



UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**DISEÑO DE UNA METODOLOGÍA BASADA EN UN MODELO DE  
OPTIMIZACIÓN PARA LA DEFINICIÓN A LARGO PLAZO DE LOS  
DESCANSOS SANITARIOS COORDINADOS DE LA INDUSTRIA  
SALMONERA CHILENA**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE  
INGENIERA CIVIL INDUSTRIAL

**DANIELA PAZ CAMPOS JORQUERA**

PROFESOR GUÍA:  
JUAN PABLO ZANLUNGO MATSUHIRO

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:  
RODOLFO URRUTIA URIBE  
RAFAEL EPSTEIN NUMHAUSER

SANTIAGO DE CHILE  
2015

RESUMEN DE LA MEMORIA PARA OPTAR AL  
TÍTULO DE INGENIERA CIVIL INDUSTRIAL  
POR: DANIELA PAZ CAMPOS JORQUERA  
FECHA: 13/04/2015  
PROF. GUÍA: JUAN PABLO ZANLUNGO MATSUHIRO

## DISEÑO DE UNA METODOLOGÍA BASADA EN UN MODELO DE OPTIMIZACIÓN PARA LA DEFINICIÓN A LARGO PLAZO DE LOS DESCANSOS SANITARIOS COORDINADOS DE LA INDUSTRIA SALMONERA CHILENA

En el presente trabajo se desarrolla una metodología basada en un modelo de programación lineal entera mixta para la definición a largo plazo de las fechas correspondientes a los periodos de descanso sanitario coordinados obligatorios de las agrupaciones de concesiones de salmónidos de las regiones del sur austral de Chile. La definición de estos periodos corresponde a una normativa establecida en 2009 por la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura en respuesta a la crisis sanitaria generada por el virus ISA en 2007, cuya rápida difusión provocó una disminución acumulada en la producción de un 60 % entre 2007 y 2010, traduciéndose en millonarias pérdidas y cerca de 20.000 trabajadores despedidos, dejando en evidencia que los estándares sanitarios eran débiles y que por ende se hacía necesaria la aplicación de un enfoque precautorio más estricto. Se considera que la medida de los periodos de descanso ha sido positiva, pero que sin embargo, no está cumpliendo a cabalidad con sus objetivos dado que las zonas básicas de descanso coordinado no son suficientemente extensas. Sumado a esto, la planificación actual permite que la distribución temporal a nivel mensual de la producción agregada sea altamente heterogénea, generando una demanda concentrada de recursos logísticos en determinados meses.

La metodología que se presenta en este trabajo, redefine los ejes fundamentales a considerar a la hora de definir fechas de descanso planteados en una propuesta previa de modelo de descanso de largo plazo, asignándoles los siguientes objetivos: para el Eje Sanitario-Medioambiental, definir de unidades geográficas de descanso coordinado mayores a las actuales y cercanía en las fechas de descanso de las unidades generadas, basada en su relación oceanográfica, para el Eje Productivo tener un mínimo impacto en los periodos de descanso fijos y en lo productivo durante el proceso adaptativo, mientras que para el eje Logístico tender a la uniformidad temporal a nivel mensual para la producción agregada. Dada la complejidad de coordinar fechas de descanso para las 62 agrupaciones de concesiones de las Regiones de Los Lagos y Aysén, considerando de manera satisfactoria todos estos planteamientos, se hace necesario contar con el respaldo de modelos matemáticos. Para el caso de la propuesta previa no se consideró dicho respaldo, generando soluciones que satisficieron parcialmente los objetivos.

Para la definición de fechas ideales se plantea un modelo de optimización multiobjetivo que considera componentes espaciales y temporales, definiendo periodos productivos fijos a largo plazo, de 21 meses para ambas regiones, o de 21 meses en Los Lagos y 24 en Aysén. Este modelo permite encontrar diversas soluciones factibles que cumplen satisfactoriamente con los objetivos definidos en los ejes fundamentales, permitiendo presentar diversas posibilidades para la toma de decisiones, pudiendo éstas ser sometidas a otras consideraciones que establezca la industria.

*Dedicado a mis padres*

# Agradecimientos

Al finalizar esta etapa universitaria quiero agradecer principalmente a mis padres, por estar siempre conmigo apoyándome incansablemente, por inculcarme la importancia de los estudios y por todo el esfuerzo que han puesto para permitirme tener una buena educación. Es imposible darles las gracias en un espacio tan pequeño, solo ustedes saben todo lo que hacen por mi cada día, los pequeños detalles, el esfuerzo en su trabajo, el cuidarme cuando estoy enferma, llevarme comida a mi pieza cuando me ven muy atareada, preocuparse y acompañarme cuando me ven triste, celebrar comiendo cosas ricas y tantas cosas más. Los amo y admiro muchísimo su vida, su fortaleza y su entrega.

Agradezco a mi hermano el Guille, por el cariño, las enseñanzas, por insistir tanto en que fuese ingeniera y por haber elegido el colegio San Viator para estudiar. A mi tía Eliana y a la Andy que siempre me hacen reír y me alegran con lindos detalles. A Juampy por recibirme siempre, por lo compartido, por escuchar mis historias y darme *esperanza*. A la Naty por compartir la vida. A mi abueli Nuna y mi madrina Lupe, por tenerme presente siempre, por estar ahí y por pedirle a Dios que me cuide y que me vaya bien, su apoyo ha sido demasiado importante. A mi tía Eli, por todo el cariño y apoyo que me ha dado siempre. Al Mario, al Camilín, a la Belén, al tío Mario, a mi hermana Analía y mis sobrinos. En general a toda mi familia, los quiero muchísimo.

Al Coke que con su sonrisa y todas sus formas especiales de ser siempre me llenó de amor y felicidad, y aun hoy lo hace con solo recordarlo. A Víctor, por tu compañía, cariño y apoyo que fueron fundamentales en este camino, tanto en mi vida que llenaste de enseñanzas y experiencias, como en los estudios y este trabajo.

A *los 12*, que ha sido el grupo de amigos con el que más he compartido, por estar tanto en los buenos como en los malos momentos. A Pancho y Pablo, no puedo imaginar estos años sin haberlos conocido, son los mejores amigos, los quiero demasiado. A la Caro, por todo el cariño, las conversaciones y los momentos compartidos. A Benja, por ser tan buen amigo, por todo tu apoyo, consejos, ayuda y cariño. A Juanito, por toda la ayuda y por ser un amigo tan aperrado. A la Carito Otárola, a Jorge y Carlitos por ser tan geniales y tan buenos amigos, ha sido una bendición conocerlos. A Jorge F., Pancho S., Pablo Z., Fer, Fran, Chillán, Javier, Andrés, Isi, Papi Ruben, Miche, Marco, a mis amigos del colegio y tantos otros.

A todos las personas que han participado en este proceso educativo. En esta instancia quiero agradecer principalmente a mi profesor guía Juan Pablo Zanlungo y a Valentina Vera por su confiarme este trabajo, por su ayuda, apoyo y por su buen trato, y a mi profesor co-guía Rodolfo Urrutia cuya ayuda fue fundamental, estoy muy agradecida de todas las correcciones, y del tiempo y la amabilidad. A la Universidad de Chile, por todas las herramientas, conocimientos y personas, y al colegio San Viator que enriqueció mi vida en diversas áreas, considero que no pude estudiar en mejores lugares.

Y finalmente quiero agradecer a Dios por las personas que ha traído a mi vida, por acompañarme y por darme fuerza en todo momento.

# Tabla de contenido

<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1. Motivación . . . . .	1
1.2. Objetivos . . . . .	4
1.2.1. Objetivo General . . . . .	4
1.2.2. Objetivos Específicos . . . . .	4
1.3. Metodología . . . . .	4
1.4. Alcances . . . . .	5
1.5. Estructura de la Memoria . . . . .	5
<b>2. Antecedentes</b>	<b>7</b>
2.1. Antecedentes generales de la Industria . . . . .	7
2.1.1. Producción y Exportaciones . . . . .	7
2.1.2. Etapas Productivas y Recursos Logísticos . . . . .	9
2.2. Impacto del Virus ISA . . . . .	14
2.3. Periodos de Descanso Sanitario Coordinados . . . . .	17
2.3.1. Agrupaciones de Concesiones de Salmónidos . . . . .	18
2.3.2. Actores Participantes en la Definición de los Periodos de Descanso . .	21
2.3.3. Modelos de Descanso Sanitario Coordinado y Fechas Definidas . . . .	23
2.3.4. Sanciones en Caso de Incumplimiento de la Normativa . . . . .	24
<b>3. Diagnóstico de los Descansos Sanitarios Coordinados</b>	<b>25</b>
3.1. Justificación y Relevancia . . . . .	25
3.2. Actividades en las que Impacta la Definición de Periodos de Descanso . . . .	31
3.3. Modelos de Descanso existentes y su Aplicación . . . . .	35
3.3.1. Modelo de Mínimo Impacto Productivo . . . . .	35
3.3.2. Propuesta de Modelo de Descansos de Largo Plazo de 2013 a 2025 . .	40
<b>4. Modelo de Descansos de Largo Plazo</b>	<b>48</b>
4.1. Ejes Fundamentales del Modelo . . . . .	48
4.2. Consideraciones y Justificaciones Preliminares del Modelo . . . . .	50
4.2.1. Consideraciones Espaciales versus Consideraciones Temporales de Producción . . . . .	50
4.2.2. Consideraciones Temporales . . . . .	51
4.2.3. Consideraciones Oceanográficas . . . . .	56
4.2.4. Consideraciones de Adaptación del Modelo . . . . .	63
4.3. Modelo de Optimización para la Definición de Periodos de Descansos . . . .	70

4.3.1. Métodos de Resolución . . . . .	75
<b>5. Resultados</b>	<b>77</b>
5.1. Consideraciones Preliminares para la Evaluación . . . . .	77
5.2. Evaluación para Series Productivas de 8 trimestres . . . . .	82
5.3. Evaluación para Series Productivas de 8 y 9 trimestres . . . . .	88
5.4. Evaluación estricta respecto a las condiciones de normativa actuales . . . . .	98
5.5. Implementación del modelo en la Industria . . . . .	101
<b>6. Conclusión</b>	<b>108</b>
6.1. Conclusiones del trabajo . . . . .	108
6.2. Propuestas de Trabajo Futuro . . . . .	110
<b>Bibliografía</b>	<b>111</b>
<b>Anexos</b>	<b>114</b>
Anexo A: Centros otorgados, a nivel de ACS . . . . .	114
Anexo B: Ranking de Empresas Exportadoras de Salmón . . . . .	115
Anexo C: Periodos de Descanso Definidos para la X Región de Los Lagos y XI Región de Aysén . . . . .	116
Anexo D: Proporción de Producción Estimada y Producción Potencial en una Serie Productiva <i>SP</i> a nivel de ACS, con respecto al total productivo para ambas regiones . . . . .	117
Anexo E: Fechas de inicio de Periodos de Descanso relacionadas a los distintos meses estándar de la serie productiva de 9 trimestres . . . . .	119
Anexo F: Periodos de Descanso de acuerdo al escenario 4 para la XI Región de Aysén, desde el último Periodo de Descanso definido, destacando el periodo en que se logra la adaptación, pasando a tener Periodos Productivos constantes de 21 meses . . . . .	120

# Índice de tablas

2.1. Comparación fases de configuración de descansos . . . . .	23
3.1. Estimación de los ingresos no percibidos asociadas a causas infecciosas en 2013	28
3.2. Precio promedio de las exportaciones por especie para el año 2013 y entre Enero y Mayo de 2014 . . . . .	29
3.3. Ingresos promedio anuales que dejarían de percibirse, asociado a que hoy ocurriese una crisis de iguales consecuencias a la del Virus ISA de 2007 . . . .	30
3.4. Ingresos Promedio Anuales que no dejarían de percibirse con medida preventiva, de acuerdo a su nivel de efectividad . . . . .	31
3.5. Duración de los Periodos Productivos y especies producidas en estos periodos	34
3.6. ACS con descanso Enero-Marzo productoras de coho . . . . .	42
4.1. Tipo y cantidad de movimientos necesarios para la adaptación desde un mes a un periodo de descanso trimestral de una serie productiva de 8 trimestres, según periodos productivos de entre 21 y 24 con meses 3 de descanso . . . .	65
4.2. Tipo y cantidad de movimientos necesarios para la adaptación desde un mes a un periodo de descanso trimestral de una serie productiva de 8 trimestres, según periodos de productivos de entre 20 y 24 con meses 3 de descanso . . . .	67
4.3. Tipo y cantidad de movimientos necesarios para la adaptación desde un mes a un periodo de descanso trimestral de una serie productiva de 9 trimestres, según periodos de productivos de entre 21 y 24 con meses 3 de descanso . . . .	68
4.4. Tipo y cantidad de movimientos necesarios para la adaptación desde un mes a un periodo de descanso trimestral de una serie productiva de 9 trimestres, según periodos de productivos de entre 21 y 25 con meses 3 de descanso . . . .	69
5.1. Diferencia Productiva con respecto a la producción ideal, en la situación actual y en la propuesta de largo plazo de 2013 . . . . .	79
5.2. Diferencia productiva con respecto a la producción ideal de las regiones X y XI, para Series Productivas de 8 trimestres . . . . .	83
5.3. Tiempo y cantidad y tipo de movimientos asociados al proceso de adaptación desde los últimos Periodos de Descanso definidos a los Periodos de Descanso Trimestrales asignados de las ACS de las regiones X y XI, para Series Productivas de 8 trimestres . . . . .	84
5.4. Parámetros, número de variables y constantes y tiempos de resolución, de los escenarios para las regiones X y XI, para Series Productivas de 8 trimestres .	84

