	Variable	Descripción				
3	Fecha de inicio del mes	Fecha en que se inicia el mes				
4	N° mes	Mes simulado				
5	Etapa	Etapa productiva, pudiendo ser siembra, engorda, cosecha o cosecha anticipada.				
6	Biomasa sembrada (ton)	Cantidad de biomasa sembrada mensual, expresada en toneladas. Aplica solo en etapa de siembra.				
7	Biomasa T (ton)	Cantidad de biomasa instantánea mensual, expresada en toneladas.				
8	Biomasa cosechada (ton)	Cantidad de biomasa cosechada mensual, expresada en toneladas. Aplica solo en etapa de cosecha.				
9	N° peces sembrados	Número de peces sembrados en el mes.				
10	N° peces cosechados	Número de peces cosechados en el mes.				
11	N° peces existencia	Número de peces en existencia en el mes.				
12	Peso promedio (kg)	Peso promedio mensual de los peces, expresado en kilos.				
13	% Mortalidad Total (%)	Porcentaje de mortalidad total en el mes. Valor rescatado desde los parámetros de referencia.				
14	% Mortalidad SRS (%)	Porcentaje de mortalidad por SRS en el mes. Valor rescatado desde los parámetros de referencia.				
15	% Mortalidad NO SRS (%)	Porcentaje de mortalidad por no SRS en el mes. Valor rescatado desde los parámetros de referencia.				
16	Mortalidad SRS en biomasa (ton)	Mortalidad SRS expresada como biomasa.				
17	Mortalidad NO SRS en biomasa (t	Mortalidad no SRS expresada como biomasa.				
18	Mortalidad total en biomasa (ton	Mortalidad total expresada como biomasa.				
19	CCT	Coeficiente de crecimiento térmico, usado para el cálculo del peso promedio de los peces.				
20	Efecto en la ganancia de Peso	Efecto en la ganancia de peso, usado para el cálculo del peso promedio de los peces. Su valor se mueve entre 0 y 1, donde 1 representa que no existe ningún efecto en la ganancia de peso de los peces.				
21						
22						

Índice | Simulador | Valores | Glosario

XVI.1.3 Parámetros de Entrada y Parámetros Referenciales para la ejecución de la simulación

Tal como se indicó anteriormente, la ejecución de la simulación requiere de parámetros ingresados por el usuario, y otros que son definidos por defecto en la pestaña “Valores” del archivo Excel.

En la Tabla 81, se presentan los parámetros que deben ser ingresados por el usuario para la simulación:

Tabla 81. Parámetros de simulación ingresados por el usuario.

Campo	Descripción	Validación
ACS	Listado de ACS	- Listado de ACS vigentes
Especie	Listado de especies	- Listado considera solamente Salmón del Atlántico/ Salmón Coho / Trucha Arcoíris.
CICLO PRODUCTIVO		
Fecha de inicio	Fecha de inicio del ciclo productivo con formato dd/mm/YYYY	- La fecha de inicio no puede ser mayor a la fecha de fin de siembra y no puede estar en blanco.
Fecha de fin	Fecha de inicio del ciclo productivo con formato dd/mm/YYYY	- La fecha de fin no puede ser menor que la fecha de fin de siembra y no puede estar en blanco.

N° meses duración	N° meses que dura el ciclo productivo	- Se calcula automáticamente como la diferencia entre la fecha de inicio y la fecha de fin del ciclo productivo. - Se valida que el ciclo tenga una duración dentro de la duración mínima y máxima en meses definida para la especie y región seleccionada. - Se valida que mientras dure el ciclo productivo no exista un descanso, según la ACS seleccionada.
SIEMBRA		
Fecha de inicio	Fecha de inicio del ciclo productivo con formato dd/mm/YYYY	- La fecha de inicio no puede ser mayor a la fecha de fin de siembra - Se asigna automáticamente la fecha de inicio de ciclo
Fecha de fin	Fecha de fin del ciclo productivo con formato dd/mm/YYYY	- La fecha de fin no puede ser menor que la fecha de fin de siembra
N° días	Cantidad de días que dura la siembra	- Se calcula automáticamente como la diferencia entre la fecha de fin y la fecha de inicio de la siembra. - No debe exceder los 90 días.
N° peces sembrados	Cantidad de peces sembrados	- El número de peces sembrados debe ser mayor que cero.
Peso promedio (kg)	Peso promedio de siembra expresado en kilos	- El peso promedio debe ser mayor a cero.
COSECHA		
Fecha de inicio	Fecha de inicio del ciclo productivo con formato dd/mm/YYYY	- La fecha de inicio no puede ser mayor a la fecha de fin de cosecha.
Fecha de fin	Fecha de fin del ciclo productivo con formato dd/mm/YYYY	- La fecha de fin no puede ser menor que la fecha de fin de cosecha - Se asigna automáticamente la fecha de fin de ciclo
N° días	Cantidad de días que dura la cosecha	- Se calcula automáticamente como la diferencia entre la fecha de fin y la fecha de inicio de la siembra. - El peso promedio se mantiene mientras dure la cosecha.
Peso promedio (kg)	Peso promedio de cosecha expresado en kilos	- El peso promedio debe ser mayor a cero.

COSECHA ANTICIPADA		
¿aplica cosecha anticipada?	Indica si aplica cosecha anticipada para los escenarios SRS alto con y sin tratamiento.	
Fecha inicio cosecha anticipada	Fecha en que se inicia la cosecha anticipada.	- La fecha de inicio de cosecha anticipada debe ser estar en la segunda mitad de la etapa de engorda en adelante.

Adicionalmente, existen otras variables necesarias para el cálculo de indicadores del simulador, denominadas parámetros referenciales que se encuentran en la pestaña “Valores” y que se indican a continuación:

Tabla 82. Parámetros referenciales de la pestaña "Valores" usadas para la simulación.

Variable	Descripción
% mortalidad SRS por región y especie	Corresponde al porcentaje de mortalidad asociada a SRS a nivel de región y especie.
% mortalidad sin SRS por región y especie	Corresponde al porcentaje de mortalidad asociada todas las causas de mortalidad, excepto SRS, a nivel de región y especie.
T° del agua (°C)	Corresponde a la temperatura del agua, expresada en grados Celsius, para el cálculo del coeficiente de crecimiento térmico, desglosado por región y especie.
Ganancia de peso	Corresponde a la ganancia de peso del pez, para el cálculo del coeficiente de crecimiento térmico, desglosado por región y especie.

XVI.1.4 Algoritmo de Simulación

A continuación, se describen los pasos que lleva a cabo el algoritmo de simulación implementado con macros en Excel:

1. Se calcula la cantidad de meses que dura el ciclo productivo como la cantidad de meses entre la fecha de inicio y fin del ciclo productivo.
2. Se identifica a qué etapa productiva pertenece el mes:
   a. Si el mes está dentro del periodo de siembra (dentro de las fechas de inicio y fin de siembra), se marca como siembra
   b. Si el mes está dentro del periodo de cosecha (dentro de las fechas de inicio y fin de cosecha), se marca como cosecha
   c. Sino, se marca como mes de engorda.

3. Según el número de días de siembra que se calcula como la cantidad de días entre la fecha de inicio y de fin de la siembra, se obtiene cuántos días de siembra hay en cada mes, y el número de peces sembrados se prorratea por cada uno de estos meses de siembra.
4. Según el número de días de cosecha que se calcula como la cantidad de días entre la fecha de inicio y fin de la cosecha, se obtiene el porcentaje acumulado de peces que se debe cosechar por cada uno de estos meses de cosecha.
5. Se calculan los siguientes indicadores por cada mes del ciclo productivo simulado:

- ***Biomasa Sembrada:*** Corresponde la cantidad de biomasa sembrada en el mes, expresado en toneladas:

$$Biomasa\ sembrada_m = \frac{(peso\ promedio_m * peces\ sembrados_m)}{1000}$$

donde,
$peso\ promedio_m$: *peso promedio de los peces en el mes m.*
$peces_sembrados_m$: *número de peces sembrados en el mes m.*

- ***Biomasa cosechada:*** Corresponde la cantidad de biomasa cosechada en el mes, expresado en toneladas:

$$Biomasa\ cosechada_m = \frac{(peso\ promedio_m * peces\ cosechados_m)}{1000}$$

donde,
$peso\ promedio_m$: *peso promedio de los peces en el mes m.*
$peces\ cosechados_m$: *número de peces cosechados en el mes m.*

- ***Biomasa T:*** Corresponde la cantidad de biomasa que se encuentra en el agua en el mes, expresado en toneladas:

$$Biomasa\ T_m = \frac{(peso\ promedio_m * peces\ existencia_m)}{1000}$$

donde,
$peso\ promedio_m$: *peso promedio de los peces en el mes m.*
$peces\ existencia_m$: *número de peces en el agua en el mes m.*

- **N° peces sembrados:** Corresponde al número de peces sembrados en el centro de cultivo en el mes, expresado en unidades.

$$n°\ peces\ sembrados_m = \frac{(total\ peces\ sembrados * días\ siembra_m)}{días\ siembra}$$

donde,
$total\ peces\ sembrados$: *número de peces total sembrados en el ciclo productivo.*
$días\ siembra_m$: *número de días sembrados en el mes m.*
$días\ siembra$: *número de días sembrados total en el ciclo productivo.*

- **N° peces cosechados:** Corresponde al número de peces cosechados en el centro de cultivo en el mes, expresado en unidades.

$$n°\ peces\ cosechados_m = \frac{(peces\ existencia_{m-1} * días\ cosecha_m)}{días\ cosecha}$$

donde,
$peces\ existencia_{m-1}$: *número de peces total en el agua en el mes anterior* $m-1$.
$días\ cosecha_m$: *número de días de cosecha en el mes m.*
$días\ cosecha$: *número de días de cosecha total en el ciclo productivo.*

- ***N° peces en existencia:*** Corresponde al número de peces en el agua en el centro de cultivo en el mes, expresado en unidades.

$$n°\ peces\ existencia_{mes} = (peces\ sembrados_m - peces\ cosechados_m + peces\ existencia_{m-1}) * (1 - (\%\ mortalidad\ total_m/100))$$

donde,
$peces\ sembrados_m$: *número de peces sembrados en el mes m.*
$peces\ cosechados_m$: *número de peces cosechados en el mes m.*
$peces\ existencia_{m-1}$: *número de peces en existencia en el mes anterior* $m-1$.
$\%\ mortalidad\ total_m$ = *porcentaje de mortalidad total en el mes m.*

- **Coeficiente de crecimiento térmico (CCT):** Corresponde al coeficiente de crecimiento según la temperatura del agua, los pesos promedio de siembra y cosecha, y el total de meses que dura el ciclo productivo.

$$CCT = \frac{(ganancia\ de\ peso_{r,e} * (peso\ promedio_{cosecha} * 1000)\ )^{1/3} - (Peso\ promedio_{siembra} * 1000)^{1/3}}{T°\ del\ agua\ _{r,e} * meses\ ciclo\ productivo}$$

donde,
$ganancia\ de\ peso_{r,e}$: *ganancia de peso en la región* r *y la especie* e.
$peso\ promedio_{cosecha}$: *peso promedio de los peces a la cosecha.*
$Peso\ promedio_{siembra}$: *peso promedio de los peces a la siembra.*
$T°\ del\ agua\ _{r,e}$: *temperatura del agua en grados celsius para la región* r *y la especie* e.
$meses\ ciclo\ productivo$: *número de meses total del ciclo productivo.*

- ***Peso Promedio:*** Corresponde al peso promedio estimado de los peces en el mes, expresado en kilos. El cálculo de peso promedio se basa en la aplicación del coeficiente de crecimiento térmico, que estima la evolución del peso en función de la temperatura esperada a nivel de región y especie de cultivo.

$$peso\ promedio_m\ = \frac{((peso\ promedio_{m-1} * 1000)^{1/3} + (CCT * ganancia\ peso_{r,e}))^3}{1000}$$

donde,
$peso\ promedio_{m-1}$: *peso promedio de los peces en el mes anterior* $m-1$.
CCT: *coeficiente de crecimiento térmico.*
$ganancia\ peso_{r,e}$: *ganancia de peso para la región* r *y la especie* e.

- **Porcentaje mortalidad total:** corresponde a la sumatoria de la mortalidad por SRS más la mortalidad de las otras causales, en el mes.

$$\%\ mortalidad\ total\ = \%\ mortalidad\ SRS_{m,p,e,r} + \%\ mortalidad\ sin\ SRS_{m,p,e,r}$$

donde,
$\%\ mortalidad\ SRS_{m,p,e,r}$: *porcentaje de mortalidad asociada a SRS.*
para el mes m, *etapa productiva* p, *especie* e *y región* r.
$\%\ mortalidad\ sin\ SRS_{m,p,e,r}$: *porcentaje de mortalidad asociada a otras causas de mortalidad para el mes* m, *etapa productiva* p, *especie* e *y región* r.

- ***Mortalidad SRS en biomasa T:*** corresponde a mortalidad asociada a SRS ocurrida en el mes.

$$mortalidad\ SRS\ en\ biomasa\ T_{mes} = \frac{((peces\ existencia_m * \%\ mortalidad\ SRS_{m,p,r,e,}/100) * peso\ promedio_m}{1000}$$

donde,
$peces\ existencia_m$: *ganancia de peso en la región* r *y la especie* e.
$\%\ mortalidad\ SRS_{m,p,r,e}$: *porcentaje de mortalidad asociada a SRS para el mes* m, *etapa productiva* p, *especie* e *y región* r.
$peso\ promedio_m$: *peso promedio de los peces en el mes* m.

- ***Mortalidad sin SRS en biomasa T****:* corresponde a mortalidad no asociada a SRS ocurrida en el mes.

$$Mortalidad\ \text{sin}\ SRS\ en\ biomasa\ T_{mes} = \frac{(peces\ existencia_m * \%\ mortalidad\ \text{sin}\ SRS_{m,p,r,e}/100) * peso\ promedio_m)}{1000}$$

donde,
$peces\ existencia_m$: *número de peces en el agua en el mes* m.
$\%\ mortalidad\ SRS_{m,p,r,e}$: *porcentaje de mortalidad no asociada a SRS para el mes* m, *etapa productiva* p, *región* r *y especie* e.
$peso\ promedio_m$: *peso promedio de los peces en el mes* m.

- ***Mortalidad total en biomasa T:*** corresponde a mortalidad total ocurrida en el mes.

$$Mortalidad\ total\ en\ biomasa\ T_m = \frac{(peces\ existencia_m * \%\ mortalidad\ total_{m,p,r,e}/100) * peso\ promedio_m)}{1000}$$

donde,
$peces\ existencia_m$: *número de peces en el agua en el mes* m.
$\%\ mortalidad\ SRS_{m,p,r,e}$: *porcentaje de mortalidad total para el mes* m, *etapa productiva* p, *región* r *y especie* e.
$peso\ promedio_m$: *peso promedio de los peces en el mes* m

XVI.1.5 Validación simulador de biomasa del ciclo productivo

Para comprobar si el simulador logra describir bien la curva de biomasa instantánea real, se evaluó la similaridad entre la salida generada por el simulador con los resultados reales de centros de cultivo durante un ciclo productivo en condiciones normales.

Para validar el resultado entregado por el simulador, se seleccionaron centros al azar con comportamiento normal de su ciclo productivo, esto quiere decir, que no hayan tenido brotes de enfermedad, eventos de mortalidad masiva, o alguna situación especial durante el transcurso de éste, seleccionando por cada región 3 centros, donde cada uno cultiva una especie distinta (salmón del atlántico, salmón coho, trucha arcoiris).

El simulador realiza la simulación mensualmente, a diferencia de la información registrada en SIFA que es registrada semanalmente. Para realizar la comparación entre el resutlado del simulador y la información registrada en SIFA, se asumió que un mes se compone entre 3 a 4 semanas, y en el caso del último mes se asume que la existencia es cero, ya que debiera consecharse el centro completo.

En la X región, se tomó un centro de trucha arcoiris de la ACS 16, un centro de salmón del atlántico de la ACS 3B y un centro de salmón coho de la ACS 7. En la Tabla 83, Tabla 84 y Tabla 85 se describen los parámetros usados para la simulación por cada centro, y en el Gráfico 1, Gráfico 2 y Gráfico 3 se puede apreciar la similaridad entre las curvas de biomasa real y simulada del ciclo productivo.

Tabla 83. Parámetros de entrada para la simulación del ciclo productivo centros X región

ACS		16	3B	7
Especie		Trucha Arcoíris	Salmón del Atlántico	Salmón Coho
Ciclo Productivo	Fecha de inicio	19-09-2016	04-08-2014	03-03-2014
	Fecha de fin	19-05-2017	24-01-2016	23-11-2014
Siembra	Fecha de inicio	19-09-2016	04-08-2014	03-03-2014
	Fecha de fin	02-10-2016	21-09-2014	30-03-2014
	N° peces sembrados	797.353	1.079.521	785.716
	Peso promedio (gr)	25,0	147,86	156,0
Cosecha	Fecha de inicio	10-04-2017	14-12-2015	03-11-2014
	Fecha de fin	19-05-2017	24-01-2016	23-11-2014
	Peso promedio (kg)	2,6087	4,31823	3,00846

Tabla 84. Parámetros referenciales de % de mortalidad para centros de cultivo X región.

% mortalidad por región, especie y etapa productiva							
Región	Especie	Siembra		Engorda		Cosecha	
		% SRS	% Sin SRS	% SRS	% Sin SRS	% SRS	% Sin SRS
10	Trucha Arcoíris	0,00	0,17	0,00	0,35	0,00	0,38
10	Salmón del Atlántico	0,00	0,32	0,03	0,28	0,01	0,23
10	Salmón Coho	0,00	0,40	0,00	0,32	0,00	0,18

Tabla 85. Parámetros referenciales para el cálculo de coeficiente de crecimiento térmico para centros de la X región

Coeficiente de Crecimiento Térmico (CCT)			
Región	Especie	T° del agua (°C)	Ganancia de Peso
10	Trucha Arcoíris	13,42	1
10	Salmón del Atlántico	11,35	1
10	Salmón Coho	10,81	1

Gráfico 1. Evolución de la biomasa T real vs. simulada centro de cultivo ACS 16.

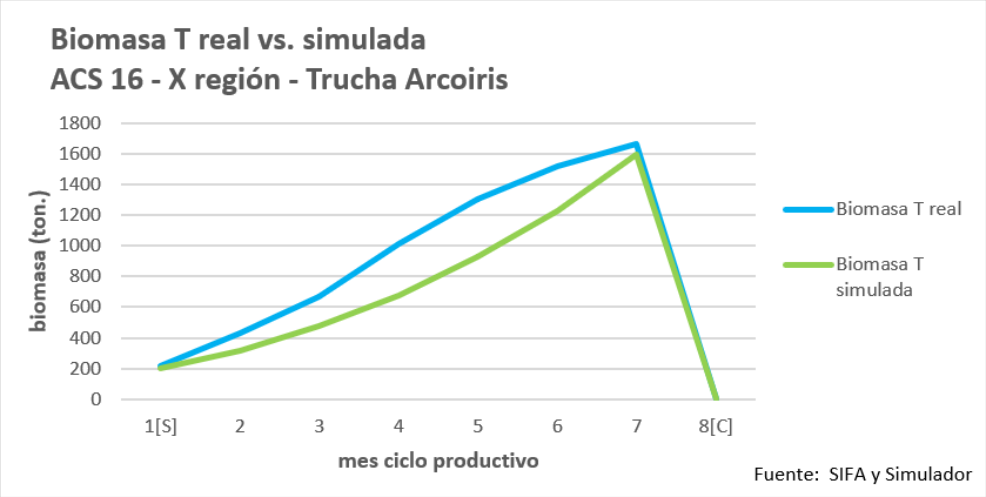


Gráfico 2. Evolución de la biomasa T real vs. simulada centro de cultivo ACS 3B.

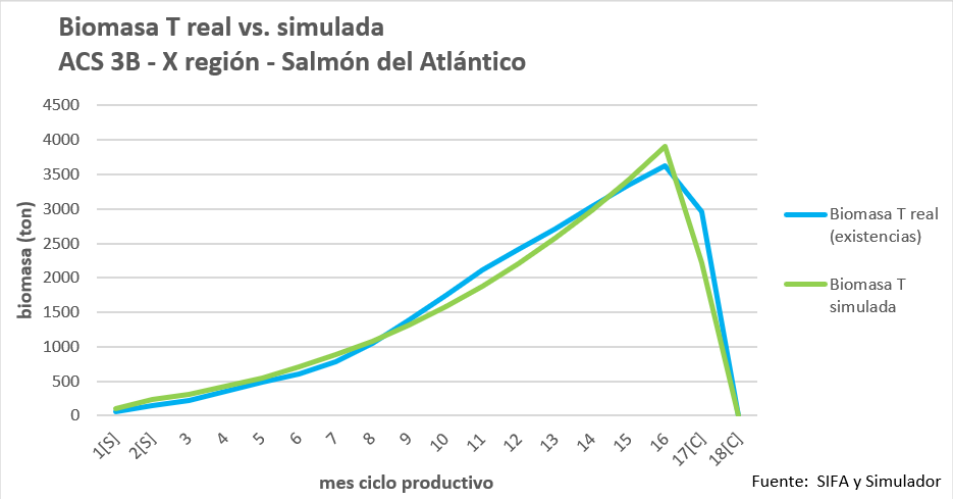


Gráfico 3. Evolución de la biomasa T real vs. simulada centro de cultivo ACS 7.

En la XI región, se tomó un centro de trucha arcoiris de la ACS 21C, un centro de salmón del atlántico de la ACS 26B y un centro de salmón coho de la ACS 22D. En la

Tabla 86, Tabla 87 y Tabla 88 se describen los parámetros usados para la simulación por cada centro, y en el Gráfico 4, Gráfico 5 y Gráfico 6 se puede apreciar la similaridad entre las curvas de biomasa real y simulada del ciclo productivo.

Tabla 86. Parámetros de entrada para la simulación del ciclo productivo centros XI región.

ACS		**21C**	**26B**	**22D**
Especie		**Trucha Arcoíris**	**Salmón del Atlántico**	**Salmón coho**
Ciclo Productivo	**Fecha de inicio**	29-10-2012	15-06-2015	07-03-2016
	Fecha de fin	29-09-2013	02-10-2016	29-01-2017
Siembra	**Fecha de inicio**	29-10-2012	15-06-2015	07-03-2016
	Fecha de fin	04-11-2012	09-08-2015	17-04-2016
	N° peces sembrados	996.263	762.221	807.544
	Peso promedio (gr.)	22	112,25	18
Cosecha	**Fecha de inicio**	12-08-2013	18-07-2016	28-11-2016
	Fecha de fin	29-09-2013	02-10-2016	29-01-2017
	Peso promedio (kg)	2,78	5,03433	3,73747

Tabla 87. Parámetros referenciales de % de mortalidad para centros de cultivo XI región.

% mortalidad por región, especie y etapa productiva							
Región	**Especie**	**Siembra**		**Engorda**		**Cosecha**	
		% SRS	**% Sin SRS**	**% SRS**	**% Sin SRS**	**% SRS**	**% Sin SRS**
11	Trucha Arcoíris	0,00	0,30	0,00	0,11	0,00	0,13
11	Salmón del Atlántico	0,00	0,36	0,00	0,08	0,01	0,05
11	Salmón coho	0,00	0,15	0,00	0,27	0,00	0,13

Tabla 88. Parámetros referenciales para el cálculo de coeficiente de crecimiento térmico para centros de la XI región

Coeficiente de Crecimiento Térmico (CCT)			
Región	**Especie**	**T° del agua (°C)**	**Ganancia de Peso**
11	Trucha Arcoíris	10,01946309	1
11	Salmón del Atlántico	10,67565543	1
11	Salmón coho	10,76	1

Gráfico 4. Evolución de la biomasa T real vs. simulada centro de cultivo ACS 21C.

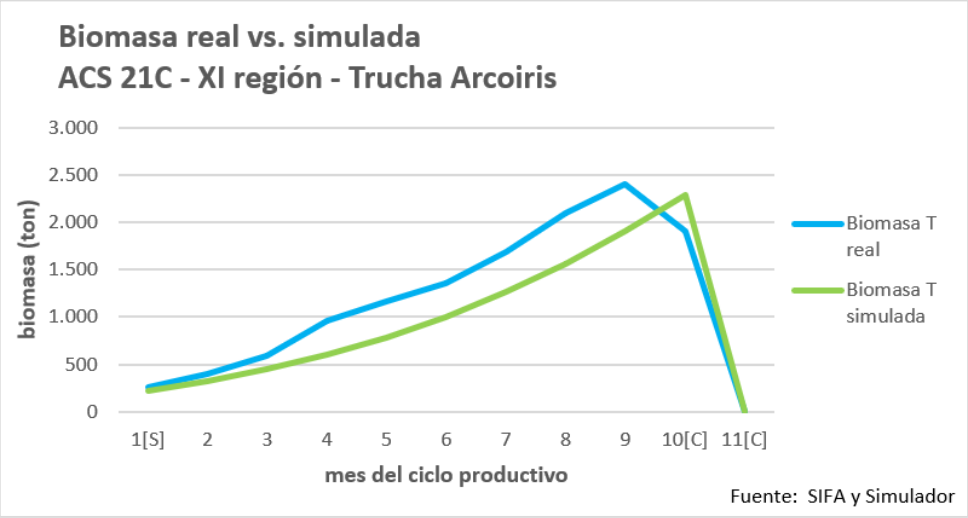


Gráfico 5. Evolución de la biomasa T real vs. simulada centro de cultivo ACS 26B.

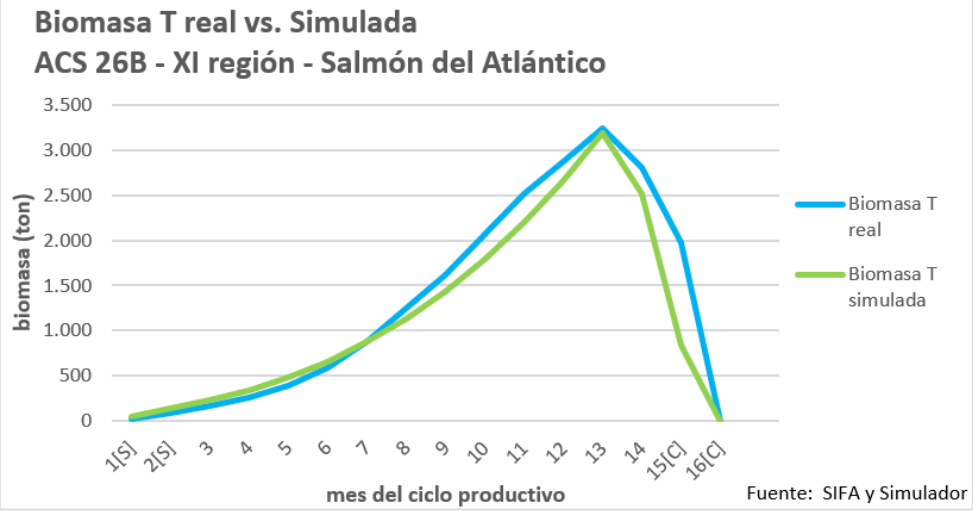
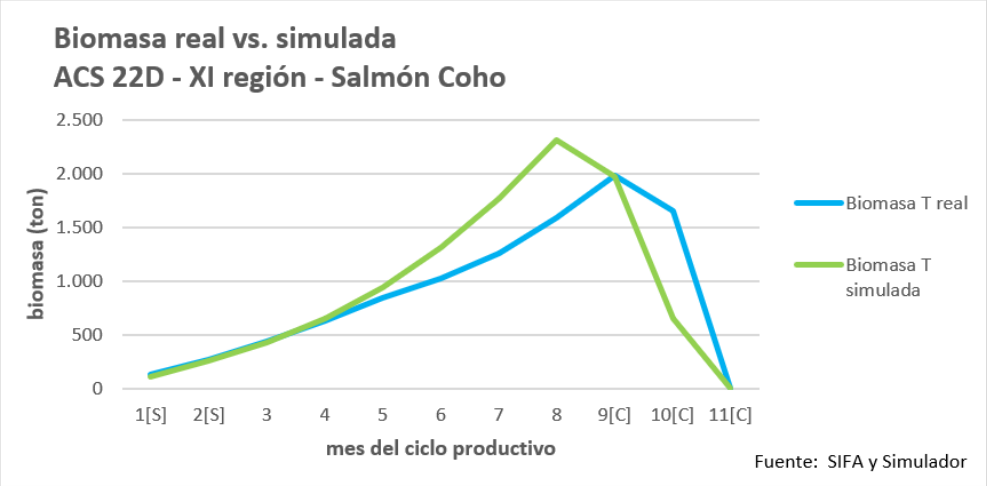


Gráfico 6. Evolución de la biomasa T real vs. simulada centro de cultivo ACS 22D.



En la XII región, se tomó un centro de salmón del atlántico de la ACS 44. En la Tabla 89, Tabla 90 y Tabla 91 se describen los parámetros usados para la simulación, y en el Gráfico 7 se puede apreciar la similaridad entre las curvas de biomasa real y simulada del ciclo productivo. No fue posible identificar otros centros para esta región debido a que no se encontraron centros que cultivaran salmón coho. Los registros muestran que sólo existe 1 centro con cultivo de trucha arcoiris, pero que al validar la información se constató que corresponde a un ciclo de salar.

Tabla 89. Parámetros de entrada para la simulación del ciclo productivo centros XII región.

ACS		**44**
Especie		**Salmón del Atlántico**
Ciclo Productivo	**Fecha de inicio**	30-07-2012
	Fecha de fin	27-04-2014
Siembra	**Fecha de inicio**	30-07-2012
	Fecha de fin	21-10-2012
	N° peces sembrados	945.444
	Peso promedio (gr.)	14
Cosecha	**Fecha de inicio**	09-12-2013
	Fecha de fin	27-04-2014
	Peso promedio (kg)	3,98693

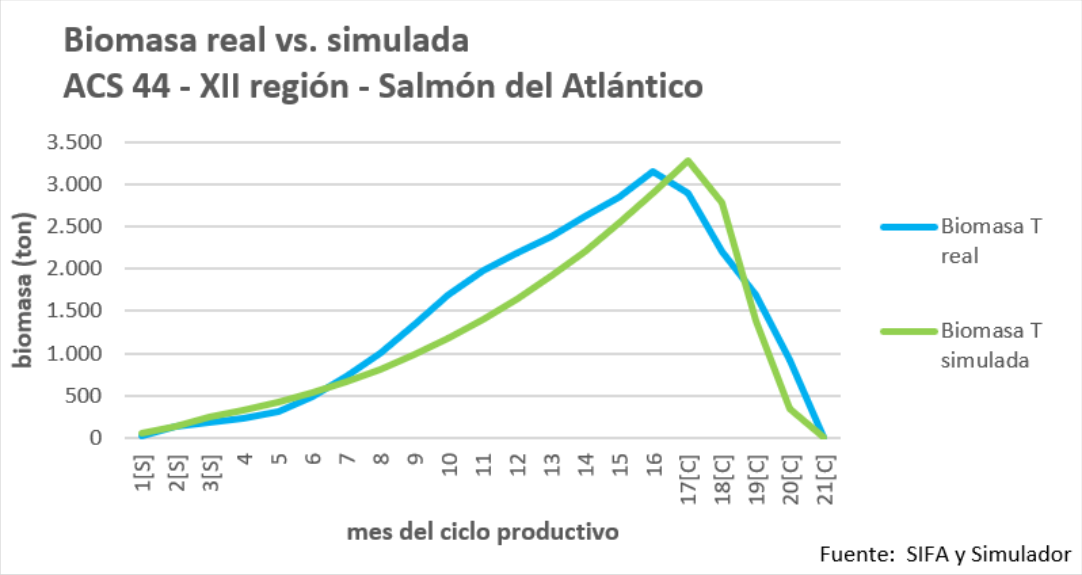
Tabla 90. Parámetros referenciales de % de mortalidad para centros de cultivo XII región.

% mortalidad por región, especie y etapa productiva							
Región	Especie	Siembra		Engorda		Cosecha	
		% SRS	% Sin SRS	% SRS	% Sin SRS	% SRS	% Sin SRS
12	Salmón del atlántico	0,00	0,57	0,00	0,02	0,00	0,03

Tabla 91. Parámetros referenciales para el cálculo de coeficiente de crecimiento térmico para centros de la XII región.

Coeficiente de Crecimiento Térmico (CCT)			
Región	Especie	T° del agua (°C)	Ganancia de Peso
12	Salmón del atlántico	7,716896552	1

Gráfico 7. Evolución de la biomasa T real vs. simulada centro de cultivo ACS 44.



Como se puede apreciar en todas las simulaciones, la curva de biomasa simulada es muy similar a la real, por lo que se podría concluir que el simulador es una herramienta que es capaz de describir el comportamiento de un centro de forma muy cercana a la realidad.

XVI.2 Simulador de biomasa en el agua para escenarios SRS y Caligus

El objetivo que busca esta herramienta es modelar la variable crítica del modelo costo-beneficio para la evaluación de medidas regulatorias, y ha sido desarrollada a partir del simulador de biomasa en el agua presentado en la sección anterior, con la diferencia de que en este simulador se definieron distintos escenarios por SRS y caligidosis, cada uno con parámetros de referencia de mortalidad y ganancia de peso. El simulador se encuentra disponible como anexo con el nombre Anexo Digital N°4 Simulador Biomasa en el Agua - Escenarios.xlsm.

En el caso de la enfermedad Septicemia Rickettsial Salmonídea (SRS) se consideraron 6 escenarios, que corresponden a nivel de SRS bajo y alto sin aplicación de tratamiento y nivel bajo, medio, medio alto y alto con aplicación de tratamiento, sujeto a los porcentajes de mortalidad total y SRS, y el efecto de la ganancia de peso, definidos como referencia en el escenario simulado (Figura 20).

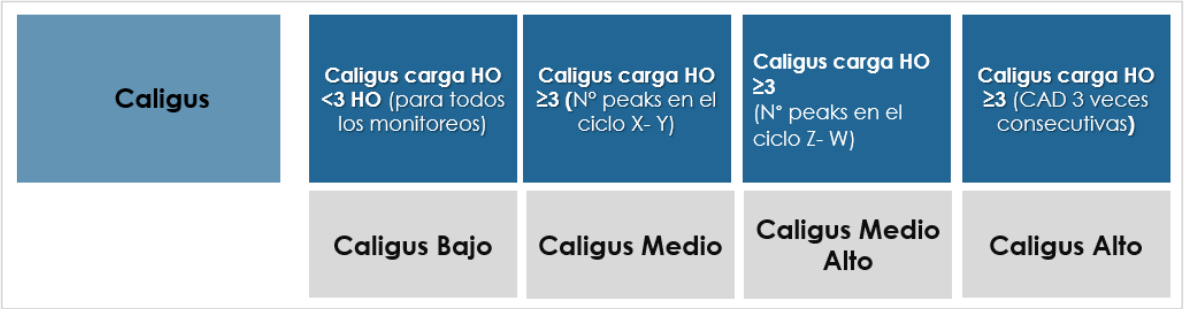
Adicionalmente, para los casos de los escenarios de mortalidad SRS alto con y sin tratamiento, es posible ingresar parámetros de cosecha anticipada y simular la aplicación de esta medida en un ciclo productivo.

Figura 20. Escenarios de simulación para SRS.

N° brotes SRS / N° tratamientos	Sin brotes de SRS (<0,35%mortalidad semanal)	1 brote de SRS (>0,35%mortalidad semanal)	3 brotes de SRS (>0,35%mortalidad semanal)	6 brotes de SRS (>0,35%mortalidad semanal)
Sin tratamientos	SRS Bajo sin tratamientos			SRS Alto sin tratamientos
Con tratamientos	SRS Bajo con tratamientos	SRS Medio con tratamientos	SRS Medio Alto con tratamientos	SRS Alto con tratamientos

Para el caso de la enfermedad caligidosis, se determinaron 4 escenarios, que corresponden al efecto en la ganancia de peso durante la etapa de engorda producto de la enfermedad, que corresponde a los escenarios de nivel de caligus bajo, medio, medio alto y alto. Para el caso del porcentaje de mortalidad usado para estos escenarios, se consideró el porcentaje de mortalidad del escenario de SRS medio con tratamiento.

Figura 21. Escenarios de simulación para caligidosis.



Dentro de los beneficios de contar con una herramienta de esta naturaleza, destacan:

1. Proyectar biomasa en el agua de un ciclo productivo, determinando mensualmente la biomasa de un centro de cultivo.
2. Evaluación de las medidas regulatorias, por ejemplo, cosecha anticipada, permite determinar la biomasa que deberá cosechar y la biomasa perdida, es decir, aquella que no obtuvo el productor por término anticipado del ciclo productivo.
3. Determinar la variable crítica de costo-beneficio identificando el beneficio productivo.
4. Comparar la biomasa en el agua de un centro de cultivo bajo distintos escenarios sanitarios.
5. Customización de escenarios, es decir, permite la modificación de los rangos que definen los escenarios.

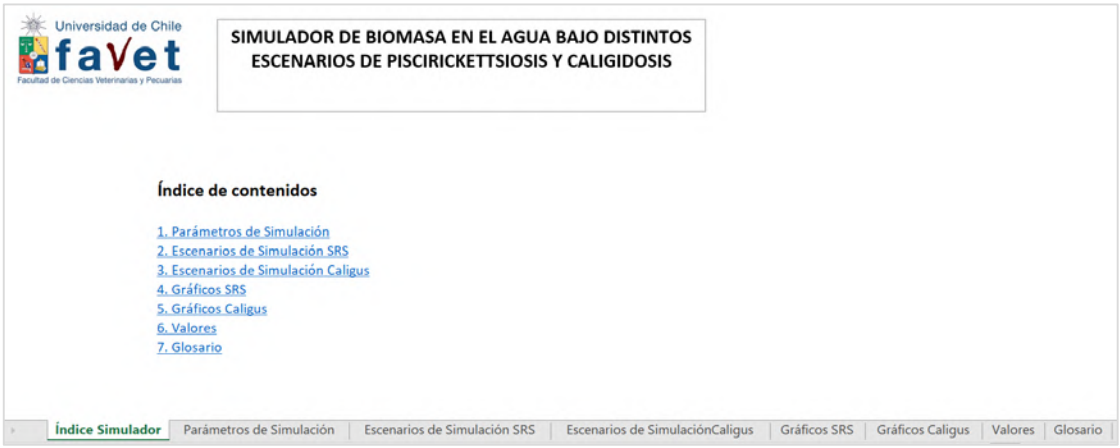
XVI.2.1 Estructura del simulador

Este simulador al igual que el anterior, corresponde a un archivo de formato Excel que se compone de 7 pestañas. El simulador de escenarios fue desarrollado con macros usando el lenguaje de Programación Visual Basic for Applications (VBA). Cada una de las pestañas son descritas en detalle a continuación:

Pestaña: Índice Simulador

Corresponde a la pestaña que contiene el índice de los contenidos del simulador, donde por cada contenido hay un acceso directo a la pestaña correspondiente.