5.5. Diferencia productiva con respecto a la producción ideal de las regiones X y XI sin considerar la ACS 26B como tipo COHO, para Series Productivas de 8 trimestres . . . . .	86
5.6. Tiempo y cantidad y tipo de movimientos asociados al proceso de adaptación desde los últimos Periodos de Descanso definidos a los Periodos de Descanso Trimestrales asignados de las ACS de las regiones X y XI sin considerar la ACS 26B como tipo COHO, para Series Productivas de 8 trimestres . . . . .	87
5.7. Parámetros, número de variables y constantes y tiempos de resolución, de los escenarios para las regiones X y XI sin considerar la ACS 26B como tipo COHO, para Series Productivas de 8 trimestres . . . . .	87
5.8. ACS que se consideran tipo Coho, según escenario, de la X Región de Los Lagos, para Series Productivas de 8 trimestres . . . . .	89
5.9. Diferencia productiva con respecto a la producción ideal de la X Región de Los Lagos, para Series Productivas de 8 trimestres . . . . .	90
5.10. Tiempo y cantidad y tipo de movimientos asociados al proceso de adaptación desde los últimos Periodos de Descanso definidos a los Periodos de Descanso Trimestrales asignados de las ACS de la X Región de Los Lagos, para Series Productivas de 8 trimestres . . . . .	90
5.11. Parámetros, número de variables y constantes y tiempos de resolución, de los escenarios de la X Región de Los Lagos, para Series Productivas de 8 trimestres	91
5.12. Diferencia productiva con respecto a la producción ideal de la XI Región de Aysén, para Series Productivas de 9 trimestres . . . . .	92
5.13. Tiempo y cantidad y tipo de movimientos asociados al proceso de adaptación desde los últimos Periodos de Descanso definidos a los Periodos de Descanso Trimestrales asignados de las ACS de la XI Región de Aysén, para Series Productivas de 9 trimestres . . . . .	92
5.14. Parámetros, número de variables y constantes y tiempos de resolución, de los escenarios de la XI Región de Aysén, para Series Productivas de 9 trimestres	92
5.15. ACS que se consideran tipo coho impar y parejas de ACS con relación IMO nivel 2, según escenario, para la X Región de Los Lagos junto a las ACS 26B y 28A, para Series Productivas de 8 trimestres . . . . .	94
5.16. Diferencia productiva con respecto a la producción ideal de la X Región de Los Lagos junto a las ACS 26B y 28A, para Series Productivas de 8 trimestres	96
5.17. Tiempo y cantidad y tipo de movimientos asociados al proceso de adaptación desde los últimos Periodos de Descanso definidos a los Periodos de Descanso Trimestrales asignados de las ACS de la X Región de Los Lagos junto a las ACS 26B y 28A, para Series Productivas de 8 trimestres . . . . .	96
5.18. Parámetros, número de variables y constantes y tiempos de resolución, de los escenarios de la X Región de Los Lagos junto a las ACS 26B y 28A, para Series Productivas de 8 trimestres . . . . .	96
5.19. Diferencia productiva con respecto a la producción ideal de la XI Región de Aysén sin las ACS 26B y 28A, para Series Productivas de 9 trimestres . . . . .	97
5.20. Tiempo y cantidad y tipo de movimientos asociados al proceso de adaptación desde los últimos Periodos de Descanso definidos a los Periodos de Descanso Trimestrales asignados de las ACS de la XI Región de Aysén sin las ACS 26B y 28A, para Series Productivas de 9 trimestres . . . . .	98

5.21. Parámetros, número de variables y constantes y tiempos de resolución de los escenarios de la XI Región de Aysén sin las ACS 26B y 28A, para Series Productivas de 9 trimestres . . . . .	98
5.22. Diferencia productiva con respecto a la producción ideal para evaluación estricta respecto a normativa . . . . .	100
5.23. Tiempo y cantidad y tipo de movimientos asociados al proceso de adaptación desde los últimos Periodos de Descanso definidos a los Periodos de Descanso Trimestrales asignados para evaluación estricta respecto a normativa . . . . .	100
5.24. Parámetros, número de variables y constantes y tiempos de resolución, de los escenarios para evaluación estricta respecto a normativa . . . . .	101
5.25. Periodos de Descanso de acuerdo al escenario 4 para la X Región de Los Lagos, desde el último Periodo de Descanso definido, destacando el periodo en que se logra la adaptación, pasando a tener Periodos Productivos constantes de 21 meses . . . . .	105
6.1. Centros otorgados, a nivel de ACS . . . . .	115
6.2. Ranking de Empresas Exportadoras de Salmón. Año 2010 . . . . .	115
6.3. Periodos de Descanso Definidos para la X Región de Los Lagos y XI Región de Aysén . . . . .	117
6.4. Proporción de Producción Estimada y Producción Potencial en una Serie Productiva <i>SP</i> a nivel de ACS, con respecto al total productivo para ambas regiones . . . . .	118
6.5. Fechas de inicio de Periodos de Descanso relacionadas a los distintos meses estándar de la serie productiva de 9 trimestres, tomando como fecha de inicio Enero de 2009 . . . . .	119
6.6. Periodos de Descanso de acuerdo al escenario 4 para la XI Región de Aysén, desde el último Periodo de Descanso definido, destacando el periodo en que se logra la adaptación, pasando a tener Periodos Productivos constantes de 21 meses . . . . .	122

# Índice de figuras

2.1. Exportaciones Nacionales, según país de destino, año 2013 . . . . .	8
2.2. Distribución de cosecha por especie, para las regiones X, XI y XII, promedio años 2012 y 2013 . . . . .	9
2.3. Etapas productivas de los salmónidos . . . . .	10
2.4. Exportaciones nacionales, según línea de elaboración, año 2013 . . . . .	11
2.5. Descripción del tipo de transporte utilizado por ambiente productivo de origen	12
2.6. Puntos de Desembarque, cosecha viva 2012 . . . . .	13
2.7. Número de brotes de Anemia Infecciosa del Salmón, años 2007 a 2013 . . . .	14
2.8. Cosecha Total Centros de Acuicultura, según Región, años 2002 a 2013 . . .	15
2.9. Exportaciones Chilenas de Salmón y Trucha en Toneladas, años 2004 a 2013	15
2.10. Cosecha Total Centros de Acuicultura, según Región, años 2002 a 2013 . . .	16
2.11. Cosecha Total Centros de Acuicultura, según Especie, años 2002 a 2013 . . .	16
2.12. Organización temporal en la etapa Mar del ciclo de vida de los salmónidos .	18
2.13. Agrupaciones de Concesiones de Salmónidos y Concesiones Otorgadas X - XI Región . . . . .	19
2.14. Agrupaciones de Concesiones de Salmónidos y Concesiones Otorgadas XII Región . . . . .	20
2.15. Instituciones relevantes para la definición de descansos sanitarios coordinados	21
3.1. Modelo esquemático de circulación horizontal de masas de agua a nivel superficial, para las regiones X y XII . . . . .	27
3.2. Meses de inicio de periodos de descanso según situación actual, para los años 2012 y 2013 . . . . .	37
3.3. Cosecha promedio, según proporción productiva, situación actual . . . . .	38
3.4. Diferencia entre cosecha promedio ideal y efectiva, según proporción productiva, situación actual . . . . .	39
3.5. Macrozonas Oceanográficas, Regiones X - XI . . . . .	41
3.6. Meses de inicio de periodos de descanso según propuesta largo plazo de 2013 a 2025 . . . . .	44
3.7. Cosecha promedio, según proporción productiva, propuesta largo plazo de 2013 a 2025. . . . .	45
3.8. Diferencia entre cosecha promedio ideal y esperada, según proporción productiva, propuesta largo plazo de 2013 a 2025 . . . . .	45
3.9. Cosecha promedio, según concesiones otorgadas, propuesta largo plazo de 2013 a 2025 . . . . .	46

3.10. Diferencia entre cosecha promedio ideal y esperada, según concesiones otorgadas, propuesta largo plazo de 2013 a 2025 . . . . .	46
4.1. Inclusión del término “Serie Productiva” dentro de la organización temporal en la etapa Mar del ciclo de vida de los salmónidos . . . . .	52
4.2. Serie Productiva de ocho trimestres y Periodos de Descanso . . . . .	54
4.3. Ejemplo de configuración, con fecha de descanso en el Periodo de Descanso 1 y cosecha durante el Periodo de Descanso 8 . . . . .	54
4.4. Serie Productiva de nueve trimestres y Periodos de Descanso . . . . .	55
4.5. Configuraciones de periodos de descanso sanitario para la Macrozona Oceanográfica 3X . . . . .	57
4.6. ACS vecinas . . . . .	59
4.7. Parejas de ACS a considerar para establecer relaciones Inter-Macrozona . . . . .	62
5.1. Simbología para las figuras representativas de Periodos de Descanso a asignar, según Serie Productiva de 8 trimestres . . . . .	80
5.2. Simbología para las figuras representativas de Periodos de Descanso a asignar, según Serie Productiva de 9 trimestres . . . . .	81
5.3. Periodos de Descansos Sanitarios Coordinados de las regiones X y XI, para Series Productivas de 8 trimestres . . . . .	83
5.4. Periodos de Descansos Sanitarios Coordinados de las regiones X y XI sin considerar la ACS 26B como tipo COHO, para Series Productivas de 8 trimestres . . . . .	86
5.5. Periodos de Descansos Sanitarios Coordinados de la X Región de Los Lagos, para Series Productivas de 8 trimestres . . . . .	90
5.6. Periodos de Descansos Sanitarios Coordinados de la XI Región de Aysén, para Series Productivas de 9 trimestres . . . . .	92
5.7. Periodos de Descansos Sanitarios Coordinados de la X Región de Los Lagos junto a las ACS 26B y 28A, para Series Productivas de 8 trimestres . . . . .	95
5.8. Periodos de Descansos Sanitarios Coordinados de la XI Región de Aysén sin las ACS 26B y 28A, para Series Productivas de 9 trimestres . . . . .	97
5.9. Periodos de Descansos Sanitarios Coordinados para evaluación estricta respecto a normativa . . . . .	100
5.10. Cosecha promedio, según proporción productiva estimada, bajo el supuesto de que la cosecha se realice de manera uniforme los tres meses previos al Periodo de Descanso . . . . .	106
5.11. Diferencia entre cosecha promedio ideal y estimada, según proporción productiva estimada, bajo el supuesto de que la cosecha se realice de manera uniforme los tres meses previos al Periodo de Descanso . . . . .	106
5.12. Cosecha promedio, según proporción productiva potencial, bajo el supuesto de que la cosecha se realice de manera uniforme los tres meses previos al Periodo de Descanso . . . . .	107
5.13. Diferencia entre cosecha promedio ideal y esperada, según proporción productiva potencial, bajo el supuesto de que la cosecha se realice de manera uniforme los tres meses previos al Periodo de Descanso . . . . .	107
6.1. Tipos de ciclo . . . . .	110

# Capítulo 1

## Introducción

### 1.1. Motivación

La Industria Salmonera Chilena ha logrado un rápido crecimiento, pasando de las primeras producciones cercanas a las 10 toneladas anuales a inicios de la década de 1980 a superar las 600.000 toneladas en 2005, equivalentes al 37,9 % de la producción mundial. Esto ubicó a la industria salmonera chilena como la segunda productora más importante a nivel mundial después de Noruega en menos de 15 años desde sus inicios [13].

El éxito alcanzado se explica por diversos factores, uno de éstos corresponde a las condiciones climáticas y oceanográficas de las regiones del sur austral del país, las cuales son favorables para la actividad y son difíciles de encontrar en otras partes del mundo. También han sido fundamentales, la tendencia mundial a consumir más carnes blancas<sup>1</sup>, el entorno económico, el aporte del Estado, la participación de emprendedores y la dinámica con que se relacionan los actores de la industria.

Sin embargo, este escenario cambió drásticamente en 2007 dada la crisis sanitaria originada por la aparición del virus ISA<sup>2</sup>, cuya rápida difusión provocó una disminución acumulada de la producción de un 60 % entre 2007 y 2010 [1] y que en 2009 cerca del 60 % de los centros de cultivo se reportaran como fuera de producción [14]. Esto se tradujo en millonarias pérdidas y cerca de 20.000 trabajadores despedidos [14], de más de 53.000 empleos directos e indirectos [13], constituyéndose como la mayor crisis de la industria, pero más allá de esto, dejó en evidencia que los estándares sanitarios eran débiles y que por ende se hacía necesaria la aplicación de un enfoque precautorio más estricto.

En ese contexto surgen diversas normativas que generan importantes cambios en la

---

<sup>1</sup>Esto se explica en una tendencia mundial por un consumo saludable. El salmón y la trucha aportan altos niveles de Omega 3, el cual estimula el crecimiento, la regeneración celular y previene las enfermedades cardiovasculares.

<sup>2</sup>El virus ISA o Anemia Infecciosa del Salmón (ISA), es una enfermedad infecciosa, producida por un virus de la familia Orthomyxoviridae, del género Isavirus. Se transmite mayormente a través del contacto directo entre peces susceptibles infectados y partículas virales presentes en heces o material biológico contaminado de estos [9].

organización de la actividad, entre las que destacan la definición de densidades máximas de cultivo, exigencias respecto a la limpieza y desinfección en toda la cadena de producción, la incorporación de un sentido de acción colectiva de la cual surgen las Agrupaciones de Concesiones de Salmonicultura (ACS) o barrios productivos y la definición de períodos de descanso.

Las Agrupaciones de Concesiones de Salmonicultura (ACS) o barrios productivos consisten en un conjunto de concesiones de acuicultura que se encuentran en un sector con características que justifican su manejo sanitario coordinado, por su parte, los “períodos de descanso sanitario coordinados” corresponden a períodos de tiempo durante los cuales los centros de cultivo integrantes de dichos barrios deben cesar sus operaciones de manera simultánea, retirando los peces que se encuentren en proceso de engorda en el mar, con la finalidad de permitir limpiar las estructuras productivas y cortar los ciclos de vida de agentes patógenos potencialmente dañinos para los salmónidos adyacentes.

A las metodologías utilizadas para la determinación de las fechas de dichos descansos sanitarios se les denomina “Modelos de Descanso”, y a la fecha se han aplicado dos de estos modelos de descanso. El primero se realizó en conjunto con la definición de las ACS en 2009 y coordinó periodos de descanso simultáneos para las concesiones de cada ACS, considerando como eje principal generar el mínimo impacto en la engorda y siembra que ya se estaban efectuando o se encontraban planificadas. El segundo, correspondiente al modelo de descansos de rige actualmente, surge en 2011 y define los periodos de descanso con un horizonte de no más de 5 años, a través de criterio experto teniendo como eje principal minimizar el impacto productivo, esto quiere decir, que las fechas a definir no interrumpen los periodos de planificación productiva individual de las concesiones [2].

Las diversas normativas implementadas han llevado a que la industria haya superado la crisis y retomado la relevancia económica y social que tenía previo a ésta. En 2013 la producción ascendió a un total de 786.091 toneladas de las cuales 527.770 fueron exportadas abasteciendo a más de 70 mercados en el mundo, siendo los principales Japón, Estados Unidos, Europa y luego Latinoamérica, constituyéndose así, como al segundo sector exportador del país tras el cobre [1] [5]. La actividad genera 34.200 empleos directos y 44.500 indirectos, principalmente en las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes [6], las cuales representan el 99,77 % del total de la producción nacional, concentrándose el 96,53 % solo en las regiones X y XI [1]. Sin embargo, a pesar de que las medidas que se han tomado han significado mejoras relevantes en las condiciones tanto sanitarias como productivas de la industria, actualmente se tiene un alto nivel de mortalidad de los salmónidos. En 2013 se perdió de producir 157.834 toneladas por mortalidades, de las cuales por lo menos 37.390 fueron causadas por enfermedades<sup>3</sup>. Situación que deja en evidencia que las medidas que se han tomado hasta ahora serían insuficientes y que además existe el riesgo de que vuelva a ocurrir una crisis sanitaria.

En el caso de los descansos sanitarios coordinados, la medida logró mejorar la organización sanitaria dado que inicialmente no existía obligación de detener las actividades y también al generar áreas de descanso coordinados (cada ACS), sin embargo, se considera que estas áreas son aún insuficientes para asegurar que los territorios logren limpiarse de tal manera de ser

---

<sup>3</sup>Para mayor detalle sobre mortalidades revisar la sección *Mortalidad* en 3.1

adecuados para resguardar la calidad de vida de los salmónidos, dada la circulación de las masas de agua. Para que la medida tenga mayor efectividad se plantea ampliar las áreas de descanso sanitario simultáneo, y además de esto que las fechas de descanso sean cercanas para las ACS que se encuentren en áreas contiguas que compartan condiciones oceanográficas. Por otra parte, esta planificación no se ha encargado de evitar que en ciertos periodos el nivel de demanda de los recursos logísticos agregados utilizados por la industria (plantas, puertos y de transporte como naves, camiones, entre otros) sea mucho más elevada que en otros. Esto se refleja principalmente en las cosechas, donde diversas ACS las realizan de manera simultánea generando una gran demanda de recursos logísticos, mientras que en otros meses muy pocas ACS realizan cosecha teniéndose recursos ociosos. Un ejemplo es lo ocurrido en 2013, donde en Enero se cosecharon 100.733 toneladas, siendo el mes de mayor cosecha, mientras que en Mayo fue el mes de menor cosecha con 40.271 toneladas, menos de la mitad que en Enero [3].

El mantener una planificación reactiva y cortoplacista como la que se tiene actualmente para la definición de fechas de descanso sanitario, genera que se puedan perpetuar las condiciones que se tenían desde la primera planificación de adaptación. Es por esto que se hace necesario tener un enfoque de largo plazo que tienda a responder de mejor manera a las necesidades de la industria.

Actualmente no existe un planteamiento para la definición de periodos de descanso que permita cambiar los criterios, restricciones e inputs a considerar en ésta y obtener resultados automáticamente y que tiendan a la optimalidad, generando que cada vez que se considere un cambio en las condiciones o restricciones, se requiera de evaluación de experto quien deberá intentar coordinar manualmente las fechas de descanso sanitario de las distintas ACS, que solo en las X y XI región son 62, sin asegurar que ésta sea una de las mejores soluciones que se podrían generar dados los requerimientos. Además de esto dificulta la consideración de un mayor número de restricciones a aplicar de manera simultánea a las distintas ACS, haciendo inviable la prueba de diversos escenarios antes de realizar alguna propuesta para la industria.

Dentro de esta línea, en 2013 se presentó una propuesta donde los periodos son definidos para los siguientes 12 años, donde las fechas son definidas por criterio experto sin modelos matemáticos que aseguren tendencia a la optimalidad. En este modelo de descansos se definen ejes fundamentales a considerar a la hora realizar cambios en los periodos de descanso, correspondientes al Sanitario-Medioambientales, Productivo y Logístico.

El presente trabajo pretende generar una metodología para la definición de periodos de descanso sanitario coordinados a largo plazo para las ACS, basada en modelos matemáticos y en el modelo de descansos de largo plazo de 2013, de tal manera de considerar los requerimientos de la industria, procurando cumplir con los objetivos por los cuales se realizan dichos periodos.

## 1.2. Objetivos

### 1.2.1. Objetivo General

Diseñar una metodología basada en un modelo de optimización para la definición a largo plazo de los periodos de descanso sanitario coordinados de la industria del salmón.

### 1.2.2. Objetivos Específicos

1. Analizar los modelos existentes de descansos sanitarios de mínimo impacto productivo y la propuesta de largo plazo, de tal manera de identificar oportunidades de mejora.
2. Plantear un modelo de definición de fechas de descansos sanitarios coordinados a largo plazo respaldado por un modelo de optimización, que considere mejoras al modelo de descansos actual y a la propuesta largo plazo, enfatizando lograr una mayor efectividad en el cuidado sanitario y medioambiental.
3. Proponer una metodología para la implementación de descansos de largo plazo, de acuerdo a los resultados obtenidos del modelo de optimización planteado.

## 1.3. Metodología

Para enfrentar este problema con un enfoque de investigación operativa, se desarrollan las siguientes actividades:

**Definición del problema:** En esta etapa se estudia el problema de tal manera de poder establecer su ámbito, los objetivos de éste y las alternativas de decisión del sistema, considerando siempre las necesidades e intereses de la industria salmonera.

Para la definición del ámbito se desarrolla un modelo conceptual del sistema, identificando sus componentes y las relaciones existentes entre éstas, de tal manera de definir sus límites y posibles influencias sobre éste. Una vez definido, se estudia el comportamiento del sistema de tal manera de poder determinar los posibles problemas que están originando los síntomas que se quieren mejorar. Con esta información se definen los objetivos específicos, se proponen cursos de acción para obtener el mejoramiento deseado y de estos últimos se selecciona aquellos que se consideren más efectivos.

**Construcción del modelo:** Se construye un modelo matemático que representa los factores más relevantes que determinan el comportamiento del sistema en estudio y que tengan impacto significativo en los objetivos establecidos. Más específicamente, se desarrolla un problema de programación lineal aplicado a la situación específica, que define variables, restricciones o limitaciones a imponer a las decisiones y preferencias o criterios que permitan discriminar sobre distintas alternativas, cuales se consideren mejores por sobre otras, (también denominados *medidas de efectividad*).

**Resolución del modelo:** Se determinan los valores de las variables previamente definidas, que cumplan de mejor manera con las limitaciones establecidas, optimizando las preferencias o medidas de efectividad establecidas. Para esto el modelo matemático se implementa en la herramienta AMPL que tiene integrado el paquete computacional CPLEX, que incluye un algoritmo de BRANCH AND BOUND.

**Validación del modelo:** Se evalúa el modelo para distintas situaciones y consideraciones que puedan ser de interés para la industria, de tal manera de poder analizar su capacidad para lograr resultados coherentes para éstas.

Una vez validada la pertinencia de los resultados, se establecen consideraciones para facilitar que la aplicación futura del modelo de optimización en distintas pruebas. Por último se revisa en mayor profundidad un caso particular de solución que se considere satisfactorio, de tal manera de graficar los resultados más acorde a una posible implementación final, sentando las bases para ésta.

## 1.4. Alcances

La metodología que se desarrolla en el presente trabajo permite plantear áreas de descanso sanitario coordinado mayores a las actuales ACS, tomando a éstas últimas como unidades básicas para su construcción. No se pretende cambiar los barrios preestablecidos ni dividirlos.

La componente logística es considerada en los planteamientos a través de la definición de fechas para los descansos que permitan facilitar las condiciones para su organización. No se hace cargo de la planificación del uso de los recursos.

La aplicación del modelo matemático que se realiza abarca las agrupaciones de concesiones de la salmonicultura de las regiones de Los Lagos y Aysén. Por otro lado, el presente trabajo plantea consideraciones para la aplicación del modelo en la realidad, sin embargo, no considera la implementación misma en la industria de nuevas fechas de descanso.

## 1.5. Estructura de la Memoria

La estructura utilizada en esta memoria para exponer el trabajo realizado es la siguiente:

- **Capítulo 2.** Se muestran los principales antecedentes de la Industria, tanto los indicadores de producción y exportación como las etapas productivas. Además se muestran los antecedentes relevantes del impacto producido por el Virus ISA y se contextualiza con respecto a los descanso sanitarios coordinados y su organización.
- **Capítulo 3.** Se realiza un diagnóstico de los descansos sanitarios coordinados actuales, indicando tanto su justificación y relevancia, las posibles consecuencias de la ausencia de este tipo de medidas y las actividades que se ven afectadas por la definición de periodos de descanso sanitario. Como parte del diagnóstico también se analizan el

modelo de descansos actual y una propuesta previa de modelo de descansos de largo plazo, mostrando sus fortalezas y su potencial de mejora.

- **Capítulo 4.** En este capítulo presenta el Modelo de Descanso de Largo Plazo desarrollado en este trabajo. Se muestran los principales ejes a considerar a la hora de definir periodos de descanso, el modelo de programación lineal entera mixta y se plantean método de resolución del modelo.
- **Capítulo 5.** En éste se muestran los principales resultados del modelo anterior, junto con un análisis de éstos, recomendaciones para los tomadores de decisiones y se muestra en mayor detalle un caso particular.
- **Capítulo 6.** Se muestran las discusiones, conclusiones y posibles trabajos futuros o extensiones que nacen del modelo y resultados obtenidos en este trabajo.