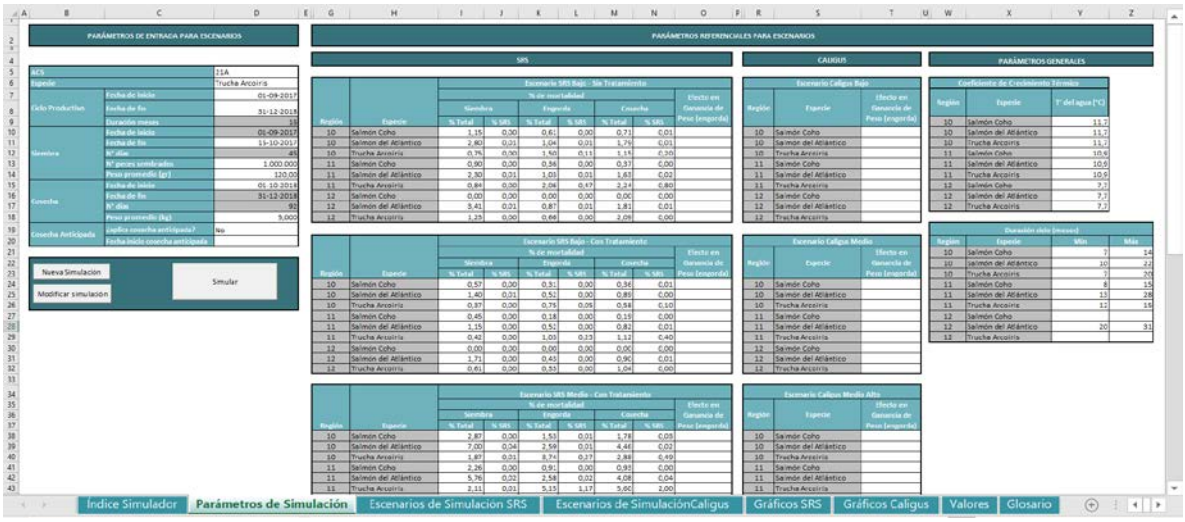
Figura 22. Pestaña *"Índice Simulador"* del Simulador de Escenarios.



Pestaña: Parámetros de Simulación

Corresponde a la pestaña donde se registran los parámetros de entrada y los parámetros de referencia, y donde se encuentran los botones para ingresar una nueva simulación, modificarla y ejecutar la simulación.

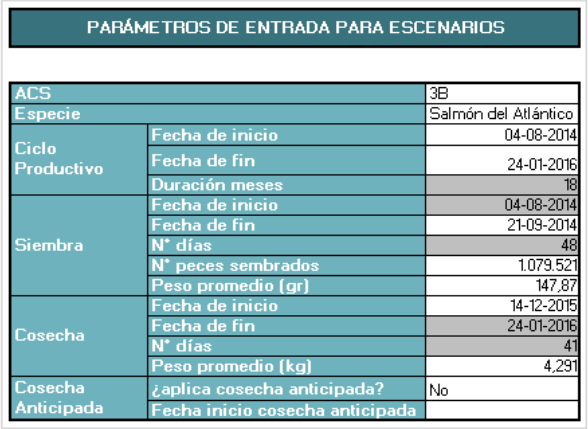
Figura 23. Pestaña *"Parámetros de Simulación"* del Simulador de Escenarios.



A continuación, se describirán cada una de las secciones que componen esta pestaña.

- **Parámetros de entrada:** corresponde a los parámetros ingresables por el usuario cada vez que se ejecute una simulación de escenarios. Estos parámetros corresponden a las características del ciclo productivo tales como: duración, especie, cantidad de peces sembrados y pesos promedios de siembra y de cosecha. Además, a diferencia del simulador de ciclos productivos usado como base para este simulador, en este simulador es posible indicar si aplica cosecha anticipada y en qué fecha se aplica para el caso de los escenarios de SRS alto con y sin tratamiento.
  En la Figura 24, se puede apreciar la sección de ingreso de los parámetros de entrada, y en la Tabla 92 se detalla cada uno de estos, cuyo propósito es simular el ciclo productivo en cada uno de los escenarios de SRS y caligidosis.

Figura 24. Parámetros de entrada para simulador de escenarios



PARÁMETROS DE ENTRADA PARA ESCENARIOS

ACS		3B
Especie		Salmón del Atlántico
Ciclo Productivo	Fecha de inicio	04-08-2014
	Fecha de fin	24-01-2016
	Duración meses	18
Siembra	Fecha de inicio	04-08-2014
	Fecha de fin	21-09-2014
	N° días	48
	N° peces sembrados	1.079.521
	Peso promedio (gr)	147,87
Cosecha	Fecha de inicio	14-12-2015
	Fecha de fin	24-01-2016
	N° días	41
	Peso promedio (kg)	4,291
Cosecha Anticipada	¿aplica cosecha anticipada?	No
	Fecha inicio cosecha anticipada	

Tabla 92. Parámetros de entrada simulador de escenarios.

Campo	Descripción	Validación
ACS	Listado de ACS	- Listado de ACS vigentes
Especie	Listado de especies	- Listado considera solamente Salmón del Atlántico/ Salmón Coho / Trucha Arcoíris.
CICLO PRODUCTIVO		
Fecha de inicio	Fecha de inicio del ciclo productivo con formato dd/mm/YYYY	- La fecha de inicio no puede ser mayor a la fecha de fin de siembra y no puede estar en blanco.
Fecha de fin	Fecha de inicio del ciclo productivo con formato dd/mm/YYYY	- La fecha de fin no puede ser menor que la fecha de fin de siembra y no puede estar en blanco.

N° meses duración	N° meses que dura el ciclo productivo	- Se calcula automáticamente como la diferencia entre la fecha de inicio y la fecha de fin del ciclo productivo. - Se valida que el ciclo tenga una duración dentro de la duración mínima y máxima en meses definida para la especie y región seleccionada. - Se valida que mientras dure el ciclo productivo no exista un descanso, según la ACS seleccionada.
SIEMBRA		
Fecha de inicio	Fecha de inicio del ciclo productivo con formato dd/mm/YYYY	- La fecha de inicio no puede ser mayor a la fecha de fin de siembra - Se asigna automáticamente la fecha de inicio de ciclo
Fecha de fin	Fecha de fin del ciclo productivo con formato dd/mm/YYYY	- La fecha de fin no puede ser menor que la fecha de fin de siembra
N° días	Cantidad de días que dura la siembra	- Se calcula automáticamente como la diferencia entre la fecha de fin y la fecha de inicio de la siembra. - No debe exceder los 90 días.
N° peces sembrados	Cantidad de peces sembrados	- El número de peces sembrados debe ser mayor que cero.
Peso promedio (kg)	Peso promedio de siembra expresado en kilos	- El peso promedio debe ser mayor a cero.
COSECHA		
Fecha de inicio	Fecha de inicio del ciclo productivo con formato dd/mm/YYYY	- La fecha de inicio no puede ser mayor a la fecha de fin de cosecha.
Fecha de fin	Fecha de fin del ciclo productivo con formato dd/mm/YYYY	- La fecha de fin no puede ser menor que la fecha de fin de cosecha - Se asigna automáticamente la fecha de fin de ciclo
N° días	Cantidad de días que dura la cosecha	- Se calcula automáticamente como la diferencia entre la fecha de fin y la fecha de inicio de la siembra. - El peso promedio se mantiene mientras dure la cosecha.
Peso promedio (kg)	Peso promedio de cosecha expresado en kilos	- El peso promedio debe ser mayor a cero.

COSECHA ANTICIPADA		
¿aplica cosecha anticipada?	Indica si aplica cosecha anticipada para los escenarios SRS alto con y sin tratamiento.	
Fecha inicio cosecha anticipada	Fecha en que se inicia la cosecha anticipada.	- La fecha de inicio de cosecha anticipada debe ser estar en la segunda mitad de la etapa de engorda en adelante.

- **Parámetros de referencia:** Corresponde a los parámetros que ya se encuentran definidos para cada escenario y que fueron determinados a partir de los resultados obtenidos de la encuesta aplicada para el levantamiento de información. Estos parámetros a pesar de que ya se encuentran determinados, el usuario tiene la posibilidad de modificarlos.
  Dentro de los parámetros de referencia, se distinguen 3 categorías:

  - **Parámetros de referencia generales:** Corresponden a los parámetros de referencia comunes para todos los escenarios. En esta categoría está el parámetro de temperatura para la determinación del coeficiente de crecimiento térmico, que a su vez es usado para el cálculo de la tasa de crecimiento del pez, y el rango de duración del ciclo productivo, donde se especifica la cantidad de meses mínimo que puede durar un ciclo productivo según la especie y región, usado para validar la duración del ciclo en meses de los parámetros de entrada. En la Figura 25 se puede apreciar los parámetros de referencia para la temperatura, y en la Figura 26 se muestran los parámetros de referencia para la duración del ciclo productivo en meses.

Figura 25. Parámetro general de referencia para el coeficiente de crecimiento térmico.

Coeficiente de Crecimiento Térmico		
Región	Especie	T° del agua (°C)
10	Salmón Coho	11,7
10	Salmón del Atlántico	11,7
10	Trucha Arcoiris	11,7
11	Salmón Coho	10,9
11	Salmón del Atlántico	10,9
11	Trucha Arcoiris	10,9
12	Salmón Coho	7,7
12	Salmón del Atlántico	7,7
12	Trucha Arcoiris	7,7

Figura 26. Parámetro general de referencia para la validación de la duración del ciclo productivo.

Duración ciclo (meses)			
Región	Especie	Mín	Máx
10	Salmón Coho	7	14
10	Salmón del Atlántico	10	22
10	Trucha Arcoiris	7	20
11	Salmón Coho	8	15
11	Salmón del Atlántico	13	28
11	Trucha Arcoiris	12	15
12	Salmón Coho		
12	Salmón del Atlántico	20	31
12	Trucha Arcoiris		

- **Parámetros de referencia escenarios de SRS:** Para el modelamiento de los escenarios de brote de SRS, se determinó el ajuste del porcentaje de mortalidad total y por SRS, y además el efecto en la ganancia de peso, que puede ser un valor entre 0,1 y 1, donde uno significa que no hay ningún efecto (baja de peso). Por cada escenario se determinaron dichos parámetros según la especie y ACS seleccionada en los parámetros de entrada. Si el campo de ganancia está en blanco, el simulador asume valor 1, es decir no hay efecto.

Figura 27. Parámetros de referencia para escenario SRS bajo sin tratamiento.

		Escenario SRS Bajo - Sin Tratamiento						
		% de mortalidad						Efecto en Ganancia de Peso
		Siembra		Engorda		Cosecha		
Región	Especie	% Total	% SRS	% Total	% SRS	% Total	% SRS	
10	Salmón Coho	1,15	0,00	0,61	0,00	0,71	0,01	
10	Salmón del Atlántico	2,80	0,01	1,04	0,01	1,79	0,01	
10	Trucha Arcoiris	0,75	0,00	1,50	0,11	1,15	0,20	
11	Salmón Coho	0,90	0,00	0,36	0,00	0,37	0,00	
11	Salmón del Atlántico	2,30	0,01	1,03	0,01	1,63	0,02	
11	Trucha Arcoiris	0,84	0,00	2,06	0,47	2,24	0,80	
12	Salmón Coho	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
12	Salmón del Atlántico	3,41	0,01	0,87	0,01	1,81	0,01	
12	Trucha Arcoiris	1,23	0,00	0,66	0,00	2,09	0,00	

Figura 28. Parámetros de referencia para escenario SRS bajo con tratamiento.

Región	Especie	Escenario SRS Bajo - Con Tratamiento						
		% de mortalidad						Efecto en Ganancia de Peso
		Siembra		Engorda		Cosecha		
		% Total	% SRS	% Total	% SRS	% Total	% SRS	
10	Salmón Coho	0,57	0,00	0,31	0,00	0,36	0,01	
10	Salmón del Atlántico	1,40	0,01	0,52	0,00	0,89	0,00	
10	Trucha Arcoiris	0,37	0,00	0,75	0,05	0,58	0,10	
11	Salmón Coho	0,45	0,00	0,18	0,00	0,19	0,00	
11	Salmón del Atlántico	1,15	0,00	0,52	0,00	0,82	0,01	
11	Trucha Arcoiris	0,42	0,00	1,03	0,23	1,12	0,40	
12	Salmón Coho	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
12	Salmón del Atlántico	1,71	0,00	0,43	0,00	0,90	0,01	
12	Trucha Arcoiris	0,61	0,00	0,33	0,00	1,04	0,00	

Figura 29. Parámetros de referencia para escenario SRS medio con tratamiento.

Región	Especie	Escenario SRS Medio - Con Tratamiento						
		% de mortalidad						Efecto en Ganancia de Peso
		Siembra		Engorda		Cosecha		
		% Total	% SRS	% Total	% SRS	% Total	% SRS	
10	Salmón Coho	2,87	0,00	1,53	0,01	1,78	0,03	
10	Salmón del Atlántico	7,00	0,04	2,59	0,01	4,46	0,02	
10	Trucha Arcoiris	1,87	0,01	3,74	0,27	2,88	0,49	
11	Salmón Coho	2,26	0,00	0,91	0,00	0,93	0,00	
11	Salmón del Atlántico	5,76	0,02	2,58	0,02	4,08	0,04	
11	Trucha Arcoiris	2,11	0,01	5,15	1,17	5,60	2,00	
12	Salmón Coho	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
12	Salmón del Atlántico	8,53	0,02	2,16	0,02	4,51	0,04	
12	Trucha Arcoiris	3,07	0,00	1,66	0,00	5,22	0,00	

Figura 30. Parámetros de referencia para escenario SRS medio alto con tratamiento.

Región	Especie	Escenario SRS Medio Alto - Con Tratamiento						
		% de mortalidad						Efecto en Ganancia de Peso
		Siembra		Engorda		Cosecha		
		% Total	% SRS	% Total	% SRS	% Total	% SRS	
10	Salmón Coho	4,02	0,00	2,14	0,01	2,49	0,04	
10	Salmón del Atlántico	9,80	0,05	3,63	0,02	6,25	0,03	
10	Trucha Arcoiris	2,62	0,01	5,24	0,38	4,03	0,69	
11	Salmón Coho	3,16	0,00	1,27	0,00	1,30	0,00	
11	Salmón del Atlántico	8,06	0,03	3,61	0,03	5,72	0,05	
11	Trucha Arcoiris	2,95	0,01	7,21	1,64	7,84	2,81	
12	Salmón Coho	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
12	Salmón del Atlántico	11,94	0,03	3,03	0,03	6,32	0,05	
12	Trucha Arcoiris	4,30	0,00	2,32	0,00	7,31	0,00	

Figura 31. Parámetros de referencia para escenario SRS alto con tratamiento.

Región	Especie	Escenario SRS Alto - Con Tratamiento						
		% de mortalidad						Efecto en Ganancia de Peso
		Siembra		Engorda		Cosecha		
		% Total	% SRS	% Total	% SRS	% Total	% SRS	
10	Salmón Coho	4,59	0,00	2,45	0,02	2,85	0,05	
10	Salmón del Atlántico	11,20	0,06	4,15	0,02	7,14	0,04	
10	Trucha Arcoiris	2,99	0,01	5,99	0,44	4,61	0,79	
11	Salmón Coho	3,61	0,00	1,46	0,00	1,48	0,00	
11	Salmón del Atlántico	9,22	0,03	4,12	0,03	6,53	0,06	
11	Trucha Arcoiris	3,37	0,01	8,24	1,88	8,96	3,21	
12	Salmón Coho	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
12	Salmón del Atlántico	13,65	0,03	3,46	0,03	7,22	0,06	
12	Trucha Arcoiris	4,91	0,00	2,65	0,00	8,36	0,00	

Figura 32. Parámetros de referencia para escenario SRS alto sin tratamiento.

Región	Especie	Escenario SRS Alto - Sin Tratamiento						
		% de mortalidad						Efecto en Ganancia de Peso
		Siembra		Engorda		Cosecha		
		% Total	% SRS	% Total	% SRS	% Total	% SRS	
10	Salmón Coho	4,59	0,00	2,45	0,02	2,85	0,05	
10	Salmón del Atlántico	11,20	0,06	4,15	0,02	7,14	0,04	
10	Trucha Arcoiris	2,99	0,01	5,99	0,44	4,61	0,79	
11	Salmón Coho	3,61	0,00	1,46	0,00	1,48	0,00	
11	Salmón del Atlántico	9,22	0,03	4,12	0,03	6,53	0,06	
11	Trucha Arcoiris	3,37	0,01	8,24	1,88	8,96	3,21	
12	Salmón Coho	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
12	Salmón del Atlántico	13,65	0,03	3,46	0,03	7,22	0,06	
12	Trucha Arcoiris	4,91	0,00	2,65	0,00	8,36	0,00	

- **Parámetros de referencia escenarios de SRS:** Para el modelamiento de los escenarios de brote de caligidosis, se determinó el efecto en la ganancia de peso de la enfermedad como parámetro de referencia, que puede ser un valor entre 0,1 y 1, donde 1 significa que no hay ningún efecto sobre el peso promedio (no hay baja de peso). Por cada escenario se determinó dicho parámetro según la especie y ACS seleccionada en los parámetros de entrada. Si el campo de ganancia está en blanco, el simulador asume valor 1, es decir no hay efecto.

Figura 33. Parámetros de referencia para escenario Caligus bajo.

Escenario Caligus Bajo		
Región	Especie	Efecto en Ganancia de Peso
10	Salmón Coho	
10	Salmón del Atlántico	
10	Trucha Arcoiris	
11	Salmón Coho	
11	Salmón del Atlántico	
11	Trucha Arcoiris	
12	Salmón Coho	
12	Salmón del Atlántico	
12	Trucha Arcoiris	

Figura 34. Parámetros de referencia para escenario Caligus medio.

Escenario Caligus Medio		
Región	Especie	Efecto en Ganancia de Peso
10	Salmón Coho	
10	Salmón del Atlántico	
10	Trucha Arcoiris	
11	Salmón Coho	
11	Salmón del Atlántico	
11	Trucha Arcoiris	
12	Salmón Coho	
12	Salmón del Atlántico	
12	Trucha Arcoiris	

Figura 35. Parámetros de referencia para escenario Caligus medio alto.

Escenario Caligus Medio Alto		
Región	Especie	Efecto en Ganancia de Peso
10	Salmón Coho	
10	Salmón del Atlántico	
10	Trucha Arcoiris	
11	Salmón Coho	
11	Salmón del Atlántico	
11	Trucha Arcoiris	
12	Salmón Coho	
12	Salmón del Atlántico	
12	Trucha Arcoiris	

Figura 36. Parámetros de referencia para escenario Caligus alto.

Escenario Caligus Alto		
Región	Especie	Efecto en Ganancia de Peso
10	Salmón Coho	
10	Salmón del Atlántico	
10	Trucha Arcoiris	
11	Salmón Coho	
11	Salmón del Atlántico	
11	Trucha Arcoiris	
12	Salmón Coho	
12	Salmón del Atlántico	
12	Trucha Arcoiris	

- **Botones:** Esta pestaña contiene los botones que permiten hacer funcionar el simulador. Cada botón contiene una funcionalidad que se describe a continuación:

    - **Nueva simulación**: limpia el formulario de parámetros de ingreso para ingresar dichos parámetros desde cero.

    - **Modificar simulación:** habilita para modificación los parámetros de entrada y los parámetros de referencia. Los parámetros de entrada duración meses, número de días de siembra y de cosecha, fecha de inicio de siembra y fecha de fin de cosecha no son modificables.

    - **Simular:** Valida los parámetros de entrada según lo especificado en la Tabla 92, valida que estén ingresados todos los parámetros de referencia, ejecuta la simulación de todos los escenarios de SRS y Caligidosis y genera los gráficos de estos.

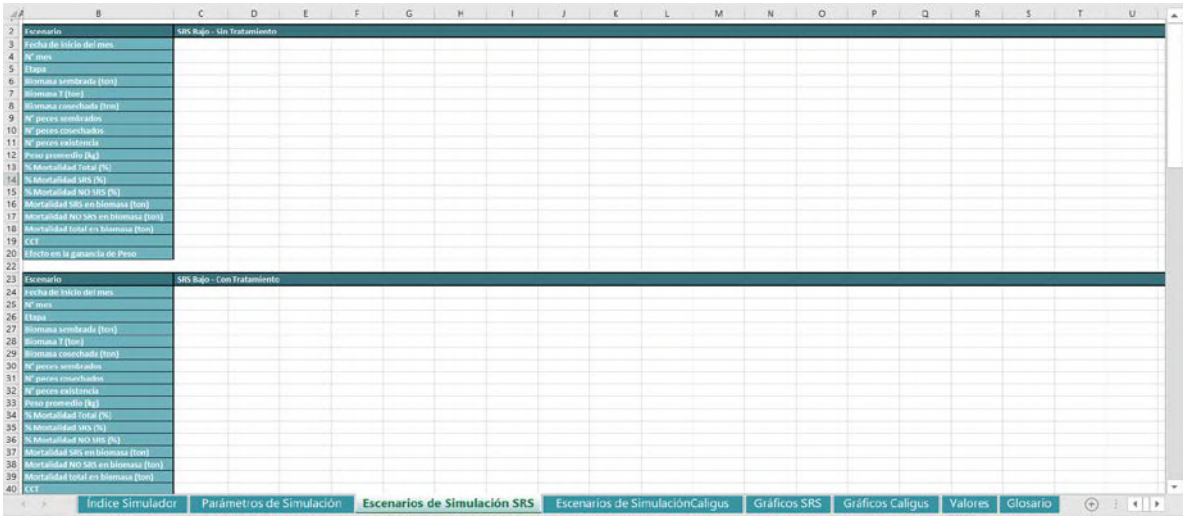
Figura 37. Botones del simulador de escenarios.

Pestaña: Escenarios de Simulación SRS

Esta pestaña contiene la evolución del ciclo productivo por cada uno de los escenarios de SRS mencionados anteriormente, donde por cada escenario se modelan cada una de las variables implementadas en el Simulador de ciclos productivos. Para conocer el detalle de cada una de las variables y el funcionamiento del algoritmo de simulación del ciclo productivo, se puede revisar la sección XVI.1.4 Algoritmo de Simulación.

Es importante destacar, que para los escenarios SRS Alto con y sin tratamiento, en el caso de que en los parámetros de entrada no se indica que aplica cosecha anticipada, la simulación considera como fecha de cosecha la indicada en los parámetros de entrada. En caso de que se indique que aplica cosecha anticipada, pero no se ingresa una fecha de cosecha anticipada específica, el simulador asume que la fecha de cosecha anticipada se ubica en la mitad de la etapa de engorda. La cosecha anticipada se simula con una duración de 1 mes.

Figura 38. Pestaña *"Escenarios de Simulación SRS"* del Simulador de Escenarios.

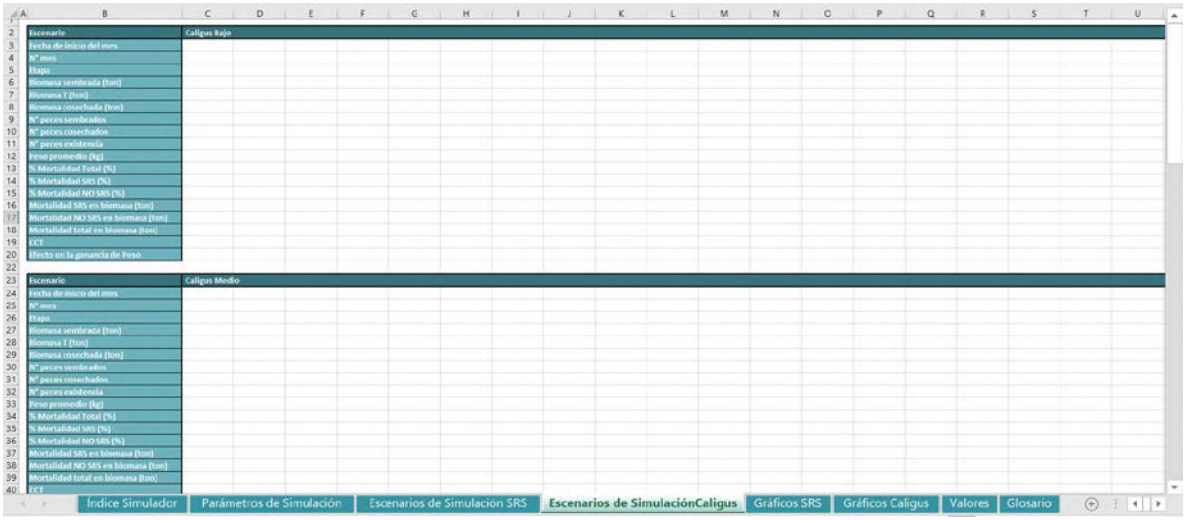


Pestaña: Escenarios de Simulación Caligus

Esta pestaña contiene la evolución del ciclo productivo por cada uno de los escenarios de caligidosis, donde por cada escenario se modelan cada una de las variables implementadas en el simulador de ciclos productivos. Para detalle de cada una de las variables y el funcionamiento del algoritmo de simulación del ciclo productivo, revisar la sección XVI.1.4 Algoritmo de Simulación.

Es importante destacar, que para estos escenarios se considera el porcentaje de mortalidad total y de SRS correspondiente al escenario de SRS medio con tratamiento.

Figura 39. Pestaña *"Escenarios de Simulación Caligus"* del Simulador de Escenarios.

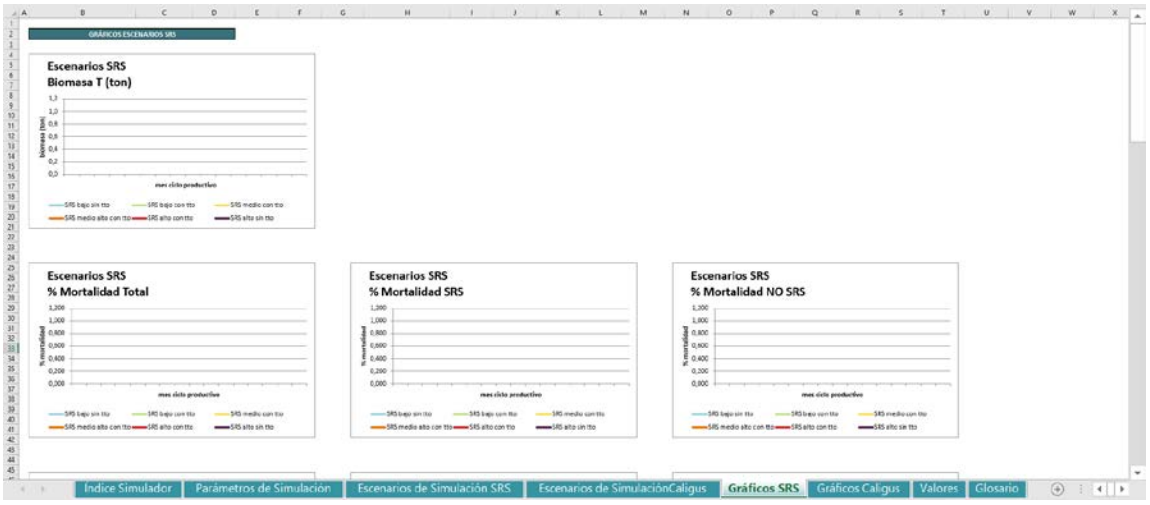


Pestaña: Gráficos SRS

Esta pestaña contiene gráficos comparativos entre los distintos escenarios simulador de SRS. Los gráficos disponibles son:

- **Gráfico comparativo de biomasa T:** permite visualizar la evolución de la biomasa instantánea o biomasa T en el ciclo productivo respecto a los 6 escenarios simulados para SRS.
- **Gráfico comparativo de porcentaje de mortalidad total:** permite visualizar la evolución de porcentaje de mortalidad total en el ciclo productivo respecto a los 6 escenarios simulados para SRS.
- **Gráfico comparativo de porcentaje de mortalidad por SRS:** permite visualizar la evolución del porcentaje de mortalidad por SRS en el ciclo productivo respecto a los 6 escenarios simulados para SRS.
- **Gráfico comparativo de porcentaje de mortalidad por otras causas distintas a SRS:** permite visualizar la evolución del porcentaje de mortalidad por causas distintas a SRS, en el ciclo productivo respecto a los 6 escenarios simulados para SRS.
- **Gráficos comparativos de biomasa en mortalidad total:** permite visualizar la evolución de la biomasa en mortalidad total en el ciclo productivo respecto a los 6 escenarios simulados para SRS.
- **Gráfico comparativo de biomasa en mortalidad por SRS:** permite visualizar la evolución de la biomasa en mortalidad por SRS en el ciclo productivo respecto a los 6 escenarios simulados para SRS.
- **Gráfico comparativo de biomasa en mortalidad por otras causas distintas a SRS:** permite visualizar la evolución de la biomasa en mortalidad por otras causas en el ciclo productivo respecto a los 6 escenarios simulados para SRS.

Figura 40. Pestaña *"Gráficos SRS"* del Simulador de Escenarios.

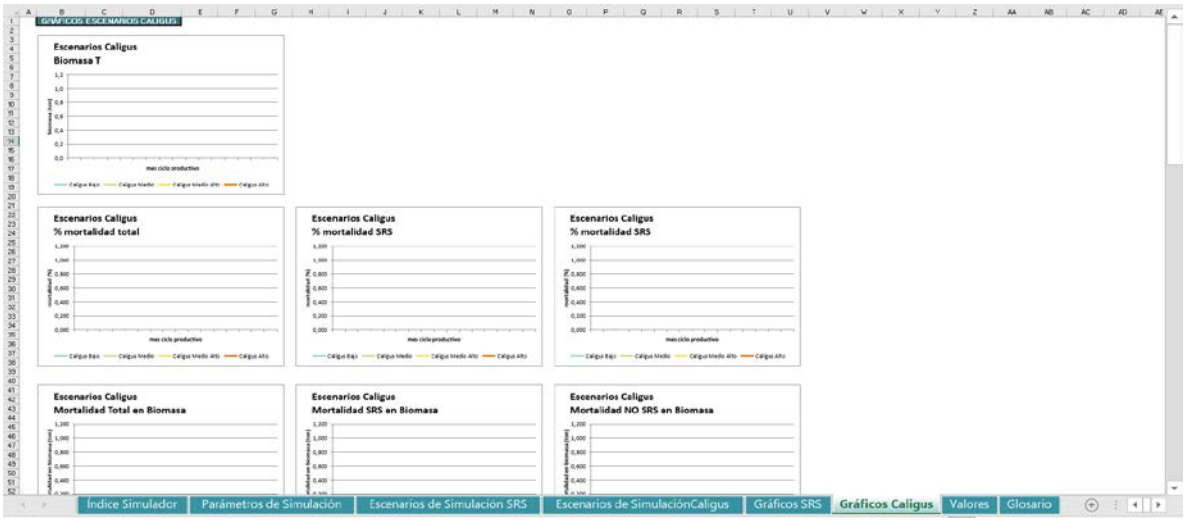


Pestaña: Gráficos Caligus

Esta pestaña contiene gráficos comparativos entre los distintos escenarios simulador de caligidosis. Los gráficos disponibles son:

- **Gráfico comparativo de biomasa T:** permite visualizar la evolución de la biomasa instantánea o biomasa T en el ciclo productivo respecto a los 4 escenarios simulados para Caligus.
- **Gráfico comparativo de porcentaje de mortalidad total:** permite visualizar la evolución de porcentaje de mortalidad total en el ciclo productivo respecto a los 4 escenarios simulados para Caligus.
- **Gráfico comparativo de porcentaje de mortalidad por SRS:** permite visualizar la evolución del porcentaje de mortalidad por SRS en el ciclo productivo respecto a los 4 escenarios simulados para Caligus.
- **Gráfico comparativo de porcentaje de mortalidad por otras causas distintas a SRS:** permite visualizar la evolución del porcentaje de mortalidad por causas distintas a SRS, en el ciclo productivo respecto a los 4 escenarios simulados para Caligus.
- **Gráficos comparativos de biomasa en mortalidad total:** permite visualizar la evolución de la biomasa en mortalidad total en el ciclo productivo respecto a los 4 escenarios simulados para Caligus.
- **Gráfico comparativo de biomasa en mortalidad por SRS:** permite visualizar la evolución de la biomasa en mortalidad por SRS en el ciclo productivo respecto a los 4 escenarios simulados para Caligus.
- **Gráfico comparativo de biomasa en mortalidad por otras causas distintas a SRS:** permite visualizar la evolución de la biomasa en mortalidad por otras causas en el ciclo productivo respecto a los 4 escenarios simulados para Caligus.

Figura 41. Pestaña *"Gráficos Caligus"* del Simulador de Escenarios.



Pestaña: Valores

Esta pestaña contiene tablas usadas para listar información o realizar validación de parámetros de entrada. Las tablas de esta pestaña se describen a continuación:

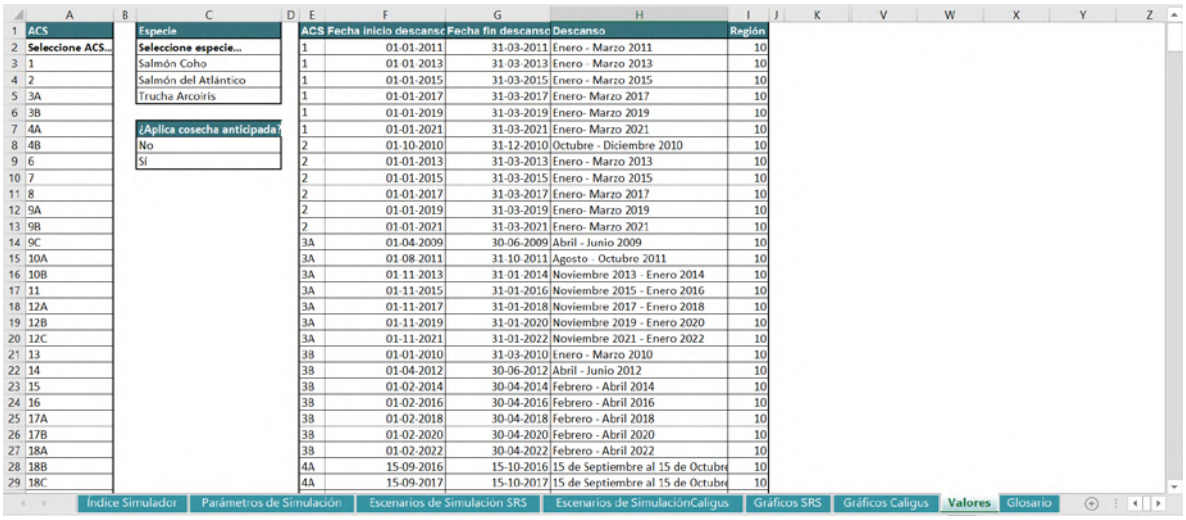
- **Tabla ACS:** usada para listar las ACS en el campo ACS de los parámetros de entrada.

- **Tabla Especie:** usada para listar las especies en el campo especie de los parámetros de entrada.

- **Tabla ¿Aplica cosecha anticipada?:** usada para listar la elección del usuario en el campo ¿Aplica cosecha anticipada? De los parámetros de entrada.

- **Tabla Descansos:** usada para validar si el ciclo simulado cae en algún periodo de descanso, y permite identificar a qué región pertenece la ACS.

Figura 42. Pestaña "*Valores*" del Simulador de Escenarios.



ACS
Seleccione ACS...
1
2
3A
3B
4A
4B
6
7
8
9A
9B
9C
10A
10B
11
12A
12B
12C
13
14
15
16
17A
17B
18A
18B
18C

Especie
Seleccione especie...
Salmón Coho
Salmón del Atlántico
Trucha Arcoiris

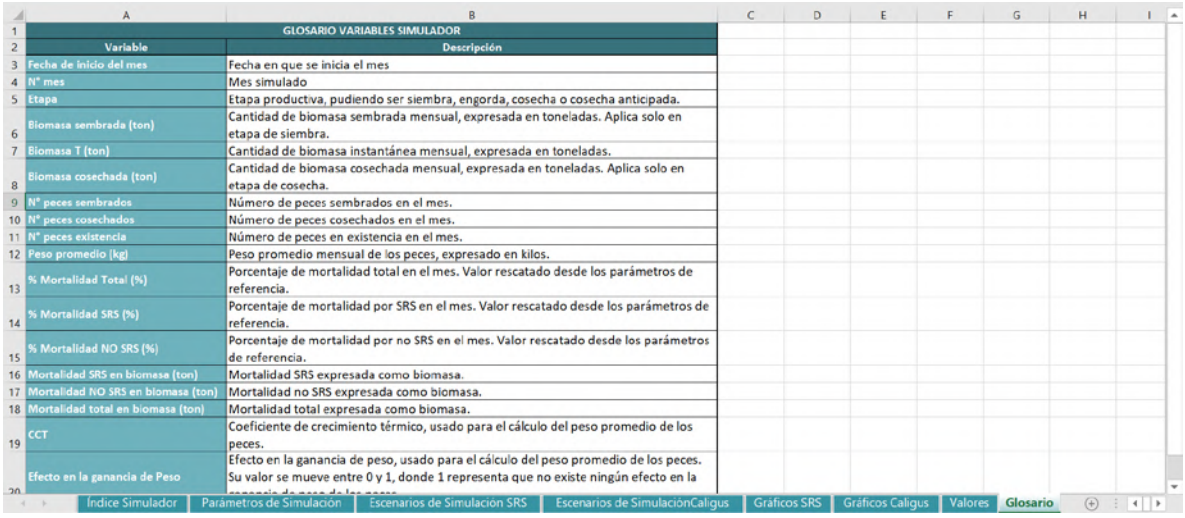
¿Aplica cosecha anticipada?
No
Sí

ACS	Fecha inicio descansc	Fecha fin descansc	Descanso	Región
1	01-01-2011	31-03-2011	Enero - Marzo 2011	10
1	01-01-2013	31-03-2013	Enero - Marzo 2013	10
1	01-01-2015	31-03-2015	Enero - Marzo 2015	10
1	01-01-2017	31-03-2017	Enero- Marzo 2017	10
1	01-01-2019	31-03-2019	Enero- Marzo 2019	10
1	01-01-2021	31-03-2021	Enero- Marzo 2021	10
2	01-10-2010	31-12-2010	Octubre - Diciembre 2010	10
2	01-01-2013	31-03-2013	Enero - Marzo 2013	10
2	01-01-2015	31-03-2015	Enero - Marzo 2015	10
2	01-01-2017	31-03-2017	Enero- Marzo 2017	10
2	01-01-2019	31-03-2019	Enero- Marzo 2019	10
2	01-01-2021	31-03-2021	Enero- Marzo 2021	10
3A	01-04-2009	30-06-2009	Abril - Junio 2009	10
3A	01-08-2011	31-10-2011	Agosto - Octubre 2011	10
3A	01-11-2013	31-01-2014	Noviembre 2013 - Enero 2014	10
3A	01-11-2015	31-01-2016	Noviembre 2015 - Enero 2016	10
3A	01-11-2017	31-01-2018	Noviembre 2017 - Enero 2018	10
3A	01-11-2019	31-01-2020	Noviembre 2019 - Enero 2020	10
3A	01-11-2021	31-01-2022	Noviembre 2021 - Enero 2022	10
3B	01-01-2010	31-03-2010	Enero - Marzo 2010	10
3B	01-04-2012	30-06-2012	Abril - Junio 2012	10
3B	01-02-2014	30-04-2014	Febrero - Abril 2014	10
3B	01-02-2016	30-04-2016	Febrero - Abril 2016	10
3B	01-02-2018	30-04-2018	Febrero - Abril 2018	10
3B	01-02-2020	30-04-2020	Febrero - Abril 2020	10
3B	01-02-2022	30-04-2022	Febrero - Abril 2022	10
4A	15-09-2016	15-10-2016	15 de Septiembre al 15 de Octubre	10
4A	15-09-2017	15-10-2017	15 de Septiembre al 15 de Octubre	10

Pestaña: Glosario

Esta pestaña contiene la descripción de términos importantes usados en el simulador.