# Capítulo 2

## Antecedentes

En este capítulo se contextualiza la industria salmonera chilena de tal manera de permitir tener una visión general de su magnitud y relevancia a nivel nacional y mundial, además de comprender el modo en que ésta se organiza. Posteriormente se revisa el impacto que tuvo la crisis causada por la expansión del virus ISA dejando en evidencia el nivel de daño ocasionado y así mismo, permitiendo comprender la relevancia de aplicar medidas preventivas ante posibles problemas sanitarios. Finalmente se contextualiza con respecto a los descansos sanitarios coordinados y su organización. Para esto primero se revisa el estado actual productivo de la industria, detallando nivel de exportaciones y las especies producidas. Posteriormente se muestran las etapas productivas asociadas al ciclo de vida de los salmónidos y los recursos logísticos disponibles. Luego se expone la evolución en el nivel productivo de la industria desde previo a la crisis hasta la actualidad, detallando esto tanto a nivel de región y especie. Finalmente se revisa en qué consisten los periodos de descanso sanitarios coordinados, cómo se organizan, detallando las agrupaciones de concesiones de salmónidos, revisando los actores involucrados, las sanciones en caso de incumplimiento de la normativa y finalmente explicando brevemente en qué consisten los modelos de descanso que han existido.

### 2.1. Antecedentes generales de la Industria

#### 2.1.1. Producción y Exportaciones

La producción de salmónidos en Chile se encuentra altamente concentrada en la zona sur del país, las regiones X, XI y XII representan el 99,77 % del total de la producción nacional, concentrándose el 96,53 % solo en las regiones X y XI, que son las regiones para las cuales se aplicará el modelo matemático a proponer. En 2013 la producción total nacional fue de 786.091 toneladas de las cuales 527.770 equivalentes al 67.14 % fueron exportadas a más de 70 mercados en el mundo, principalmente a Japón, Estados Unidos, Brasil y Rusia, como se observa en la figura 2.1, generando ingresos de 3.517 millones de US\$ FOB, solo por concepto de exportaciones [5].



Figura 2.1: Exportaciones Nacionales, según país de destino, año 2013. Fuente: Elaboración Propia con datos de Subpesca

## Principales Especies

Los principales especies de salmónidos cultivados en Chile corresponden al Salmón Atlántico o Salar, al Salmón Coho y la Trucha Arcoíris, que en 2013 representaron el 99,87% de la producción total de salmónidos. Como se observa en la figura 2.2, de acuerdo al promedio para los años 2012 y 2013, la mayoría de la producción corresponde a Salmón Atlántico con un 55,49% del total, la Trucha Arcoíris es el segundo de mayor producción con un 25,15%, el Salmón Coho representa un 19,19% de la producción total, mientras que la producción de Salmón Rey es de tan solo un 0,17% [19] [20].

Distribución de Cosecha por Especie, para las Regiones X, XI, y XII, promedio años 2012 y 2013

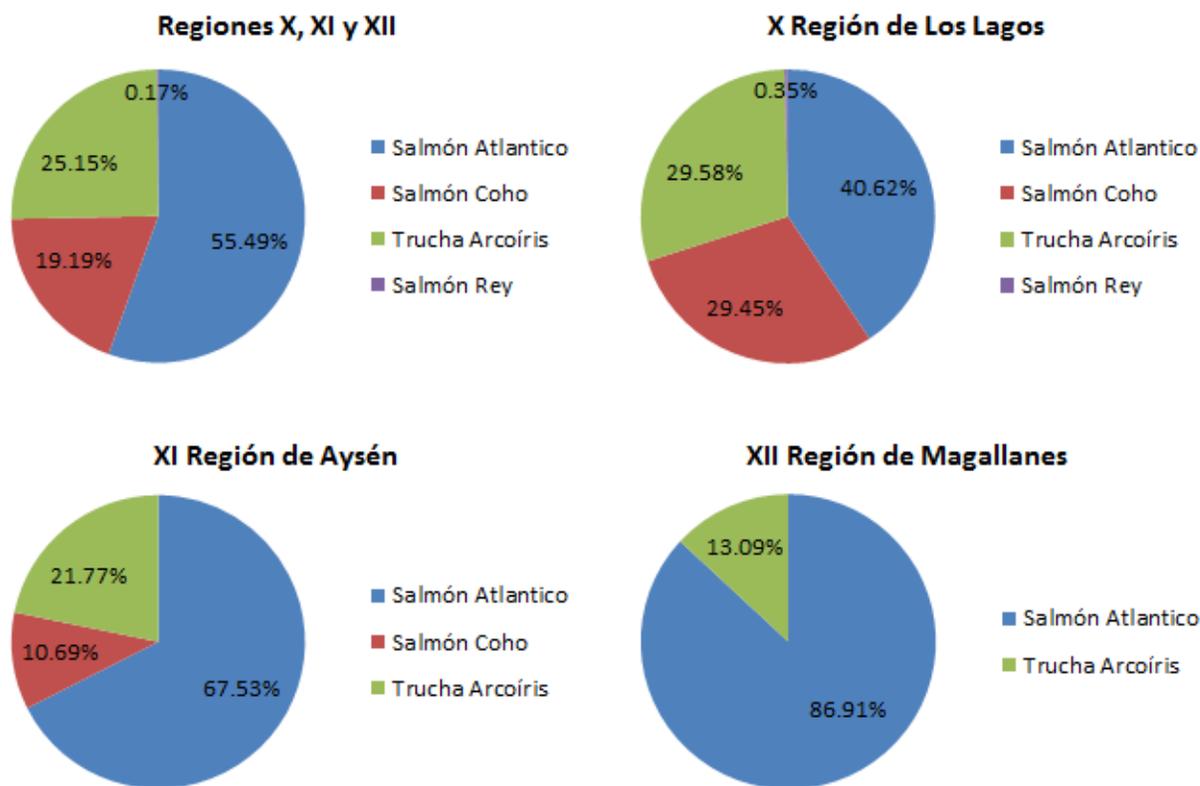


Figura 2.2: Distribución de cosecha por especie, para las regiones X, XI y XII, promedio años 2012 y 2013. Fuente: Elaboración Propia con datos de los Informe sanitario salmonicultura en centros marinos, años 2012 y 2013 [19] [20]

### 2.1.2. Etapas Productivas y Recursos Logísticos

Para la producción se requiere realizar diversas etapas que están asociadas a los requerimientos de los peces tanto ambientales como alimenticios y a su procesamiento. Se divide en tres grandes etapas, la Piscicultura, Mar y Faena [15] que se detallan a continuación:

- Piscicultura:** En esta etapa ocurre la *Fertilización* que comienza con el desove de los reproductores, se cosechan las ovas de las hembras y el semen de los machos y se mezcla para obtener la ova fertilizada. Luego se pasa a la *Incubación* en agua dulce, donde éstas se desarrollan, hasta que en cuatro semanas los huevos alcanzan el estado conocido como “ova ojo”. Luego pasan a la *Eclosión*, donde los pequeños alevines rompen el huevo, comienzan a nadar juntos a sus sacos vitelinos y termina aproximadamente un mes después cuando se produce la completa absorción del saco. Finalmente se realiza el *Alevinaje*, etapa donde inicia su alimentación y crecen rápidamente hasta convertirse en alevines parr, o salmónes juveniles. El ciclo de producción del salmón en agua dulce requiere de una planificación y producción de dos años al menos antes de su traslado al mar.

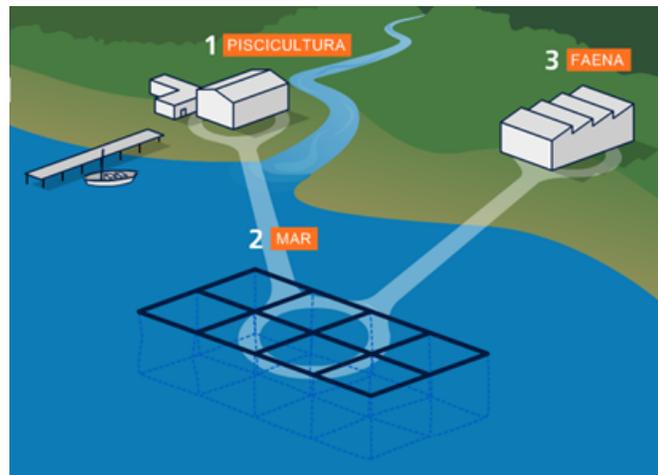


Figura 2.3: Etapas productivas de los salmónidos. Fuente: SalmonChile. [15]

- **Mar:** Cuando los peces son suficientemente grandes para tolerar el agua de mar, se les denomina “smolt” y son sembrados en el mar, esto quiere decir, que son trasladados a *balsas jaulas flotantes* que se encuentran en el mar para que sigan su desarrollo. Esta etapa se denomina *Smoltificación*. Una vez que los peces pierden sus marcas parr comienza la *Engorda*, donde éstos comienzan a ser alimentados con dietas especiales para que casi un año después alcancen condiciones en que ya pueden ser cosechados. En la *Cosecha* se levantan las mallas y se separan los peces por tamaño.

El proceso de crecimiento es distinto según especie, el Salmón Atlántico requiere un período de engorda de 15 a 20 meses para poder ser cosechado con un peso entre los 4,5 y 5 kilos, mientras que el Salmón del Pacífico o Coho y la Trucha Arcoíris requieren de un período de 10 a 12 meses de engorda, para alcanzar a un peso de 2,5 a 3 kilos al momento de la cosecha.

A esta etapa, más específicamente al período entre el ingreso o siembra de una generación de ejemplares hasta su cosecha total, también se le denomina “Ciclo Productivo”.

- **Faena:** En esta etapa se generan los diferentes productos, y desechos en las plantas de proceso, y ocurre la distribución de los productos. Los salmónidos se comercializan principalmente como congelados, también se comercializa fresco refrigerado, salado, ahumado, conservas y como aceites, como se puede observar en la figura 2.4.

El presente trabajo, se vincula con las 3 etapas mencionadas, sin embargo es la etapa Mar la que se relaciona más directamente, dado que la definición de fechas de descanso restringe los periodos en los que se pueden realizar ciclos productivos. Las secciones 2.3 y 3.2 permiten entender de mejor manera esta relación.

### Exportaciones Nacionales, según Línea de Elaboración, año 2013

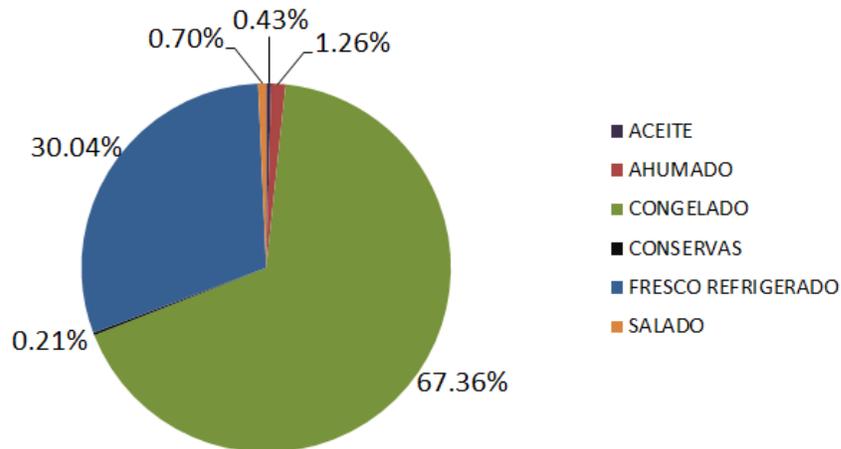


Figura 2.4: Exportaciones nacionales, según línea de elaboración, año 2013. Fuente: Elaboración Propia, de acuerdo a datos de Subpesca.

Dada la magnitud productiva de la industria y las distintas etapas del proceso asociado a ésta, se requiere de una gran cantidad de recursos logísticos que aseguren el buen funcionamiento. Éstos se dividen principalmente en infraestructura portuaria y transporte. De acuerdo al informe del Proyecto Desarrollo de Herramientas de gestión para la Bio-Logística del Nuevo Cluster del Salmón de 2012 [2] *“El proceso resumido comienza con la obtención de ovas para la smoltificación en pisciculturas, posteriormente los peces son trasladados en camiones con estanques a distintos puertos donde pueden ser trasladados por barcas a los centros de cultivos o trasvasijados a naves con estanques adecuados para trasladar los smolts. Durante el proceso de engorda o cultivo de los salmónidos, es necesario transportar vía terrestre y marítima principalmente un sin número de insumos, como alimento para peces, combustibles, accesorios de los mismos centros, redes limpias, personas, alimentos para las personas, etc. También es necesario retirar insumos y desechos utilizados “sucios” como redes, rechazos de alimentos, mortalidad, ensilaje, etc., para finalmente retirar al cabo de meses de producción dependiendo la especie, cosechar los peces con wellboat o barcas y motonaves con bins a las distintas plantas donde serán procesados para ser exportados a los distintos mercados”*.

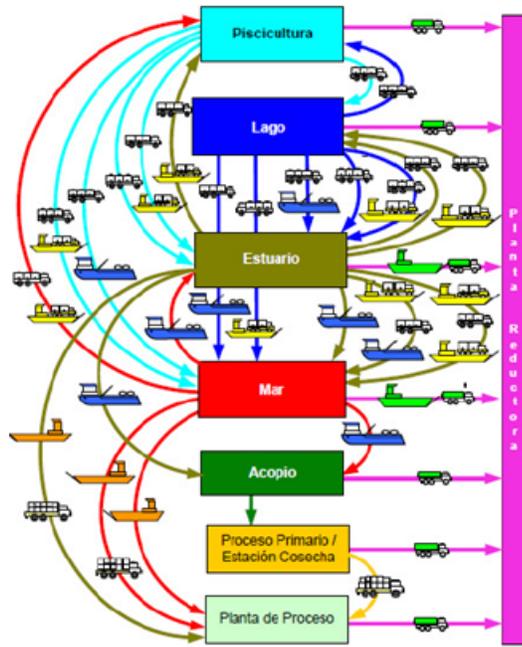


Figura 2.5: Descripción del tipo de transporte utilizado por ambiente productivo de origen. Fuente: Elaborado por ADL Diagnostic Chile Ltda. Para Intesal de SalmonChile, Julio de 2005. [2]

De acuerdo a los requerimientos del proceso el transporte está constituido por: transporte terrestre con camiones para el traslado de insumos y productos, transporte aéreo para el traslado de personas e insumos a los centros más aislados y transporte marítimo. Éste último es fundamental en la definición de la cadena logística debido a que muchos centros sólo tienen acceso por vía marítima dado las condiciones geográficas.

En infraestructura portuaria existen diversos puertos, rampas y muelles destinados a cumplir con los requerimientos de la actividad. Éstos pueden ser públicos o privados y tienen funcionalidades establecidas de acuerdo a sus características, ya que tienen diversas envergaduras y por ende capacidades. Los tipos de carga que aceptan los puntos de embarque y desembarque corresponden a cosecha, peces vivos reproductores y smolt, mortalidades en ensilaje, mortalidades a granel, mortalidades en bins, redes limpias y sucias, alimento, cabotaje, equipamiento, combustible, sustancias peligrosas (ácido fórmico, etc), conectividad y pesca artesanal.

En la figura 2.6 se representan los puertos de las regiones de Los Lagos y Aysén relacionados a los niveles de cosecha viva que recibieron en el año 2012 y las trayectorias (tracks) asociadas a esta cosecha. Como se puede observar, el manejo logístico se encuentra altamente relacionado entre ambas regiones dado que la mayoría de los puertos se encuentran ubicados en la región de Los Lagos, mientras que la producción tiene magnitudes similares en ambas regiones.



Figura 2.6: Puntos de Desembarque, cosecha viva 2012. Fuente: Proyecto Desarrollo de Herramientas de gestión para la Bio-Logística del Nuevo Cluster del Salmón, 2012 [2].

## 2.2. Impacto del Virus ISA

La Anemia Infecciosa del Salmón (ISA), es una enfermedad que afecta principalmente a peces cultivados en agua de mar, siendo el salmón atlántico la especie más propensa a padecerlo. El ISA provoca importantes mortalidades entre los grupos infectados, sin embargo no produce daño en el ser humano. Esta enfermedad fue reportada por primera vez en los años 80 en Noruega y desde entonces se han presentado brotes en distintos países como Estados Unidos, Escocia y Canadá. En Chile el virus no había generado mayores complicaciones hasta 2007, cuando a partir de un brote<sup>1</sup> detectado en Julio en un cetro de cultivo de Chiloé, (X Región), el virus se comenzó a expandir rápidamente en las regiones X, XI y XII, las cuales concentraban el 99,7% de la producción total de salmónidos del país [9].

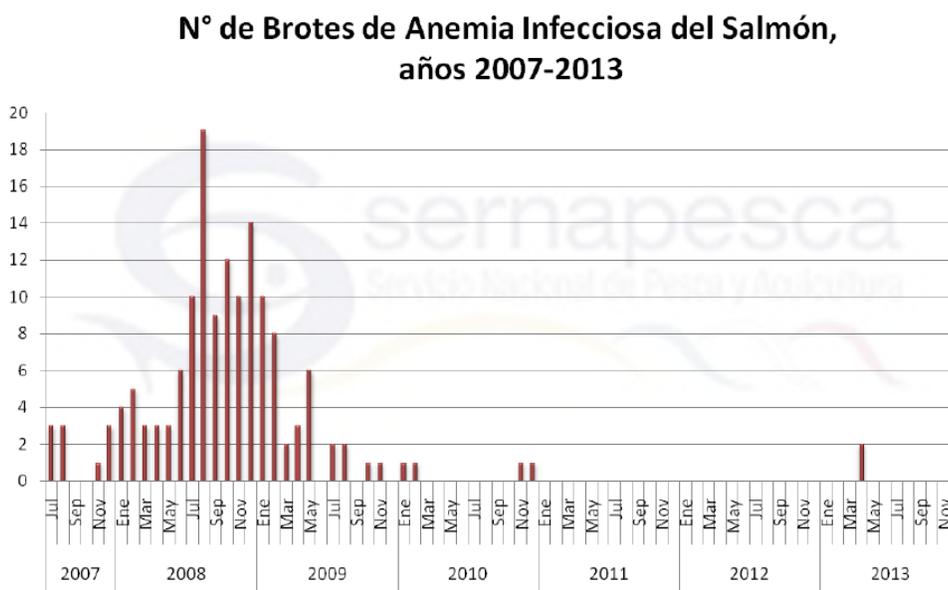


Figura 2.7: Número de brotes de Anemia Infecciosa del Salmón, años 2007 a 2013. Fuente: Informe Sanitario Salmonicultura Centros Marinos 2013 [20].

La industria presentaba un crecimiento constante previo a la aparición del virus, alcanzando una producción de 646.685 toneladas en 2006, la expansión del virus fue tan rápida que la producción total de 2007 disminuyó en 85.342 toneladas respecto al año anterior, considerando sólo 6 meses desde la detección del primer brote. En 2008 el virus ya había afectado a las regiones de Aysén y Magallanes, disminuyendo el nivel de crecimiento de un 24% en 2007 a un 19% en Aysén y pasando de un crecimiento de un 50% en Magallanes a una disminución de la producción de un 38% respecto a 2007. En 2009 La región de Los Lagos disminuyó su producción en un 37% respecto a 2008, Aysén disminuyó su producción en un 4% y Magallanes retomó sus niveles de crecimiento previos. En 2010 la región de Los Lagos comenzó a tener un crecimiento productivo mientras que Aysén tuvo un último año de disminución productivas [1]. Por otro lado, el nivel de exportaciones también se vio afectado, disminuyendo en 2008 y 2009.

<sup>1</sup>Para que un diagnóstico de virus ISA sea declarado *brote*, éste debe presentar signología clínica o mortalidad asociada a la enfermedad.

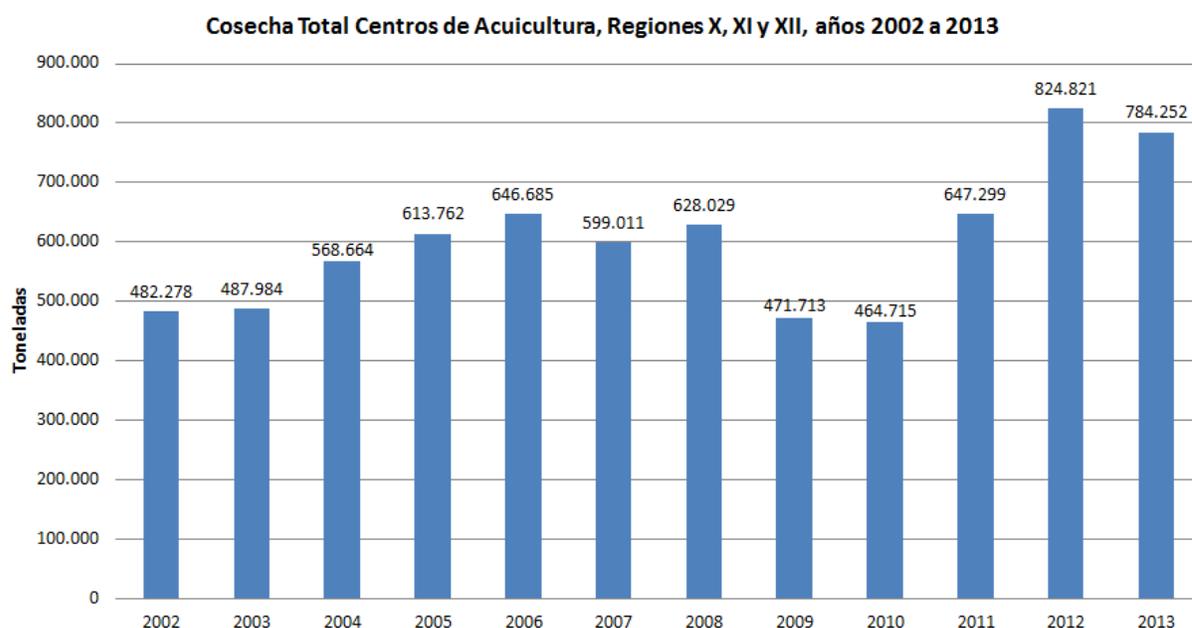


Figura 2.8: Cosecha Total Centros de Acuicultura, según Región, años 2002 a 2013. Fuente: Anuarios Sernapesca, años 2002 a 2013 [1].

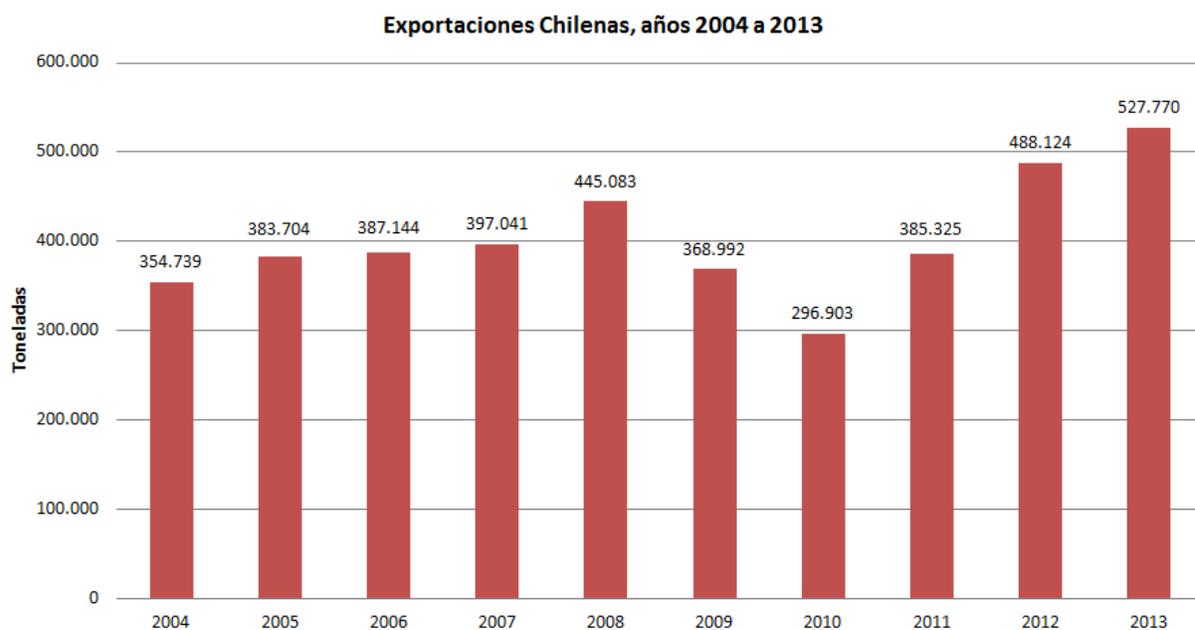


Figura 2.9: Exportaciones Chilenas de Salmón y Trucha en Toneladas, años 2004 a 2013. Fuente: SalmonChile 2014 [5].

En total la crisis afectó duramente a la industria por 4 años, significándole una disminución de producción de en promedio un 14% anual durante ese periodo con respecto al promedio productivo de los dos años previos a las crisis, (2005 y 2006), lo cual representa una pérdida productiva total de aproximadamente 357.426 toneladas, una suma mayor que la cantidad total de salmón atlántico producido por la industria 3 años antes de la crisis.



Figura 2.10: Cosecha Total Centros de Acuicultura, según Región, años 2002 a 2013. Fuente: Anuarios Sernapesca, Cosecha de Centros de Acuicultura, por Especie y Región, años 2002 a 2013 [1].