Figura 43. Pestaña "Glosario" del Simulador de Escenarios.



GLOSARIO VARIABLES SIMULADOR	
Variable	**Descripción**
Fecha de inicio del mes	Fecha en que se inicia el mes
N° mes	Mes simulado
Etapa	Etapa productiva, pudiendo ser siembra, engorda, cosecha o cosecha anticipada.
Biomasa sembrada (ton)	Cantidad de biomasa sembrada mensual, expresada en toneladas. Aplica solo en etapa de siembra.
Biomasa T (ton)	Cantidad de biomasa instantánea mensual, expresada en toneladas.
Biomasa cosechada (ton)	Cantidad de biomasa cosechada mensual, expresada en toneladas. Aplica solo en etapa de cosecha.
N° peces sembrados	Número de peces sembrados en el mes.
N° peces cosechados	Número de peces cosechados en el mes.
N° peces existencia	Número de peces en existencia en el mes.
Peso promedio (kg)	Peso promedio mensual de los peces, expresado en kilos.
% Mortalidad Total (%)	Porcentaje de mortalidad total en el mes. Valor rescatado desde los parámetros de referencia.
% Mortalidad SRS (%)	Porcentaje de mortalidad por SRS en el mes. Valor rescatado desde los parámetros de referencia.
% Mortalidad NO SRS (%)	Porcentaje de mortalidad por no SRS en el mes. Valor rescatado desde los parámetros de referencia.
Mortalidad SRS en biomasa (ton)	Mortalidad SRS expresada como biomasa.
Mortalidad NO SRS en biomasa (ton)	Mortalidad no SRS expresada como biomasa.
Mortalidad total en biomasa (ton)	Mortalidad total expresada como biomasa.
CCT	Coeficiente de crecimiento térmico, usado para el cálculo del peso promedio de los peces.
Efecto en la ganancia de Peso	Efecto en la ganancia de peso, usado para el cálculo del peso promedio de los peces. Su valor se mueve entre 0 y 1, donde 1 representa que no existe ningún efecto en la

Índice Simulador | Parámetros de Simulación | Escenarios de Simulación SRS | Escenarios de SimulaciónCaligus | Gráficos SRS | Gráficos Caligus | Valores | Glosario

Para más detalle sobre su uso y diseño, refiérase al Anexo N°5 Manual Simulador de Biomasa en el Agua -Escenarios.

XVI.3 Simulador de presupuesto parcial

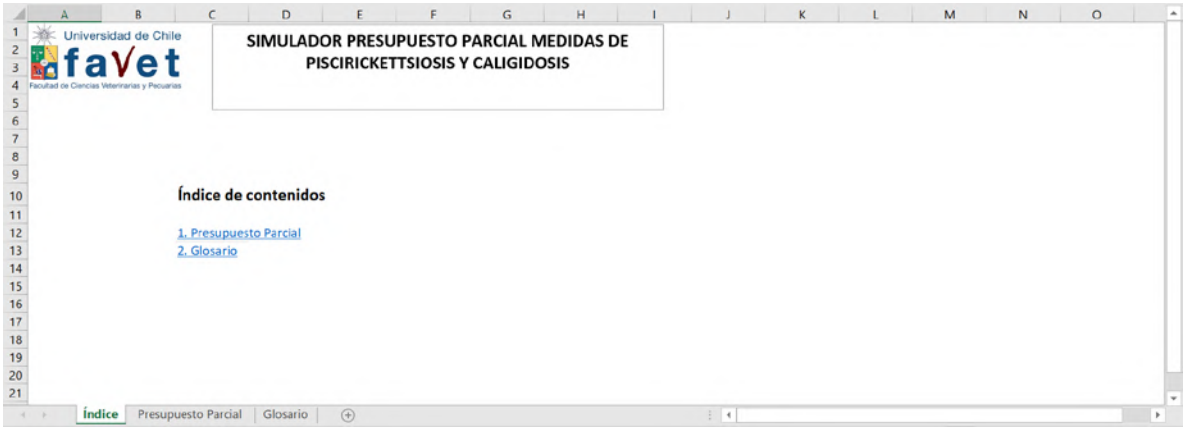
El simulador de presupuesto parcial tiene como objetivo contar con una herramienta de simulación que permita realizar una evaluación de presupuesto parcial automática ingresando parámetros que permitan evaluar una medida. El simulador fue desarrollado en Excel, lo que permite su modificación en el número.

XVI.3.1 Estructura del simulador

El diseño del simulador considera tres pestañas, una con un índice de contenidos, otra con el simulador propiamente tal y sus salidas y un glosario de las variables. A continuación, se describe en detalle cada una.

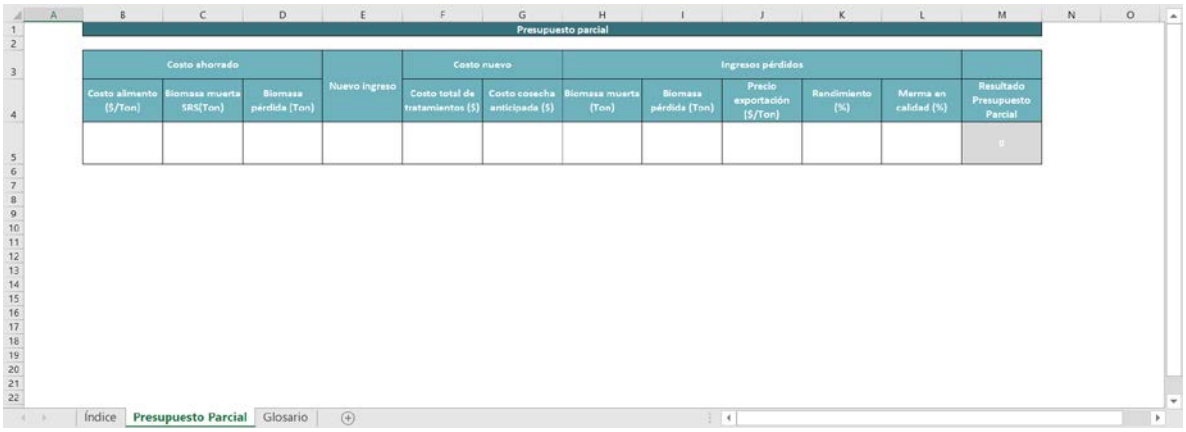
- **Índice:** corresponde a la hoja de presentación del simulador donde existe un listado de contenidos donde al hacer clic se puede acceder al contenido seleccionado.

Figura 44. Pestaña "Índice" del Simulador Presupuesto Parcial.



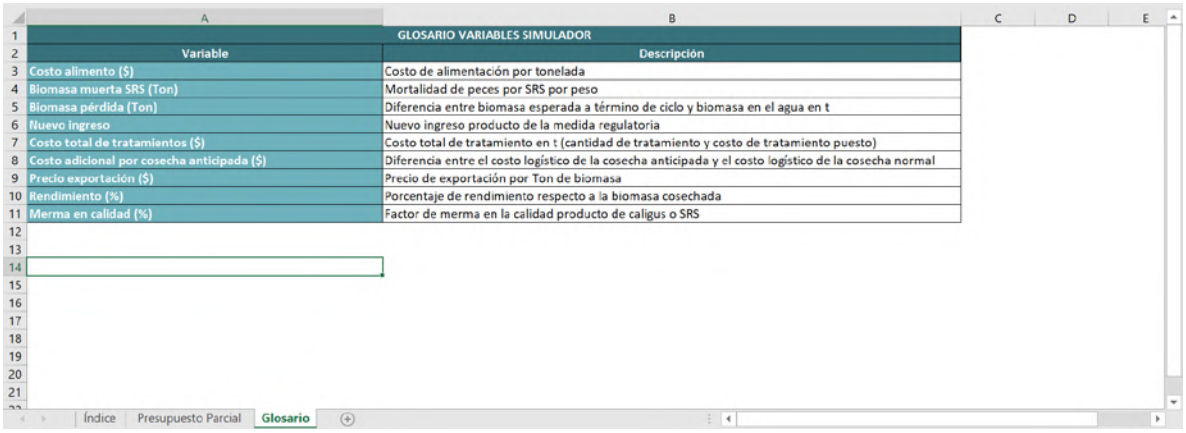
- **Pestaña Presupuesto Parcial:** corresponde al simulador de presupuesto parcial, que permite registrar los parámetros y obtener el resultado de la evaluación, ya que contiene el algoritmo de cálculo de presupuesto parcial.

Figura 45. Pestaña "Presupuesto Parcial" del Simulador Presupuesto Parcial.



- **Glosario:** corresponde a un listado con los términos usados en la simulación del ciclo productivo, entregando definiciones de cada término ante dudas.

Figura 46. Pestaña "Glosario" del Simulador Presupuesto Parcial.



GLOSARIO VARIABLES SIMULADOR	
Variable	Descripción
Costo alimento ($)	Costo de alimentación por tonelada
Biomasa muerta SRS (Ton)	Mortalidad de peces por SRS por peso
Biomasa pérdida (Ton)	Diferencia entre biomasa esperada a término de ciclo y biomasa en el agua en t
Nuevo ingreso	Nuevo ingreso producto de la medida regulatoria
Costo total de tratamientos ($)	Costo total de tratamiento en t (cantidad de tratamiento y costo de tratamiento puesto)
Costo adicional por cosecha anticipada ($)	Diferencia entre el costo logístico de la cosecha anticipada y el costo logístico de la cosecha normal
Precio exportación ($)	Precio de exportación por Ton de biomasa
Rendimiento (%)	Porcentaje de rendimiento respecto a la biomasa cosechada
Merma en calidad (%)	Factor de merma en la calidad producto de caligus o SRS

XVI.3.2 Algoritmo de simulación

La evaluación de presupuesto parcial considera en su función los costos ahorrados, nuevos ingresos, costos nuevos e ingresos perdidos, como muestra la siguiente fórmula.

$$CA + NI - (CN + IP)$$

CA: Costos ahorrados

NI: Nuevos ingresos

CN: Costos nuevos

IP: Ingresos perdidos

A continuación, se desarrolla cada parte de la ecuación.

Costos ahorrados (CA)

$$CA = Cal_t \cdot (MortsSRS_t + Bp_t)$$

Cal_t: Costo alimento en t por tonelada de biomasa

$MortSRS_t$: Biomasa muerta por SRS en t

Bp_t: Biomasa perdida en t (biomasa esperada a final de ciclo (B_F)menos la biomasa en el agua en t (B_t)) $BP_t = B_F - B_t$

Nuevos ingresos (NI)

$$NI = 0$$

Costos nuevos (CN)

$$CN = Ctra_t + CcosechaA_t$$

$Ctra_t$: Costo total de tratamiento en t (cantidad de tratamiento y costo de tratamiento puesto)

$CcosechaA_t$: Costo adicional por cosecha anticipada en t

Ingresos perdidos (IP)

$$IP = (MortSRS_t + Bp_t) \cdot Pexp_t \cdot \alpha_t \cdot \beta_t$$

Bp_t: Biomasa perdida en t (biomasa esperada a final de ciclo (B_F)menos la biomasa en el agua en t (B_t)) $BP_t = B_F - B_t$

$MortSRS_t$: Biomasa muerta por SRS en t

$Pexp_t$: Precio de exportación en t

α_t: Rendimiento en t

β_t: Merma en la calidad en t

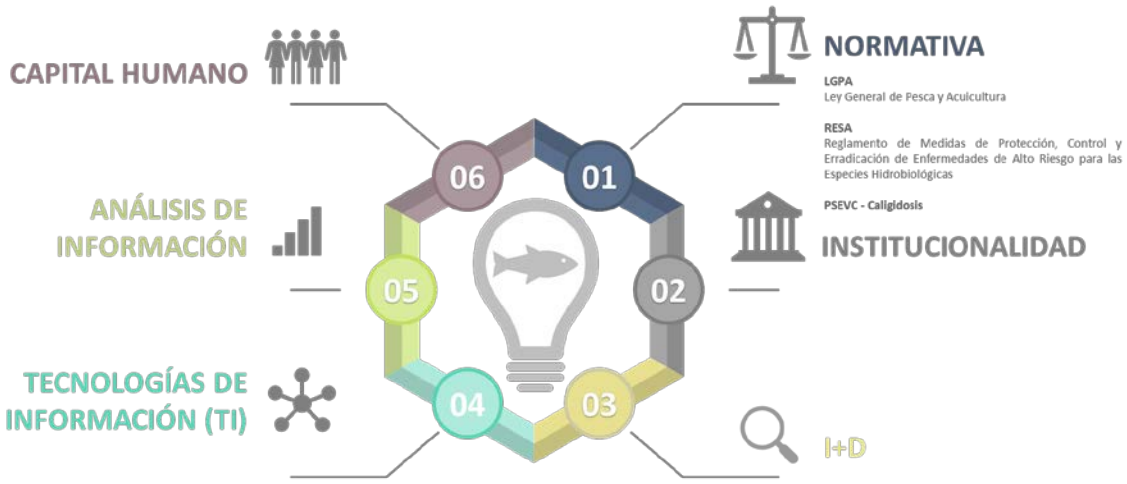
XVII. Lineamientos para futuras medidas de vigilancia, prevención y control de caligidosis y piscirickettsiosis

XVII.1 Caligidosis

Los lineamientos de futuras medidas de vigilancia, prevención y control de caligidosis fueron establecidos recientemente en el estudio "Desarrollo de una Propuesta Regulatoria para el Control de la caligidosis", desarrollado en el marco del Programa de Gestión sanitaria en la Acuicultura, ejecutado por la Fundación para la Transferencia Tecnológica.

En este estudio se identificaron 61 acciones necesarias para que el marco regulatorio vigente propenda a un control efectivo de caligidosis en la salmonicultura chilena, e incentive al sector privado y académico a la búsqueda del mayor conocimiento y nuevas alternativas terapéuticas o profilácticas. Estas acciones se agruparon en paquetes de trabajo que permiten simplificar la comprensión de su implementación futura. Los paquetes de implementación que se identificaron se resumen en el siguiente esquema.

Figura 47. Esquema paquetes de implementación de acciones



Para efecto del presente estudio, se describirá solamente el paquete normativa e I+D, ya que apuntan a medidas regulatorias de vigilancia, prevención y control de caligidosis que tienen componen de costo-beneficio. A continuación, se describe cada uno de estos paquetes.

Para el paquete de normativo se identificaron 20 acciones, que se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 93. Acciones paquete normativo

Acción
N1. Normar la evaluación del programa PSEVC-Caligidosis junto con definir metodología, frecuencia e indicadores
N2. Establecer protocolo vinculante entre actores públicos sectoriales para la evaluación del PSEVC-Caligidosis
N3. Normar áreas geográficas comunes en función de factor de diseminación y áreas de riesgo
N4. Diseño e implementación de rangos de alerta de riesgo con medidas preventivas asociadas
N5. Analizar sanciones en función del bien jurídico protegido, a saber, patrimonio sanitario. Junto con revisar eventuales modificaciones a los tipos infraccionales.
N6. Precisar y mejorar la medida y sanciones relacionadas con cosecha anticipada del PSEVC-Caligidosis. Especificar el plazo de ejecución de la cosecha anticipada.
N7. Generar una instancia participativa de diálogo entre todos los actores involucrados (público, privado e investigadores), con estructura formal de consulta sobre cambios normativos y evaluación del PSEVC-Caligidosis que asigne roles, cuotas de participación y otorgue formalidad a los acuerdos que se alcancen
N8. Diseñar un programa anual donde se definan las políticas, las estrategias y los planes de acción de riesgo integral, y comprehensivo que incorpore los niveles de riesgo y correlación de las variables monitoreadas por SNP en todos sus programas sanitarios.
N9. Fortalecimiento de difusión de la información para el monitoreo del estado de situación de la caligidosis
N10. Establecimiento de Certificación a las empresas y el equipamiento de los servicios de tratamientos por inmersión.
N11. Fortalecer medidas preventivas en el PSEVC-Caligidosis
N12. Normar instancia de coordinación permanente de organismos del Estado
N13. Establecer dentro del PSEVC-Caligidosis requisitos para centros de cultivo objeto de prueba de innovaciones en materia de tratamientos preventivos y de control de caligidosis y su relación con Reglamento de Acuicultura Experimental
N14. Precisar aplicación de la rotación, evitando que se haga solamente en una jaula

Acción
N15. Regular las medidas de contención en centros de acopio de mayor riesgo así como en embarcaciones que presten servicios, considerando un enfoque ecosistémico para la protección del patrimonio sanitario
N16. Registro de embarcaciones con sistema de retención de parásitos. (SNP)
N17. Incorporar incentivos normativos a la utilización de tratamientos no farmacológicos
N18. Certificación de sistemas de tratamientos no farmacológicos y empresas de servicios
N19. Diseñar e implementar protocolo interno en SNP con indicadores de seguimiento de causas de programas específicos
N20. Incorporar protocolo de suficiencia de las respuestas y consecuencias asociadas para informes de Fallas

En el paquete de I+D se identificaron 10 estudios específicos transversales que darán soporte de las acciones de los otros paquetes de implementación.

Tabla 94. Acciones paquete I+D

Acción
NE1. Estudio que defina una metodología, frecuencia e indicadores para la evaluación del PSEVC-Caligidosis
NE2. Estudio de definición de áreas geográficas comunes para el manejo sanitario y control de la caligidosis en la industria chilena del salmón
NE3. Estudio de diseño e implementación de rangos de alerta de riesgo con medidas preventivas asociadas
NE4. Estudio que establezca elementos y parámetros para el diseño de un programa de riesgo integral y comprehensivo que permita determinar niveles de riesgo y correlación entre variables, junto con la conjugación de las medidas vigilancia y control (semáforo para patologías)
NE5. Estudio de ingeniería de detalle para aplicación de tratamientos por inmersión, definir estándares, ingeniería de los tratamientos y buenas prácticas
NE6. Propuesta de medidas preventivas para incorporación en PSEVC-Caligidosis
NE7. Estudio que establezca la frecuencia de rotación y número de jaulas a tratar
NE8. Estudio de definición de centros de acopio de mayor riesgo (distancia a otros centros de cultivo, condiciones ambientales y oceanográficas, diseminación del parásito, entre otros)
NE9. Estudiar eficacia de tratamientos no farmacológicos, con indicadores de resistencia, sensibilidad y welfare

AIE1. Estudio de determinación de indicadores, niveles de alertas y acciones ante fallas en la efectividad de tratamientos

A continuación, se muestra una ficha de cada acción por paquete, detallando su descripción, estudio específico transversal de I+D que requiere, brechas que abarca, paquete de implementación, resultado esperado y socios estratégicos que harán posible su implementación .

El paquete I+D no tiene ficha específica ya que se incluye en la sección estudio específico transversal de I+D que requiere la acción descrita en la ficha.

XVII.1.1 Fichas paquete normativo

Tabla 95. Ficha acción N1. paquete normativo.

Acción	**N1. Normar la evaluación del programa PSEVC-Caligidosis junto con definir metodología, frecuencia e indicadores**
Descripción	Se debe incorporar en el PSEVC-Caligidosis la evaluación periódica de éste; junto con definir una metodología, debería considerar, al menos, los siguientes componentes: frecuencia y tipo de análisis, información requerida, metas, indicadores de desempeño, resultados con recomendaciones de ajustes y/o modificaciones.
Estudio específico	N1. Estudio que defina una metodología, frecuencia e indicadores para la evaluación del PSEVC-Caligidosis.
Brechas	E.1.No hay evaluación del desempeño del PSEVC-Caligidosis con metodología, frecuencia establecida e indicadores
Resultado esperado	• PSEVC-Caligidosis periódicamente evaluado y actualizado.
Paquete	Normativo
Socios estratégicos	MINECON, SERNAPESCA, SUBPESCA, INTESAL, empresas productoras, universidades y centros de investigación.

Tabla 96. Ficha acción N2. paquete normativo.

Acción	**N2. Establecer protocolo vinculante entre actores públicos sectoriales para la evaluación del PSEVC-Caligidosis**
Descripción	Se requiere un protocolo de carácter vinculante donde los actores públicos del sector que estén involucrados en el programa participen de la evaluación de este, de modo que sus observaciones sean consideradas. Este protocolo debe ser incorporado como figura en el PSEVC-Caligidosis.
Estudio específico	No requiere
Brechas	E.1.No hay evaluación del desempeño del PSEVC-Caligidosis con metodología, frecuencia establecida e indicadores.
Resultado esperado	• El programa es evaluado de manera transversal por los actores públicos sectoriales.
Paquete	Normativo
Socios estratégicos	MINECON, SERNAPESCA, SUBPESCA

Tabla 97. Ficha acción N3. paquete normativo.

Acción	**N3. Normar áreas geográficas comunes en función de factor de diseminación y áreas de riesgo**
Descripción	Normar en función de áreas geográficas comunes en función de factor de diseminación y áreas de riesgo. Dentro de los factores se debe considerar operaciones logísticas entre centros de cultivo, corrientes oceanográficas, la presión de infestación que ejercen centros vecinos, cercanía entre centros de cultivo en etapa de siembra y cosecha, entre otros que el ejecutor estime pertinente. Estas áreas deben quedar establecidas dentro del PSEVC-Caligidosis como modificación de la norma.
Estudio específico	NE2. Estudio de definición de áreas geográficas comunes para el manejo sanitario y control de la caligidosis en la industria chilena del salmón.
Brechas	D.1. No están determinadas las áreas geográficas comunes para el manejo sanitario en función de la diseminación de parásitos (logística entre centros, corrientes, presión de infestación, entre otros).
Resultado esperado	• Definición de áreas de manejo sanitario para caligidosis con el objeto de incrementar la eficiencia de tratamientos
Paquete	Normativo
Socios estratégicos	MINECON, SERNAPESCA, SUBPESCA, INTESAL, empresas productoras, universidades y centros de investigación

Tabla 98. Ficha acción N4. paquete normativo.

Acción	**N4. Diseño e implementación de rangos de alerta de riesgo con medidas preventivas asociadas**
Descripción	El PSEVC-Caligidosis debe incorporar una definición de variables críticas de monitoreo y sus umbrales que deben considerarse previos a la declaración de centros CAD y rangos de alerta, definición de medidas precautorias para cada rango. Se sugiere trabajar en una estructura de panel científico que dé soporte técnico al programa.
Estudio específico	NE3. Estudio de diseño e implementación de rangos de alerta de riesgo con medidas preventivas asociadas.
Brechas	D.2. Escaso enfoque preventivo del PSEVC-Caligidosis D.3. No existen indicadores de alerta de riesgo previos al umbral de clasificación de centros de alta diseminación (3HO)
Resultado esperado	• Sistema de alerta desarrollado que incorpore elementos definidos en el diseño y que permita establecer un panel de control del programa y que oriente sobre los principales riesgos de diseminación. Con esto, se lograría una adecuada protección del patrimonio sanitario, incorporando un enfoque preventivo en la evaluación del riesgo sanitario
Paquete	Normativo
Socios estratégicos	SERNAPESCA, INTESAL y centros de investigación

Tabla 99. Ficha acción N5. paquete normativo.

Acción	**N5. Analizar sanciones en función del bien jurídico protegido, a saber, patrimonio sanitario. Junto con revisar eventuales modificaciones a los tipos infraccionales.**
Descripción	Analizar sanciones en función del bien jurídico protegido, a saber, patrimonio sanitario (suspensión de operación en el siguiente ciclo, reducción de siembra por información falsa, entre otras opciones). Junto con revisar eventuales modificaciones a los tipos infraccionales. Esto debe realizarse a nivel de Ley General de Pesca y Acuicultura (LGPA).
Estudio específico	No requiere
Brechas	I.2. Existe subreporte de las variables monitoreadas por el PSEVC-Caligidosis
Resultado esperado	• Desincentivo a la comisión de infracciones al programa, derivada de una correcta calificación de las infracciones en función de la gravedad de las mismas.
Paquete	Normativo
Socios estratégicos	MINECON, SUBPESCA , SERNAPESCA y Congreso Nacional

Tabla 100. Ficha acción N6. paquete normativo.

Acción	**N6. Precisar y mejorar la medida y sanciones relacionadas con cosecha anticipada del PSEVC- Caligidosis. Especificar el plazo de ejecución de la cosecha anticipada.**
Descripción	Se debe especificar dentro del PSEVC-Caligidosis el plazo máximo de ejecución para el plan de cosecha anticipada que presenten los centros a los que se haya notificado esta medida.
Estudio específico	
Brechas	I.3. Existen debilidades en la aplicación de la medida de cosecha anticipada.
Resultado esperado	Aplicación efectiva de la medida de cosecha anticipada sin elusión de la norma.
Paquete	Normativo
Socios estratégicos	SERNAPESCA y SUBPESCA

Tabla 101. Ficha acción N7. paquete normativo.

Acción	**N7. Generar una instancia participativa de diálogo entre todos los actores involucrados (público, privado e investigadores), con estructura formal de consulta sobre cambios normativos y evaluación del PSEVC-Caligidosis que asigne roles, cuotas de participación y otorgue formalidad a los acuerdos que se alcancen**
Descripción	Se propone para ello la generación de una estructura formal de consulta sobre cambios normativos y evaluación del PSEVC-Caligidosis que asigne roles, cuotas de participación y otorgue formalidad a los acuerdos que se alcancen. Esto debe formalizarse a nivel de PSEVC-Caligidosis.
Estudio específico	No requiere
Brechas	E.3. No existe una instancia participativa de diálogo entre todos los actores involucrados (público, privado e investigadores), que mantenga una estructura formal de consulta sobre cambios normativos y evaluación del PSEVC-Caligidosis, que asigne roles, cuotas de participación y otorgue formalidad a los acuerdos que se alcancen.
Resultado esperado	• Fortalecimiento de la participación de todos los actores en el proceso de diseño, implementación y difusión de políticas públicas en torno a caligidosis a través de una mesa de trabajo formal con los sectores involucrados (investigadores , reguladores, productores y prestadores de servicios)
Paquete	Normativo
Socios estratégicos	MINECON, SERNAPESCA, SUBPESCA, INTESAL, empresas productoras, universidades y centros de investigación.

Tabla 102. Ficha acción N8. paquete normativo.

Acción	**N8. Diseñar un programa anual donde se definan las políticas, las estrategias y los planes de acción de riesgo integral y comprehensivo que incorpore los niveles de riesgo y correlación de las variables monitoreadas por SNP en todos sus programas sanitarios**
Descripción	El Titulo IV del RESA sólo se limita a indicar que los programas sanitarios generales aplicarán a las medidas sanitarias adecuadas de operación contempladas en el presente reglamento, no incluyendo un programa de riesgo integrado que considere las variables de todos los programas sanitarios monitoreados y ejecutados por el SNP. Este programa es a nivel de RESA. Primero, se sugiere realizar una evaluación de todos los programas sanitarios y sus relaciones que permita determinar las brechas entre programas sanitarios, junto con la evaluación de desempeño de cada programa.
Estudio específico	NE4. Estudio que establezca elementos y parámetros para el diseño de un programa integrado y comprehensivo de riesgo que permita determinar niveles de riesgo y correlación entre variables, junto con la conjugación de las medidas vigilancia y control (semáforo para patologías).
Brechas	D.4. No existe una visión normativa integral respecto de la interacción entre las enfermedades y sus respectivos programas sanitarios.
Resultado esperado	• Evaluación integral de los programas sanitarios considerando todos los programas sanitarios ejecutados por SERNAPESCA.
Paquete	Normativo
Socios estratégicos	MINECON, SERNAPESCA, SUBPESCA, INTESAL, empresas productoras, universidades y centros de Investigación.

Tabla 103. Ficha acción N9. paquete normativo.

Acción	**N9. Fortalecimiento de difusión de la información para el monitoreo del estado de situación de la caligidosis**
Descripción	A través del PSEVC-Caligidosis, se debe mandatar la generación de un informe con frecuencia mensual o trimestral, según defina la institución. Además, se debe definir el diseño de contenidos del reporte y/o informe y contenga datos analizados de todas las variables que se solicitan en SIFA y en los IPT. Es muy importante también precisar la manera en que será difundido, se sugiere emisión de reporte, boletín semanal y mensual del estado de situación de caligidosis.
Estudio específico	No requiere
Brechas	I.4. No existe un mecanismo de difusión, periódico y oportuno de la información de las variables monitoreadas por el PSEVC-Caligidosis por parte de SNP.
Resultado esperado	• Contar con un mecanismo de retroalimentación interno con valor para la evaluación del programa tanto para actores externos como funcionarios del Servicio.
Paquete	Normativo
Socios estratégicos	MINECON, SERNAPESCA, SUBPESCA, INTESAL, empresas productoras, universidades y centros de Investigación.

Tabla 104. Ficha acción N10. paquete normativo.

Acción	**N10. Establecimiento de Certificación a las empresas y el equipamiento de los servicios de tratamientos por inmersión**
Descripción	Esta acción se enfoca en la exigencia a los prestadores del servicio de tratamientos por inmersión a certificar su calidad en función de los estándares que se definan en el estudio de ingeniería de detalle sugerido. El establecimiento de esta certificación es a nivel de LGPA (habilitación legal para certificación con valor probatorio), RESA y/o PSEVC-Caligidosis (aplicación de la norma y ejecución).
Estudio específico	NE5. Estudio de ingeniería de detalle para aplicación de tratamientos por inmersión, definir estándares, ingeniería de los tratamientos y buenas prácticas.
Brechas	I.5. Incertidumbre respecto de la correcta aplicación de tratamientos por inmersión.
Resultado esperado	• Empresas de servicios de tratamientos por inmersión sometidas a registro que certifica la calidad del servicio ofrecido
Paquete	Normativo
Socios estratégicos	SERNAPESCA, SalmonChile, Armasur y empresas prestadoras de servicios

Tabla 105. Ficha acción N11. paquete normativo.

Acción	**N11. Fortalecer medidas preventivas en el PSEVC-Caligidosis**
Descripción	Esta acción se enfoca en la incorporación de medidas profilácticas o preventivas en el diseño del programa. Se sugiere considerar un sistema de alerta preventiva que permita actuar antes de alcanzar el límite de 3 hembras ovígeras, que actualmente representa el nivel más alto de diseminación en el sistema. Esta acción es a nivel de PSEVC-Caligidosis.
Estudio específico	NE6. Propuesta de medidas precautorias para incorporarlas en PSEVC-Caligidosis.
Brechas	D.2. Escaso enfoque preventivo del PSEVC-Caligidosis. E.2. Débil soporte científico para el diseño, implementación y evaluación del PSEVC-Caligidosis.
Resultado esperado	• Las políticas públicas emanadas desde el SERNAPESCA para la gestión de la caligidosis cuentan con un enfoque precautorio.
Paquete	Normativo
Socios estratégicos	SERNAPESCA, IFOP, SUBPESCA y centros de investigación

Tabla 106. Ficha acción N12. paquete normativo.

Acción	**N12. Normar instancia de coordinación permanente de organismos del Estado**
Descripción	La acción apunta a articular las políticas públicas sectoriales de modo que sean sinérgicas entre sí. Normar esta instancia es a nivel de LGPA y/o Política Nacional de Acuicultura.
Estudio específico	No requiere
Brechas	D.5.Débil coordinación entre organismos sectoriales del Estado.
Resultado esperado	• Las instituciones sectoriales del Estado cierran las brechas de descoordinación interinstitucional.
Paquete	Normativo
Socios estratégicos	MINECON, SUBPESCA y SERNAPESCA

Tabla 107. Ficha acción N13. paquete normativo.

Acción	**N13. Establecer dentro del PSEVC-Caligidosis requisitos para centros de cultivo objeto de prueba de innovaciones en materia de tratamientos preventivos y de control de caligidosis y su relación con Reglamento de Acuicultura Experimental**
Descripción	La acción apunta a la definición de una serie de requisitos para centros de cultivo objeto de prueba de innovaciones en materia de tratamientos preventivos y de control de caligidosis, de manera que con estos centros sea posible flexibilizar la norma y no se vean presionados por el cumplimiento de esta. Esta medida debe considerar ser coherente y articulada con el futuro Reglamento de Acuicultura Experimental. Esta acción es a nivel de PSEVC-Caligidosis y/o RESA.
Estudio específico	No requiere
Brechas	D.6. Falta espacio para pruebas de campo y centros experimentales, las investigaciones en desarrollo presentan dificultades en la etapa de prueba.
Resultado esperado	• Formalización del proceso de prueba de las investigaciones lo que permitiría ampliar gama de posibilidades de tratamientos preventivos y de control para la caligidosis
Paquete	Normativo
Socios estratégicos	SERNAPESCA y SUBPESCA

Tabla 108. Ficha acción N14. paquete normativo.

Acción	**N14. Precisar aplicación de la rotación, evitando que se haga solamente en una jaula**
Descripción	Las precisiones requeridas en el PSEVC-Caligidosis se orientan en términos de cobertura del centro de cultivo, que indique una estimación del porcentaje necesario de jaulas a tratar y la cantidad de veces que se debe aplicar el tratamiento de rotación. Para ello, se requiere un estudio específico que establezca estas precisiones y respalde científicamente la modificación de la medida de rotación en el PSEVC-Caligidosis.
Estudio específico	NE7. Estudio que establezca la frecuencia de rotación y número de jaulas a tratar.
Brechas	D.7. No existe rotación efectiva de tratamientos, la rotación exigida por el PSEVC-Caligidosis permite que se haga en una sola jaula y, en general, se hace con fármacos de baja efectividad.
Resultado esperado	• Mejorar medida de rotación de fármacos, con una aplicación efectiva de esta medida. • Eventualmente restringir esta acción
Paquete	Normativo
Socios estratégicos	SERNAPESCA

Tabla 109. Ficha acción N15. paquete normativo.

Acción	**N15. Regular las medidas de contención en centros de acopio de mayor riesgo, así como en embarcaciones que presten servicios, considerando un enfoque ecosistémico para la protección del patrimonio sanitario**
Descripción	Entre las medidas de contención a evaluar están la descarga directa para acopios que reciban peces desde centros CAD o calificados como de riesgo, y por otro lado las medidas de contención para wellboats donde se debe indicar las acciones a adoptar durante el traslado y descarga, y en caso de que se haga tratamiento no farmacológico en wellboats exigir la certificación de los sistemas de retención de parásitos. En ambas medidas subyace el enfoque ecosistémico para la protección del patrimonio sanitario. Esta incorporación es a nivel de PSEVC-Caligidosis.
Estudio específico	NE8. Estudio de definición de acopios de mayor riesgo (distancia a otros centros de cultivo, condiciones ambientales y oceanográficas, diseminación del parásito, entre otros).
Brechas	D.2. Escaso enfoque preventivo del PSEVC-Caligidosis. D.8. No se considera a los acopios ni embarcaciones como fuente de riesgo pese a su potencial diseminador de parásitos.
Resultado esperado	• Regulación que establezca exigencias y sanciones en relación con medidas de contención en acopios, traslados y tratamientos en wellboats que considere un enfoque ecosistémico para la protección del patrimonio sanitario.
Paquete	Normativo
Socios estratégicos	SERNAPESCA, Salmonchile, SUBPESCA, empresas productoras, empresas prestadoras de servicios, centros de investigación, INTESAL y Armasur

Tabla 110. Ficha acción N16. paquete normativo.

Acción	**N16. Registro de embarcaciones con sistema de retención de parásitos. (SNP)**
Descripción	La acción apunta a establecer un registro público de las embarcaciones prestadoras de servicios que cuentan con sistema de retención de parásitos en caso de que realicen tratamientos a bordo. El registro debe ser incorporado en el PSEVC-Caligidosis.
Estudio específico	No requiere
Brechas	D.2. Escaso enfoque preventivo del PSEVC-Caligidosis. D.8. No se considera a los acopios ni embarcaciones como fuente de riesgo pese a su potencial diseminador de parásitos
Resultado esperado	• SERNAPESCA establece un registro de las embarcaciones que cuentan con sistema de retención de parásitos
Paquete	Normativo
Socios estratégicos	SERNAPESCA, Salmonchile, SUBPESCA, empresas productoras y empresas prestadoras de servicios

Tabla 111. Ficha acción N17. paquete normativo.

Acción	**N17. Incorporar incentivos normativos a la utilización de tratamientos no farmacológicos (Incentivos pueden ser incorporados en el mismo PSEVC - Caligidosis, o en caso de resultados positivos pueden ser considerados en otras medidas sanitarias de impacto en la industria como PRSi o densidad de cultivo).**
Descripción	Se sugiere trabajar en la línea de incentivos que puedan ser incorporados en el mismo PSEVC - Caligidosis, y que en caso de obtener resultados positivos pueden ser considerados en otras medidas sanitarias de impacto en la industria como PRSi o densidad de cultivo, a incorporarse dentro del RESA.
Estudio específico	No requiere
Brechas	D.7. No existe rotación efectiva de tratamientos, la rotación exigida por el PSEVC-Caligidosis permite que se haga en una sola jaula, en general se hace con fármacos de baja efectividad D.9. No está adecuadamente regulado en la normativa el uso de tratamientos no farmacológicos
Resultado esperado	• SERNAPESCA impulsa la utilización de tratamientos no farmacológicos a nivel normativo.
Paquete	Normativo
Socios estratégicos	SERNAPESCA, SUBPESCA y centros de investigación

Tabla 112. Ficha acción N18. paquete normativo.

Acción	**N18. Certificación de sistemas de tratamientos no farmacológicos y empresas de servicios**
Descripción	La acción se enfoca en la exigencia a los prestadores del servicio de tratamientos no farmacológicos certificar su calidad en función de los estándares que se definan en el estudio eficacia de tratamientos no farmacológicos, con indicadores de resistencia, sensibilidad y welfare. Esta certificación debe ser exigida en el PSEVC-Caligidosis.
Estudio específico	NE9. Estudiar eficacia de tratamientos no farmacológicos, con indicadores de resistencia, sensibilidad y welfare.
Brechas	D.9. No está adecuadamente regulado en la normativa el uso de tratamientos no farmacológicos.
Resultado esperado	• Empresas de servicios de tratamientos no farmacológicos sometidas a certificación de la calidad del servicio ofrecido
Paquete	Normativo
Socios estratégicos	SERNAPESCA, SUBPESCA, Salmonchile, empresas productoras y empresas prestadoras de servicios

Tabla 113. Ficha acción N19. paquete normativo.

Acción	**N19. Diseñar e implementar protocolo interno en SNP con indicadores de seguimiento de causas de programas específicos**
Descripción	El diseño no sólo debiera considerar variables de seguimiento procesal de las causas a nivel de programa sanitario, sino incorporar indicadores de eficiencia y efectividad de la fiscalización, en función de la cual evaluar cambios normativos o de intensidad fiscalizadora y/o manejo judicial. Este protocolo debe ser incorporado como indicador de gestión de desempeño (PMG o similar).
Estudio específico	No requiere
Brechas	E.10. Insuficiente seguimiento de causas judiciales.
Resultado esperado	• Indicadores para el seguimiento de causas de asociadas a programas sanitarios específicos
Paquete	Normativo
Socios estratégicos	SERNAPESCA y centros de investigación

Tabla 114. Ficha acción N20. paquete normativo.