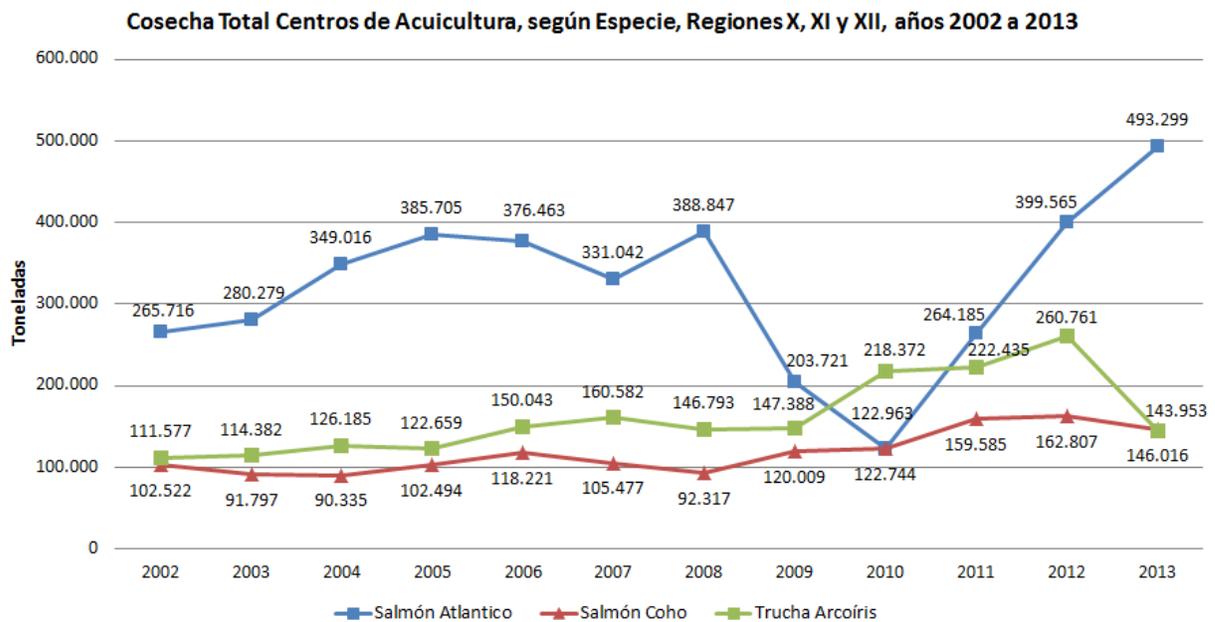


Figura 2.11: Cosecha Total Centros de Acuicultura, según Especie, años 2002 a 2013. Fuente: Anuarios Sernapesca, Cosecha de Centros de Acuicultura, por Especie y Región, años 2002 a 2013 [1].

Tal como se señaló anteriormente, las consecuencias asociadas al virus no son las mismas para todos los salmónidos, como se puede observar en la figura 2.11 el salmón atlántico es la especie que se vio más perjudicada teniendo una baja productiva en promedio de 31.3% anuales durante los 4 años de crisis, respecto al promedio producido en 2005 y 2006. El

salmón como se vio perjudicado en su nivel productivo en 2007 y 2008 con una disminución en promedio de un 10,4% en ambos años, mientras que la producción de trucha arcoiris disminuyó en promedio un 5,3% anual en 2008 y 2009.

Un aspecto fundamental donde se ve reflejado el fuerte impacto provocado por la crisis y la gravedad que ésta tuvo es en la cantidad de despidos, cerca de 20.000 personas perdieron su trabajo producto de la misma [14], lo cual representa gran parte de los más de 53.000 trabajadores con que contaba la industria en este tiempo, considerando tanto empleo directos como indirectos [13].

## 2.3. Periodos de Descanso Sanitario Coordinados

Los periodos de descanso sanitario (PD), corresponden a una normativa establecida en 2009 por la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, en reacción a la crisis sanitaria que se estaba viviendo a causa del virus ISA, como parte de una serie de medidas sanitarias establecidas por la autoridad y la industria del salmón basadas en estudios epidemiológicos, experiencias de otros países y en lineamientos planteados por la Organización Mundial de Salud Animal (OIE), con la finalidad de mejorar los estándares sanitarios que se tenían hasta ese momento.

Más específicamente, los periodos de descanso sanitario corresponden a periodos de tiempo en los cuales deben mantenerse vacías las “balsas jaulas flotantes” que se encuentran en el mar donde son ingresados los salmónidos para su engorda. La aplicación de esta medida se realiza de manera coordinada para los centros productivos pertenecientes a las Agrupaciones de Concesiones de Salmónidos (ACS) o “barrios salmoneros” que se encuentran establecidos. Esto quiere decir, que todos los centros pertenecientes a un mismo barrio productivo, deben respetar una misma fecha de descanso.

La duración de los periodos de descanso esta definida en 3 meses, esto se debe que se considera que en ese tiempo es posible limpiar las estructuras productivas y cortar los ciclos de vida de agentes patógenos potencialmente dañinos para los salmónidos, de tal manera de asegurar la conservación de los recursos en el largo plazo [2].

El tiempo entre periodos de descanso se denomina Periodo Productivo (PP), y corresponde a aquel periodo donde los centros productivos pueden realizar *Ciclos Productivos* o periodos de siembra, engorda y cosecha de grupos de salmónidos. Por normativa los periodos productivos tienen una duración de 21 ó 24 meses para los centros de las regiones X y XI, salvo para los casos particulares de las ACS 25A y 25B que desde Diciembre de 2014 pasaron a tener definidos PP de 31 y 28 meses respectivamente, y la ACS 4A que tiene periodos productivos de 11 meses con un mes de descanso. Para la XII región estos periodos tienen una duración máxima de 33 meses.

En la figura 2.12 se presenta un esquema donde cada casilla representa un mes, para un Periodo Productivo de 21 meses, en el cual a partir del tercer mes se realiza un Ciclo Productivo de 18 meses, donde la siembra demora 3 meses, la engorda 12 meses y la cosecha 3 meses.

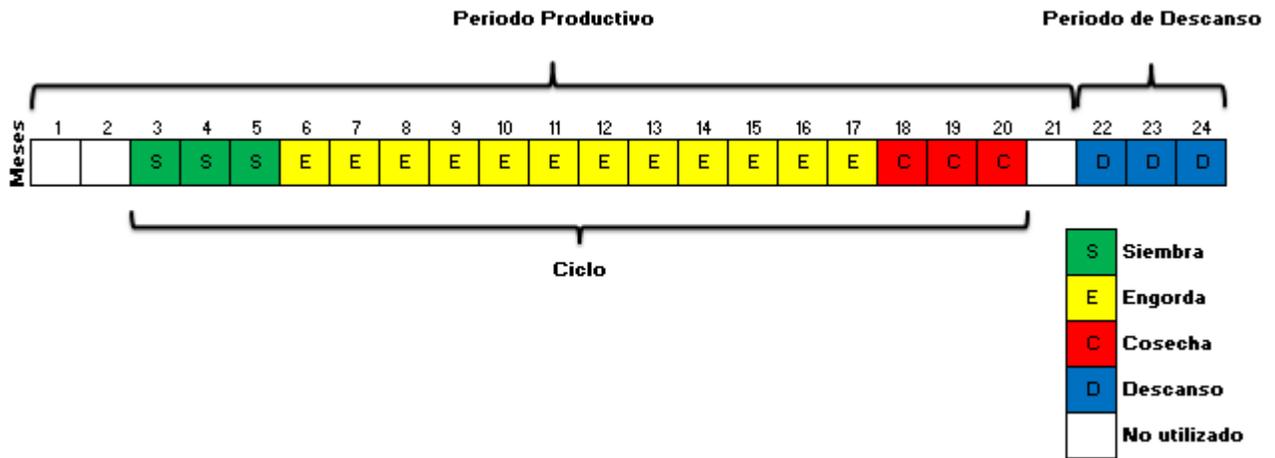


Figura 2.12: Organización temporal en la etapa Mar del ciclo de vida de los salmónidos. Fuente: Elaboración Propia.

A continuación se describen algunos elementos de las agrupaciones de Concesiones de Salmónidos (ACS), relevantes para el desarrollo de este trabajo.

### 2.3.1. Agrupaciones de Concesiones de Salmónidos

Las ACS consisten en un conjunto de concesiones de producción de salmónidos que se encuentran contiguas y presentan características que justifican su manejo sanitario coordinado [12]. La conformación de las ACS busca cambiar el enfoque de producción desde una concesión individual a un enfoque de barrio productivo, de tal manera de generar sinergias entre las empresas productoras que sean positivos para un mejor manejo de los recursos. Los barrios productivos surgen paralelamente a la definición de los descansos sanitarios, como consecuencia de la crisis del virus ISA, dado que para enfrentarla de mejor manera se establecieron zonas de manejo sanitario coordinado basadas en características oceanográficas, epidemiológicas y operativas, las cuales debían cumplir con límites en la densidad productiva y con periodos de descanso coordinado. Esta medida tuvo gran relevancia en el manejo de la crisis dado que, entre otras cosas, permitía tener mejores resultados en la aplicación de los periodos de descanso, lo cual se explica en que la limpieza de territorios es más efectiva cuando se tienen zonas mayores de limpieza simultánea. Esto llevó a que las zonas fueron adaptadas generando las ACS.

Actualmente existen 80 ACS en las zonas de mayor cultivo, éstas corresponden a 25 en la región de Los Lagos, 37 en la región de Aysén y 18 en la región de Magallanes. En las figuras 2.13 y 2.14 se presenta un esquema de las ACS y su ubicación geográfica para las regiones de Los Lagos y Aysén.

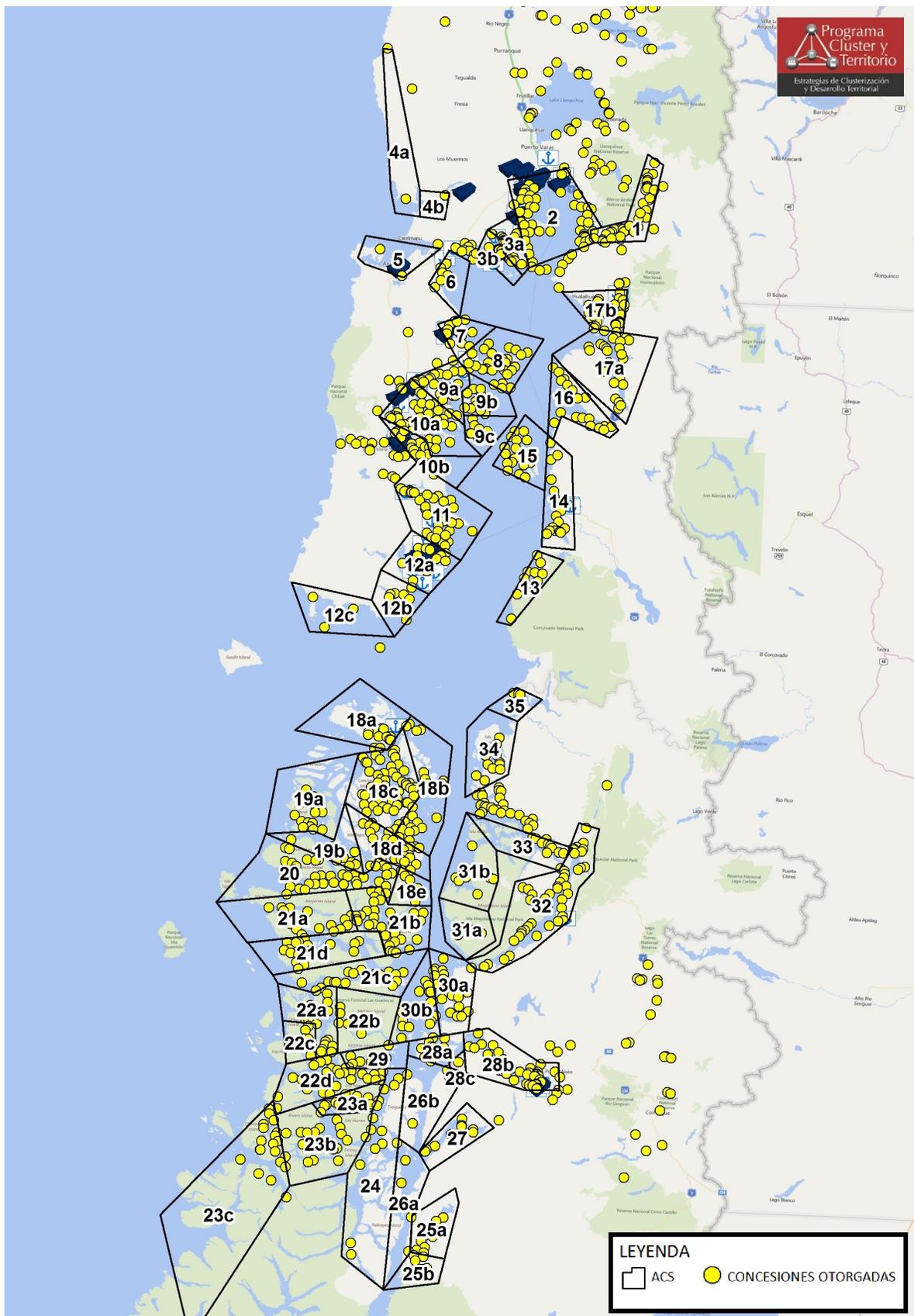


Figura 2.13: Agrupaciones de Concesiones de Salmónidos y Concesiones Otorgadas X - XI Región. Fuente: Programa de Cluster y Territorio, 2014.