Acción	**N20. Incorporar protocolo de suficiencia de las respuestas y consecuencias asociadas para informes de Fallas (símil guía de vigilancia)**
Descripción	Determinar cuáles serán los criterios de suficiencia para calificación de Informes de Fallas requeridos por el programa. Adicionalmente especificar cuáles serán las sanciones al no alcanzar la suficiencia de las respuestas contenidas en el Informe de fallas. Estos criterios deben quedar establecidos como modificación dentro del PSEVC-Caligidosis.
Estudio específico	No requiere
Brechas	D.10. El PSEVC-Caligidosis no indica cuáles son los criterios para calificar la suficiencia de las respuestas que presentan los titulares en el Informe de Fallas de los tratamientos.
Resultado esperado	• Contar con criterios claros para clientes externos que permita conocer las hipótesis que determinan la suficiencia de informes de fallas.
Paquete	Normativo
Socios estratégicos	SERNAPESCA, SUBPESCA y centros de investigación.

XVII.1.2 Fichas paquete análisis de información

A continuación, se describe una de las acciones del paquete de análisis de información que requiere un estudio de I+D.

Tabla 115. Ficha acción AI2. paquete análisis de información.

Acción	**AI2. Programa de análisis de eficacia de tratamientos farmacológicos**
Descripción	Se propone diseñar e implementar un programa de análisis de eficacia de tratamientos farmacológicos por SNP. Primeramente, se debe diseñar una metodología de análisis de eficacia de tratamientos farmacológicos, en este punto existen avances tanto en los estudios del PGSA como del IFOP, que se deben considerar al establecer una metodología de análisis, para luego, realizar análisis periódicos de eficacia de tratamientos farmacológicos. Esta acción está apoyada por todo el paquete de TI que le proveerá insumos para poder analizar la información que se requiere.
Estudio específico	AIE1. Estudio de determinación de indicadores, niveles de alertas y acciones ante fallas en la efectividad de tratamientos.
Brechas	E.4. Baja capacidad del sector público para evaluar la efectividad de tratamientos aplicados.
Resultado esperado	• Análisis de eficacia de tratamientos farmacológicos disponibles para el sector.
Paquete	Análisis de información
Socios estratégicos	SERNAPESCA y centros de investigación

XVII.2 Piscirickettsiosis

A diferencia de lo previamente expuesto sobre los lineamientos de futuras medidas de vigilancia, prevención y control de caligidosis, que fueron establecidos recientemente dentro del marco del Programa de Gestión sanitaria en la Acuicultura, y según el conocimiento del equipo consultor, no existe en desarrollo alguna iniciativa que esté abordando alguna propuesta regulatoria para el control de la piscirickettsiosis. Por ese motivo, el análisis sobre futuras medidas de gestión sanitaria para el control de esta enfermedad fue discutido en base al estado del arte de la investigación en curso y estructura general del sector.

En primera instancia, debe considerarse que las estrategias de prevención comúnmente utilizadas se basan en vacunas. Actualmente hay diferentes tipos de vacunas en el mercado, las que complementariamente presentan diferentes estrategias de aplicación. Hasta la fecha, se han utilizado de forma infructuosa múltiples vacunas, para la prevención de la enfermedad. Se presume la eficacia de las vacunas comerciales no ha sido la necesaria. Es necesario aumentar los estudios que permitan estimar la respuesta inmunológica y real utilidad en el campo, de las vacunas comerciales, incluyendo la evaluación de las estrategias de revacunación o booster.

En cuanto a las acciones de control de la enfermedad, mediante el uso de antimicrobianos, estas deben ser revisadas. Hace años esto representa un tema crítico para la industria salmonicultora nacional, ya que los niveles de uso han generado una imagen negativa para la industria, tanto a nivel nacional, como internacional. Es por eso que existen iniciativas que apuntan a mejorar el diagnóstico, y las condiciones de producción, de modo tal que se haga una reducción en el uso de antimicrobianos. En este sentido, el desarrollo de nuevos principios activos, o el uso de herramientas de control que no se basen en el uso de antimicrobianos, como, por ejemplo; selección de líneas genéticas más resistentes a la enfermedad, o el uso de inmunomoduladores, debe ser evaluado, en términos de su efecto epidemiológico sobre la morbilidad y mortalidad asociada a la enfermedad.

Si bien, como se mencionó previamente, no se ha realizado un estudio específico que identifique lineamientos futuros, el estudio “Desarrollo de una Propuesta Regulatoria para el Control de la caligidosis”, contiene algunos lineamientos que, si aplican a piscirickettsiosis, éstos son:

Evaluación del programa:

Normar la evaluación del programa PSEVC-Piscirickettsiosis junto con definir metodología, frecuencia e indicadores: Se debe incorporar en el PSEVC-Piscirickettsiosis la evaluación periódica de éste; junto con definir una metodología, debería considerar, al menos, los siguientes componentes: frecuencia y tipo de análisis, información requerida, metas, indicadores de desempeño, resultados con recomendaciones de ajustes y/o modificaciones. Para ello se debe realizar un estudio que defina una metodología, frecuencia e indicadores para la evaluación del programa.

Evaluación integral y comprehensiva de los programas sanitarios

Diseñar un programa anual donde se definan las políticas, las estrategias y los planes de acción de riesgo integral y comprehensivo que incorpore los niveles de riesgo y correlación de las variables monitoreadas por SNP en todos sus programas sanitarios. Para ello se debe realizar un estudio que establezca elementos y parámetros para el diseño de un programa integrado y comprehensivo de riesgo que permita determinar niveles de riesgo y correlación entre variables, junto con la conjugación de las medidas vigilancia y control (semáforo para patologías).

XVIII. Metodología para la evaluación costo-beneficio de futuras medidas de vigilancia, prevención y control de caligidosis y piscirickettsiosis

Para evaluar el cambio de una estrategia de intervención a otra se requieren métodos de presupuesto que permitan comparar los beneficios y costos marginales del cambio propuesto. El método diseñado para tales comparaciones es el análisis de presupuesto parcial previamente descrito. Los costos y beneficios de un cambio son estimados y comparados para dar una indicación de si el cambio vale o no la pena. Es necesario precisar que, si estudios futuros involucran costos y beneficios que ocurren en diferentes períodos de tiempo, se debe introducir el ítem descuentos y tasa de interés.

Como se ha mencionado en los capítulos previos, el análisis de presupuesto parcial no está diseñado para mostrar la ganancia o pérdida de la empresa en su conjunto, sino el aumento o la disminución neta en el ingreso neto como resultado de los cambios propuestos. De esta manera, la función de presupuesto parcial es siempre la misma e incluye los cuatro ítems básicos a comprar:

Costos	Beneficios
Nuevos costos (a)	Costos ahorrados (c)
Ingresos perdidos (b)	Nuevos ingresos (d)

Así, el efecto de cada estrategia nueva a evaluar en futuros estudios debe ser desglosado en cada uno de los cuatro componentes del presupuesto parcial, generándose la nueva sumatoria de costos y beneficios, que será comparada con la estrategia basal u otra estrategia de intervención a evaluar. Es importante mencionar, que no todas las estrategias de intervención tienen un efecto en cada uno de los cuatro componentes del análisis de presupuesto parcial, es decir, puede ocurrir el caso de que una nueva estrategia a evaluar sí se asocie a nuevos costos (a), permita ahorrar otros costos (c), genere nuevos ingresos (d) pero no se registren ingresos perdidos (b). En estos casos, a ese ítem (ingresos perdidos) simplemente se le asigna el valor 0.

XIX. Propuesta de acciones para mejorar la evaluación y monitoreo de medidas

En este apartado se desarrolla una propuesta de acciones que apuntan al mejoramiento de las medidas que Sernapesca implemente en el futuro, enfocándose en optimizar las tareas de evaluación y monitoreo de éstas.

XIX.1 Evaluación

XIX.1.1 Evaluación periódica de Programas Sanitarios con metodología establecida

Los programas sanitarios específicos a través de los cuales el Sernapesca ejerce la gestión sanitaria no cuentan con una metodología de evaluación y tampoco con ni indicadores definidos que permitan la evaluación del desempeño de éstos. El ciclo de toda política pública se compone de tres ejes principales: diseño, implementación y evaluación, y en este sentido la institución está realizando sólo los dos primeros, dejando el ciclo de mejora continua inconcluso. La propuesta de acción para el mejoramiento de la evaluación va en la línea de establecer la obligación periódica de evaluación de los PSEVC-Caligidosis y PSEVC-SRS, sin perjuicio de la facultad de la autoridad de modificarlo frente a cambios en la condición epidemiológica, como así también de los otros programas, que permitiera a todos los incumbentes poder formular observaciones, contribuyendo así con la mejora continua y las adecuaciones pertinentes.

XIX.1.2 Soporte científico

La institución requiere contar con un adecuado cuerpo de conocimiento científico tanto nacional como internacional, que permitiría mejorar significativamente el diseño y evaluación de los programas sanitarios específicos y generales. A pesar de que se han hecho importantes esfuerzos por contar con información científica que apalanque las decisiones políticas en relación al marco regulatorio, actualmente se carece de un sistema formal, permanente y eficaz de sistematización y transferencia del conocimiento generado como soporte científico. Este sistema debiese considerar en un plan de acción que al menos realice la priorización tanto de las necesidades de transferencia de conocimiento generado como de las necesidades de generación de nuevo conocimiento en el mediano y largo plazo.

XIX.2 Monitoreo

XIX.2.1 Monitoreo Inteligente a través de Sistemas TI

Se propone el desarrollo de una estrategia de fiscalización integrada basada en el monitoreo inteligente, que basado en sistemas de inteligencia para la vigilancia y monitoreo como parte de la fiscalización de la acuicultura. Este sistema debe permitir mayor eficacia y eficiencia en el proceso de implementación del marco normativo establecido específicamente para caligidosis y SRS, como de los que aplican para otras patologías que posean un programa sanitario asociado. En este contexto, resulta relevante la implementación de sistemas de información que permitan la captura de datos de manera pertinente y oportuna, además que consideren su validación y su análisis bajo un enfoque de riesgo.

XX. Conclusiones y recomendaciones

La acuicultura chilena ha presentado un notable crecimiento durante los últimos años, convirtiéndose en el sector de producción alimentaria con más rápido crecimiento del mundo. A nivel global, el cultivo de especies salmónidas se destaca como una importante actividad debido al valor agregado de sus productos. Chile representa el segundo mayor productor de salmónidos a nivel mundial. Sin embargo, estos sistemas de producción animal están expuestos al peligro y las consecuencias que generan las enfermedades animales, constituyéndose como la principal amenaza para la sustentabilidad de este sector productivo. Dentro de las enfermedades prioritarias para la acuicultura chilena, destacan la caligidosis y la piscirickettsiosis.

Aunque ambos problemas sanitarios son de gran importancia para la acuicultura nacional, no existe suficiente información, en el ámbito de la epidemiología ni de los costos asociados a ellas, ni de la rentabilidad de las medidas de gestión sanitaria definidas en la normativa vigente. De todas formas, se han desarrollado y están en curso diversas investigaciones que apuntan a elevar el conocimiento en temas de epidemiología y diagnóstico de la caligidosis y de la piscirickettsiosis. Todas estas iniciativas apuntan a mejorar las estrategias de gestión sanitaria, que se orientan en medidas concretas para la prevención, vigilancia y control de los problemas sanitarios antes mencionados. Es relevante destacar que otras iniciativas de investigación y desarrollo apuntan al desarrollo de plataformas que ayuden a mantener, integrar y analizar la información sanitaria y ambiental, con el fin de generar alerta temprana sobre problemas sanitarios y apoyar a la gestión sanitaria.

Actualmente, el sector acuícola no cuenta con alguna herramienta que permita integrar los efectos de las estrategias de gestión sanitaria de las enfermedades prioritarias, con el costo asociado a dichas acciones. Complementariamente, el análisis económico del nivel de control óptimo de enfermedades animales es complejo. Esto se debe a la diversidad de enfermedades existentes, a las diferencias en su epidemiología y naturaleza de aparición, así como a la considerable variación entre las distintas medidas preventivas, tratamientos y respuestas obtenidas frente a estas intervenciones. El análisis económico en salud animal tiene en cuenta los beneficios monetarios y los costos del control de enfermedades. Para ello, es fundamental combinar conocimientos biológicos y veterinarios con consideraciones financieras. En consecuencia, para un análisis económico completo, se requieren insumos tanto de ciencias económicas como de ciencias diferentes a la economía. Una herramienta muy utilizada en la

evaluación económica en salud animal es el análisis de costo-beneficio, el cual determina las opciones económicas óptimas tanto a nivel de explotaciones como a escalas más amplias, por ejemplo, a nivel regional o nacional. Con este enfoque, la optimización se logra cuando se obtienen beneficios netos, es decir, cuando los beneficios económicos menos los costos, se maximizan.

El marco normativo establece que es un deber del Estado proteger el patrimonio sanitario del país, para lo cual deben adoptarse las medidas destinadas a establecer los instrumentos de control que permitan el cumplimiento de dicho fin. El Artículo 86º de la Ley General de Pesca y Acuicultura establece que deberán reglamentarse las medidas de protección y control para evitar la introducción de enfermedades de alto riesgo, aislar su presencia en caso de que éstas ocurran, evitar su propagación y propender a su erradicación, determinando las patologías que se clasifican de alto riesgo. Por su parte, el Reglamento de medidas de protección, control y erradicación de enfermedades de alto riesgo para las especies hidrobiológicas (RESA) dispone que el Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura deberá, mediante resolución, establecer programas sanitarios generales y específicos. Los programas sanitarios tendrán por objeto determinar los procedimientos específicos y las metodologías de aplicación de las medidas que contempla el presente reglamento. Los programas generales aplicarán las medidas sanitarias adecuadas de operación contempladas en el RESA, según la especie hidrobiológica utilizada o cultivada, con el fin de promover un adecuado estado de salud de la misma, así como evitar la diseminación de las enfermedades y agentes patógenos.

Las herramientas de gestión sanitaria que se consideran para estas enfermedades prioritarias para la salmonicultura nacional son relativamente similares, variando la frecuencia e intensidad de sus aplicaciones, según la condición sanitaria de los centros de cultivo. Entre estas herramientas se incorporan procedimientos de bioseguridad generales, que buscan por una parte prevenir el ingreso de los agentes patógenos a las unidades productivas, así como también, evitar que estos se diseminen a otras unidades productivas (desde una unidad infectada). Estos principios se conocen como bioexclusión y biocontención, respectivamente. Complementariamente a las condiciones de bioseguridad, se establecen las condiciones para aplicar tratamientos farmacológicos. Los fármacos disponibles han pasado un riguroso proceso de evaluación para su uso en animales acuáticos, y se han diseñado estrategias que apuntan a resguardar la inocuidad de los productos generados, así como también evitar la generación de resistencia a los principios activos. Otras herramientas de control se relacionan con la cosecha anticipada, en busca de reducir la presión de infección o infestación en zonas de

mayor riesgo. De forma transversal, los programas sanitarios definen acciones de vigilancia, que permiten tomar decisiones oportunas de gestión sanitaria. A la fecha, no se identifican estudios que hayan evaluado con precisión los efectos epidemiológicos de las medidas previamente descritas, ni se conocen todos los detalles de la epidemiología de la piscirickettsiosis ni de la caligidosis.

Además de las falencias en el conocimiento de la epidemiología de la piscirickettsiosis y de la caligidosis, también existe una falencia en el estudio del impacto económico de estas enfermedades. A nivel global, si se pudieron identificar algunos datos sobre el impacto que generan enfermedades que afectan a la producción de salmones, no se pudieron identificar resultados de análisis que evalúen la rentabilidad de las acciones de control de enfermedades en la acuicultura.

En Chile se han desarrollado programas de control y erradicación de enfermedades animales, los cuales han podido lograr los objetivos epidemiológicos abordados. Sin embargo, la evaluación económica de estos, o de la situación basal que existía antes de su inicio es escasa, sin encontrarse estudios que hayan evaluado el impacto socio económico de enfermedades animales, ni tampoco de las medidas de gestión sanitaria.

Al realizarse un levantamiento de información con representantes de la industria de producción de aves y cerdos nacional, pudo identificarse que existe un levantamiento parcial de información (generalmente costos) de problemas sanitarios, pero sin una metodología, modelo o instrumento que permita realizar una evaluación del impacto que pueden generar cambios en las acciones de gestión sanitaria, y apoyar la toma de decisiones.

Los resultados de una evaluación socioeconómica son importantes para la toma de decisiones sobre la asignación de recursos tanto a nivel público como privado. Asimismo, la información generada es clave para el desarrollo de políticas agropecuarias. Una evaluación socioeconómica en salud animal tiene que comenzar desde una línea base para comparar la situación con y sin una intervención. El desarrollo de una línea base necesita información sobre los sistemas de producción y comercialización del (o los) producto(s) de interés, y el comportamiento de la enfermedad dentro estos sistemas. La última parte está basada en la epidemiología y economía del control de la enfermedad. Sin esta información, un análisis socioeconómico de una intervención en salud animal tiene limitado valor. Por lo tanto, la metodología que se presenta y utiliza en este estudio tiene una visión holística de los subsectores involucrados y se enfoca en las necesidades para generar una línea base que posea la suficiente información

técnica, y que permita predecir el impacto que genera una intervención sanitaria en la epidemiología de la enfermedad.

La estructura de un análisis socioeconómico de un programa de salud animal debería considerar los siguientes elementos:

- Los parámetros técnicos de producción
- Los parámetros técnicos de la enfermedad
- La escala de los sistemas de producción
- El impacto en el mercado (nacional e internacional)
- El impacto en el medioambiente
- El impacto social

Es probable que no se puedan cuantificar todos los componentes de un modelo para la evaluación de un programa de salud animal, en particular los impactos sociales y medioambientales. Sin embargo, conocer la estructura lleva a pensar sobre los diferentes ejes de los impactos de una intervención y la necesidad de hacer mediciones en términos cuantitativos y cualitativos.

Entre las metodologías para realizar evaluaciones socioeconómicas de programas de salud animal, el análisis de presupuesto parcial destaca como la herramienta óptima. Esta herramienta identifica los costos y beneficios de un cambio en el control de una enfermedad y estima los beneficios menos los costos.

Es probable que los datos secundarios no sean suficientes para la lista completa de información necesaria para realizar un análisis de presupuesto parcial. Donde exista carencia de información, es necesario tomar decisiones sobre la recopilación de datos primarios o el uso de estimaciones de los expertos. La decisión estará basada en el presupuesto disponible para la recopilación de los datos y la sensibilidad del análisis de los datos faltantes. Si el presupuesto no es suficiente para la recopilación de datos importantes se tiene que utilizar estimaciones. Es recomendable explicar dónde y cómo las estimaciones pueden influir los resultados. Esto puede ser una manera para priorizar investigaciones y la recopilación de datos en el futuro.

El modelo teórico presentado consideró que la evaluación de costo-beneficio debe ser vista de forma sistémica, es decir, que considere no solamente el beneficio neto productivo sino otros ámbitos que interactúan sectorialmente bajo la lógica del bien común. Para generar una línea base se distinguen siete ejes, éstos son:

1. Productivo

2. Gestión sanitaria
3. Logístico-Territorial
4. Ambiental
5. Socioeconómico
6. Institucional
7. Capital humano

Sin embargo, la información necesaria para realizar esta aproximación teórica presenta dispares estados de disponibilidad. El estudio evidenció importantes brechas de información, que impidieron desarrollar un modelo sistémico costo-beneficio de mayor complejidad. Por consiguiente, resulta fundamental avanzar en acortar las brechas de información, de manera de apuntar a una evaluación sistémica que considere los ejes: Productivo, Gestión sanitaria, Logístico-Territorial, Ambiental, Socioeconómico, Institucional y Capital humano, que permitirán el desarrollo de un modelo costo-beneficio más robusto que apoye la toma de decisiones oportunas y eficientes.

Por ejemplo, la información sanitaria y algunos parámetros productivos están disponibles, con un buen nivel de detalles y frecuencia de recopilación. Esto se debe a que los programas sanitarios antes mencionados, obligan al reporte por parte de las empresas productoras de salmón, y el Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura ha invertido en el desarrollo, implementación y mantención de un sistema de información que permite almacenar estos datos (SIFA). Asimismo, este sistema captura parcialmente las medidas de prevención y tratamientos farmacológicos realizados. Una situación distinta ocurre con la información asociada a los costos de las acciones de gestión sanitaria, las cuales es muy probable que estén muy bien caracterizadas, parametrizadas, medidas y registradas en los sistemas de gestión de las empresas productoras de salmones, pero no están disponibles para uso público. En este proyecto se diseñaron y utilizaron diferentes estrategias para levantar esta información (e.g. encuesta y entrevistas) lográndose parcialmente el acceso a algunos datos. El principal problema para el acceso a la información fue que las empresas consideran dichos datos de costos, información estratégica de producción. De existir obligatoriedad en compartir parte de estos datos, se vislumbra que en el corto plazo habría información suficiente para realizar el análisis propuesto previamente.

Otros componentes (ejes) de información se percibe que podrían levantarse en el mediano o largo plazo, por ejemplo, los relacionados a los costos y beneficios sociales, ambientales e institucionales, para los cuales en la actualidad no hay

formas establecidas para medirlos. En cuanto al eje territorial, y a modo de complementar la información disponible, es que se propone evaluar el establecimiento de una zonificación dentro del territorio donde opera la industria salmonera que permita conocer las diferentes tarifas basadas en la distancia desde los diferentes polos logísticos.

En base a los antecedentes revisados, y la información disponible, se desarrolló un modelo de análisis y una herramienta para su aplicación que se compone de tres simuladores, que son:

1. Simulador de biomasa en el agua de un ciclo productivo: tiene como objetivo modelar la variable crítica del modelo costo-beneficio para la evaluación de medidas regulatorias para un ciclo productivo.

2. Simulador de biomasa en el agua para escenarios SRS y Caligus: tiene como objetivo modelar la variable crítica del modelo costo-beneficio para la evaluación de medidas regulatorias para un ciclo productivo bajo distintos escenarios sanitarios de SRS y caligidosis.

3. Simulador de presupuesto parcial: tiene como objetivo simular bajo el modelo de evaluación de presupuesto parcial una medida regulatoria.

Los simuladores desarrollados permiten:

- Proyectar biomasa en el agua de un ciclo productivo, determinando mensualmente la biomasa de un centro de cultivo
- Evaluación de las medidas regulatorias, por ejemplo, cosecha anticipada, permite determinar la biomasa que deberá cosechar y la biomasa perdida, es decir, aquella que no obtuvo el productor por término anticipado del ciclo productivo.
- Determinar la variable crítica de costo-beneficio identificando el beneficio productivo del productor
- Comparar la biomasa en el agua de un centro de cultivo bajo distintos escenarios sanitarios.
- Customización de escenarios, es decir, permite la modificación de los rangos que definen los escenarios.

Las herramientas desarrolladas permiten apoyar la toma de decisiones en la gestión sanitaria en acuicultura. Cabe recordar que esta toma de decisiones involucra a diversos sectores, con diferentes objetivos y estructura, donde por ejemplo el sector público debe velar, entre otros, por el desarrollo del país, la protección del estatus

sanitario y la disponibilidad de alimentos seguros para la población. Mientras que el sector productivo, busca maximizar las ganancias de su actividad. Es por eso por lo que el proceso de toma de decisiones en salud animal es extremadamente complejo. Idealmente este proceso debe ser a) informado, b) sistemático y c) oportuno, involucrando los componentes epidemiológicos y económicos referentes a las acciones de gestión sanitaria a evaluar. En este sentido, incorporar elementos de evaluación económica (costo-beneficio) resulta extremadamente útil y necesario, por lo que el apoyo en herramientas tecnológicas como son los simuladores permite integrar la información de forma sistemática, y dar elementos oportunos e informados, que permiten anticipar los efectos de las medidas de vigilancia, prevención y control de enfermedades animales

XXI. Anexos

XXI.1 Anexo 1 Informe de Ajuste Metodológico

A continuación, se presenta el Informe N°1 de Ajuste Metodológico que contiene los ajustes metodológicos acordados con la contraparte a partir de las observaciones generadas a la propuesta presentada.

XXI.1.1 Introducción

El presente es el informe de ajuste metodológico del proyecto "Análisis costo-beneficio de las medidas de vigilancia, control y prevención de las enfermedades piscirickettsiosis y caligidosis" cuyo objetivo es desarrollar un modelo de análisis de costo – beneficio que se base en la bioeconomía acuícola como herramienta para evaluar y tomar decisiones respecto de medidas de vigilancia, control y prevención de piscirickettsiosis y caligidosis. El proyecto contempla un plazo de ejecución de 4 meses.

El equipo de investigadores es multidisciplinario, dado que reúne profesionales de áreas diversas, a saber: medicina veterinaria, economía, ingeniería civil industrial, ingeniería informática, geografía y gobernanza, las cuáles logran ser eficientemente complementadas para el desarrollo de los objetivos planteados en esta propuesta. Los profesionales cuentan con amplia trayectoria en acuicultura y desarrollo de proyectos con organismos del Estado.

Este proyecto se desarrolla en estrecha colaboración con el Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura y los profesionales del Programa para la Gestión Sanitaria en la Acuicultura como contraparte de la asesoría y otros organismos involucrados. Se establecerán reuniones regulares de trabajo para el diseño, análisis y evaluación de los productos intermedios contemplados, esto supone una recurrente interacción por parte del equipo de trabajo de FAVET para el logro de los objetivos establecidos en las bases de licitación.

XXI.1.2 Presentación del proyecto

XXI.1.2.1 Objetivo

XXI.1.2.1.1 Objetivo general

Desarrollar un modelo de análisis de costo – beneficio que se base en la bioeconomía acuícola como herramienta para evaluar y tomar decisiones respecto de medidas de vigilancia, control y prevención de piscirickettsiosis y caligidosis.

XXI.1.2.1.2 Objetivos específicos

g) Caracterizar las medidas de vigilancia, control y prevención consideradas en la actual normativa vigente relativa a piscirickettsiosis y caligidosis y otros ámbitos que son soporte de la normativa.

h) Levantar datos para la estimación de costo y beneficios de las medidas de vigilancia, control y prevención consideradas en la actual normativa vigente relativa a piscirickettsiosis y caligidosis.

i) Identificar brechas de información para la estimación del costo-beneficio de las medidas de vigilancia, control y prevención consideradas en la actual normativa vigente relativa a piscirickettsiosis y caligidosis.

j) Entregar un modelo de análisis de costo-beneficio que permita evaluar aquellas medidas de vigilancia, control y prevención consideradas en la actual normativa vigente relativa a piscirickettsiosis y caligidosis, a nivel de centro de cultivo, ACS y región.

k) Proponer una metodología basada en el modelo bioeconómico propuesto, que permita realizar el análisis costo–beneficio de futuras medidas de vigilancia, prevención y control de caligidosis y piscirickettsiosis, cuyas relaciones funcionales, variables, parámetros y datos sean resultado del Programa para la Gestión Sanitaria en la Acuicultura.

l) Capacitar a la contraparte técnica en el uso de la metodología y modelo de análisis de costo-beneficio

XXI.1.2.2 Resultados esperados

Los resultados aportados por esta investigación se verán concretados en un informe final que contenga los siguientes productos:

1. Informe de ajuste de metodología y planificación
2. Estudio de identificación y caracterización de medidas regulatorias de la normativa nacional vigente de vigilancia, control y prevención relativas a piscirickettsiosis y caligidosis y otros ámbitos de soporte de las medidas regulatorias.
3. Estudio comparativo a nivel nacional e internacional en modelos de análisis de costo-beneficio, identificando elementos que permitan evaluar medidas de vigilancia, control y prevención relativa a piscirickettsiosis, caligidosis y otras enfermedades.
4. Prediseño del modelo análisis de costo-beneficio que contenga los lineamientos y principales variables a considerar.
5. Reporte de taller con contraparte técnica y otros actores a definir para la presentación de resultados de la etapa 1 y prediseño del modelo de análisis de costo-beneficio y panel de expertos para levantar costos con actores públicos y privados.
6. Datos para la estimación de costo y beneficios de las medidas de vigilancia, control y prevención consideradas en la actual normativa vigente relativa a piscirickettsiosis y caligidosis.
7. Reporte de encuesta-focus group con panel de expertos para levantar costos con actores públicos y privados.
8. Brechas de información para la estimación del costo-beneficio de las medidas de vigilancia, control y prevención consideradas en la actual normativa vigente relativa a piscirickettsiosis y caligidosis.
9. Modelo de análisis de costo-beneficio que permita evaluar aquellas medidas de vigilancia, control y prevención consideradas en la actual normativa de piscirickettsiosis y caligidosis, a nivel de centro de cultivo, ACS y región.
10. Herramienta de simulación que permita analizar costo y beneficio de la implementación y operación de diversas medidas de vigilancia, prevención y control de caligidosis y piscirickettsiosis.
11. Reporte de taller de validación de escenarios y del modelo paramétrico de simulación en conjunto con la contraparte técnica.
12. Metodología para la evaluación de costo y beneficio de futuras medidas de vigilancia, prevención y control de caligidosis y piscirickettsiosis.
13. Propuesta de acciones para mejorar la evaluación y monitoreo de medidas.

14. Reporte de taller de capacitación de uso del modelo de análisis de costo-beneficio y metodología para la evaluación de costo y beneficio de futuras medidas.
15. Documento de difusión de resultados del proyecto.

XXI.1.3 Necesidad que se atiende y el problema a resolver

La acuicultura chilena ha presentado un notable crecimiento durante los últimos años, aumentando la producción desde 55,7 a 73,8 mil millones de toneladas, convirtiéndose en el sector de producción alimentaria con más rápido crecimiento del mundo (FAO, 2016). Dentro del panorama acuícola mundial, el cultivo de especies salmónidas se destaca como una importante actividad debido al valor agregado de sus productos. Esta industria ha alcanzado cerca del 17% del valor total generado por la acuicultura global. Chile representa el segundo mayor productor de salmónidos a nivel mundial, generando 830.000 toneladas durante el 2015 equivalente a 4.976 millones de dólares de ingreso en el mismo año (FAO, 2016). Sin embargo, este sistema de producción animal está expuesto al peligro y la consecuencia que generan las enfermedades, constituyéndose como la principal amenaza para la sustentabilidad de este sector productivo. Dentro de las enfermedades prioritarias para la acuicultura chilena destacan la caligidosis y la piscirickettsiosis.

La caligidosis, en Chile, es una enfermedad producida por Caligus rogercresseyi (Boxshall & Bravo, 2000), comúnmente llamado piojo de mar o caligus, el cual corresponde a un ectoparásito copépodo endémico que habita las aguas marinas y salobres de Chile (Bravo & Midtlyng, 2007; Asencio et al., 2011). Las principales especies salmonídeas hospederas que han demostrado ser altamente susceptibles a C. rogercresseyi en orden decreciente de susceptibilidad son la trucha arcoíris y el salmón del Atlántico. En contraste, el salmón coho presenta resistencia bajo las mismas condiciones de cultivo, siendo parasitado solo por estadios juveniles (chalimus), que no logran alcanzar el estado adulto en esta especie salmonídea (Pino-Marambio et al., 2007, Asencio, 2015).

Por otra parte, la piscirickettsiosis es causado por Piscirickettsia salmonis, una bacteria Gram-negativa facultativa intracelular (Fryer and Hedrick, 2003). La piscirickettsiosis es reconocida como la enfermedad bacteriana más importante para la industria salmonera en Chile, afectando a los peces durante la etapa del ciclo productivo en agua de mar con una alta mortalidad. Asimismo, es

identificada como la principal causa de tratamientos con antimicrobianos, situación que es una externalidad negativa para la producción nacional. Debido a su importancia, el año 2012 se introdujo un plan de vigilancia activa contra SRS, cuya estrategia incluye pruebas microbiológicas y moleculares, que son voluntarias y se complementan con tratamientos de vacunación y antibióticos, estos últimos administrados principalmente a través de alimentos para peces (Henriquez et al., 2016).

Aunque ambos problemas sanitarios son de gran importancia para la acuicultura nacional, no existe suficiente información, en el ámbito de la epidemiología ni de los costos asociados a ellas, ni de la rentabilidad de las medidas de gestión sanitaria definidas en la normativa vigente. De todas formas, se han desarrollado y están en curso diversas investigaciones que apuntan a elevar el conocimiento en temas de epidemiología y diagnóstico de la caligidosis y de la piscirickettsiosis. Todas estas iniciativas apuntan a mejorar las estrategias de gestión sanitaria, que se orientan en medidas concretas para la prevención, vigilancia y control de los problemas sanitarios antes mencionados.

Asimismo, es relevante destacar que otras iniciativas de investigación y desarrollo apuntan al desarrollo de plataformas que ayuden a mantener, integrar y analizar la información sanitaria y ambiental, con el fin de generar alerta temprana sobre problemas sanitarios y apoyar a la gestión sanitaria.

Sin embargo, hasta ahora no se han destinado esfuerzos para la evaluación del costo asociado a la caligidosis ni a la piscirickettsiosis, que permitan evaluar si las medidas de gestión sanitaria, que apuntan a la prevención, vigilancia y control de estos problemas sanitarios generan un beneficio en términos económicos. Por dicho motivo se presenta la siguiente propuesta que aborda este vacío en la gestión sanitaria de la acuicultura, que propone el desarrollo de un modelo de análisis bioeconómico de costo–beneficio, como herramienta para evaluar y tomar decisiones respecto de medidas de gestión sanitaria para piscirickettsiosis y caligidosis, que pueda ser utilizado tanto para la toma de decisiones públicas como privadas, integrándose con las diversas iniciativas de investigación y desarrollo que actualmente están en marcha en este sector productivo.

XXI.1.4 Respuesta a Observaciones para ajuste metodológico

El jueves 30 de agosto de 2018 se realizó la reunión de inicio del proyecto donde se realizó el ajuste metodológico en función de las observaciones realizadas por la contraparte. A continuación, se muestran las respuestas a las observaciones mencionadas.

Observación 1:

Profundizar en la revisión del estado del arte, dado que se requiere una discusión mayor de las consideraciones para la modelación económica de costo VS beneficio, considerando desarrollos teóricos y aplicados, de otros países presentes en la literatura internacional.

Respuesta a Observación 1:

Este elemento está incluido en la propuesta aprobada, generándose y presentándose dicha información en el informe de avance de la etapa 1 (octubre 2018)

Observación 2:

Se requiere mayor detalle de los objetivos específicos

Respuesta a Observación 2:

Se modifican los objetivos, cambiando la proposición de un modelo, por entregar un modelo.

Observación 3:

Aclarar la necesidad de tener tanto un modelo de análisis costo beneficio como una metodología de análisis costo beneficio de futuras medidas.

Respuesta a Observación 3:

El modelo es la aproximación matemática que sustentará el análisis beneficio costo, identificando las "entradas", algoritmos y "salidas" del modelamiento. Esto se desarrolla en base a una conceptualización y revisión de la información disponible, que permita incorporar elementos tanto económicos (ingresos y egresos) que se afectan en la aplicación de las medidas sanitarias, como epidemiológicos (cambios en la incidencia o prevalencia de las enfermedades). La metodología, es parte que permite sistematizar el método empleado, en función de las necesidades futuras. Es decir, la forma en que se implementará el modelo, en este caso una herramienta de simulación, que permita aplicar el método frente a nuevas intervenciones sanitarias que se

definan en el futuro modificando los parámetros del modelo.

Observación 4:

En el modelo se deben considerar interacciones espaciales y temporales, y distinguir entre costos y beneficios, privados y sociales.

Respuesta a Observación 4:

La propuesta aprobada incorpora el levantamiento de diferentes niveles de información, donde el territorial y logístico son parte de ellos. Asimismo, las características epidemiológicas de las enfermedades a considerar implican la incorporación de elementos espaciales (prevalencia e incidencia en diferentes territorios). En la propuesta presentada, se menciona la diferenciación en cuanto a los costos privados, públicos y sociales, para estos últimos, a priori, se considerará empleos directos e indirectos y aspectos relativos al desempeño económico regional

Observación 5:

Dar mayor profundidad conceptual a la modelación económica de costos y beneficios (precios, inversiones, medidas y regulación potencialmente endógenas).

Respuesta a Observación 5:

Este elemento está incluido en la propuesta aprobada, generándose dicha información tanto en la etapa 1 (octubre 2018) como en la etapa 2 (noviembre 2018). La propuesta incorpora la evaluación de modelamientos desarrollados no sólo para sistemas de producción acuáticos, sino que también en otras áreas de la producción animal, donde estas herramientas son aplicadas.

Observación 6:

Evaluar la conveniencia de distintas alternativas respecto del tipo de plataforma/lenguaje en que se implementará la herramienta.

Respuesta a Observación 6:

Se incorporará una descripción de la herramienta de simulación y su implementación que especifique las plataformas/lenguaje disponibles, que justifique la selección de alguna en particular

Observación 7:

Detallar la metodología a ejecutar y los resultados esperados, aclarando el tipo de modelo que se propone desarrollar.

Respuesta a Observación 7:

En la propuesta se detalla que se desarrollará un modelo de análisis de costo beneficio, paramétrico y flexible, es decir, que se puedan incorporar nuevas variables en el futuro. Los parámetros para considerar a priori son: costos, costos evitados, balance entre factores de producción, pérdida generada por no producir, entre otros que se definirán a lo largo del proyecto. Para detallar profundamente el método (formulación) del modelo, se deben obtener los resultados de la etapa 1: información disponible (octubre 2018). Los productos a generar es el modelo mismo (incorporando los algoritmos que relacionan las variables, junto a una herramienta de simulación.

Observación 8:

Considerar un análisis asociado a los aspectos de difusión de enfermedades y las consideraciones espaciales requeridos para que el modelo bioeconómico a desarrollar sea útil para este tipo de problemas. Aportar evidencias de que se cuente con información necesaria para la parametrización y simulación de este tipo de modelos.

Respuesta a Observación 8:

En la propuesta se propone incorporar estos elementos en el modelo a desarrollar. Sin embargo, a la fecha existen brechas en la información epidemiológica sobre la transmisión de estas enfermedades, por lo que es clave la plasticidad del modelo para que, una vez que se describan estos antecedentes, poder incorporarlos en el sistema. Asimismo, es clave la interacción de este proyecto con otras iniciativas en desarrollo sobre la epidemiología de la piscirickettsiosis y la caligidosis.

Observación 9:

Aumentar la dedicación de horas en la ejecución del proyecto del economista con experiencia en el tema, sin incrementar el presupuesto total del proyecto.

Respuesta a Observación 9:

Se ha considerado aumentar la participación de F. Di Pillo a 68 horas mensuales. Asimismo, debe mencionarse que no hay sólo un economista en el equipo de trabajo, sino que más investigadores del equipo que poseen competencias en temas de economía de la salud animal (MM, JR, CHW y GA,

VV)

Observación 10:

Hacer mayor desarrollo acerca de los impactos esperados y de su cuantificación, lo mismo respecto de los factores que determinan dichos impactos.

Respuesta a Observación 10:

La propuesta aprobada indica que esto se debe abordar al concluir la etapa 1, donde se profundizará el marco conceptual, tanto en los modelos empleados, resultados y proyecciones.

Observación 11:

Proponer acciones adicionales para mejorar los mecanismos que permitan implementar el traspaso de los resultados de la investigación, y abordar desde el inicio a los beneficiarios para asegurar la implementación de los desarrollos, incluido el sistema público.

Respuesta a Observación 11:

La cuarta etapa de la propuesta aprobada incorpora la transferencia de las herramientas generadas, tanto a la industria como al sector público. Esto se realizará tanto a través de un taller, como de un documento que detalle la formulación del modelo y uso de la herramienta diseñada. El taller será focalizado en el entrenamiento para el uso de la herramienta de simulación, para profesionales identificados por la contraparte.

Observación 12:

Generar escenarios, utilizando como insumo información de otros estudios realizados dentro del programa, como por ejemplo y en específico el relacionado a regulaciones para el control de caligidosis.

Respuesta a Observación 12:

La propuesta presentada indica la necesidad de vincularse con resultados generados en las otras iniciativas en desarrollo de forma paralela. De estar disponible dicha información, será utilizada en los escenarios desarrollados. De no estar disponible, el modelo presentará la flexibilidad necesaria para que se puedan incorporar esos parámetros.

Observación 13:

Considerar ajustes del presupuesto en función de la dedicación del personal, dado que se observa un desbalance al sobreestimar los recursos solicitados

para esta partida, siendo que se hace recomendable aumentar el tiempo dedicado por parte de los economistas del equipo, sin incrementar el presupuesto total del proyecto.

Respuesta a Observación 12:

Se realizarán ajustes, en base al aumento de horas de dedicación de F Di Pillo, y a la reducción de los talleres en Puerto Montt (2) y Valparaíso (1). Asimismo, la corrección de la dedicación de cada investigador, en función de los tiempos de ejecución del proyecto

XXI.2 Anexo 2: Actas de Reunión

ACTA DE REUNIÓN DE ESTADO DE AVANCE

"ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO DE LAS MEDIDAS DE VIGILANCIA, CONTROL Y PREVENCIÓN DE LAS ENFERMEDADES PISCIRICKETTSIOSIS Y CALIGIDOSIS"

Fecha: 29 de Octubre de 2018
Hora inicio 11.00 Hrs Hora término 12.30 Hrs.

Participante	Unidad/institución
Marcela Lara (ML)	Sernapesca
Christopher Hamilton-West (CHW)	U. DE CHILE
Francisca Di Pillo (FDP)	U. DE CHILE
Eileen Malo (EM)	U. DE CHILE
Valentina Vera (VV)	U. DE CHILE
Catalina Araya (CA)	U. DE CHILE

T A B L A DE REUNIÓN

TEMA
1. Presentación de resultados de la etapa 1 y pre-diseño del modelo de análisis de costo-beneficio
2. Validación de escenarios de escenarios de simulación
3. Revisión de contenido de encuesta – panel de expertos/focus group
4. Otras precisiones para desarrollo del modelo

ACTA DE COMPROMISOS

Actor	Compromiso	Fecha de ejecución
U. DE CHILE	• Recordar a ML preguntar a Berta Contreras sobre la autorización para acceder a la base de datos de AUSVET • Enviar un mail a ML pidiendo código de centros que se están certificando por no uso de antimicrobianos • Enviar encuesta dirigida a funcionarios de Sernapesca (nacional y regiones) a ML para su revisión • Enviar encuesta de costos a privados a ML para su revisión. • Enviar encuestas y mail de personas que la dirigida a ML para que sea enviada	

FIE – Sernapesca	• ML preguntar a Berta Contreras sobre acceso a plataforma y conseguir autorización de las 7 empresas (link agua mar-agua dulce) que declaran en dicha plataforma para acceder a la base de datos. • ML envío de resultados del proyecto de AUSVET • ML envío de código de centros que se están certificando en no uso de antimicrobianos • Revisión de encuesta costos privados y costos públicos • ML envío de encuesta a privados	

ACTA

1. Presentación estado de avance del proyecto

- Se presenta estado de avance del proyecto hasta el momento.
- Se presenta Simulador de ciclo productivo. Respecto a los escenarios a simular, se considerarán 6 escenarios de SRS y 4 de Caligus. Para determinar los valores de referencia para ejecutar las simulaciones, se propone que se tomen centros representativos que serán de referencia por cada escenario y que serán escogidos por Sernapesca, una vez que se tengan los rangos de los parámetros a través de la encuesta.
- Sernapesca aprueba la propuesta de escenarios a simular
- CHW enviará un mail a ML, pidiendo código de centros que se están certificando.
- Todos los peces llegan vacunados a los centros, por lo que es muy poco probable que se tengan centros donde haya peces que no se le hayan aplicado vacunas. ML le consultará a Berta Contreras este tema. Puede que en Salmón coho se metan peces no vacunados al mar. La vacuna polivalente es la que tiene mejor efecto sobre la mortalidad. Angus de AUSVET dijo que booster no funciona porque no disminuye la mortalidad asociada. ML enviará los resultados del proyecto AUSVET.
- Se sugiere incluir el uso del lufenurón en el simulador ya que incide en la reducción en los tratamientos realizados en un centro de cultivo. ML también indica que sería interesante saber cuánto se ahorra en tratamiento usando Imvixa, que es un producto nuevo para usar en agua dulce. Sugiere revisar ciclos cerrados de Los Fiordos que si ha estado usando Imvixa.
- Se enviará correo solicitando a Sernapesca responder encuesta que busca conocer cuántas horas hombre destinad a la fiscalización/inspección/vigilancia/capacitación (al menos la X región y XI región).

2. Revisión de contenido de la encuesta

- El envío de la encuesta será realizado por Sernapesca para darle mayor connotación, pero U. de Chile enviará la lista de distribución de destinatarios para que Sernapesca envíe inmediatamente.

- ML sugiere el envío de la encuesta a las siguientes personas:
    - Rolando Ibarra (Intesal)
    - Jorge Mancilla (Marine Harvest)
    - Berta Contreras (Consultora Conecta Spa)
    - Brenda Vera (Salmones Magallanes)
    - Marcelo Brossard (Nova Austral)
    - Mauricio Labraña (Los Fiordos)
    - Alfredo Tello (Camanchaca)
    - Alejandro Heisenberg (Multiexport)
    - Juan Carlos López (Aquachile)
    - Daniel Quiroz (Cupquelán)
    - Paulo Palacios (Salmones Antártica)
    - Francisco Vallejos (Friosur)

Pasos a seguir:

- U. de Chile hará el listado de distribución (correos de los destinatarios) junto con la encuesta para que sea enviada por Sernapesca.
- U. de Chile enviará encuesta dirigida a funcionarios de Sernapesca.

XXI.3 Anexo 3: Sistemas de información

XXI.3.1.1 Introducción

El Programa Sanitario Específico de Vigilancia y Control de caligidosis (PSEVC-Caligidosis) y el Programa Sanitario Específico de Vigilancia y Control de piscirickettsiosis (PSEVC-Piscirickettsiosis)[1], indican que el titular del centro de cultivo debe reportar las cargas parasitarias monitoreadas y mortalidades en el Sistema de Información para la Fiscalización de Acuicultura (SIFA).

A continuación, se describe en detalle cada módulo relacionado con el presente proyecto, tanto en su estructura como en las brechas que presentan.

[1] Reporte en mortalidades se indica en específico en el Programa Sanitario General de Manejo de Mortalidades y su Sistema de Clasificación Estandarizado Conforme a Categorías Preestablecidas (PSGM).

XXI.3.1.2 Sistemas de información para la Fiscalización de la Acuicultura (SIFA)

El Sistema de Información para la Fiscalización de Acuicultura (SIFA) partió con un piloto en 2011 con los módulos de Administración general, Parámetros RESA, Categorización, Declaración de mortalidades y declaración de tratamientos y vacunaciones. Debido a que el módulo Administración RNA (Registro Nacional de Acuicultura) no se encontraba completamente desarrollado y aprobado, y éste es un módulo crítico debido a que registra la información de registro de los centros de cultivo que es utilizada por el resto de los módulos de declaración para identificar los centros, se creó un proceso de migración desde el antiguo sistema RNA al módulo RNA de SIFA para resolver este problema, que se mantiene hasta el día de hoy.

Luego, en el año 2014, entran en operación los módulos de existencias, estructuras, Solicitud CSM y Solicitud autorización de movimiento (CAM), lo que permite que los centros comenzaran a registrar sus existencias en SIFA, actualizándose con los movimientos que el centro de cultivo va declarando en la plataforma, por medio de las solicitudes de CAM, declaraciones de existencias, y la declaración de la mortalidad semanal. Debido a la nueva forma de trabajo en el sistema, se liberó una nueva versión del módulo de mortalidades, ya que este módulo, como se mencionó anteriormente, también debía integrarse con el manejo de saldos de la aplicación. También durante ese año entraron en funcionamiento los módulos de registro y declaración de informes de laboratorios.

Figura 48. Módulos actuales de SIFA

Dentro de este capítulo se presentará a grandes rasgos el funcionamiento de los módulos que registran información relacionada con los programas sanitarios de caligidosis y de SRS, que corresponde a los módulos de informe de laboratorios, caligus, informe de laboratorios y el módulo de tratamientos y vacunaciones. A continuación, se presenta una ficha con hitos e información relevantes de cada uno de estos módulos.

Módulo	**Informe de laboratorios**
Departamento encargado	Salud Animal
Año de Inicio de operación	2014
Descripción	Este módulo permite el registro de las declaraciones de laboratorios asociadas a los programas que los laboratorios deben informar, que son: PSEVC-ISA (Anemia infecciosa del salmón), PSEVC-SRS (SRS), PVP (Programa de vigilancia pasiva), PVA (Programa de -vigilancia activa) y PSGR (Programa sanitario general de reproductores). Cada uno de estos programas tienen frecuencias distintas de declaración.
Funcionalidades	- Declaración Registro - Administrar Declaraciones - Monitorear - Consultar Registro
Módulos de los que depende	- Administración RNA - Parámetros RESA - Administración general

Módulo	**Declaración de T&V**
Departamento encargado	Salud Animal
Año de Inicio de operación	2011
Descripción	Este módulo registra y administra la declaración mensual de los tratamientos y vacunaciones realizados en los centros de cultivo. En el caso de requerir corregir o anular una declaración, el usuario debe generar una solicitud de modificación la que posteriormente el encargado de módulo debe aprobar o rechazar. También existen consultas para obtener la información registrada.
Funcionalidades	- Registrar - Administrar - Cumplimiento de Declaraciones - Administrar Solicitudes - Consultas
Módulos de los que depende	- Administración RNA - Parámetros RESA - Administración general

Módulo	**Declaración de caligus**
Departamento encargado	Salud Animal
Año de Inicio de operación	2014
Descripción	Este módulo registra y administra las declaraciones de caligus registradas semanalmente por los centros de cultivo. En un principio existían centros que declaraban DGJA (diagnóstico general por jaula), sin embargo, esta funcionalidad ya no se utiliza. Al igual que en otros módulos para que un centro de cultivo pueda realizar modificaciones en su declaración de caligus, debe generar una solicitud que luego es aceptada o rechazada por el funcionario Sernapesca encargado del módulo.
Funcionalidades	- Monitoreos o Declarar Monitoreo o Administrar Declaraciones o Monitorear Cumplimiento o Registrar Monitoreo Servicio - DGJA o Declarar DGJA o Administrar Declaraciones o Monitorear Cumplimiento - Solicitudes de modificación o Administrar Solicitudes o Modificación - Consultas Caligus o Consultas Registro Caligus o Consultas Resumen Caligus - Administrar Parámetros o Administrar Parámetros o Consultar Alertas
Módulos de los que depende	- *Administración RNA* - Parámetros RESA

Módulo	**Declaración de mortalidades**
Departamento encargado	Salud Animal
Año de Inicio de operación	2011, en 2014 sufre un rediseño debido a la necesidad de integrarse con el módulo de existencias.
Descripción	Este módulo registra y administra las declaraciones de mortalidad realizadas semanalmente por los centros de cultivo, y realiza descuentos por este concepto en las tablas de existencia pertenecientes al módulo de *Declaración de existencias.* *En el caso de los centros de mar, el sistema valida que el número de individuos máximo por unidad de cultivo coincida con lo registrado en los saldos del módulo de existencias, y en el caso de los centros de agua dulce, también se realiza la validación, pero si el monto es distinto a lo registrado en existencias, en el sistema se guarda la diferencia como un ajuste, quedando registrado en la tabla de saldos del centro.* *La declaración es semanal, y a diferencia del resto de los módulos que declaran semanalmente, si hay una semana que tiene días pertenecientes a dos meses distintos, entonces el usuario debe declarar separadamente la semana A y la semana B respectivamente.*
Funcionalidades	- Registrar Declaración - Administrar Declaraciones - Monitorear Cumplimientos - Consultar Alertas - Consultar Registro de Mortalidades - Administrar Parámetros
Módulos de los que depende	- *Administración RNA* - *Solicitud CSM* - *Declaración de Existencias* - Declaración de Estructuras

XXI.3.1.3 Módulo de Caligus

XXI.3.1.3.1 Descripción general

En el módulo de caligus permite registrar declaraciones de caligus solicitadas por Sernapesca a los centros de cultivo, y a partir de esta información, contar con información estandarizada para generar consultas de información consolidada para su análisis y generación de alertas.

En el módulo se pueden identificar funcionalidades que cumplen distintos propósitos. Es así como se pueden identificar aquellas funcionalidades asociadas a la lógica de negocio propiamente tal, es decir aquellas funcionalidades que contienen las reglas de negocio del mundo real que determinan cómo la información puede ser manipulada por el sistema, y son las funcionalidades que nutren de información al sistema. Entre estas funcionalidades se pueden identificar aquellas que registran declaraciones, y otras tareas de administración tal como, buscar declaraciones, anular, modificar, entre otras. Además se considera todo el proceso de registro y administración de las solicitudes que los usuarios registran por necesidad de modificar o anular una declaración ya ingresada al sistema, y que son evaluadas por Sernapesca.

Por otro lado, se tienen las funcionalidades asociadas a la obtención de reportería, donde el sistema cuenta con consultas de información resumen y de registro de caligus, consultas de monitoreo de cumplimiento de la declaración, y consultas relacionadas con alertas configuradas por el encargado de módulo para despliegue de aquellas declaraciones cumplen el patrón de alerta. Por último, están las funcionalidades de mantención, cuya intención es dar soporte a las funcionalidades de lógica de negocio. En este ámbito se identifica la funcionalidad para registrar los parámetros de alerta de declaración.

Figura 49. Funcionalidades generales del módulo caligus separadas por propósito.

El módulo SIFA actualmente soporta el registro de 2 tipos de declaraciones de caligus:

- **Declaración de monitoreo semanal:** corresponde a la declaración de monitoreo de cargas parasitarias de caligus que se declara semanalmente. La declaración se debe subir a SIFA entre lunes y miércoles de la semana siguiente de obtenido el muestreo. Además, existe un formato de declaración que corresponde cuando la declaración de monitoreo es registrada por un inspector o certificador, que tiene la única diferencia que es necesario registrar rut y nombre del inspector que realizó el muestreo.

- **Declaración DGJA:** corresponde a la declaración de Diagnóstico general por jaula anual (DGJA) donde se deben monitorear todas las unidades de cultivo del centro en la segunda quincena de julio de cada año. Sin embargo, este tipo de declaración fue cambiada en 2012 por la declaración de diagnóstico general por jaula de ingreso (DGJI) que se efectúa 1 mes posterior a la siembra de la primera unidad de cultivo. Actualmente, DGJI no es soportado por SIFA, y las funcionalidades asociadas a la declaración DGJA quedaron obsoletas.

Las dos declaraciones mantienen prácticamente los mismos campos en el formulario de ingreso de la declaración, y siguen las mismas reglas de negocio en el sistema con la única diferencia que las frecuencias de declaración son diferentes, por lo tanto, el flujo de información es el mismo para ambas declaraciones.

XXI.3.1.3.2 Información registrada en el módulo

El módulo de declaración de monitoreo semanal caligus permite capturar la información de la carga parasitaria asociada a esta enfermedad en cuatro jaulas elegidas aleatoriamente para ser muestreada durante el ciclo productivo.

A continuación, se presenta el contenido registrado en las declaraciones de caligus que se declara semanalmente. Esta declaración se registra en el sistema por dos vías: por medio de la importación de un archivo Excel con la información, o directamente en un formulario dentro del sistema. En la Figura 50, se muestra el formato Excel para declarar con todos los campos a declarar y la Tabla 116, describe cada uno de estos campos.

Figura 50. Declaración semanal de caligus.

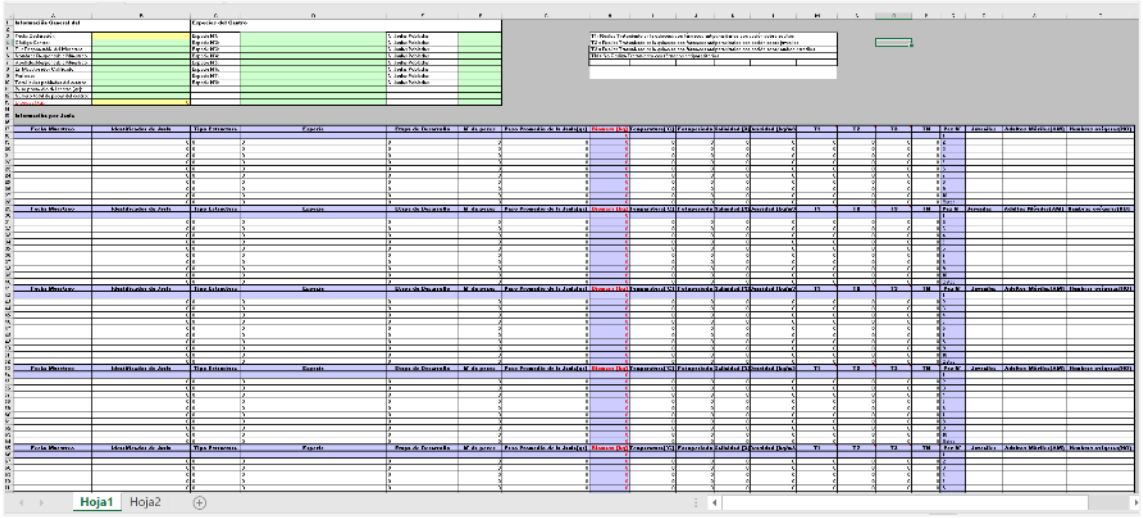


Tabla 116. Campos declaración monitoreo semanal de caligus.

Campo	Descripción
Fecha Declaración	Fecha que se realiza la declaración
Centro	Código del centro
Especie	Especie declarada
Nro. jaulas pobladas	Cantidad de jaulas con peces
Periodo	Periodo a declarar
Titular	Titular del centro de cultivo
Rut Responsable del muestreo	Rut del muestreador
Total jaulas pobladas del centro	Total de jaulas con peces en el centro
Peso promedio del centro	Peso promedio de los peces, expresado en gramos.
Número total de peces del centro	Número de peces total en el centro.
Biomasa	Biomasa expresada en kilos
Observación	Comentarios u observaciones a la declaración
Tipo estructura	Tipo de unidad de cultivo
Fecha muestreo	Fecha en que se realizó el muestreo
Identificador de jaula	Nombre de la unidad de cultivo muestreada
Peso promedio de la jaula	Peso promedio de los peces en la unidad de cultivo.
Temperatura del agua	Temperatura del agua expresada en grados celsius
Número de peces de la jaula	Número de peces total en la unidad de cultivo.
Fotoperiodo	Indica si la unidad de cultivo tiene fotoperiodo
Biomasa	Biomasa expresada en kilos.

Salinidad del agua	Porcentaje de salinidad del agua en la unidad de cultivo.
Etapa de desarrollo	Etapa de desarrollo de los peces.
Densidad	Densidad en la unidad de cultivo expresada en kilos por metro cúbico.
Observación	Observaciones o comentarios asociados a la unidad de cultivo muestreada.
N°	Pez muestreado
Juveniles	Cantidad de parásitos juveniles en el pez
Adultos móviles (AM)	Cantidad de adultos móviles en el pez
Hembras ovígeras(HO)	Cantidad de hembras ovígeras en el pez.
Total adultos (HO+AM)	Suma de hembras ovígeras y adultos móviles en el pez
Total	Suma de juveniles, hembras ovígeras y adultos móviles en el pez.
Realiza tratamiento en la quincena con fármacos antiparasitarios con acción sobre adultos	Indica si se realizó el tratamiento indicado con acción sobre adultos.
Realiza tratamiento en la quincena con fármacos antparasitarios con acción sobre juveniles	Indica si se realizó el tratamiento indicado con acción sobre juveniles.
Realiza tratamiento en la quincena con fármacos antparasitarios con acción sobre ambos estadios	Indica si se realizó el tratamiento indicado con acción sobre juveniles y adultos.
No realiza tratamiento con fármacos antiparasitarios	Indica que no se realizó tratamiento.

XXI.3.1.4 Módulo de tratamientos y vacunaciones

XXI.3.1.4.1 Descripción general

En el módulo de tratamientos y vacunaciones (módulo TyV) permite registrar declaraciones de tratamientos y vacunaciones solicitadas por Sernapesca a los centros de cultivo, y a partir de esta información, contar con información estandarizada, y obtener consultas de información consolidada. Es así como a partir de este módulo es posible recuperar todos los tratamientos finalizados en los centros cultivos asociados a caligidosis.

En el módulo se pueden identificar funcionalidades que cumplen distintos propósitos. Es así como se pueden identificar aquellas funcionalidades asociadas a

la lógica de negocio propiamente tal, es decir aquellas funcionalidades que contienen las reglas de negocio del mundo real que determinan cómo la información puede ser manipulada por el sistema, y son las funcionalidades que nutren de información al sistema. Entre estas funcionalidades se pueden identificar aquellas que registran declaraciones, y otras tareas de administración tal como, buscar declaraciones, anular, modificar, entre otras. Además, se considera todo el proceso de registro y administración de las solicitudes que los usuarios registran por necesidad de modificar o anular una declaración ya ingresada al sistema, y que son evaluadas por Sernapesca.

Por otro lado, se tienen las funcionalidades asociadas a la obtención de reportería, donde el sistema cuenta con consultas de información resumen y de registro de caligus, consultas de monitoreo de cumplimiento de la declaración.

Figura 51. Funcionalidades generales del módulo tyv separadas por propósito.

El módulo tyv actualmente soporta el registro de 1 tipo de declaración:

- **Declaración mensual de tratamientos y vacunaciones:** corresponde a la declaración de tratamientos y vacunaciones finalizadas en el mes de declaración. La declaración se debe subir a SIFA dentro de los primeros 10 días del mes siguiente.

XXI.3.1.4.2 Información registrada en el módulo

El módulo de declaración de tratamientos y vacunaciones permite capturar la información de los tratamientos y vacunaciones aplicados mensualmente.

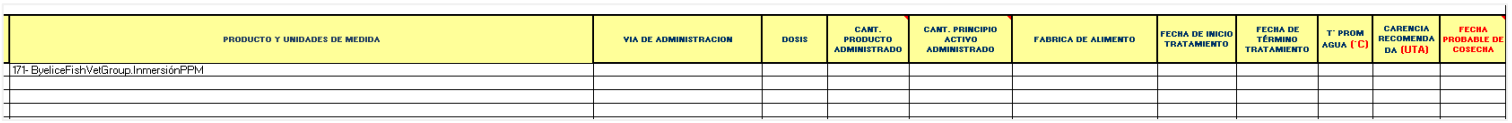
A continuación, se presenta el contenido registrado en las declaraciones de tratamientos y vacunaciones que se declara mensualmente. Esta declaración se registra en el sistema por dos vías: por medio de la importación de un archivo Excel con la información, o directamente en un formulario dentro del sistema. En la Figura 52 y la Figura 53, se muestra el formato Excel para declarar con todos los campos a declarar y la Tabla 117, describe cada uno de estos campos.

Figura 52. Declaración de tratamientos mensual (1/2)

RUT EMPRESA OPERADORA (EJ: 111111-1)		PERIODO		SIN TRATAMIENTO? (Marque con "X" sólo si la respuesta es afirmativa)	
NOMBRE EMPRESA OPERADORA		CÓDIGO CENTRO			

ESPECIE	NOMBRE GRUPO	IDENTIFICACION JAULA O ESTANQUE TRATADO	TIPO DE ESTRUCTURA	N° PECES TRATADOS	PESO PROMEDIO DE LOS PECES (EN GRAMOS)	DIAGNÓSTICO: CÓDIGO - NOMBRE ENFERMEDADES SEPARADOS POR COMA (EJ: 63 - CALIGUS, 70 - EHN)	RUT MEDICO VETERINARIO RESPONSABLE (EJ: 111111-1)	NOMBRE MEDICO VETERINARIO RESPONSABLE	FOLIO PMV	FECHA EMISIÓN

Figura 53. Declaración de tratamientos mensual (2/2)



PRODUCTO Y UNIDADES DE MEDIDA	VIA DE ADMINISTRACION	DOSIS	CANT. PRODUCTO ADMINISTRADO	CANT. PRINCIPIO ACTIVO ADMINISTRADO	FABRICA DE ALIMENTO	FECHA DE INICIO TRATAMIENTO	FECHA DE TÉRMINO TRATAMIENTO	T° PROM AGUA (°C)	CARENCIA RECOMENDADA (UTA)	FECHA PROBABLE DE COSECHA
171- ByeliceFishVetGroup.InmersiónPPM										

Tabla 117. Campos de la declaración de tratamientos.

Campo	Descripción
Rut empresa operadora	Rut de la empresa operadora
Nombre empresa operadora	Nombre de la empresa que opera el centro de cultivo
Periodo	Periodo de declaración, se selecciona de un listado
Código centro	Código del centro de cultivo
Sin tratamiento	Indica si no se realizaron tratamientos en el periodo.
Especie	Especie de cultivo.
Nombre grupo	Nombre del grupo de peces, en caso que aplique.
Identificación jaula o estanque tratado	Identificador de la unidad de cultivo.
Tipo de estructura	Tipo de unidad de cultivo
N° peces tratados	Número de ejemplares en tratamiento.

Peso promedio de los peces (en gramos)	Peso promedio de los peces expresado en gramos
Diagnóstico	Código y nombre de la enfermedad. Si son varias se separaran por comas.
Rut médico veterinario responsable	Rut del veterinario que preescribe el tratamiento
Nombre médico veterinario responsable	Nombre del médico veterinario que preescribe el tratamiento.
Folio PMV	Número de la receta de la prescripción médico veterinaria.
Fecha emisión	fecha de emisión de la receta PMV.
Producto y unidades de medida	Selección del producto desde un listado, donde se especifican unidades de medida también.
Vía de administración	Vía de administración del tratamiento
Dosis	Dosis del tratamiento.
Cant. Producto administrado	Cantidad de producto farmacéutico suministrado.
Cant. Principio activo administrado	Permite el ingreso de la cantidad de principio activo
Fábrica de alimento	Permite seleccionar una fábrica de alimento
Fecha de inicio tratamiento	Fecha de inicio del tratamiento
Fecha de término de tratamiento	Fecha de término del tratamiento
T° prom agua (C)	Temperatura promedio del agua.
Carencia recomendada (UTA)	Carencia recomendada en UTA
Fecha probable de cosecha	Fecha probable de cosecha

XXI.3.1.5 Módulo de Mortalidades

XXI.3.1.5.1 Descripción general

En el módulo de mortalidades permite registrar declaraciones de mortalidades solicitadas por Sernapesca a los centros de cultivo, y a partir de esta información, contar con información estandarizada para generar consultas de información consolidada para su análisis y generación de alertas.

En el módulo se pueden identificar funcionalidades que cumplen distintos propósitos. Es así como se pueden identificar aquellas funcionalidades asociadas a la lógica de negocio propiamente tal, es decir aquellas funcionalidades que contienen las reglas de negocio del mundo real que determinan cómo la información puede ser manipulada por el sistema, y son las funcionalidades que nutren de información al sistema. Entre estas funcionalidades se pueden identificar aquellas que registran declaraciones, y otras tareas de administración tal como, buscar declaraciones, anular, modificar, entre otras. Además, se considera todo el proceso de registro y administración de las solicitudes que los usuarios registran por necesidad de modificar o anular una declaración ya ingresada al sistema, y que son evaluadas por Sernapesca.

Por otro lado, se tienen las funcionalidades asociadas a la obtención de reportería, donde el sistema cuenta con consultas de información resumen y de registro de caligus, consultas de monitoreo de cumplimiento de la declaración, y consultas relacionadas con alertas configuradas por el encargado de módulo para despliegue de aquellas declaraciones cumplen el patrón de alerta. Por último, están las funcionalidades de mantención, cuya intención es dar soporte a las funcionalidades de lógica de negocio. En este ámbito se identifica la funcionalidad para registrar los parámetros de alerta de declaración.

Figura 54. Funcionalidades generales del módulo de mortalidades separadas por propósito.

El módulo SIFA actualmente soporta el registro de 1 tipo de declaración de mortalidad:

- **Declaración de mortalidad semanal:** corresponde a la declaración de monitoreo de mortalidad que se declara semanalmente. La declaración se debe subir a SIFA entre lunes y miércoles de la semana siguiente. LA declaración puede ser registrada directamente en el sistema, o usar el formato Excel para subir la información a la aplicación.

XXI.3.1.5.2 Información registrada en el módulo

El módulo de declaración de mortalidad semanal permite capturar la información de mortalidades, validarla contra el módulo de existencias, y a partir de esta información generar conocimiento.

A continuación, se presenta el contenido registrado en las declaraciones de mortalidad, que se declara semanalmente. Esta declaración se registra en el sistema por dos vías: por medio de la importación de un archivo Excel con la información, o directamente en un formulario dentro del sistema. En la Figura 55 y Figura 56, se muestra el formato Excel para declarar con todos los campos a declarar y la Tabla 118, describe cada uno de estos campos.

Figura 55. Formato Excel declaración de mortalidad SIFA (1era parte).

Figura 56. Formato Excel declaración de mortalidad SIFA (2da parte).

Tabla 118. Campos de la declaración semanal de mortalidades

Campo	Descripción
Nombre Centro	Nombre del centro de cultivo que declarar mortalidades
Código Centro	Código RNA del centro de cultivo que declarar mortalidades
Observaciones	Observaciones
Semana (N°)	Semana de declaración de mortalidad
Fecha declaración	Fecha de declaración de la mortalidad.
Especie	Especie cultivada por el centro.
Tipo propiedad	Tipo de propiedad, indica si los peces son propios, de terceros o se otros centros.
Clave propiedad	Corresponde al propietario de los peces. Si los peces son propios o de otros centros, se registra el código del centro. Si es un tercero, se registra el rut del tercero.
Etapa de desarrollo	Corresponde a la etapa de desarrollo de los peces cultivados.
Actividad productiva	Actividad productiva que realiza el centro. Las opciones disponibles son: incubación, smoltificación, engorda, reproducción y alevinaje.
Grupo de peces o unidad de cultivo	Nombre del grupo de peces, en caso de que sea la declaración de una piscicultura, o nombre de la unidad de cultivo, en caso de que la declaración sea de una concesión de acuicultura.
N° individuos máximo semanal	N° de individuos máximo que el centro tuvo en el agua en la semana.

Peso promedio (gr.)		Peso promedio de los ejemplares.
Densidad (kg/m3)		Densidad de cultivo expresada en kilos por metro cúbico.
Total mortalidad (N°)		N° total de ejemplares muertos.
Total mortalidad (%)		Porcentaje de ejemplares muertos.
Total mortalidad secundaria (N°)		Número total de ejemplares muertos por causal secundaria.
Total mortalidad secundaria (%)		Porcentaje de ejemplares muertos por causal secundaria.
Secundaria (infecciosas)	Vibriosis	Cantidad de ejemplares muertos por vibriosis
	IPN	Cantidad de ejemplares muertos por IPN
	Furunculosis	Cantidad de ejemplares muertos por furunculosis
	BKD	Cantidad de ejemplares muertos por BKD
	SRS	Cantidad de ejemplares muertos por SRS
	ISA	Cantidad de ejemplares muertos por ISA
	SIT	Cantidad de ejemplares muertos por SIT
	Flavobacteriosis	Cantidad de ejemplares muertos por flavobacteriosis
	Yersiniosis	Cantidad de ejemplares muertos por Yersiniosis
	Micosis	Cantidad de ejemplares muertos por micosis
	Amebiasis	Cantidad de ejemplares muertos por amebiasis
	Ictericia	Cantidad de ejemplares muertos por ictericia
	Francisellosis	Cantidad de ejemplares muertos por Francisellosis
	HSMI	Cantidad de ejemplares muertos por HSMI
	Otras infecciosas	Cantidad de ejemplares muertos por otras infecciosas
Ambiental	bloom	Cantidad de ejemplares muertos por bloom
	Oxígeno	Cantidad de ejemplares muertos por oxígeno
Embrionaria		Cantidad de ejemplares muertos por embrionaria
Daño mecánico		Cantidad de ejemplares muertos por daño mecánico
Deforme		Cantidad de ejemplares muertos por deforme
Maduro		Cantidad de ejemplares muertos por maduro
Eliminación	Sanitaria	Cantidad de ejemplares muertos por sanitaria
	Productiva	Cantidad de ejemplares muertos por productiva
Muestras	Muestras	Cantidad de ejemplares muertos por muestras
	Bloat	Cantidad de ejemplares muertos por Bloat
	Otras	Cantidad de ejemplares muertos por otras
	Transporte	Cantidad de ejemplares muertos por transporte
Desadaptado/rezagado		Cantidad de ejemplares muertos por desadaptado / rezagado
Depredadores	Lobos	Cantidad de ejemplares muertos por lobos
	Pájaros	Cantidad de ejemplares muertos por pájaros

Sin causa aparente		Cantidad de ejemplares muertos por sin causa aparente
Secundaria	Tenacibaculosis	Cantidad de ejemplares muertos por tenacibaculosis
	Streptococosis	Cantidad de ejemplares muertos por streptococosis
	ICH	Cantidad de ejemplares muertos por ICH

XXI.3.1.6 Módulo de declaración de laboratorios

XXI.3.1.6.1 Descripción general

En el módulo de declaración de laboratorios permite registrar declaraciones de muestreos realizados por los laboratorios de diagnóstico, los cuales son declarados según la frecuencia impuesta por el Servicio, dependiendo del programa sanitario declarado. A partir de esta información, es posible contar con información estandarizada, y obtener consultas de información consolidada.

En el módulo se pueden identificar funcionalidades que cumplen distintos propósitos. Es así como se pueden identificar aquellas funcionalidades asociadas a la lógica de negocio propiamente tal, es decir aquellas funcionalidades que contienen las reglas de negocio del mundo real que determinan cómo la información puede ser manipulada por el sistema, y son las funcionalidades que nutren de información al sistema. Entre estas funcionalidades se pueden identificar aquellas que registran declaraciones, y otras tareas de administración tal como, buscar declaraciones, anular, modificar, entre otras. Además, se considera todo el proceso de registro y administración de las solicitudes que los usuarios registran por necesidad de modificar o anular una declaración ya ingresada al sistema, y que son evaluadas por Sernapesca.

Por otro lado, se tienen las funcionalidades asociadas a la obtención de reportería, donde el sistema cuenta con una consulta de información consolidada.

Figura 57. Funcionalidades generales del módulo declaración de laboratorios separadas por propósito.

El módulo de declaración de laboratorios actualmente soporta el registro de 5 tipos de declaraciones:

- **Declaración PSEVC-SRS:** corresponde a la declaración semanal asociada a los muestreos de SRS realizados por los laboratorios de diagnóstico. La declaración se debe subir a SIFA dentro de los primeros 3 días de la semana siguiente.
- **Declaración semanal de PSEVC-ISA:** corresponde a la declaración semanal asociada a los muestreos de ISA realizados por los laboratorios de diagnóstico. La declaración se debe subir a SIFA dentro de los primeros 3 días de la semana siguiente.
- **Declaración mensual de PVA:** corresponde a la declaración semanal asociada a los muestreos del programa de vigilancia activa realizados por los laboratorios de diagnóstico. La declaración se debe subir a SIFA dentro de los primeros 10 días del mes siguiente.
- **Declaración mensual de PSGR:** corresponde a la declaración semanal asociada a los muestreos del programa sanitario general de reproductores realizados por los laboratorios de diagnóstico. La declaración se debe subir a SIFA dentro de los primeros 10 días del mes siguiente.
- **Declaración mensual de PVP:** corresponde a la declaración semanal asociada a los muestreos del programa de vigilancia pasiva realizados por los laboratorios de diagnóstico. La declaración se debe subir a SIFA dentro de los primeros 10 días del mes siguiente.

XXI.3.1.6.2 Información registrada en el módulo

El módulo de declaración de laboratorios cubre los programas sanitarios de SRS, ISA, vigilancia pasiva, vigilancia activa, y de reproductores, con el objetivo de capturar los muestreos realizados por los laboratorios y su resultado.

A continuación, se presenta el contenido registrado en las declaraciones de laboratorios asociados a PSEVC-SRS, que se declara semanalmente. Esta declaración se registra en el sistema por dos vías: por medio de la importación de un archivo Excel con la información, o directamente en un formulario dentro del sistema. En la Figura 58 y Figura 59, se muestra el formato Excel para declarar con todos los campos a declarar y la Tabla 119, describe cada uno de estos campos.

Figura 58. Declaración de PSEVC-SRS en formato Excel para declaración en SIFA.

Laboratorio	
Programa	PSEVC-SRS
Período de declaración	

Nº Informe	Nº Solicitud Sernapesca	Fecha Muestreo	Fecha Ingreso Muestras	Fecha Informe	Tipo Muestreo	Conformación Análisis	Código (RNA)	Especie

Figura 59. Declaración de PSEVC-SRS en formato Excel para declaración en SIFA.

Etapa Desarrollo	Nº Muestras	Tipo Muestra	Técnica	Variante	Número Resultados Positivos a SRS

Tabla 119. Campos de la declaración de laboratorios de PSEVC-SRS.

Campo	Descripción
Laboratorio	Nombre de fantasía del laboratorio que realiza la declaración.
Programa	Programa sanitario que declara, por defecto es PSEVC-SRS.
Periodo de declaración	Período de declaración (semana).
N° informe	Número de informe.
N° solicitud Sernapesca	Número de solicitud Sernapesca.

Fecha muestreo	Fecha en que se realizó muestreo.
Fecha ingreso muestras	Fecha en que se ingresaron las muestras al laboratorio.
Fecha informe	Fecha de informe
Tipo muestreo	Tipo de muestreo, las opciones a seleccionar son: vigilancia oficial, privado.
Conformación análisis	Conformación del análisis, donde las opciones a seleccionar son: individual, pool.
Código (RNA)	Código del centro de cultivo muestreado.
Especie	Especie muestreada
Etapa desarrollo	Etapa de desarrollo de los ejemplares muestreados.
N° muestras	Cantidad total de muestras tomadas.
Tipo muestra	Tipo de muestra, entre las opciones que se pueden seleccionar son: riñón, hígado, músculo, cerebro, otro, y todas las combinaciones entre ellas.
Técnica	Técnica usada para analizar las muestras. Las opciones que se pueden seleccionar son: IFAT, otros, PCR, PCR Tiempo Real.
Variante	Variante de la técnica usada para analizar las muestras. Las opciones que se pueden seleccionar son: Bios Chile, Corbet (2003), Karatas (2008), Marshall (1998), OIE, Propio, Otra variante.
N° resultados positivos a SRS	Cantidad de resultados positivos a SRS.

XXI.3.2 Información no automatizada

Además de la información registrada principalmente por el sistema SIFA asociada a caligidosis y tratamientos, existe una serie de informes declarados por los titulares cuya consolidación en caso de requerir análisis estadístico, es manual, lo que implica una alta inversión de horas hombre tanto en esta tarea de consolidación y además de validación de su contenido, ya que estas declaraciones al ser documentos Excel no cuentan con validadores. Por otro lado, también existen procesos para identificar centros de alta diseminación, los cuales tampoco han sido sistematizados, y que traen problemas similares a los indicados anteriormente.

Es altamente recomendable una solución sistémica para estos informes, de manera de validar automáticamente las variables declaradas, apoyar la centralización y accesibilidad de la información, y así facilitar las tareas de análisis y permitir la generación de cruces de información con el objeto de contribuir a la toma de decisiones dentro del Servicio.