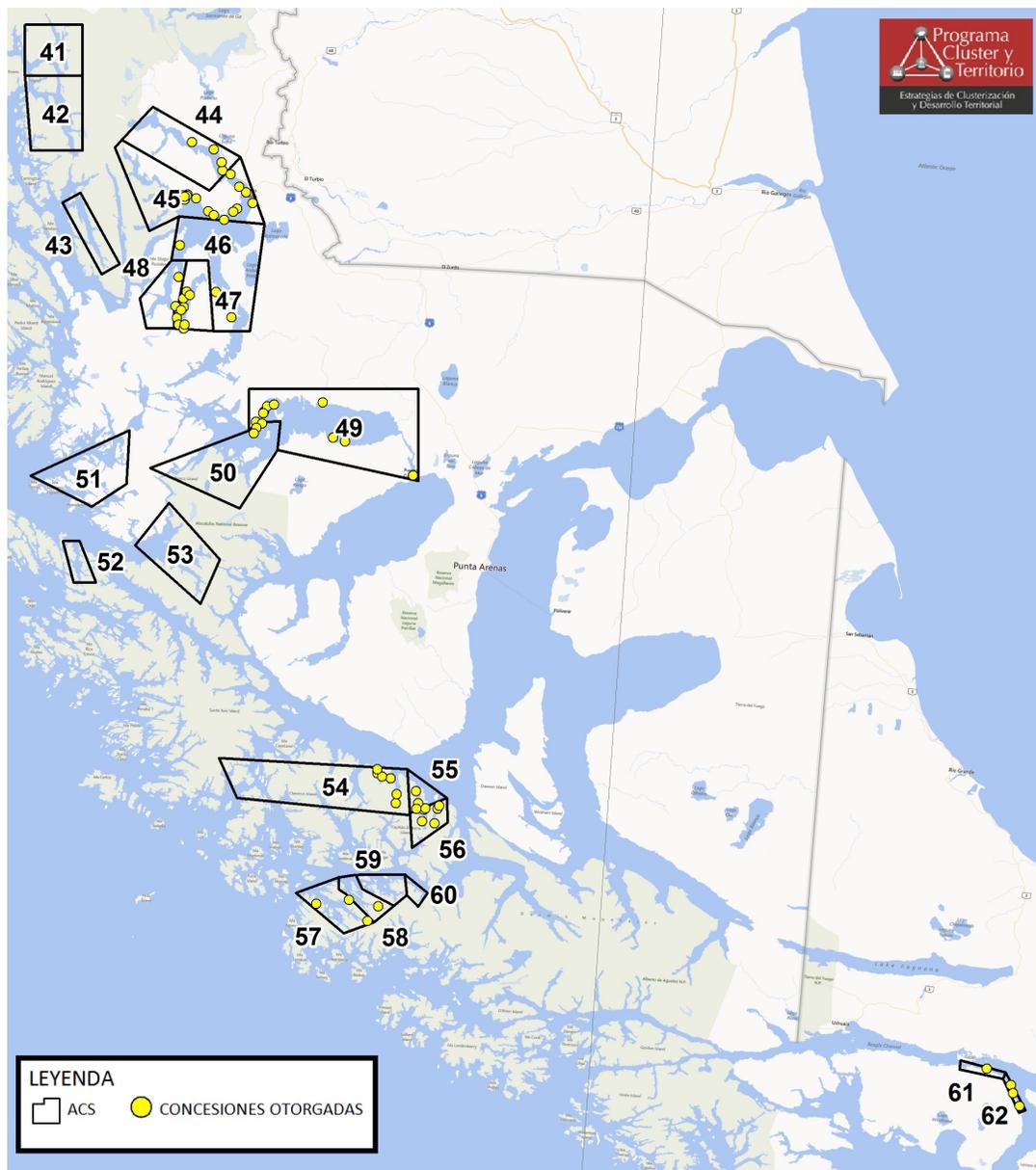


Figura 2.14: Agrupaciones de Concesiones de Salmónidos y Concesiones Otorgadas XII Región. Fuente: Programa de Cluster y Territorio, 2014.

Estas ACS, están compuestas actualmente por 1277 centros de cultivo en las regiones X, XI y XII, administrados por titulares de distintas empresas. Al total de estos centros se les conoce también como concesiones otorgadas, sin embargo en 2013 tan solo un promedio aproximado de 377 centros se registraron con actividad [20]. En la tabla 6.1 de la sección de Anexos parte A, se detallan las concesiones otorgadas o total de centros asociados a las distintas ACS .

### 2.3.2. Actores Participantes en la Definición de los Periodos de Descanso

En la definición de los periodos de descanso sanitario coordinados participan de manera directa Instituciones Estatales específicamente la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (Subpesca) y el Servicio Nacional de Pesca (Sernapesca), las empresas productoras a través de las Asociaciones de Productores SalmonChile y ACOTRUCH.

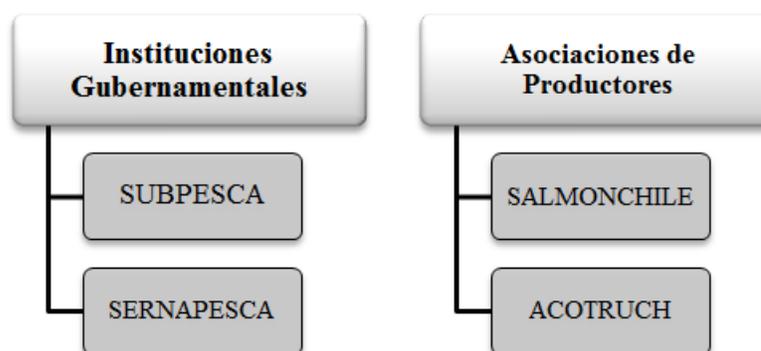


Figura 2.15: Instituciones relevantes para la definición de descansos sanitarios coordinados. Fuente: Elaboración propia, basado en Proyecto Desarrollo de Herramientas de gestión para la Bio-Logística del Nuevo Cluster del Salmón, 2012. [2]

A continuación se realiza una descripción de los actores participantes, detallando en el caso de las empresas productoras, tanto características de éstas como las instituciones que las representan.

#### Subpesca

La Subsecretaría de Pesca y Acuicultura es un organismo del Estado, dependiente del Ministerio de Economía, Fomento y Turismo, creado el 21 de diciembre de 1976 bajo el Decreto Ley N° 1.626, con la finalidad de contribuir a la sustentabilidad del sector y a la protección de los recursos. Se encarga de regular y administrar la actividad pesquera y de acuicultura y de acuerdo a esto avanzó en la conformación de un marco regulatorio e institucional más completo y sofisticado para la industria emergente. Es el principal actor a la hora de generar las medidas que se implementen finalmente en la industria.

#### Sernapesca

Al igual que la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, el Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura es un organismo del Estado, dependiente del Ministerio de Economía, Fomento y Turismo creado con la finalidad de contribuir a la sustentabilidad del sector y a la protección de los recursos hidrobiológicos y su medio ambiente. Nace por Decreto Ley N° 2442 del 29 de

Diciembre de 1978 tiene un rol fiscalizador del cumplimiento de las normas pesqueras y de acuicultura. Además de esto, se encarga proveer servicios que faciliten la correcta ejecución de las normativas y gestión sanitaria [10].

## **Empresas dedicadas al cultivo**

Para operar las empresas se adjudican derechos productivos sobre concesiones los cuales tienen vigencia de 25 años y son renovables. Las empresas trabajan las concesiones a través de titulares, o empresas más pequeñas y actualmente existen alrededor de 120 titulares.

En el comienzo del sector preponderaban las empresas pequeñas o medianas de capital nacional, con los años la industria ha tenido una tendencia a la concentración a través de fusiones o adquisiciones. Hace más de una década eran más de 100 empresas, actualmente existen aproximadamente 25. Estas empresas corresponden a Acuinova Chile, AquaChile representada principalmente por Aguas Claras, Australis, Blumar, Caleta Bay, Camanchaca, Cultivos Marinos Chiloé, Congelados Pacifico, Salmones Cupquelán, Friosur, GMT, Holding and Trading, Iceval, Invermar, Exportadora Los Fiordos, Mainstream Chile, Marine Harvest Chile, Multiexport Foods o Salmones Multiexport, Salmones Antártica, Salmones Aysén, Salmones Pacific Star, Sea Salmón, Trusal, Productos del Mar Ventisqueros y Yadran.

La tendencia a la concentración se ve reflejada no solamente en el número de empresas, también se da una alta concentración económica entre éstas, donde pocas realizan la mayoría de la actividad productiva. Esto se puede apreciar en la tabla 6.2 que se encuentra en Anexos sección B, que constituye un ranking de participación económica de las empresas en 2010.

En los comienzos de la industria, los emprendedores conscientes del poco conocimiento previo de la industria, de la necesidad de abrirse a nuevos mercados de destino y de generar masa crítica, establecieron relaciones de cooperación entre sí, constituyéndose asociaciones de productores como SalmonChile y la Asociación de Productores de Salmón Coho y Trucha A.G. ACOTRUCH. Más específicamente, SalmonChile nace con el objetivo de lograr sustentabilidad económica, ambiental y social en la industria y actualmente sus asociados representan el 85% de la producción total nacional [16]. Por su parte la Asociación de Productores de Salmón Coho y Trucha A.G. (ACOTRUCH), surge con el objetivo de promover el desarrollo y protección de la actividad común de sus asociados y actualmente está integrada por 11 empresas.

## **UNTEC y el rol de la Universidad de Chile**

La participación de la figura de la Universidad de Chile para la propuesta de alternativas y generación de instancias de participación para la industria entrega una mirada externa e imparcial. Las fechas de descansos sanitarios coordinados a proponer son establecidas por el Departamento de Ingeniería Civil Industrial, Universidad de Chile. Más específicamente, por los profesionales pertenecientes al Programa Cluster y Territorio.

SUBPESCA contrata servicios profesionales de este equipo a través de UNTEC para

el desarrollo de diversas actividades, entre éstas, la definición de los descansos sanitarios coordinados. UNTEC corresponde a la Fundación para la Transferencia Tecnológica creada por la Universidad de Chile con la función de promover y ejecutar toda clase de actividades que conduzcan a una mejor utilización de la tecnología en el desarrollo económico, social y cultural del país.

### 2.3.3. Modelos de Descanso Sanitario Coordinado y Fechas Definidas

Los Modelos de Descanso corresponden a las metodologías utilizadas para la determinación de las fechas en que deben realizarse los descansos sanitarios. La aplicación de los periodos de descanso ha contado con dos modelos de descanso resumidos en la tabla 2.1.

Programación	Contexto	Énfasis
1era Versión 2009.	Ejecutor SalmonChile.	Escenario adaptación a la crisis sanitaria. Mínimo impacto engorda-siembra.
2da Versión 2011, (modelo utilizado hasta la fecha).	Expiración de descansos ad portas. Coordinación: Sernapesca, Subpesca, Universidad de Chile, SalmonChile y Acotruch.	Mínimo impacto siembra ya programada.

Tabla 2.1: Comparación fases de configuración de descansos. Fuente: Proyecto Desarrollo de Herramientas de Gestión para la Bio-Logística del Nuevo Cluster del Salmón [2].

El primer modelo de descansos sanitarios surge en 2009 en el marco de la adaptación de la industria ante la crisis del virus ISA sin tener una base previa que facilitara lograr una organización que tendiera a satisfacer de mejor manera las necesidades de la industria. En este mismo contexto se generan las ACS y se define que las fechas de descansos sanitarios de las concesiones pertenecientes a éstas sean simultáneas, es por esto que la planificación inicial tiende principalmente a lograr coordinar los periodos de descanso de las distintas concesiones de cada ACS, teniendo como eje principal generar el mínimo impacto en la engorda y siembra que ya se estaban efectuando o se encontraban planificadas, sin considerar inmediatamente el efecto que esta definición inicial podría tener globalmente. En este modelo de descanso las fechas se coordinan con la participación de SalmonChile como entidad ejecutora más la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (Subpesca) y empresas productoras.

El segundo modelo de descanso, denominado “Modelo de Descansos Sanitarios Coordinados de Mínimo Impacto Productivo”, surge en 2011 y corresponde al que opera actualmente. En éste la planificación se realiza con un horizonte de no más de 5 años, a través criterio experto teniendo como eje principal minimizar el impacto productivo, esto quiere decir, que las fechas a definir no interrumpan los periodos de planificación productiva individual de las concesiones. Para conocer la planificación productiva, ésta se les solicita a las distintas concesiones, los cuales entregan el detalle de la cantidad de salmónidos a producir, además de las fechas en que realizarán la siembra y la cosecha de éstos, entre otros datos. En

la sección Anexos B, se detallan los periodos de descanso que se han definido hasta Enero de 2015 para las regiones de Los Lagos y Aysén, como consecuencia de la aplicación de los modelos descritos.