A continuación, se presentan fichas descriptivas de cada uno de los informes que hasta la fecha no se encuentran automatizados, la revisión de éstos se basa en el estudio "Consultoría para el apoyo en el desarrollo del proyecto sistema integrado de gestión sanitaria y ambiental para la acuicultura con foco en el mejoramiento de la captura, validación, monitoreo y análisis de información administrada en Sernapesca", ejecutado el equipo consultor en el año 2017. Junto con nuevos antecedentes que se han recopilado en el marco del presente proyecto.

XXI.3.2.1 Información no automatizada asociada a mortalidades

A continuación, se presentan los reportes e informes que actualmente no se encuentran sistematizados asociados a la mortalidad.

Tabla 120. Ficha de descripción de Planilla de seguimiento Mortalidades

Mortalidades	
Unidad	Salud Animal
Área	Mortalidades
Formato	Excel
Contenido	
Análisis de la información de mortalidades: especie, región, ACS, etc.	
Procedencia	
Desde SIFA se saca la información (por jaula) y se compila en un Excel (por centro) para hacer análisis y poder generar informes. Este Excel tiene macros y funciona casi automáticamente (macros realizadas por el encargado)	
Uso de la información	
Análisis de mortalidad por centro	
Almacenamiento	
El Excel se guarda en una carpeta del encargado. Información para informes es "compartida"	
Actualización Documento	
Semanalmente	
Documentos a solicitar	
1. Excel consolidado	
Otros	
2. No requiere automatización, ya que la información de mortalidades y tratamientos se encuentra en SIFA. Sólo habría que generar el algoritmo para automatizar el cálculo por centro	

XXI.3.2.2 Información no sistematizada asociada a caligidosis

A continuación, se presentan los reportes e informes que actualmente no se encuentran sistematizados asociados a la caligidosis.

Tabla 121. Ficha de descripción Informe post tratamiento (IPT)

Informe post tratamiento (IPT)	
Unidad	Salud Animal
Área	Caligus
Formato	Excel
Contenido	
Información del centro, fechas tratamiento, cargas antes y después del tratamiento. El veterinario tiene un plazo de 2 días hábiles contados desde efectuado el monitoreo al correo tratamientocaligus@sernapesca.cl.	
Procedencia	
El veterinario del centro de cultivo envía su planilla IPT al correo caligus@sernapesca.cl	
Uso de la información	
Se trabaja la información en un excel compilado. Se usa para revisar cargas, dosis adecuadas, cómo se realizó el tratamiento. Se realiza un análisis de la información total con frecuencia semestral o anual	
Almacenamiento	
Planilla excel guardada en carpeta compartida. Se ocupa el mismo excel para todas las regiones.	
Actualización Documento	
Cuando llega información nueva (al menos semanalmente)	
Documentos a solicitar	
1. Planilla que envían los veterinarios 2. Excel consolidado	
Otros	
1. El programa lleva casi 2 años 2. El IPT se podría ingresar en un sistema, pero los campos sufren constantemente cambios 3. No da más información que el reporte de caligus semanal y tratamientos 4. La metodología para el monitoreo de la eficacia deberá realizarse tomando como base la Guía de Vigilancia de Caligus , publicada en la página web del Servicio.	

Tabla 122. Ficha de descripción Informe de fallas

Informe de fallas	
Unidad	Salud Animal
Área	Caligus
Formato	Excel
Contenido	
Excel con información de los tratamientos caligus en los casos en los que no hayan funcionado. Incluye la situación sanitaria del centro, las medidas de control implementadas y un análisis crítico de las eficacias obtenidas, según formato disponible en la página web del Servicio.	
Procedencia	
El veterinario del centro de cultivo envía la información al correo caligus@sernapesca.cl	
Uso de la información	
Análisis de causas frecuentes de fallas, n° tratamientos fallidos, cuántos no llegaron a término.	
Almacenamiento	
Planilla excel guardada en carpeta compartida. Se ocupa el mismo excel para todas las regiones.	
Actualización Documento	
Cuando llega información nueva	
Documentos a solicitar	
1. Planilla que envían los titulares 2. Excel consolidado	
Otros	
1. Todos los informes llegan al mismo correo, independientemente de la región. 2. Deben de revisar todos los correos en todas las regiones. Gran parte de la información llega vía mail a caligus@sernapesca.cl, sin embargo no está estandarizado el título del mail y no se indica la región, por lo tanto la información se traspapela si es revisada previamente por otra región.	

Tabla 123. Ficha de descripción de Listado Seguimiento de casos Caligus - Centros CAD

Seguimiento de casos Caligus - Centros CAD	
Unidad	Salud Animal
Área	Caligus
Formato	Excel
Contenido	
Información de los centros por categoría post ventana (tratamiento). El excel contiene el código de centro y el seguimiento semanal, para así poder detectar los que entran en CAD.	
Procedencia	
Se construye con información del SIFA, y mediante un algoritmo se determinan los centros CAD.	
Uso de la información	
Listado de centros CAD, análisis para evaluar centros con cosecha anticipada. Evaluar subreporte diferencia de cargas por declaración vs fiscalización en terreno.	
Almacenamiento	
La planilla excel compilada no se comparte, queda en el computador de quien la hace.	
Actualización Documento	
Se sube una actualización del documento en pdf a la web en uno o dos días.	
Documentos a solicitar	
1. Excel consolidado	
Otros	
1. El reporte es sólo a nivel nacional. En regiones llevan subreportes con eventos. 2. Se debería automatizar el algoritmo para determinar los centros CAD, además tener un reporte preliminar del centros en causal de cosecha anticipada ya que este luego debe ser evaluada por un funcionario viendo las atenuantes.	

Tabla 124. Ficha de descripción de Listado de Centros CAD con cosecha anticipada por caligus

Centros CAD con cosecha anticipada por caligus	
Unidad	Salud Animal
Área	Caligus
Formato	Excel
Contenido	
Listado de centros CAD que deben realizar cosecha anticipada	
Procedencia	
Se construye con información del SIFA, y mediante un algoritmo se determinan los centros CAD en causal de cosecha anticipada complementado con los antecedentes del centro ya que existentes atenuantes para no caer en causal de cosecha anticipada (por ej. no baño por FAN)	
Uso de la información	
Fiscalización	
Almacenamiento	
Planilla excel	
Actualización Documento	
Por evento	
Documentos a solicitar	
1. Excel consolidado	
Otros	

Tabla 125. Ficha de descripción Plan de gestión.

Plan de gestión	
Unidad	Salud Animal
Área	Caligus
Formato	Word, Pdf
Contenido	
El plan de gestión de caligidosis deberá incluir, al menos, las siguientes materias: a) código, nombre y número de centros de cultivos integrantes de la agrupación. b) justificación de la zona de alcance del plan si comprende un área mayor o menor a una ACS, considerando antecedentes oceanográficos y epidemiológicos. c) Medidas a aplicar para disminuir las cargas parasitarias y controlar la diseminación. d) Justificación oceanográfica de la estrategia de coordinación y secuencia cronológica de realización de los tratamientos antiparasitarios administrados por inmersión. e) esquema de rotación de principios activos.	
Procedencia	
ACS de mayor riesgo para caligidosis.	
Uso de la información	
Fiscalización	
Almacenamiento	
Se guarda en correo o carpeta	
Actualización Documento	
Por evento	
Documentos a solicitar	
1. Plan enviado por las ACS de mayor riesgo.	
Otros	

Tabla 126. Ficha de descripción de Plan de cosecha anticipada por CAD caligus

Plan de cosecha anticipada por CAD caligus	
Unidad	Salud Animal
Área	Caligus
Formato	Excel, Word, Pdf
Contenido	
Plan de cosecha anticipada por CAD de caligus	
Procedencia	
Desde los centros por correo.	
Uso de la información	
Fiscalización	
Almacenamiento	
Se guarda en correo o carpeta	
Actualización Documento	
Por evento, en un plazo máximo de 48 horas posterior a la notificación de cosecha anticipada.	
Documentos a solicitar	
1. Plan enviado por el centro	
Otros	

Tabla 127. Ficha de descripción encuesta epidemiológica

Encuesta epidemiológica	
Unidad	Salud Animal
Área	Caligus
Formato	Excel, Word, Pdf
Contenido	
Encuesta epidemiológica que el titular debe enviar si el centro es un caso sospechoso en la región de Magallanes, donde la carga parasitaria es mayor que cero.	
Procedencia	
Desde los centros por correo	
Uso de la información	
Fiscalización	
Almacenamiento	
Se guarda en correo o carpeta	
Actualización Documento	
Por evento	
Documentos a solicitar	
1. Plan enviado por el centro	
Otros	

XXI.3.2.3 Información no sistematizadas asociada a SRS

A continuación, se presentan los reportes e informes que actualmente no se encuentran sistematizados asociados a SRS.

Tabla 128. Ficha de descripción de Encuesta y planes de acción Alerta y CAD

Encuesta y planes de acción Alerta y CAD	
Unidad	Salud Animal
Área	SRS
Formato	Excel
Contenido	
Respuesta a la encuesta enviada por Sernapesca a los Centros (48hr después de la notificación). Se trata de un seguimiento de casos (como el informe de fallas)	
Procedencia	
Respuesta del veterinario del centro. Se envía al mail srs@sernapesca.cl	
Uso de la información	
Se tiene un compilado en excel de las regiones y se ingresa el estado "OK" y las medidas a tomar	
Almacenamiento	
Documento se comparte mediante una carpeta. Las respuestas originales desde los centros quedan en el correo o en carpetas	
Actualización Documento	
Cada vez que se llega una respuesta a la encuesta	
Documentos a solicitar	
1. Excel consolidado 2. Respuesta de los centros	
Otros	

Tabla 129. Ficha de descripción de Informe médicos veterinarios de alerta de tratamiento

Informes médicos veterinarios de alerta de tratamiento	
Unidad	Salud Animal
Área	SRS
Formato	Word
Contenido	
Respuesta a una notificación desde Sernapesca. Información en un documento del por qué hizo ese tratamiento. Es obligatorio pero no se manda siempre.	
Procedencia	
Respuesta del veterinario del centro. Se envía al mail srs@sernapesca.cl	
Uso de la información	
No se sistematiza	
Almacenamiento	
Se guarda el informe médico veterinario (después de revisado) en una carpeta compartida o en el correo	
Actualización Documento	
-	
Documentos a solicitar	
1. Informe enviado por el centro	
Otros	

Tabla 130. Ficha de descripción de Informe de seguimiento de casos - Centros CAD

Informe de seguimiento de casos - Centros CAD	
Unidad	Salud Animal
Área	SRS
Formato	Excel
Contenido	
Informe que contiene el resumen y conclusión del seguimiento realizado por 6 semanas al centro. En el excel se analiza el porcentaje de mortalidad srs por jaula y según las medidas y las semanas que se mantenga, el centro entraría en categoría CAD. También puede entrar el centro en CAD por tratamientos con diagnóstico de SRS.	
Procedencia	
La información para obtener las mediciones de SRS por jaula se obtiene desde el módulo de mortalidades de SIFA, analizando las causas. La información de tratamientos y diagnósticos también se obtiene de SIFA	
Uso de la información	
Se consolida la información con el seguimiento por centro y categoría CAD	
Almacenamiento	
Se revisa el informe y se guarda en una carpeta	
Actualización Documento	
Semanalmente	
Documentos a solicitar	
1. Informe consolidado	
Otros	
1. No requiere automatización, ya que la información de mortalidades y tratamientos se encuentra en SIFA. Sólo habría que generar el algoritmo	

Tabla 131. Ficha de Descripción de Informe de seguimiento de casos - Centros CAD

Informe de seguimiento de casos - Centros CAD	
Unidad	Salud Animal
Área	SRS
Formato	Excel
Contenido	
Informe que contiene el resumen y conclusión del seguimiento realizado por 6 semanas al centro. En el excel se analiza el porcentaje de mortalidad SRS por jaula y según las medidas y las semanas que se mantenga, el centro entraría en categoría CAD. También puede entrar el centro en CAD por tratamientos con diagnóstico de SRS.	
Procedencia	
La información para obtener las mediciones de SRS por jaula se obtiene desde el módulo de mortalidades de SIFA, analizando las causas. La información de tratamientos y diagnósticos también se obtiene de SIFA	
Uso de la información	
Se consolida la información con el seguimiento por centro y categoría CAD	
Almacenamiento	
Se revisa el informe y se guarda en una carpeta	
Actualización Documento	
Semanalmente	
Documentos a solicitar	
2. Informe consolidado	
Otros	
2. No requiere automatización, ya que la información de mortalidades y tratamientos se encuentra en SIFA. Sólo habría que generar el algoritmo	

Tabla 132. Ficha de Descripción de Listado de Centros CAD con cosecha anticipada por SRS

Centros CAD con cosecha anticipada por SRS	
Unidad	Salud Animal
Área	SRS
Formato	Excel
Contenido	
Listado de centros CAD que deben realizar cosecha anticipada	
Procedencia	
Se construye con información del SIFA, y mediante un algoritmo se determinan los centros CAD en causal de cosecha anticipada complementados con los antecedentes del centro ya que existentes atenuantes para no caer en causal de cosecha anticipada por ej. no baño por FAN	
Uso de la información	
Fiscalización	
Almacenamiento	
Planilla excel	
Actualización Documento	
Por evento	
Documentos a solicitar	
1. Excel consolidado	
Otros	

Tabla 133. Ficha de descripción de Plan de cosecha anticipada por CAD SRS

Plan de cosecha anticipada por CAD SRS	
Unidad	Salud Animal
Área	SRS
Formato	Excel, Word, Pdf
Contenido	
Plan de cosecha anticipada por CAD de SRS	
Procedencia	
Desde los centros por correo	
Uso de la información	
Fiscalización	
Almacenamiento	
Se guarda en correo o carpeta	
Actualización Documento	
Por evento	
Documentos a solicitar	
1. Plan enviado por el centro	
Otros	

XXI.4 Anexo 4: Eje Logístico-Territorial

XXI.4.1 Caracterización de concesiones y agrupaciones de concesiones de salmónidos

La Ley general de Pesca y Acuicultura (art. 2°, 52, LGPA, modificación 2016) define las agrupaciones de concesiones como: "Conjunto de concesiones de acuicultura que se encuentran dentro de un área apta para el ejercicio de la acuicultura en un sector que presenta características de inocuidad epidemiológicas, oceanográficas, operativas o geográficas que justifican su manejo sanitario coordinado por grupo de especies hidrobiológicas, así declarado por la Subsecretaría. El Servicio establecerá períodos de descanso coordinado y medidas profilácticas y tratamientos terapéuticos para los centros que cultiven el grupo de especies respectivo, de conformidad con el reglamento a que se refiere el artículo 86. En los casos que corresponda conforme al grupo de especies hidrobiológicas, por resolución del Servicio, se establecerán programas de vigilancia bacteriológica, química y toxicológica, de conformidad con el reglamento que se dicte en virtud del artículo 122 letra b) de esta ley. La prestación de servicios a los centros de cultivo respectivos, así como la operación de centros de acopio de peces, quedarán sometidas a las medidas coordinadas..."

Por otro lado, el marco de operación de la ACS – Agrupaciones de Concesiones - establece en el D.S. N.º 319 de 2001 Reglamento de Medidas de Protección, Control y Erradicación de Enfermedades de Alto Riesgo que: "Las agrupaciones de concesiones deberán someterse a un descanso sanitario coordinado de tres meses, entre periodos productivos. En la fijación del período de descanso deberá considerarse el ciclo biológico de las diversas especies cultivadas por los centros de cultivo de la agrupación en el período anterior. Excepcionalmente podrá fijarse un período de dos meses de descanso durante el verano cuando más de la mitad de las concesiones hayan operado sobre Salmón coho Oncorhynchus kisutch el período anterior..."

Se pueden distinguir dos motivaciones para la creación de las ACS y la implementación de descansos sanitarios coordinados. Por un lado, promover el trabajo coordinado entre los centros de cultivo participantes de la misma ACS con el fin de reducir el riesgo sanitario, proceso que se plasma en un plan de manejo sanitario al que adhieren los titulares de las agrupaciones de concesiones y que comprende medidas productivas y/o logísticas a ser implementadas coordinadamente por la ACS o medidas sanitarias adicionales dispuestas por la normativa vigente. Por otro lado, aplicar medidas para contener la propagación

de brotes de una enfermedad, aprovechando el intervalo de tiempo en que todas las firmas de una ACS descansen en conjunto.

Actualmente, se cuenta con 82 ACS, éstas se distribuyen en 24 agrupaciones en la X Región de Los Lagos, 37 agrupaciones en la XI Región de Aysén y 21 agrupaciones en la XII Región de Magallanes. Éstas ACS agrupan las 1.353 concesiones otorgadas de salmónidos. Los gráficos a continuación muestran la distribución regional de las concesiones para cultivo de salmónidos vigentes en las diferentes ACS.

Gráfico 8. Distribución de concesiones otorgadas por ACS - Región de los Lagos

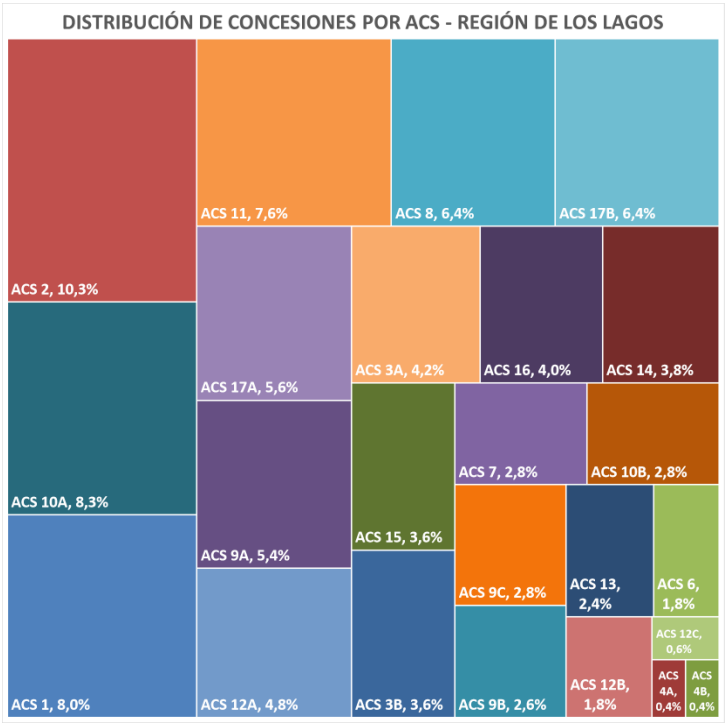


Gráfico 9. Distribución de concesiones otorgadas por ACS - Región de Aysén

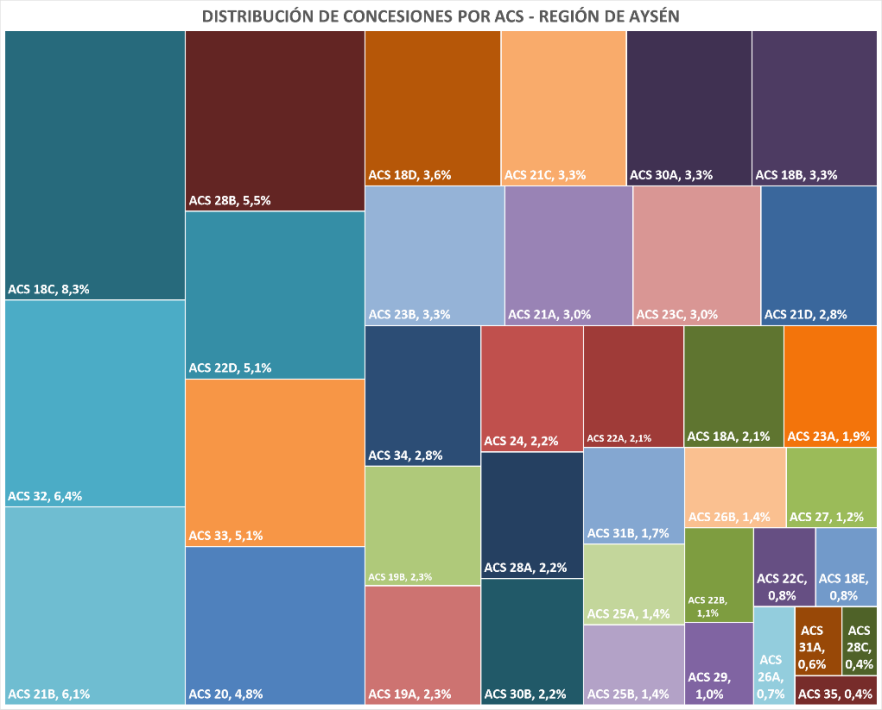
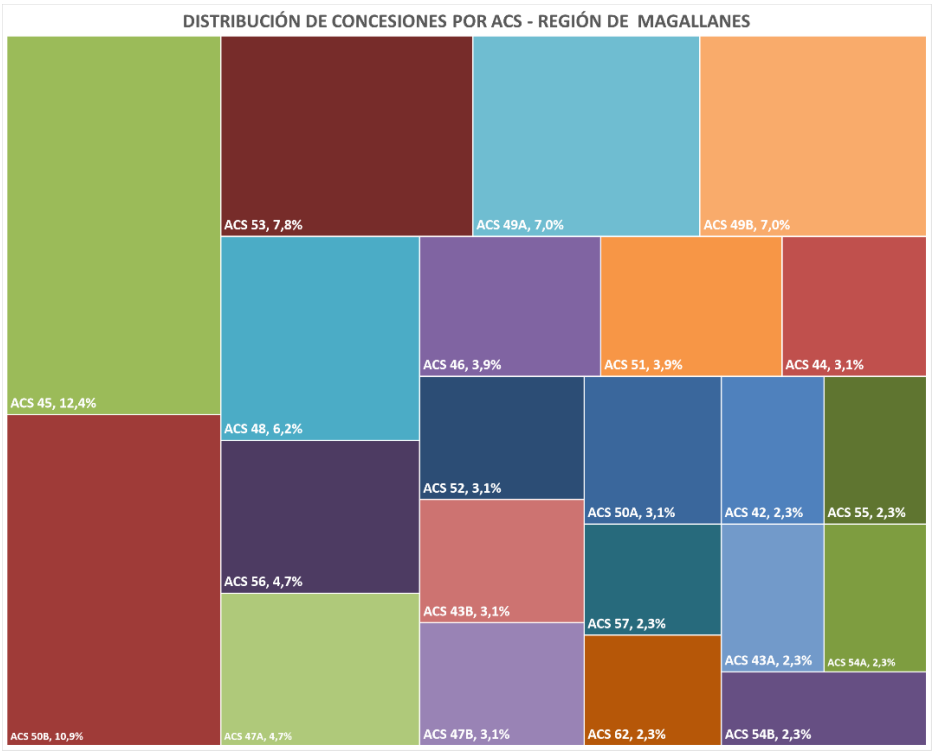
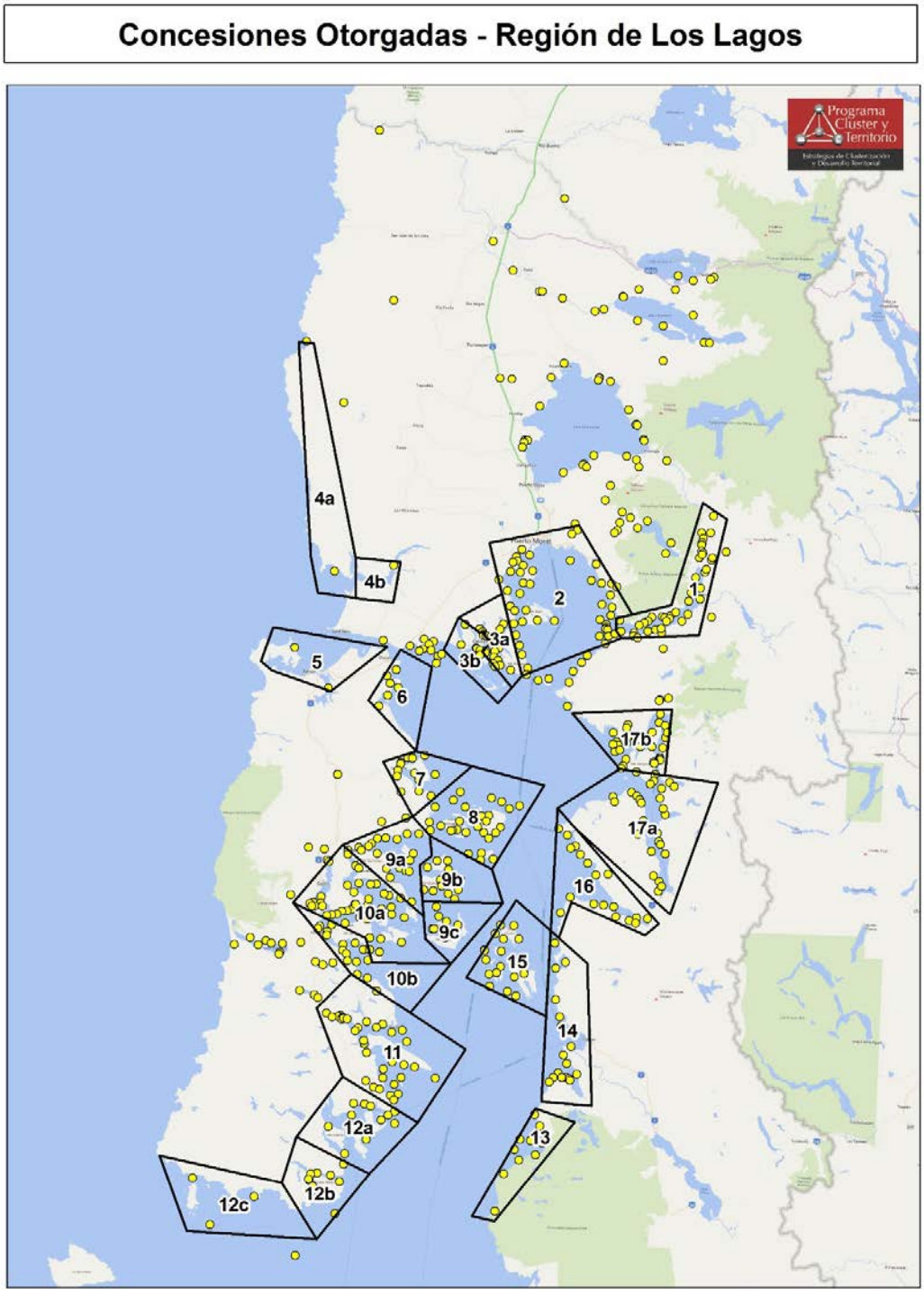


Gráfico 10. Distribución de concesiones otorgadas por ACS - Región de Magallanes

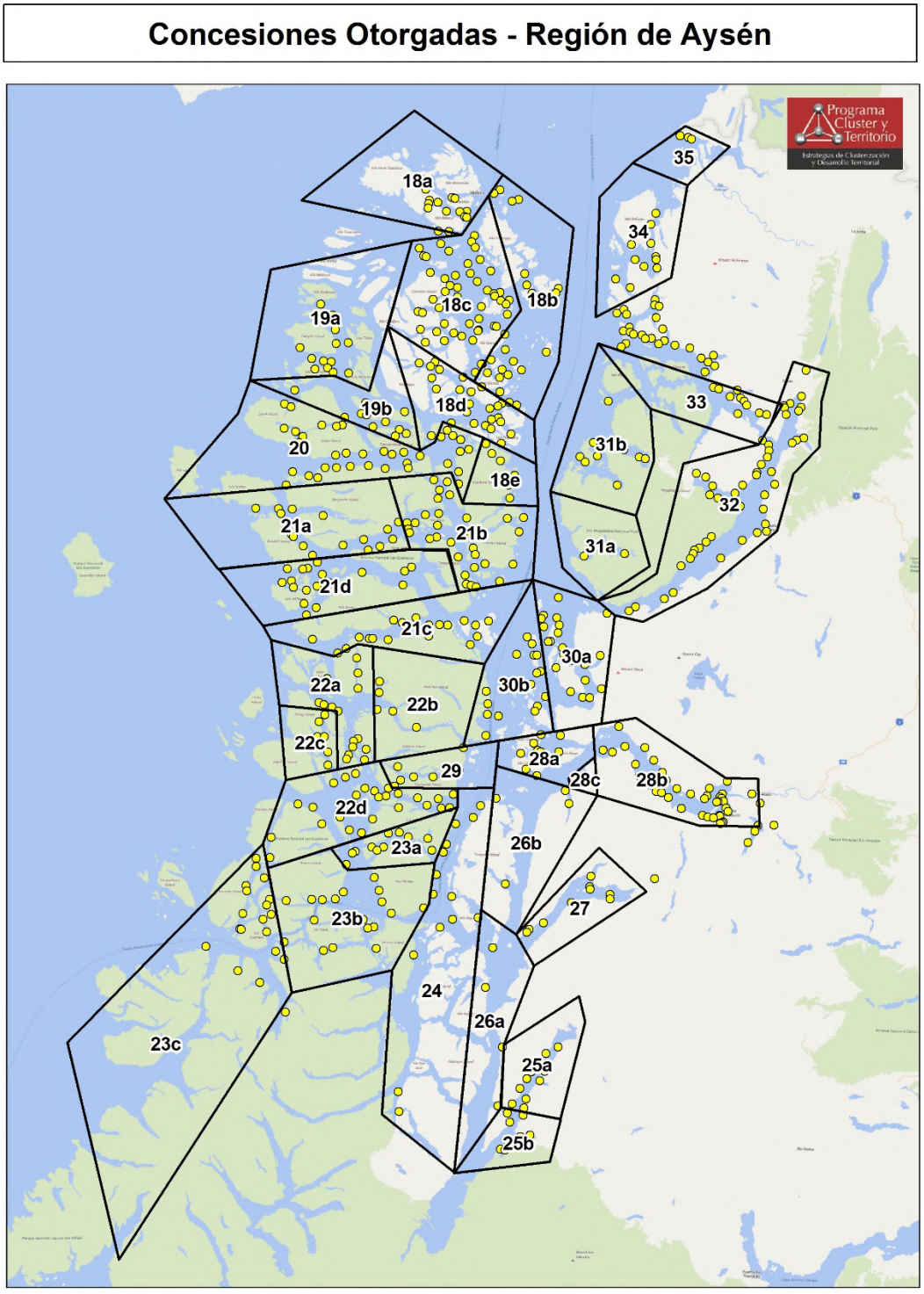


A continuación, los mapas ilustran la ubicación geográfica de cada una de las Agrupación de Concesiones y las concesiones de acuicultura vigentes otorgadas.

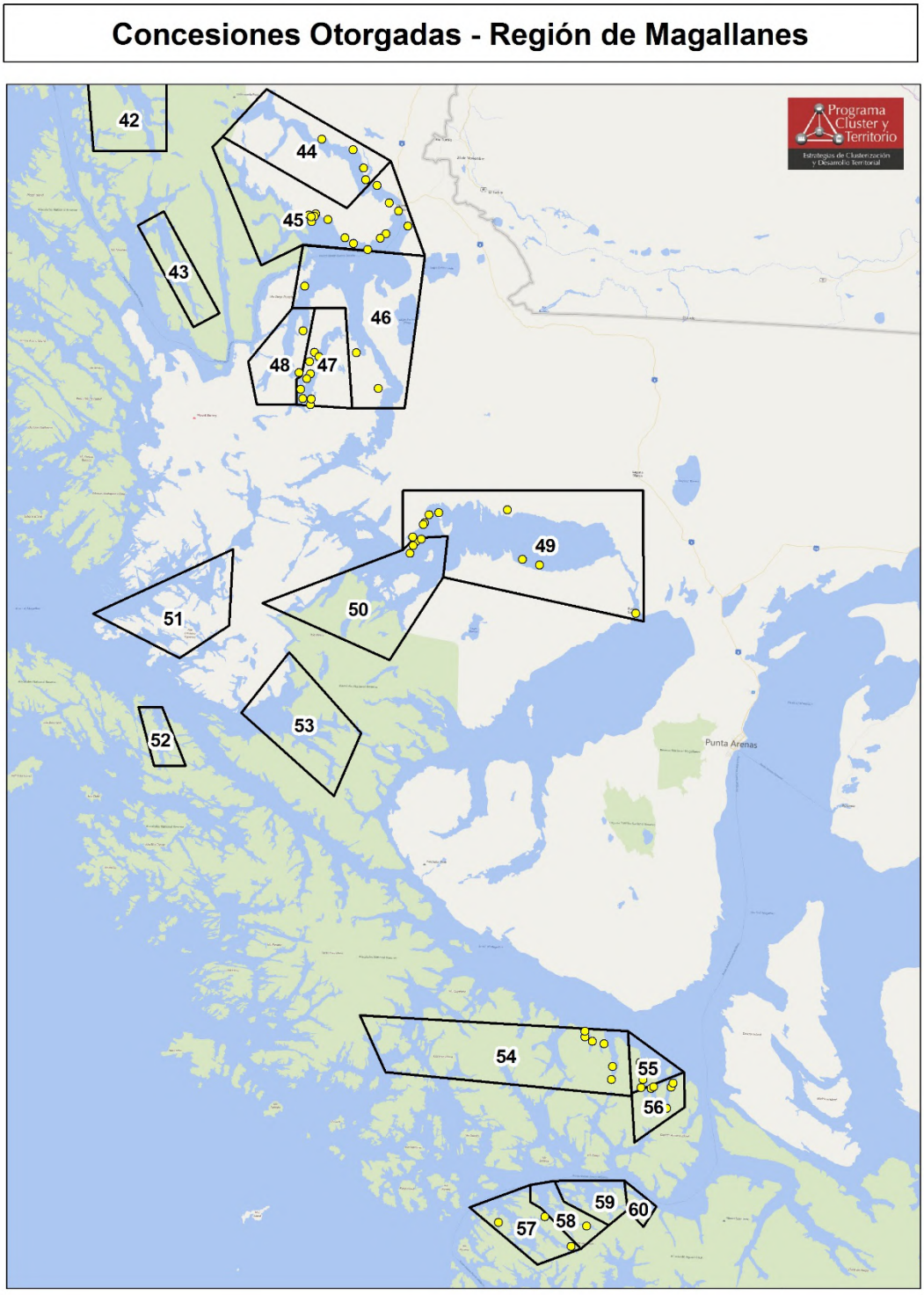
Mapa 1. Mapa concesiones otorgadas - Región de los Lagos



Mapa 2. Mapa concesiones otorgadas - Región de Aysén



Mapa 3. Mapa concesiones otorgadas - Región de Magallanes



XXI.5 Anexo 5: Manual Simulador Biomasa en el agua - Escenarios

XXI.5.1 Introducción

El simulador de escenarios es una herramienta que permite evaluar la evolución del ciclo productivo antes distintos escenarios asociados a las enfermedades SRS y caligidosis.

Cada escenario corresponde a la simulación de un ciclo productivo bajo ciertos parámetros de mortalidad y peso promedio específicos al escenario simulado. Este simulador, permite simular el comportamiento del centro de cultivo ante diferentes escenarios asociados a SRS y caligidosis.

En el caso de la enfermedad Septicemia Rickettsial Salmonídea (SRS) se consideraron 6 escenarios, que corresponden a mortalidad baja y alta sin aplicación de tratamiento y baja, media, media alta y alta con aplicación de tratamiento, sujeto a los porcentajes de mortalidad total y SRS, y el efecto de la ganancia de peso definidos como referencia en el escenario simulado.

Para el caso de la enfermedad caligidosis, se determinaron 4 escenarios, que corresponden al efecto en la ganancia de peso producto de la enfermedad que corresponde a los escenarios bajo, medio, medio alto y alto. Para el caso del porcentaje de mortalidad usado para estos escenarios, se consideró el porcentaje de mortalidad del escenario medio de SRS.

Adicionalmente para los casos de los escenarios de mortalidad SRS alta con y sin tratamiento, es posible ingresar una fecha de cosecha anticipada.

A pesar de que se definieron los escenarios de nivel de enfermedad para SRS y caligidosis, una de las grandes ventajas que tiene el simulador, es que los todos los parámetros para definir los escenarios son customizables, es decir, es posible editar éstos con el propósito de entregar al usuario completa autonomía respecto a los criterios aplicados a cada escenario.

XXI.5.2 A quién está dirigido el manual

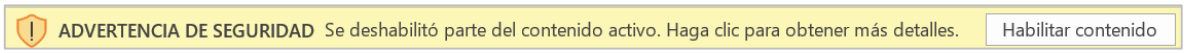
Este manual está dirigido a profesionales de Sernapesca, principalmente del Departamento de Salud Animal.

XXI.5.3 Requerimientos Técnicos del Sistema, Instalación y Configuración

La herramienta ha sido desarrollada con el lenguaje de macros denominado VBA (Visual Basic for Applications) en Microsoft Office 365. Para poder ejecutar dichas macros es necesario que office esté habilitado para ejecutar éstas. Para habilitar la ejecución de macros existen 2 opciones:

1. Habilitar al momento de apertura del archivo. Al abrir el simulador, es probable que se despliegue un mensaje de seguridad en la parte superior del archivo indicando que las macros están deshabilitadas. Para poder ejecutar las macros del archivo, debe hacer clic en el botón *Habilitar contenido (*Figura 60*)*.

Figura 60. Mensaje para habilitar macros en Excel



2. Habilitar las macros desde centro de confianza. En el caso de que quiera configurar Excel para que abra inmediatamente. Dentro de Excel, ir al menú Archivo (Figura 61). Luego seleccionar la alternativa Opciones (Figura 62). Al desplegarse la ventana de Opciones, ir a la alternativa Centro de Confianza y hacer clic en el botón Configuración del Centro de Confianza (Figura 63). Nuevamente se despliega una ventana donde se debe seleccionar la opción Configuración de macros y seleccionar Habilitar todas las macros y hacer clic en el botón Aceptar (Figura 64).

Figura 61. Menú Archivo de Microsoft Excel

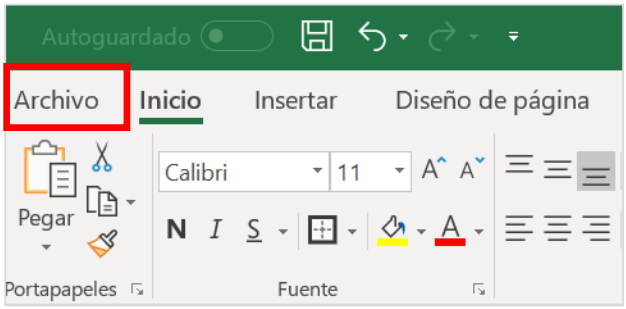


Figura 62. Opciones del menú Archivo.

Figura 63. Opciones de Excel.

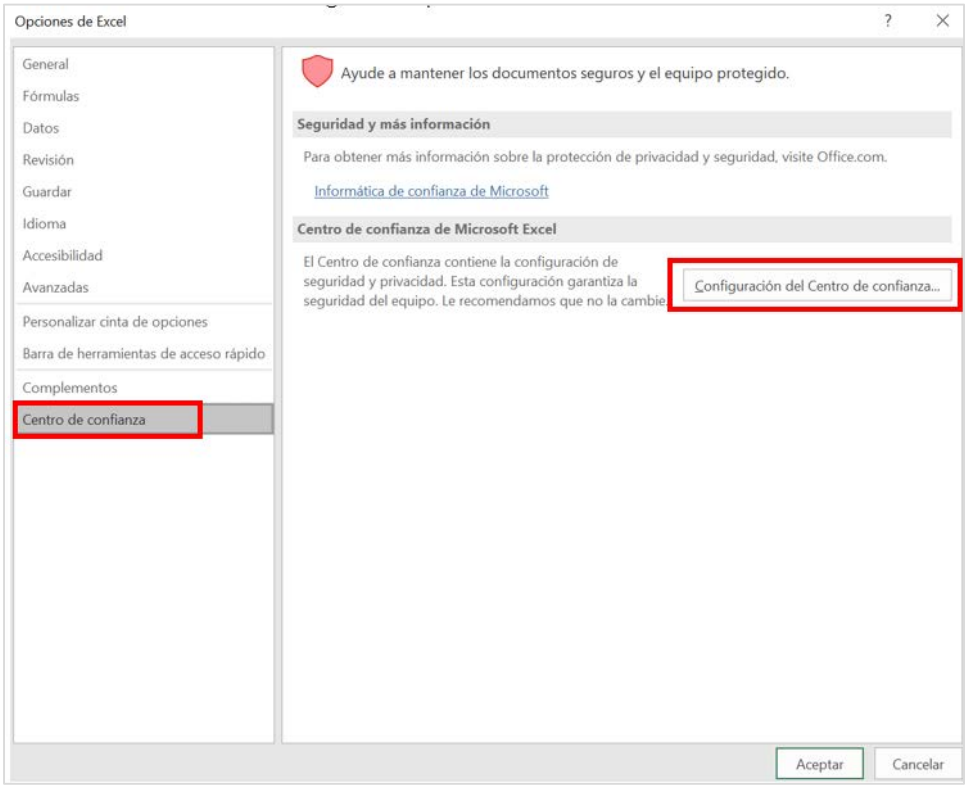
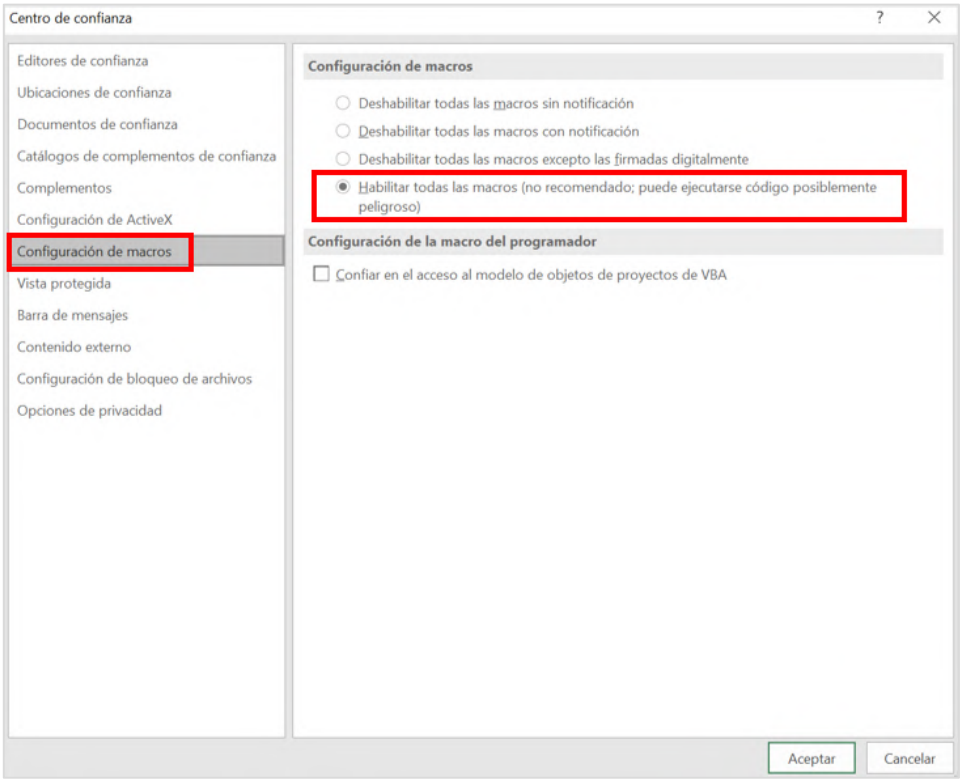


Figura 64. Centro de confianza, opción Configuración de macros.



Una vez habilitadas las macros, la herramienta simuladora queda totalmente lista para trabajar.

Para acceder a la herramienta simplemente se debe hacer clic sobre el archivo de nombre "*Simulador Biomasa en el Agua - Escenarios.xlsm*".

XXI.5.4 Estructura del Simulador de Escenarios

El simulador de Escenarios (Figura 65) se compone de las siguientes hojas donde cada una es descrita en la Tabla 134.

Figura 65. Simulador de Escenarios.

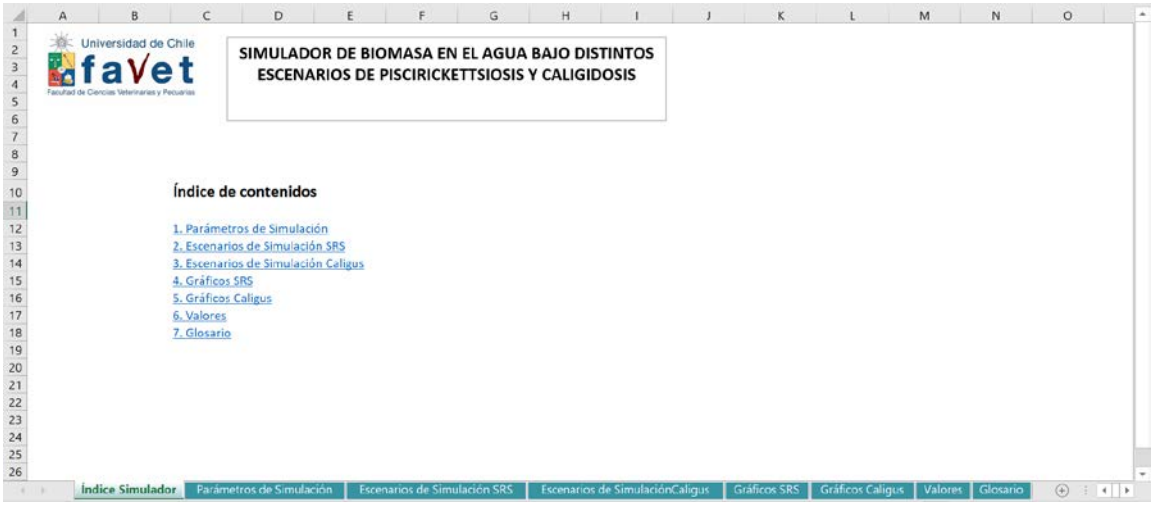


Tabla 134. Descripción del contenido de la herramienta simulador

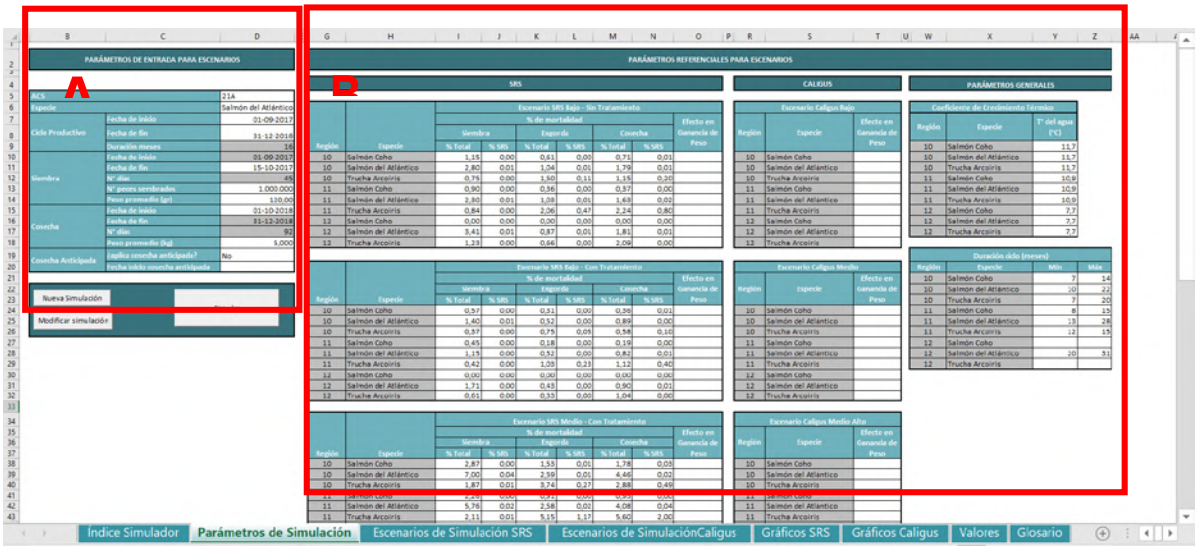
Hoja	Descripción
Índice Simulador	Contiene el índice de contenidos del simulador. Al hacer clic sobre el nombre del contenido, se despliega la hoja seleccionada.
Parámetros de Simulación	Permite configurar los parámetros de entrada y los parámetros de referencia y además contiene las funcionalidades de nueva simulación, modificar simulación y ejecutar la simulación de escenarios.
Escenarios de Simulación SRS	Despliega cada uno de los escenarios asociados a la enfermedad SRS que corresponden a: - SRS bajo sin tratamiento - SRS bajo con tratamiento - SRS medio con tratamiento - SRS medio alto con tratamiento - SRS alto con tratamiento - SRS alto sin tratamiento
Escenarios de Simulación Caligus	Despliega los escenarios asociados a la enfermedad Caligus que corresponden a: - Caligus bajo - Caligus medio - Caligus medio alto

	- Caligus alto
Gráficos SRS	Despliega gráficos asociados a las simulaciones de los escenarios SRS, los cuales corresponde a: - Gráfico de biomasa T - Gráfico de porcentaje de mortalidad total - Gráfico de porcentaje de mortalidad SRS - Gráfico de porcentaje de mortalidad no SRS - Gráfico biomasa en mortalidad total - Gráfico biomasa en mortalidad SRS - Gráfico biomasa en mortalidad no SRS
Gráficos Caligus	Despliega gráficos asociados a las simulaciones de los escenarios Cáligus, los cuales corresponden a: - Gráfico de biomasa T - Gráfico de porcentaje de mortalidad total - Gráfico de porcentaje de mortalidad SRS - Gráfico de porcentaje de mortalidad no SRS - Gráfico biomasa en mortalidad total - Gráfico biomasa en mortalidad SRS - Gráfico biomasa en mortalidad no SRS
Valores	Despliega los listados de valores usados para desplegar en los parámetros de entrada, y otros utilizados para la validación de éstos.
Glosario	Despliega el listado de términos utilizados en el simulador y su definición.

XXI.5.5 Parámetros de entrada y de referencia

En la hoja Parámetros de simulación, se pueden identificar una serie de parámetros ingresables por el usuario. Por un lado, están los parámetros de entrada (A) y por el otro los parámetros de referencia (B), los cuales están ubicados en la hoja según se indica en la Figura 66 y además se describen en detalle a continuación:

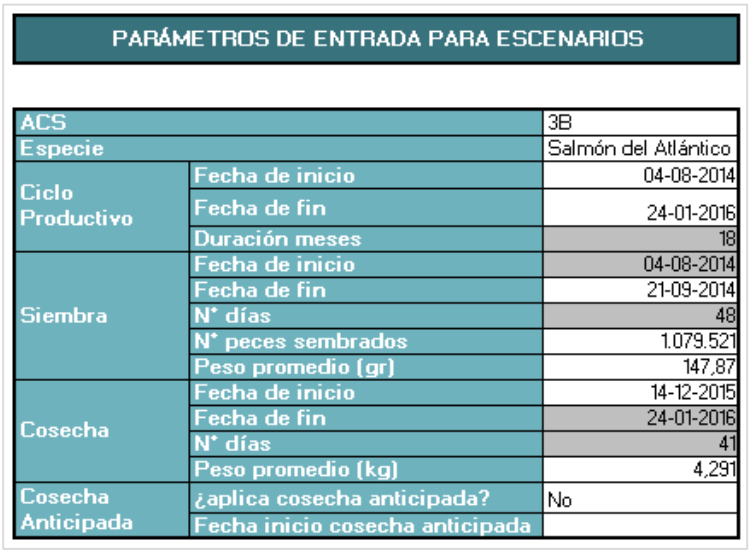
Figura 66. Parámetros de entrada y de referencia del simulador.



- **Parámetros de entrada (A):** corresponde a los parámetros ingresables por el usuario cada vez que se ejecute una simulación de escenarios. Estos parámetros corresponden a las características del ciclo productivo tal como duración, especie, cantidad de peces sembrados y pesos promedios de siembra y de cosecha. Además, a diferencia del simulador de ciclos productivos usado como base para este simulador, en este simulador es posible indicar si aplica cosecha anticipada y en qué fecha se aplica para el caso de los escenarios de SRS alto con y sin tratamiento.

  A continuación, en la Figura 67 se puede apreciar la sección de ingreso de los parámetros de entrada, y en la Tabla 135 se detalla cada uno de estos, cuyo propósito es simular el ciclo productivo en cada uno de los escenarios de SRS y caligidosis.

Figura 67. Parámetros de entrada para simulador de escenarios



PARÁMETROS DE ENTRADA PARA ESCENARIOS

ACS		3B
Especie		Salmón del Atlántico
Ciclo Productivo	Fecha de inicio	04-08-2014
	Fecha de fin	24-01-2016
	Duración meses	18
Siembra	Fecha de inicio	04-08-2014
	Fecha de fin	21-09-2014
	N° días	48
	N° peces sembrados	1.079.521
	Peso promedio (gr)	147,87
Cosecha	Fecha de inicio	14-12-2015
	Fecha de fin	24-01-2016
	N° días	41
	Peso promedio (kg)	4,291
Cosecha Anticipada	¿aplica cosecha anticipada?	No
	Fecha inicio cosecha anticipada	

Tabla 135. Parámetros de entrada simulador de escenarios.

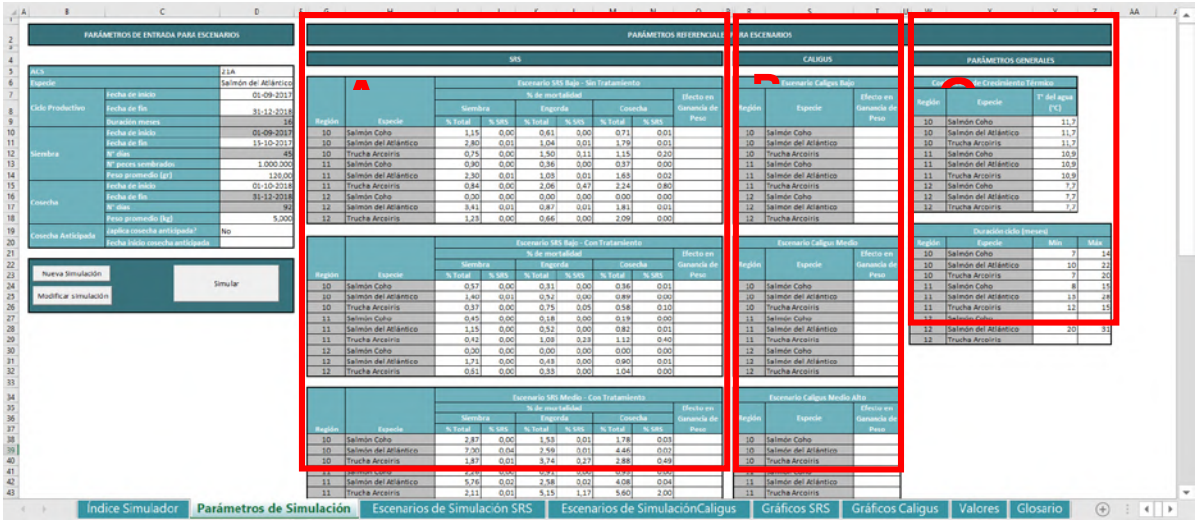
Campo	Descripción	Validación
ACS	Listado de ACS, obtenido desde la hoja "Valores" de la herramienta simulador.	- Según las fechas de duración del ciclo productivo, valida que la ACS no es encuentre en descanso en dicho periodo. - Obtiene la región asociada en la que se ubica la ACS y la especie para obtener los parámetros de referencia correspondientes.
Especie	Listado de especies, obtenido desde la hoja "Valores" de la herramienta simulador.	- Listado considera solamente Salmón del Atlántico/ Salmón Coho / Trucha Arcoíris. - Obtiene la especie con el propósito de obtener los parámetros de referencia que correspondan a la especie y ACS seleccionadas.
CICLO PRODUCTIVO		
Fecha de inicio	Fecha de inicio del ciclo productivo con formato dd/mm/YYYY	- La fecha de inicio no puede ser mayor a la fecha de fin de siembra y no puede estar en blanco.
Fecha de fin	Fecha de inicio del ciclo productivo con formato dd/mm/YYYY	- La fecha de fin no puede ser menor que la fecha de fin de siembra y no puede estar en blanco.

N° meses duración	N° meses que dura el ciclo productivo	- Se calcula automáticamente como la diferencia entre la fecha de inicio y la fecha de fin del ciclo productivo. - Se valida que el ciclo tenga una duración dentro de la duración mínima y máxima en meses definida para la especie y región seleccionada. - Se valida que mientras dure el ciclo productivo no exista un descanso, según la ACS seleccionada.
SIEMBRA		
Fecha de inicio	Fecha de inicio del ciclo productivo con formato dd/mm/YYYY	- La fecha de inicio no puede ser mayor a la fecha de fin de siembra - Se asigna automáticamente la fecha de inicio de ciclo
Fecha de fin	Fecha de fin del ciclo productivo con formato dd/mm/YYYY	- La fecha de fin no puede ser menor que la fecha de fin de siembra
N° días	Cantidad de días que dura la siembra	- Se calcula automáticamente como la diferencia entre la fecha de fin y la fecha de inicio de la siembra. - No debe exceder los 90 días.
N° peces sembrados	Cantidad de peces sembrados	- El número de peces sembrados debe ser mayor que cero.
Peso promedio (kg)	Peso promedio de siembra expresado en kilos	- El peso promedio debe ser mayor a cero.
COSECHA		
Fecha de inicio	Fecha de inicio del ciclo productivo con formato dd/mm/YYYY	- La fecha de inicio no puede ser mayor a la fecha de fin de cosecha.
Fecha de fin	Fecha de fin del ciclo productivo con formato dd/mm/YYYY	- La fecha de fin no puede ser menor que la fecha de fin de cosecha - Se asigna automáticamente la fecha de fin de ciclo
N° días	Cantidad de días que dura la cosecha	- Se calcula automáticamente como la diferencia entre la fecha de fin y la fecha de inicio de la siembra. - El peso promedio se mantiene mientras dure la cosecha.

Peso promedio (kg)	Peso promedio de cosecha expresado en kilos	- El peso promedio debe ser mayor a cero.
COSECHA ANTICIPADA		
¿aplica cosecha anticipada?	Indica si aplica cosecha anticipada para los escenarios SRS alto con y sin tratamiento.	
Fecha inicio cosecha anticipada	Fecha en que se inicia la cosecha anticipada.	- Si aplica cosecha anticipada y no se ingresa una fecha de inicio de cosecha, el sistema asume que la fecha de cosecha anticipada ocurre en el mes ubicado en la mitad de la etapa de engorda.

- **Parámetros de referencia (B):** Corresponde a los parámetros que ya se encuentran cargados con valores propuestos a nivel de región y especie, sin embargo, el usuario tiene la posibilidad de modificarlos a voluntad.

Figura 68. Hoja Parámetros de simulación.



Dentro de los parámetros de referencia, se distinguen 3 categorías en la Figura 68:

- **Parámetros de referencia escenarios de SRS (A):** Para el modelamiento de los escenarios de brote de SRS, se determinaron como parámetros el porcentaje de mortalidad total y por causa de mortalidad SRS, además del efecto en la ganancia de peso en la etapa de engorda. Por cada escenario se determinaron dichos parámetros según la especie y ACS seleccionada en los parámetros de entrada por el usuario, y en el caso de la mortalidad total y SRS además se distingue por etapas productivas. En la Tabla 136, se describe cada uno de los parámetros:

Tabla 136. Parámetros de referencia por cada escenario SRS

Campo	Descripción
Región	Campo de solo lectura que indica la región.
Especie	Campo de solo lectura que indica la especie.
% Total	Porcentaje de mortalidad total por etapa en el ciclo productivo. Este campo acepta valores entre 0 y 100 por ciento.
% SRS	Porcentaje de mortalidad por SRS por etapa en el ciclo productivo. Este campo acepta valores entre 0 y 100 por ciento.
Efecto ganancia de peso	Efecto en la ganancia de peso del pez durante la etapa de engorda del ciclo productivo, en caso de que no haya efecto en la ganancia de peso, el campo se debe dejar en blanco, y el simulador automáticamente asume valor 1. Este campo acepta valores entre 0 y 1.

Por cada escenario se ejecuta una simulación del ciclo productivo según los parámetros anteriormente señalados y que están definidos para cada uno de dichos escenarios, tal como se puede apreciar desde la Figura 69 a la Figura 74.

Figura 69. Parámetros de referencia para escenario SRS bajo sin tratamiento.

Región	Especie	Escenario SRS Bajo - Sin Tratamiento						
		% de mortalidad						Efecto en Ganancia de Peso
		Siembra		Engorda		Cosecha		
		% Total	% SRS	% Total	% SRS	% Total	% SRS	
10	Salmón Coho	1,15	0,00	0,61	0,00	0,71	0,01	
10	Salmón del Atlántico	2,80	0,01	1,04	0,01	1,79	0,01	
10	Trucha Arcoiris	0,75	0,00	1,50	0,11	1,15	0,20	
11	Salmón Coho	0,90	0,00	0,36	0,00	0,37	0,00	
11	Salmón del Atlántico	2,30	0,01	1,03	0,01	1,63	0,02	
11	Trucha Arcoiris	0,84	0,00	2,06	0,47	2,24	0,80	
12	Salmón Coho	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
12	Salmón del Atlántico	3,41	0,01	0,87	0,01	1,81	0,01	
12	Trucha Arcoiris	1,23	0,00	0,66	0,00	2,09	0,00	

Figura 70. Parámetros de referencia para escenario SRS bajo con tratamiento.

Región	Especie	Escenario SRS Bajo - Con Tratamiento						
		% de mortalidad						Efecto en Ganancia de Peso
		Siembra		Engorda		Cosecha		
		% Total	% SRS	% Total	% SRS	% Total	% SRS	
10	Salmón Coho	0,57	0,00	0,31	0,00	0,36	0,01	
10	Salmón del Atlántico	1,40	0,01	0,52	0,00	0,89	0,00	
10	Trucha Arcoiris	0,37	0,00	0,75	0,05	0,58	0,10	
11	Salmón Coho	0,45	0,00	0,18	0,00	0,19	0,00	
11	Salmón del Atlántico	1,15	0,00	0,52	0,00	0,82	0,01	
11	Trucha Arcoiris	0,42	0,00	1,03	0,23	1,12	0,40	
12	Salmón Coho	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
12	Salmón del Atlántico	1,71	0,00	0,43	0,00	0,90	0,01	
12	Trucha Arcoiris	0,61	0,00	0,33	0,00	1,04	0,00	

Figura 71. Parámetros de referencia para escenario SRS medio con tratamiento.

Región	Especie	Escenario SRS Medio - Con Tratamiento						
		% de mortalidad						Efecto en Ganancia de Peso
		Siembra		Engorda		Cosecha		
		% Total	% SRS	% Total	% SRS	% Total	% SRS	
10	Salmón Coho	2,87	0,00	1,53	0,01	1,78	0,03	
10	Salmón del Atlántico	7,00	0,04	2,59	0,01	4,46	0,02	
10	Trucha Arcoiris	1,87	0,01	3,74	0,27	2,88	0,49	
11	Salmón Coho	2,26	0,00	0,91	0,00	0,93	0,00	
11	Salmón del Atlántico	5,76	0,02	2,58	0,02	4,08	0,04	
11	Trucha Arcoiris	2,11	0,01	5,15	1,17	5,60	2,00	
12	Salmón Coho	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
12	Salmón del Atlántico	8,53	0,02	2,16	0,02	4,51	0,04	
12	Trucha Arcoiris	3,07	0,00	1,66	0,00	5,22	0,00	

Figura 72. Parámetros de referencia para escenario SRS medio alto con tratamiento.

Región	Especie	Escenario SRS Medio Alto - Con Tratamiento						
		% de mortalidad						Efecto en Ganancia de Peso
		Siembra		Engorda		Cosecha		
		% Total	% SRS	% Total	% SRS	% Total	% SRS	
10	Salmón Coho	4,02	0,00	2,14	0,01	2,49	0,04	
10	Salmón del Atlántico	9,80	0,05	3,63	0,02	6,25	0,03	
10	Trucha Arcoiris	2,62	0,01	5,24	0,38	4,03	0,69	
11	Salmón Coho	3,16	0,00	1,27	0,00	1,30	0,00	
11	Salmón del Atlántico	8,06	0,03	3,61	0,03	5,72	0,05	
11	Trucha Arcoiris	2,95	0,01	7,21	1,64	7,84	2,81	
12	Salmón Coho	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
12	Salmón del Atlántico	11,94	0,03	3,03	0,03	6,32	0,05	
12	Trucha Arcoiris	4,30	0,00	2,32	0,00	7,31	0,00	

Figura 73. Parámetros de referencia para escenario SRS alto con tratamiento.

Región	Especie	Escenario SRS Alto - Con Tratamiento						
		% de mortalidad						Efecto en Ganancia de Peso
		Siembra		Engorda		Cosecha		
		% Total	% SRS	% Total	% SRS	% Total	% SRS	
10	Salmón Coho	4,59	0,00	2,45	0,02	2,85	0,05	
10	Salmón del Atlántico	11,20	0,06	4,15	0,02	7,14	0,04	
10	Trucha Arcoiris	2,99	0,01	5,99	0,44	4,61	0,79	
11	Salmón Coho	3,61	0,00	1,46	0,00	1,48	0,00	
11	Salmón del Atlántico	9,22	0,03	4,12	0,03	6,53	0,06	
11	Trucha Arcoiris	3,37	0,01	8,24	1,88	8,96	3,21	
12	Salmón Coho	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
12	Salmón del Atlántico	13,65	0,03	3,46	0,03	7,22	0,06	
12	Trucha Arcoiris	4,91	0,00	2,65	0,00	8,36	0,00	

Figura 74. Parámetros de referencia para escenario SRS alto sin tratamiento.

Región	Especie	Escenario SRS Alto - Sin Tratamiento						
		% de mortalidad						Efecto en Ganancia de Peso
		Siembra		Engorda		Cosecha		
		% Total	% SRS	% Total	% SRS	% Total	% SRS	
10	Salmón Coho	4,59	0,00	2,45	0,02	2,85	0,05	
10	Salmón del Atlántico	11,20	0,06	4,15	0,02	7,14	0,04	
10	Trucha Arcoiris	2,99	0,01	5,99	0,44	4,61	0,79	
11	Salmón Coho	3,61	0,00	1,46	0,00	1,48	0,00	
11	Salmón del Atlántico	9,22	0,03	4,12	0,03	6,53	0,06	
11	Trucha Arcoiris	3,37	0,01	8,24	1,88	8,96	3,21	
12	Salmón Coho	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
12	Salmón del Atlántico	13,65	0,03	3,46	0,03	7,22	0,06	
12	Trucha Arcoiris	4,91	0,00	2,65	0,00	8,36	0,00	

- **Parámetros de referencia escenarios de Caligus (B):** Para el modelamiento de los escenarios de brote de caligidosis, se determinó como parámetro el efecto en la ganancia de peso en la etapa de engorda de la enfermedad por región y especie. En la Tabla 137 se describen los parámetros de referencia definidos para los escenarios de caligidosis.

Tabla 137. Parámetros de referencia escenarios de caligidosis.

Campo	Descripción
Región	Campo de solo lectura que indica la región.
Especie	Campo de solo lectura que indica la especie.
Efecto ganancia de peso (engorda)	Efecto en la ganancia de peso del pez durante la etapa de engorda del ciclo productivo, en caso de que no haya efecto en la ganancia de peso, el campo se debe dejar en blanco. El valor ingresado por el usuario como parámetro de referencia es prorrateado en los meses que dura la engorda. Este campo acepta valores entre 0 y 1.

Figura 75. Parámetros de referencia para escenario Caligus bajo.

Escenario Caligus Bajo		
Región	Especie	Efecto en Ganancia de Peso
10	Salmón Coho	
10	Salmón del Atlántico	
10	Trucha Arcoiris	
11	Salmón Coho	
11	Salmón del Atlántico	
11	Trucha Arcoiris	
12	Salmón Coho	
12	Salmón del Atlántico	
12	Trucha Arcoiris	

Figura 76. Parámetros de referencia para escenario Caligus medio.

Escenario Caligus Medio		
Región	Especie	Efecto en Ganancia de Peso
10	Salmón Coho	
10	Salmón del Atlántico	
10	Trucha Arcoiris	
11	Salmón Coho	
11	Salmón del Atlántico	
11	Trucha Arcoiris	
12	Salmón Coho	
12	Salmón del Atlántico	
12	Trucha Arcoiris	

Figura 77. Parámetros de referencia para escenario Caligus medio alto.

Escenario Caligus Medio Alto		
Región	Especie	Efecto en Ganancia de Peso
10	Salmón Coho	
10	Salmón del Atlántico	
10	Trucha Arcoiris	
11	Salmón Coho	
11	Salmón del Atlántico	
11	Trucha Arcoiris	
12	Salmón Coho	
12	Salmón del Atlántico	
12	Trucha Arcoiris	

Figura 78. Parámetros de referencia para escenario Caligus alto.

Escenario Caligus Alto		
Región	Especie	Efecto en Ganancia de Peso
10	Salmón Coho	
10	Salmón del Atlántico	
10	Trucha Arcoiris	
11	Salmón Coho	
11	Salmón del Atlántico	
11	Trucha Arcoiris	
12	Salmón Coho	
12	Salmón del Atlántico	
12	Trucha Arcoiris	

- **Parámetros de referencia generales (C):** Corresponden a los parámetros de referencia comunes para todos los escenarios. En esta categoría está el parámetro de temperatura para la determinación del coeficiente de crecimiento térmico, que a su vez es usado para el cálculo de la tasa de crecimiento del pez, y el rango de duración del ciclo productivo, donde se especifica la cantidad de meses mínimo que puede durar un ciclo productivo según la especie y región, usado para validar la duración del ciclo en meses de los parámetros de entrada. En la Figura 79 se puede apreciar los parámetros de referencia para la temperatura, y en la Figura 26 se muestra los parámetros de referencia para la duración del ciclo productivo en meses.

Figura 79. Parámetro general de referencia para el coeficiente de crecimiento térmico.

Coeficiente de Crecimiento Térmico		
Región	Especie	T° del agua (°C)
10	Salmón Coho	11,7
10	Salmón del Atlántico	11,7
10	Trucha Arcoiris	11,7
11	Salmón Coho	10,9
11	Salmón del Atlántico	10,9
11	Trucha Arcoiris	10,9
12	Salmón Coho	7,7
12	Salmón del Atlántico	7,7
12	Trucha Arcoiris	7,7

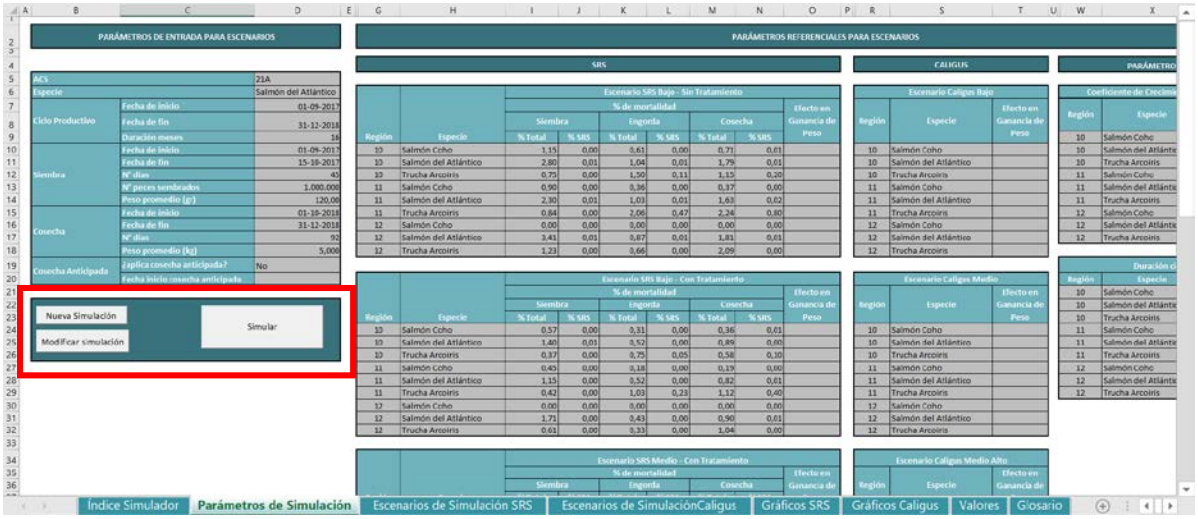
Figura 80. Parámetro general de referencia para la validación de la duración del ciclo productivo.

Duración ciclo (meses)			
Región	Especie	Mín	Máx
10	Salmón Coho	7	14
10	Salmón del Atlántico	10	22
10	Trucha Arcoiris	7	20
11	Salmón Coho	8	15
11	Salmón del Atlántico	13	28
11	Trucha Arcoiris	12	15
12	Salmón Coho		
12	Salmón del Atlántico	20	31
12	Trucha Arcoiris		

XXI.5.6 Funcionalidades del Simulador

El simulador contiene 3 funcionalidades que se encuentran ubicadas en la pestaña Parámetros de simulación, y que corresponde a los 3 botones que se pueden apreciar en la Figura 81.

Figura 81. Botones de funcionalidad del simulador.



XXI.5.6.1 Funcionalidad Ingresar una nueva simulación

Esta funcionalidad, que corresponde al botón Nueva Simulación, permite dejar en blanco el formulario de Parámetros de entrada, y además deja modificables los parámetros de referencia. Al hacer clic en este botón, el sistema pide confirmación (Figura 82), y si el usuario confirma, se procede a la acción (Figura 83).

Figura 82. Mensaje de confirmación al hacer clic en botón nueva simulación.

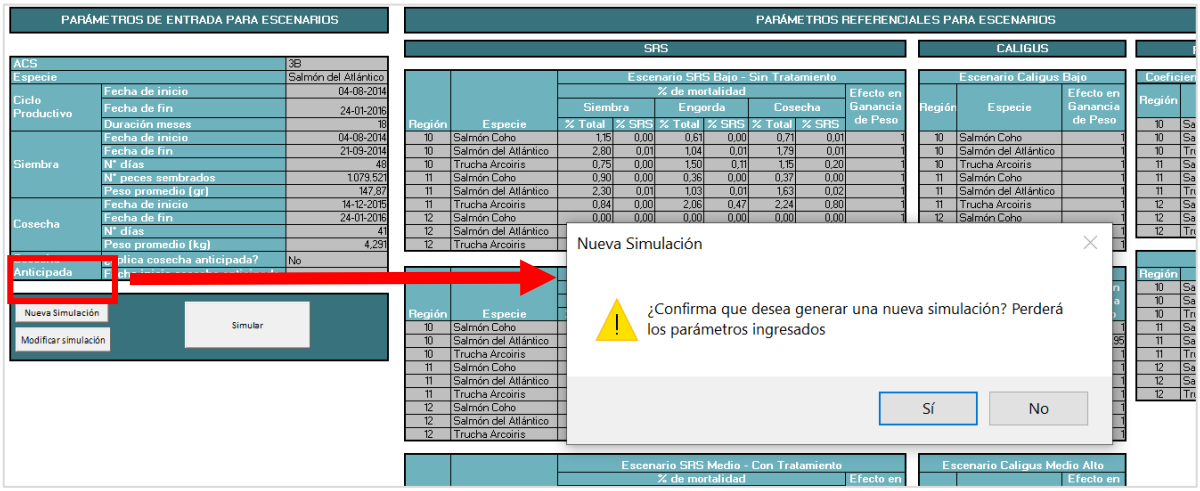


Figura 83. Formulario de parámetros de entrada en blanco.

PARÁMETROS DE ENTRADA PARA ESCENARIOS		
ACS		Seleccione ACS...
Especie		Seleccione especie...
Ciclo Productivo	Fecha de inicio	01-01-1900
	Fecha de fin	01-01-1900
	Duración meses	1
Siembra	Fecha de inicio	01-01-1900
	Fecha de fin	01-01-1900
	N° días	0
	N° peces sembrados	
	Peso promedio (gr)	
Cosecha	Fecha de inicio	01-01-1900
	Fecha de fin	01-01-1900
	N° días	0
	Peso promedio (kg)	
Cosecha Anticipada	¿aplica cosecha anticipada?	
	Fecha inicio cosecha anticipada	

XXI.5.6.2 Funcionalidad modificar simulación

Esta funcionalidad, que corresponde al botón Modificar Simulación, permite dejar modificable el formulario de Parámetros de entrada, y además deja modificables los parámetros de referencia. Al hacer clic en este botón, el sistema pide confirmación (Figura 84), y si el usuario confirma, se procede a la acción (Figura 83).

Figura 84. Mensaje de confirmación al hacer clic en botón modificar simulación.

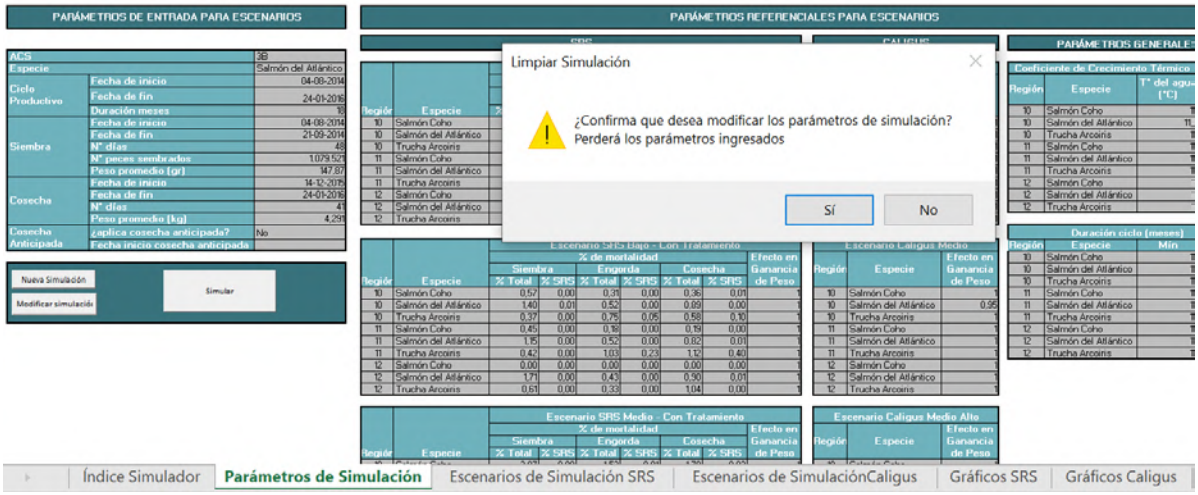


Figura 85. Formulario de parámetros de entrada habilitado para modificar.

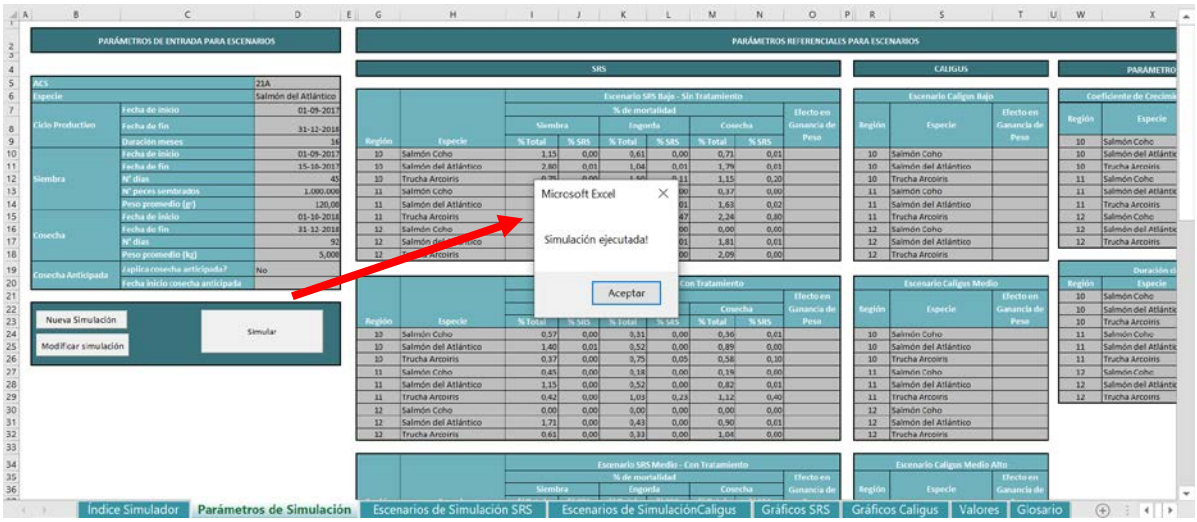
PARÁMETROS DE ENTRADA PARA ESCENARIOS		
ACS		3B
Especie		Salmón del Atlántico
Ciclo Productivo	Fecha de inicio	04-08-2014
	Fecha de fin	24-01-2016
	Duración meses	18
Siembra	Fecha de inicio	04-08-2014
	Fecha de fin	21-09-2014
	N° días	48
	N° peces sembrados	1.079.521
	Peso promedio (gr)	147,87
Cosecha	Fecha de inicio	14-12-2015
	Fecha de fin	24-01-2016
	N° días	41
	Peso promedio (kg)	4,291
Cosecha Anticipada	¿aplica cosecha anticipada?	No
	Fecha inicio cosecha anticipada	

XXI.5.6.3 Funcionalidad Simular

Corresponde a la funcionalidad encargada de ejecutar la simulación de todos los escenarios definidos para SRS y caligidosis (hojas Escenarios SRS y Escenarios Caligus) y la generación de gráficos asociados a la simulación (hojas Gráficos SRS y Gráficos Caligus). Para ejecutar dicha simulación, se debe hacer clic en el botón Simular.

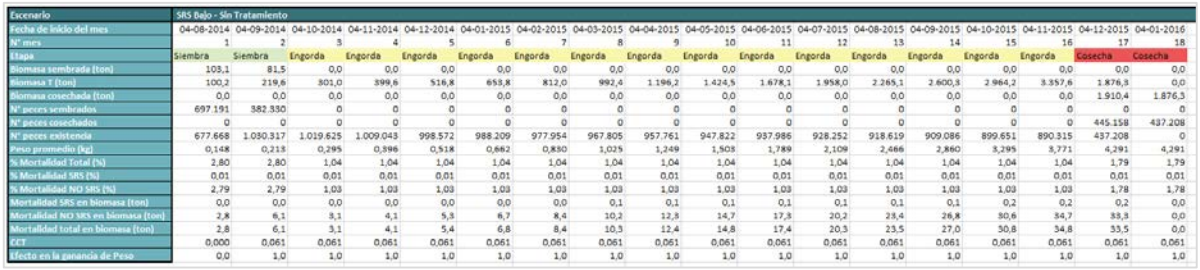
Al realizar dicha acción, el simulador valida que los campos cumplan con las validaciones indicadas en la Tabla 92, y luego procede a ejecutar la simulación de cada escenario de SRS y de caligus según los parámetros de entrada y de referencia seleccionados por el usuario. Al ejecutar, el simulador deja todos los parámetros en color gris y de sólo lectura, y despliega mensaje indicando la ejecución de la simulación de escenarios.

Figura 86. Ejecución de la funcionalidad Simular.



Una vez ejecutada la simulación, se puede verificar los resultados de los indicadores en las pestañas de Escenarios de simulación SRS y Escenarios de simulación Cáligus, donde se despliegan la evolución de todas las variables indicadas a continuación en la Tabla 138, y se puede distinguir claramente cada una de las etapas del ciclo productivo. En la Figura 87, se puede apreciar un ejemplo de la ejecución del escenario SRS Bajo sin Tratamiento.

Figura 87. Ejemplo de escenario ejecutado por la funcionalidad Simular en la pestaña Escenarios SRS.



Escenario	SRS Bajo - Sin Tratamiento																		
Fecha de inicio del mes	04-08-2014	04-09-2014	04-10-2014	04-11-2014	04-12-2014	04-01-2015	04-02-2015	04-03-2015	04-04-2015	04-05-2015	04-06-2015	04-07-2015	04-08-2015	04-09-2015	04-10-2015	04-11-2015	04-12-2015	04-01-2016
N° mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Etapa	Siembra	Siembra	Engorda	Engorda	Engorda	Engorda	Engorda	Engorda	Engorda	Engorda	Engorda	Engorda	Engorda	Engorda	Engorda	Engorda	Cosecha	Cosecha
Biomasa sembrada (ton)	103,1	81,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Biomasa T (ton)	100,2	219,6	301,0	399,6	516,8	653,8	812,0	992,4	1.196,2	1.424,5	1.678,1	1.958,0	2.265,1	2.600,3	2.964,2	3.357,6	1.876,3	0,0
Biomasa cosechada (ton)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1.910,4	1.876,3
N° peces sembrados	697.191	382.330	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N° peces cosechados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	445.158	437.208
N° peces existencia	677.668	1.030.317	1.019.625	1.009.043	998.572	988.209	977.954	967.805	957.761	947.822	937.986	928.252	918.619	909.086	899.651	890.315	437.208	0
Peso promedio (kg)	0,148	0,213	0,295	0,396	0,518	0,662	0,830	1,025	1,249	1,503	1,789	2,109	2,466	2,860	3,295	3,771	4,291	4,291
% Mortalidad Total (%)	2,80	2,80	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,79	1,79
% Mortalidad SRS (%)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
% Mortalidad NO SRS (%)	2,79	2,79	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,78	1,78
Mortalidad SRS en biomasa (ton)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,0
Mortalidad NO SRS en biomasa (ton)	2,8	6,1	3,1	4,1	5,3	6,7	8,4	10,2	12,8	14,7	17,3	20,2	23,4	26,8	30,6	34,7	33,3	0,0
Mortalidad total en biomasa (ton)	2,8	6,1	3,1	4,1	5,4	6,8	8,4	10,3	12,4	14,8	17,4	20,3	23,5	27,0	30,8	34,8	33,5	0,0
CCT	0,000	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061
Efecto en la ganancia de Peso	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Por cada escenario se encuentran definidas una serie de variables que se describen a continuación:

Tabla 138. Variables simuladas por cada escenario.

Campo	Descripción
Escenario	Escenario simulado
Fecha de inicio del mes	Fecha en que se inicia el mes
N° de mes	Número de mes simulado
Etapa	Etapa productiva, pudiendo ser siembra, engorda o cosecha.
Biomasa sembrada (ton)	Cantidad de biomasa sembrada mensual, expresada en toneladas.
Biomasa T (ton)	Cantidad de biomasa instantánea mensual, expresada en toneladas.
Biomasa cosechada (ton)	Cantidad de biomasa cosechada mensual, expresada en toneladas.
N° peces sembrados	Número de peces sembrados en el mes.
N° peces cosechados	Número de peces cosechados en el mes.
N° peces existencia	Número de peces en existencia en el mes.
Peso promedio (Kg)	Peso promedio mensual de los peces, expresado en kilos.
% mortalidad total	Porcentaje de mortalidad total en el mes. Valor rescatado desde los parámetros de referencia.
% mortalidad SRS	Porcentaje de mortalidad por SRS en el mes. Valor rescatado desde los parámetros de referencia.
% mortalidad No SRS	Porcentaje de mortalidad por no SRS en el mes. Valor rescatado desde los parámetros de referencia.
Mortalidad SRS en biomasa	Mortalidad SRS expresada como biomasa.
Mortalidad no SRS en biomasa	Mortalidad no SRS expresada como biomasa.
Mortalidad total en biomasa	Mortalidad total expresada como biomasa.
CCT	Coeficiente de crecimiento térmico, usado para el cálculo del peso promedio de los peces.

Efecto en la ganancia de peso	Efecto en la ganancia de peso, usado para el cálculo del peso promedio de los peces.

Adicionalmente, en las pestañas Gráficos SRS y Gráficos Cáligus, el simulador grafica el comportamiento de la biomasa, porcentaje de mortalidad, y mortalidad en biomasa tanto de los escenarios de SRS como de Caligus.

Figura 88. Gráficos de escenarios SRS.

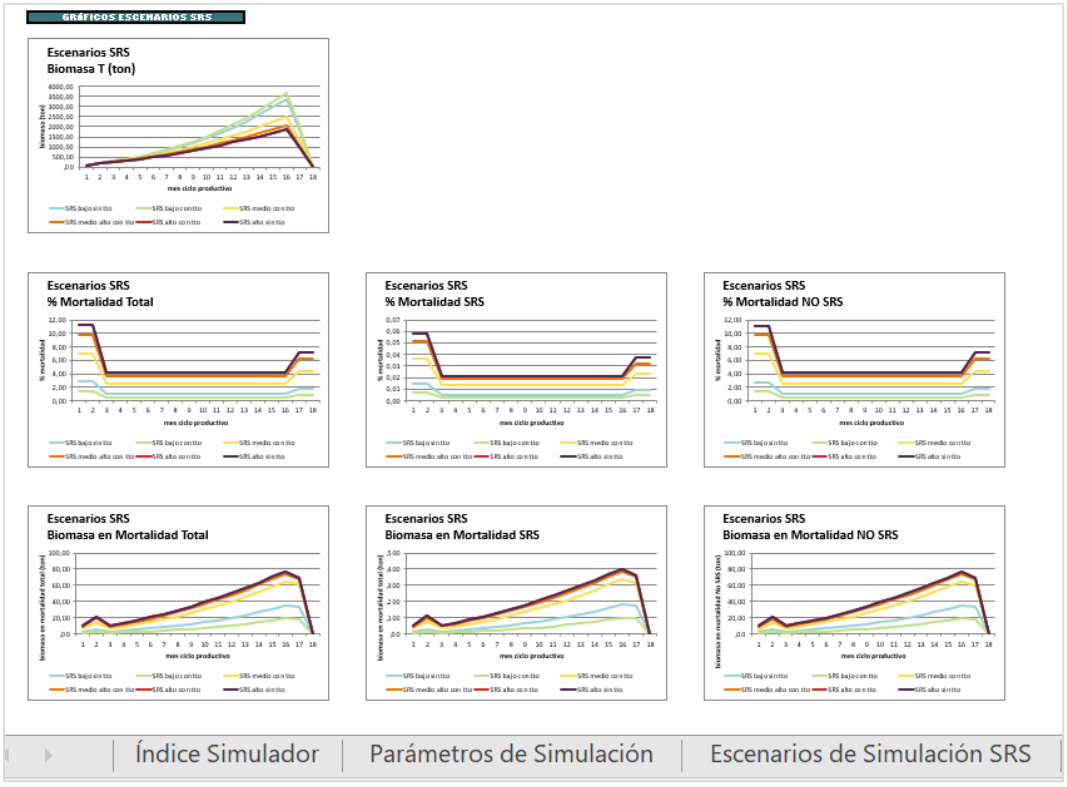
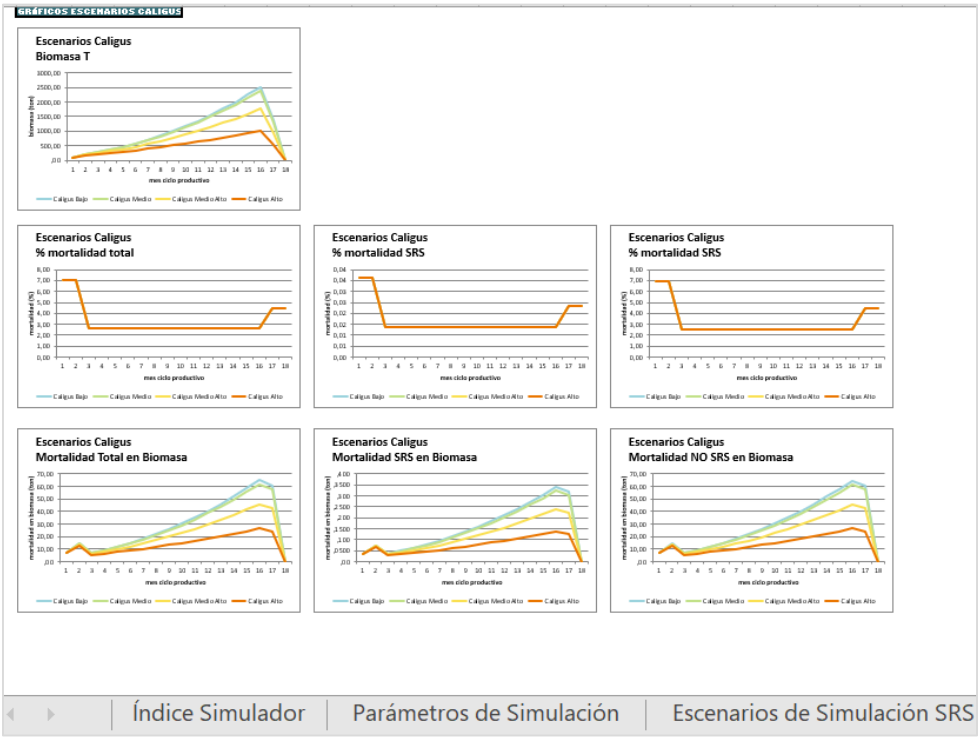


Figura 89. Gráficos de escenarios caligus.



XXI.5.6.4 Simular cosecha anticipada

La aplicación de la medida de cosecha anticipada se encuentra disponible solamente para los escenarios de SRS Alto con tratamiento y SRS Alto sin tratamiento. Para la aplicación de la medida, hay una sección en los parámetros de entrada llamada "Cosecha anticipada", donde se debe registrar el valor "Sí", para el parámetro ¿Aplica cosecha anticipada?, y en el parámetro Fecha de inicio de cosecha anticipada, como su nombre lo indica, se debe registrar la fecha en que se da comienzo a la cosecha anticipada. Si en este parámetro no se ingresar valor, el simulador asume que la fecha de comienzo de la cosecha anticipada es en la mitad de la etapa de engorda. La etapa de cosecha anticipada tiene por defecto la duración de 1 mes.

En el siguiente ejemplo, se registró una cosecha anticipada con fecha ingresada por el usuario (Figura 90), por lo que en el escenario SRS Alto con tratamiento, la cosecha anticipada se realiza durante el mes 11 del ciclo productivo, que es donde cae dicha fecha. En la Figura 91, se puede apreciar la aplicación de la medida de cosecha anticipada, y es posible comparar con el escenario SRS Medio con

tratamiento, para mostrar efectivamente la duración del ciclo completo sin cosecha anticipada.

Figura 90. Parámetros de entrada de cosecha anticipada para escenario SRS Alto Con y Sin Tratamiento.

ACS		21A
Especie		Salmón del Atlántico
Ciclo Productivo	Fecha de inicio	01-09-2017
	Fecha de fin	31-12-2018
	Duración meses	16
Siembra	Fecha de inicio	01-09-2017
	Fecha de fin	15-10-2017
	N° días	45
	N° peces sembrados	1.000.000
	Peso promedio (gr)	120,00
Cosecha	Fecha de inicio	01-10-2018
	Fecha de fin	31-12-2018
	N° días	92
	Peso promedio (kg)	5,000
Cosecha Anticipada	[illegible]	[illegible]
	Fecha inicio cosecha anticipada	15-07-2018

Figura 91. Simulación con la aplicación de medida de cosecha anticipada.

Escenario	SRS Medio Alto - Con Tratamiento															
Fecha de inicio del mes	01-09-2017	01-10-2017	01-11-2017	01-12-2017	01-01-2018	01-02-2018	01-03-2018	01-04-2018	01-05-2018	01-06-2018	01-07-2018	01-08-2018	01-09-2018	01-10-2018	01-11-2018	01-12-2018
N° mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Etapa	Siembra	Siembra	Engorda	Engorda	Engorda	Engorda	Engorda	Engorda	Engorda	Engorda	Engorda	Engorda	Engorda	Cosecha	Cosecha	Cosecha
Biomasa sembrada (ton)	80,0	67,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Biomasa T (ton)	73,5	175,8	264,2	374,8	508,8	667,0	849,6	1.056,8	1.288,6	1.544,6	1.824,3	2.127,0	2.452,0	1.824,7	573,5	0,0
Biomasa cosechada (ton)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	967,7	1.216,5	573,5
N° peces sembrados	666.667	333.333	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N° peces cosechados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	193.539	243.298	114.694
N° peces existencia	612.905	869.932	838.537	808.274	779.104	750.987	723.884	697.760	672.578	648.305	624.908	602.356	580.617	364.947	114.694	0
Peso promedio (kg)	0,120	0,202	0,315	0,464	0,653	0,888	1,174	1,515	1,916	2,382	2,919	3,531	4,223	5,000	5,000	5,000
% Mortalidad Total (%)	8,064	8,064	3,609	3,609	3,609	3,609	3,609	3,609	3,609	3,609	3,609	3,609	3,609	5,717	5,717	5,717
% Mortalidad SRS (%)	0,027	0,027	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,055	0,055	0,055
% Mortalidad NO SRS (%)	8,037	8,037	3,579	3,579	3,579	3,579	3,579	3,579	3,579	3,579	3,579	3,579	3,579	5,663	5,663	5,663
Mortalidad SRS en biomasa (ton)	0,020	0,047	0,079	0,112	0,153	0,200	0,255	0,317	0,386	0,463	0,547	0,638	0,735	1,000	0,314	0,000
Mortalidad NO SRS en biomasa (ton)	5,911	14,130	9,454	13,415	18,211	23,870	30,405	37,822	46,117	55,279	65,289	76,125	87,756	103,329	32,474	0,000
Mortalidad total en biomasa (ton)	5,931	14,178	9,534	13,527	18,364	24,070	30,660	38,139	46,504	55,742	65,836	76,762	88,491	104,329	32,788	0,000
CCT	0,000	0,086	0,086	0,086	0,086	0,086	0,086	0,086	0,086	0,086	0,086	0,086	0,086	0,086	0,086	0,086
Efecto en la ganancia de Peso	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Escenario	SRS Alto - Con Tratamiento										
Fecha de inicio del mes	01-09-2017	01-10-2017	01-11-2017	01-12-2017	01-01-2018	01-02-2018	01-03-2018	01-04-2018	01-05-2018	01-06-2018	01-07-2018
N° mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Etapa	Siembra	Siembra	Engorda	Engorda	Engorda	Engorda	Engorda	Engorda	Engorda	Engorda	Cosecha Ant.
Biomasa sembrada (ton)	80,0	67,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Biomasa T (ton)	72,6	172,2	257,4	363,2	490,4	639,4	810,1	1.002,3	1.215,6	1.449,3	0,0
Biomasa cosechada (ton)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1.775,8
N° peces sembrados	666.667	333.333	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N° peces cosechados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	608.318
N° peces existencia	605.225	852.059	816.916	783.222	750.918	719.946	690.252	661.783	634.487	608.318	0
Peso promedio (kg)	0,120	0,202	0,315	0,464	0,653	0,888	1,174	1,515	1,916	2,382	2,919
% Mortalidad Total (%)	9,216	9,216	4,124	4,124	4,124	4,124	4,124	4,124	4,124	4,124	4,124
% Mortalidad SRS (%)	0,031	0,031	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034
% Mortalidad NO SRS (%)	9,186	9,186	4,090	4,090	4,090	4,090	4,090	4,090	4,090	4,090	4,090
Mortalidad SRS en biomasa (ton)	0,022	0,053	0,088	0,124	0,168	0,219	0,278	0,343	0,417	0,497	0,000
Mortalidad NO SRS en biomasa (ton)	6,671	15,817	10,526	14,856	20,060	26,152	33,134	40,997	49,721	59,279	0,000
Mortalidad total en biomasa (ton)	6,693	15,870	10,615	14,980	20,228	26,372	33,412	41,340	50,137	59,776	0,000
CCT	0,000	0,086	0,086	0,086	0,086	0,086	0,086	0,086	0,086	0,086	0,086
Efecto en la ganancia de Peso	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

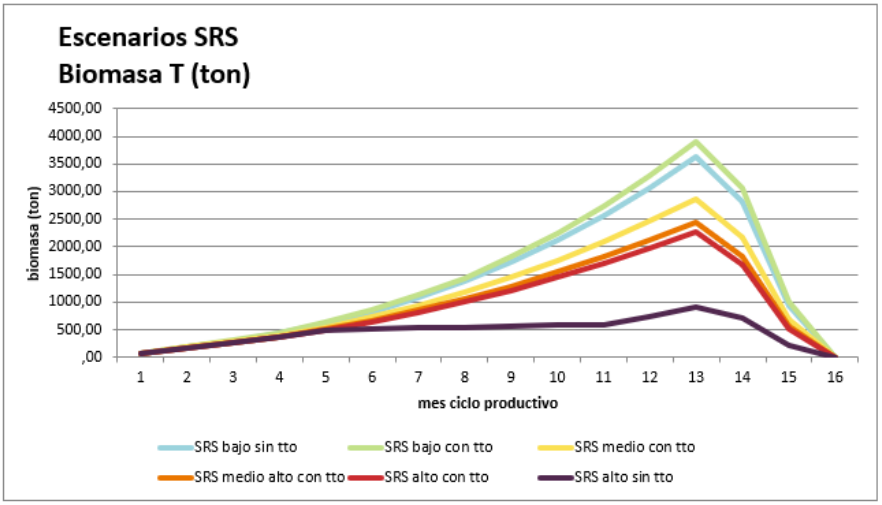
XXI.5.6.5 Incorporación manual de brotes de enfermedad en los escenarios SRS y Caligus

A pesar de que es posible ingresar el efecto en la ganancia de peso como parámetro de referencia, también es posible registrar este valor de manera manual mensual por simulación, con el propósito de simular brotes mensuales de enfermedad. Por ejemplo, en la Figura 92, se registró manualmente 6 brotes consecutivos, que generaron un efecto en la ganancia de peso de 0,1, los cuales se encuentran destacados en color amarillo. Inmediatamente en la Figura 93, que corresponde al gráfico de evolución de biomasa de la pestaña "Gráficos SRS", se evidencia el impacto en la biomasa de este efecto en la ganancia de peso.

Figura 92. Registro manual en el escenario SRS alto sin tratamiento de 6 brotes consecutivos, reflejados en la columna efecto ganancia de peso

Escenario	SRS Alto - Sin Tratamiento															
Fecha de inicio del mes	01-09-2017	01-10-2017	01-11-2017	01-12-2017	01-01-2018	01-02-2018	01-03-2018	01-04-2018	01-05-2018	01-06-2018	01-07-2018	01-08-2018	01-09-2018	01-10-2018	01-11-2018	01-12-2018
N° mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Etapa	Siembra	Siembra	Engorda	Engorda	Engorda	Engorda	Engorda	Engorda	Engorda	Engorda	Engorda	Engorda	Engorda	Cosecha	Cosecha	Cosecha
Biomasa sembrada (ton)	80,0	67,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Biomasa T (ton)	72,6	172,2	257,4	363,2	490,4	508,8	526,8	544,3	561,5	578,1	594,3	744,0	911,4	712,2	221,9	0,0
Biomasa cosechada (ton)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	381,0	474,8	221,9
N° peces sembrados	666.667	333.333	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N° peces cosechados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	178.703	222.702	104.075
N° peces existencia	605.225	852.059	816.916	783.222	750.918	719.946	690.252	661.783	634.487	608.318	583.228	559.173	536.110	334.053	104.075	0
Peso promedio (kg)	0,120	0,202	0,315	0,464	0,653	0,707	0,763	0,823	0,885	0,950	1,019	1,331	1,700	2,132	2,132	2,132
% Mortalidad Total (%)	9,216	9,216	4,124	4,124	4,124	4,124	4,124	4,124	4,124	4,124	4,124	4,124	4,124	6,534	6,534	6,534
% Mortalidad SRS (%)	0,031	0,031	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,063	0,063	0,063
% Mortalidad NO SRS (%)	9,186	9,186	4,090	4,090	4,090	4,090	4,090	4,090	4,090	4,090	4,090	4,090	4,090	6,472	6,472	6,472
Mortalidad SRS en biomasa (ton)	0,022	0,053	0,088	0,124	0,168	0,174	0,181	0,187	0,192	0,198	0,204	0,255	0,312	0,446	0,139	0,000
Mortalidad NO SRS en biomasa (ton)	6,671	15,817	10,526	14,856	20,060	20,811	21,546	22,265	22,966	23,647	24,309	30,433	37,278	46,094	14,361	0,000
Mortalidad total en biomasa (ton)	6,693	15,870	10,615	14,980	20,228	20,985	21,727	22,452	23,158	23,845	24,512	30,688	37,590	46,540	14,500	0,000
CCT	0,000	0,086	0,086	0,086	0,086	0,021	0,021	0,021	0,021	0,021	0,021	0,086	0,086	0,086	0,086	0,086
Efecto en la ganancia de Peso	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Figura 93. Gráfico de la pestaña "Gráficos SRS", donde se evidencia la evolución del ciclo productivo con los brotes ingresados manualmente, en el escenario SRS alto sin tratamiento.

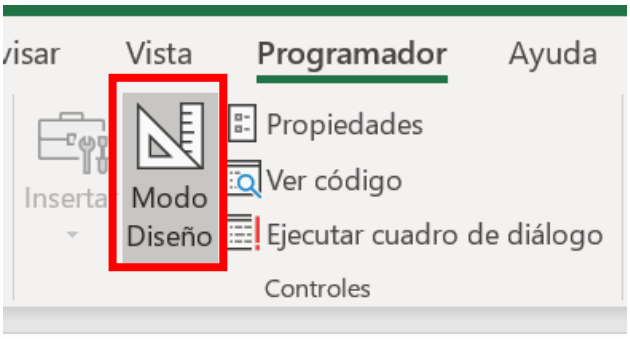


XXI.5.7 Diseño interno del simulador

A continuación, se presenta cómo está diseñado el simulador, describiendo las rutinas más importantes y su ubicación dentro de las macros implementadas.

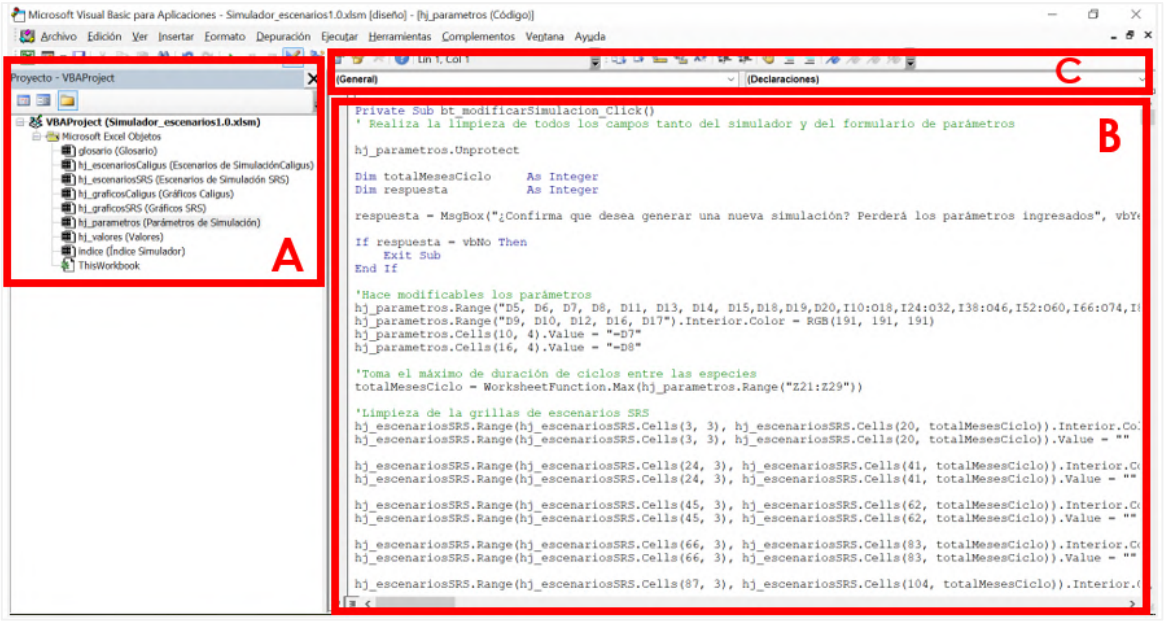
Para acceder al modo edición del simulador es necesario que la hoja “Parámetros de Simulación” se desproteja, y luego ir a la pestaña ***Programador*** de Excel, y seleccionar la opción ***Modo Diseño*** (Figura 94).

Figura 94. Pestaña Programador, opción Modo Diseño.



Al hacer clic en alguno de los botones Nueva Simulación, Modificar Simulación o Simular, aparecerá una ventana de Microsoft Visual Basic para Aplicaciones, con el código de las macros implementadas.

Figura 95. Vista de ventana de edición de macros (Microsoft Visual Basic para Aplicaciones)



En la Figura 95 se pueden identificar 3 secciones importantes:

- **Sección A:** corresponde a las hojas del archivo Excel. En este caso todas las macros están implementadas en la hoja hj_parametros, que corresponde a la hoja Parámetros de Simulación.
- **Sección B:** corresponde al sector donde se despliega el código de las macros implementadas. En esta sección es posible editar las macros o crear nuevas.
- **Sección C:** Se compone de dos listas, la primera despliega los componentes de la hoja, y la segunda muestra las subrutinas asociados al componente seleccionado.

A continuación, se describirán las subrutinas implementadas, y una breve descripción de cada una de ellas:

Tabla 139. Listado de subrutinas y su descripción.

Nombre de la subrutina	Descripción
bt_modificarSimulacion_click	Rutina usada por el botón Modificar Simulación. Habilita la hoja Parámetros de Simulación (hj_parametros) para que el usuario pueda modificar los parámetros de entrada y de referencia.
bt_nvaSimulacion_Click	Rutina usada por el botón Nueva Simulación. Limpia los parámetros de entrada y los escenarios de simulación, para ingresar una nueva simulación.
bt_simular_Click	Rutina usada por el botón Simular. Ejecuta la simulación, usando como entrada los parámetros de entrada y referencia registrados en la pestaña Parámetros de simulación, valida los parámetros ingresados por el usuario y ejecuta las simulaciones de los escenarios de SRS y Caligus, y por último genera sus respectivos gráficos.
ejecutarEscenarioSRSBajoSinTTO	Rutina que ejecuta el escenario SRS bajo sin tratamiento. Es usado por la rutina bt_simular_click
ejecutarEscenarioSRSBajoConTTO	Rutina que ejecuta el escenario SRS bajo con tratamiento. Es usado por la rutina bt_simular_click
ejecutarEscenarioSRSMedioConTTO	Rutina que ejecuta el escenario SRS medio con tratamiento. Es usado por la rutina bt_simular_click

ejecutarEscenarioSRSMedioAltoConTTO	Rutina que ejecuta el escenario SRS medio alto con tratamiento. Es usado por la rutina bt_simular_click
ejecutarEscenarioSRSAltoConTTO	Rutina que ejecuta el escenario SRS alto con tratamiento. Es usado por la rutina bt_simular_click
ejecutarEscenarioSRSAltoSinTTO	Rutina que ejecuta el escenario SRS alto sin tratamiento. Es usado por la rutina bt_simular_click
ejecutarEscenarioCaligusBajo	Rutina que ejecuta el escenario caligus bajo. Es usado por la rutina bt_simular_click
ejecutarEscenarioCaligusMedio	Rutina que ejecuta el escenario caligus medio. Es usado por la rutina bt_simular_click
ejecutarEscenarioCaligusMedioAlto	Rutina que ejecuta el escenario caligus medio alto. Es usado por la rutina bt_simular_click
ejecutarEscenarioCaligusAlto	Rutina que ejecuta el escenario caligus alto. Es usado por la rutina bt_simular_click
obtenerGraficoSRSBiomasaT	Rutina que genera el gráfico comparativo de biomasa T de los escenarios de SRS. Es usado por la rutina bt_simular_click
obtenerGraficoSRSPtjeMortTotal	Rutina que genera el gráfico comparativo de porcentaje de mortalidad total de los escenarios de SRS. Es usado por la rutina bt_simular_click

obtenerGraficoSRSPtjeMortSRS	Rutina que genera el gráfico comparativo de porcentaje de mortalidad SRS de los escenarios de SRS. Es usado por la rutina bt_simular_click
obtenerGraficoSRSPtjeMortNOSRS	Rutina que genera el gráfico comparativo de porcentaje de mortalidad no SRS de los escenarios de SRS. Es usado por la rutina bt_simular_click
obtenerGraficoSRSMortTotalBiomasa	Rutina que genera el gráfico comparativo de la biomasa en mortalidad total de los escenarios de SRS. Es usado por la rutina bt_simular_click
obtenerGraficoSRSMortSRSBiomasa	Rutina que genera el gráfico comparativo de la biomasa en mortalidad SRS de los escenarios de SRS. Es usado por la rutina bt_simular_click
obtenerGraficoSRSMortNOSRSBiomasa	Rutina que genera el gráfico comparativo de la biomasa en mortalidad no SRS de los escenarios de SRS. Es usado por la rutina bt_simular_click
obtenerGraficoCaligusBiomasaT	Rutina que genera el gráfico comparativo de biomasa T de los escenarios de Caligus. Es usado por la rutina bt_simular_click
obtenerGraficoCaligusPtjeMortTotal	Rutina que genera el gráfico comparativo de porcentaje de mortalidad total de los escenarios

	de Caligus. Es usado por la rutina bt_simular_click
obtenerGraficoCaligusPtjeMortSRS	Rutina que genera el gráfico comparativo de porcentaje de mortalidad SRS de los escenarios de Caligus. Es usado por la rutina bt_simular_click
obtenerGraficoCaligusPtjeMortNOSRS	Rutina que genera el gráfico comparativo de porcentaje de mortalidad no SRS de los escenarios de Caligus. Es usado por la rutina bt_simular_click
obtenerGraficoCaligusMortTotalBiomasa	Rutina que genera el gráfico comparativo de la biomasa en mortalidad total de los escenarios de Caligus. Es usado por la rutina bt_simular_click
obtenerGraficoCaligusMortSRSBiomasa	Rutina que genera el gráfico comparativo de la biomasa en mortalidad SRS de los escenarios de Caligus. Es usado por la rutina bt_simular_click
obtenerGraficoCaligusMortNOSRSBiomasa	Rutina que genera el gráfico comparativo de la biomasa en mortalidad no SRS de los escenarios de Caligus. Es usado por la rutina bt_simular_click

XXI.6 Anexo 6: Talleres

XXI.6.1 Actividad de presentación de resultados de la etapa 1 y pre-diseño del modelo de análisis de costo-beneficio

XXI.6.1.1 Antecedentes

El 29 de octubre de 2018 se realizó una actividad de presentación de resultados de la etapa 1 y pre-diseño del modelo de análisis de costo-beneficio, y validación de escenarios de simulación. En esta actividad los temas a tratar fueron:

1. Presentación de resultados de la etapa 1 y pre-diseño del modelo de análisis de costo-beneficio
2. Validación de escenarios de escenarios de simulación
3. Revisión de contenido de encuesta – panel de expertos/focus group.

Tomando en consideración la viabilidad para ejecutar un taller, en función de las actividades comprometidas dentro del marco del Programa para la Gestión Sanitaria en la Acuicultura por parte de los participantes de interés, se acuerda que la metodología más adecuada para realizar el levantamiento de información para la elaboración del modelo es por medio de encuestas a actores clave tanto del sector público como privado, independiente de los costos adicionales que implicaba esta actividad versus la realización de un taller.

Los resultados de las encuestas se pueden revisar en el capítulo XIII, punto 2.1 “Resultados encuestas”.

El detalle de los acuerdos de esta actividad se puede revisar en el Anexo 2: Actas de Reunión.

XXI.6.1.1 Lista de asistentes

Participante	Cargo	Institución
Marcela Lara	Médico Veterinario/Gabinete SNP	Sernapesca
Christopher Hamilton-West	Investigador	U. DE CHILE
Francisca Di Pillo	Investigador	U. DE CHILE
Eileen Malo	Investigador	U. DE CHILE
Valentina Vera	Investigador	U. DE CHILE
Catalina Araya	Investigador	U. DE CHILE

XXI.6.2 Taller de validación de resultados

XXI.6.2.1 Antecedentes

El lunes 10 de diciembre de 2018 se realizó el taller "Taller de validación de resultados del modelo paramétrico de análisis de costo-beneficio con la contraparte técnica", jornada de presentación de los resultados del proyecto.

XXI.6.3 Lista de Asistentes

Nombre	Cargo	Institución
Eleazar Flores	Médico Veterinario	Sernapesca
Rodolfo Reyes	Médico Veterinario	Sernapesca
Álvaro Gaete	Médico Veterinario	Sernapesca
Carla Anguita	Médico Veterinario	Sernapesca
Roberto Montt	Asesor técnico	Sernapesca
Christopher Hamilton-West	Investigador	U. de Chile
Francisca Di Pillo	Investigador	U. de Chile
Valentina Vera	Investigador	U. de Chile
Catalina Araya	Investigador	U. de Chile
Eileen Malo	Investigador	U. de Chile

XXI.6.1 Taller de capacitación

XXI.6.1.1 Antecedentes

El lunes 10 de diciembre de 2018 se realizó el taller "Taller de capacitación de uso del modelo de análisis de costo-beneficio y metodología para la evaluación de costo y beneficio de futuras medidas", jornada capacitación a los futuros usuarios del modelo de análisis costo-beneficio a partir de la metodología previamente diseñada por el equipo consultor.

Los futuros usuarios del modelo fueron definidos por la contraparte.

En Anexos Digitales se puede revisar la presentación utilizada durante la jornada, el archivo referido es: Anexo Digital N°6 Presentación Bioeconómico Capacitación.pptx

XXI.6.2 Lista de Asistentes

Nombre	Cargo	Institución
Eleazar Flores	Médico Veterinario	Sernapesca
Rodolfo Reyes	Médico Veterinario	Sernapesca
Álvaro Gaete	Médico Veterinario	Sernapesca
Carla Anguita	Médico Veterinario	Sernapesca
Roberto Montt	Asesor técnico	Sernapesca
Christopher Hamilton-West	Investigador	U. de Chile
Francisca Di Pillo	Investigador	U. de Chile
Valentina Vera	Investigador	U. de Chile
Catalina Araya	Investigador	U. de Chile
Eileen Malo	Investigador	U. de Chile