Además de los modelos de descanso previamente descritos, en 2013 se genera una propuesta de modelo de descansos a largo plazo que tiene como horizonte de planificación el año 2025. Esta propuesta plantea que a la hora de definir los periodos de descanso sanitario coordinados de largo plazo deben considerarse los requerimientos Sanitario-Medioambientales, Productivos y Logísticos que tiene la industria. Plantea como requerimientos principales la consideración de unidades geográficas de descanso coordinado mayores a las actuales Agrupaciones de Concesiones de Salmónidos y basadas en antecedentes oceanográficos, la búsqueda de uniformidad a nivel temporal para la producción agregada preferentemente mes a mes, el respeto de periodos de descanso fijos para determinadas agrupaciones de concesiones con producción de salmón coho como segmento objetivo y la sincronización de descansos con respecto a puertos principales o de uso común.

Este modelo de descansos presenta una aplicación inmediata y otra adaptativa, que buscan cumplir con los requerimientos planteados respetando los periodos de descansos definidos previamente. Las fechas fueron definidas de acuerdo a juicio experto y sin respaldo de modelos matemáticos que permitieran asegurar la tendencia a la optimalidad de acuerdo a las condiciones definidas.

En la sección 3.3 se definen en mayor detalle el modelo de descansos actual y la propuesta de largo plazo, realizando un análisis de ambos.

#### **2.3.4. Sanciones en Caso de Incumplimiento de la Normativa**

En caso de no cumplir con los periodos establecidos, el titular del centro de cultivo será sancionado de acuerdo a la Ley de Pesca y Acuicultura. Artículo 118 ter.-.

Existe una sanción fija que corresponde a una multa de entre 2.000 unidades tributarias mensuales y el hasta equivalente monetario a la cosecha de los ejemplares que permanecieron en el centro de cultivo excediendo el periodo de descanso. Además de esta sanción monetaria, es posible que el no cumplimiento lleve a la suspensión de las operaciones del centro de cultivo por hasta los cuatro años siguientes a la infracción.

Por otro lado, conforme al Artículo 142 de la misma ley, incurrir por tercera vez en la infracción es causal de caducidad de la concesión [12].

# Capítulo 3

## Diagnóstico de los Descansos Sanitarios Coordinados

En este capítulo se realiza un diagnóstico con respecto a la aplicación de los descansos sanitarios en la industria salmonera. En una primera parte se revisa la relevancia de la existencia de los descansos sanitarios coordinados, mostrando cómo se relacionan con el cuidado sanitario medioambiental, la disminución en el nivel de mortalidad desde la implementación de estos periodos junto a otras medidas preventivas sanitarias y las consecuencias asociadas a que actualmente volviese a ocurrir una crisis de la magnitud que tuvo la del Virus ISA. Posteriormente se revisan las actividades que se ven afectadas por la definición de periodos de descanso sanitario.

Por último se realiza un diagnóstico de los modelos de descanso, en primer lugar se revisa la forma en que se realiza la planificación de los periodos de descanso actualmente, correspondiente al “Modelo de Descansos Sanitarios Coordinados de Mínimo Impacto Productivo” y las consecuencias que esto trae para la industria. Esto con la finalidad de determinar si efectivamente la aplicación de periodos de descanso tiene impacto en si misma y evidenciar el potencial asociado a la aplicación de esta medida que aún no se ha abarcado en su desarrollo. En segundo lugar se analiza la propuesta de modelo de descansos de largo plazo realizada en 2013, de tal manera de poder rescatar aquellos aspectos que se consideren una mejoría a la situación actual y poder evidenciar el potencial de mejoría en la planificación que propone.

### 3.1. Justificación y Relevancia

El cuidado de los recursos naturales es fundamental para asegurar la sustentabilidad de la industria en el largo plazo. Los periodos de descanso sanitario coordinados constituyen una medida que permite que los espacios marinos, (que son el principal recurso durante la etapa de engorda de los salmónidos) puedan limpiarse de los desechos que son ingresados al sistema durante esta etapa, como son restos de comida, desechos fecales de los peces, entre otros.

El dejar de aplicar esta medida permitiría dar un uso desmedido de los recursos naturales, las concesiones no tendrían restricciones temporales pudiendo incluso efectuar periodos de engorda constantes, sin dejar descansar el recurso. De esta forma, los residuos asociados al proceso de engorda se acumularían constantemente en el mar generando un daño progresivo al medioambiente que constituiría una tendencia a condiciones propicias para la generación de agentes patógenos dañinos para los salmónidos.

Los agentes patógenos generan enfermedades en los salmones que disminuyen su condición sanitaria y no permiten que se desarrollen correctamente. Esto conlleva a que los peces afectados no engorden a los tamaños normales e incluso puede causarles la muerte, generando pérdidas en la producción.

El movimiento de las masas de agua provoca que la diseminación de desechos y agentes nocivos de un centro de cultivo afecte a todas aquellas que estén relacionados oceanográficamente. Es por este motivo que la limpieza de zonas es menos efectiva a menor área, como ocurre en el caso de tener un periodo de limpieza de territorio en una concesión mientras otras cercanas están efectuando engorda, las corrientes marinas podrían llevar la contaminación de éstas últimas a aquella que se encuentra en limpieza, provocando que la medida no sea efectiva.

La diseminación de agentes patógenos puede llevar a que se generen crisis sanitarias, las cuales tienen diversos costos, entre éstos, costos productivos y a nivel social, tal como quedó en evidencia con la disminución de la producción y los miles de despidos que se generaron en la crisis producida en 2007 por la expansión del virus ISA.

A la pérdida de ventas asociadas a la disminución en la calidad y en el peso final de los peces, y al aumento en la mortalidad de éstos, se suma que la aparición de enfermedades genera desconfianza en los mercados, lo que puede llevar a que países cierren las importaciones, y por ende, a que se pierda el poder entregar productos a determinados clientes, y asimismo, genere desconfianza en sistema financiero.

En el caso del virus ISA en 2007, la rápida expansión de la enfermedad y el amplio territorio en el que ésta tuvo consecuencias deja en evidencia la relevancia de considerar las condiciones oceanográficas y mantener buenas condiciones sanitarias en todo el sistema, dado que el movimiento de las mareas genera que los elementos que se encuentran en el mar se expandan rápidamente. Además se hace relevante de considerar áreas de descanso coordinado, para la limpieza y corte de los ciclos de vida de los patógenos, que sean de gran tamaño para lograr que ésta medida sea realmente efectiva. En la figura 3.1 se representa el movimiento de las mareas en las regiones X y XI, evidenciando y explicando en parte la rápida expansión del virus ISA en esa zona.

De acuerdo a esto, es esperable que una buena coordinación de las fechas de descansos sanitarios, sumada a las diversas normativas de resguardo medioambiental que se han tomado, disminuyan de manera significativa las probabilidades de que se generen brotes de enfermedades y por ende de que ocurran crisis sanitarias.

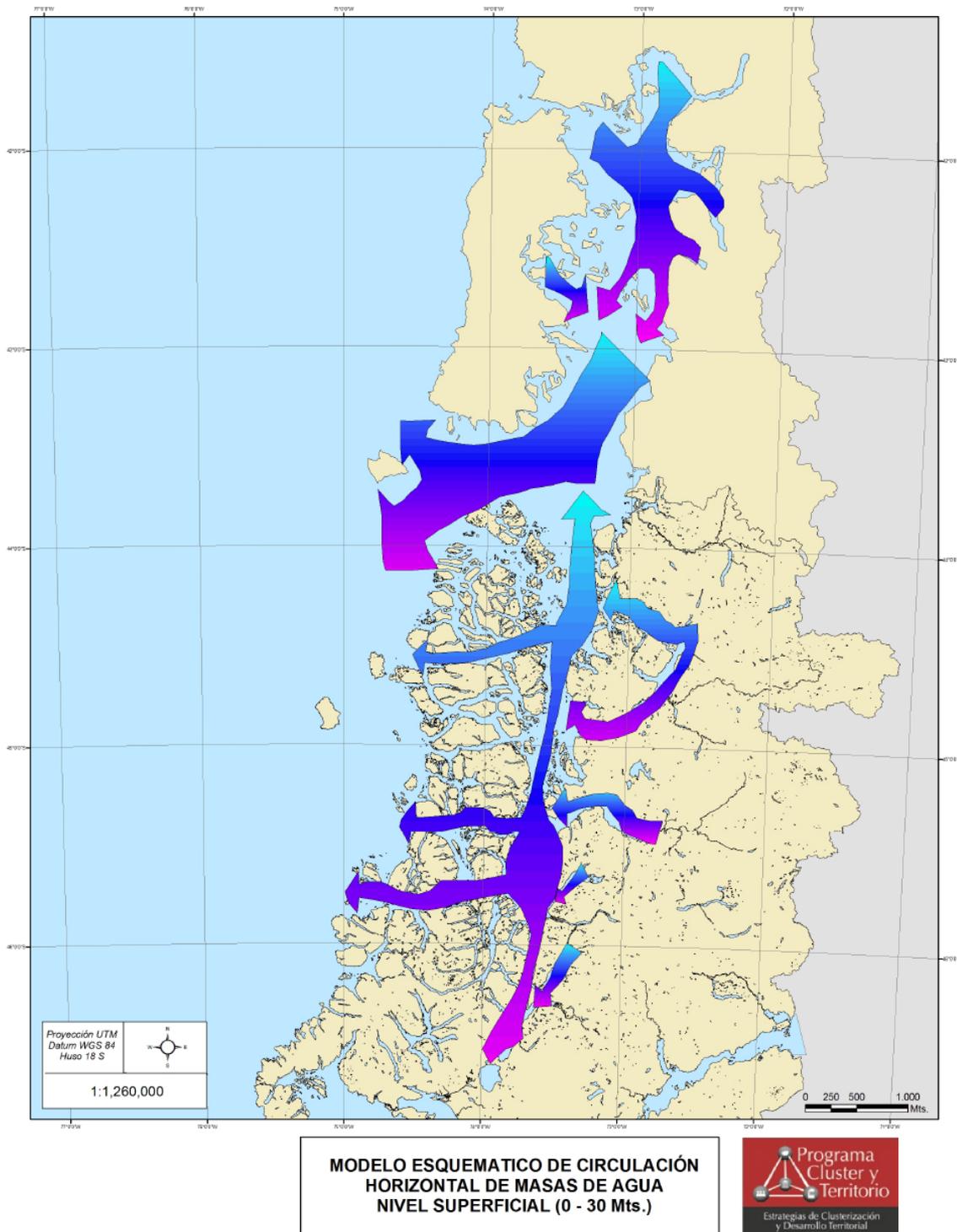


Figura 3.1: Modelo esquemático de circulación horizontal de masas de agua a nivel superficial (0 - 30 mts.), para las regiones X y XII. Fuente: Programa de Cluster y Territorio.

A continuación se revisan los niveles de mortalidad actuales, como consecuencia de la aplicación de la medida de los periodos de descanso en conjunto con las demás medidas preventivas que se han implementado posteriormente a la crisis, de tal manera de poder evidenciar si éstas han significado mejoras reales en cuanto a la prevención sanitaria.

## Mortalidad actual

En 2011 controlada la expansión del virus ISA, y sin tener nuevos brotes de éste, la industria continuó con un rápido crecimiento, aumentando las cosechas en un 39,3 % de 2010 a 2011, y en un 27,43 % en 2012 con respecto a 2011, alcanzando un record productivo por sobre las 800.000 toneladas. Esta situación de crecimiento implicó concentraciones de un mayor volumen de peces en un espacio de igual tamaño lo cual genera un aumento en las probabilidades de que surjan enfermedades en los peces. Además esto trae consigo que en caso de que sea necesario eliminar los peces de determinadas balsas jaulas por causas de enfermedad, la eliminación implique un mayor número de peces.

A pesar de esto, el nivel de mortalidad ha disminuido significativamente posterior a la crisis. En 2013 la mortalidad acumulada fue de aproximadamente un 17,39 % para el salmón atlántico, de un 11,11 % para el salmón coho y de un 19,89 % para la trucha arcoíris, mientras que las mortalidades promedio fueron de aproximadamente un 1,45 %, 0,93 % y 1,66 % respectivamente para cada una de las especies, representando una mortalidad total de un 1,39 %.

La principal causa de las mortalidades para las 3 especies es de tipo Infecciosa o Secundaria, causando un 20,47 % de las mortalidades de salmón atlántico, un 19,92 % de salmón coho y un 34,97 % de las mortalidades de trucha arcoíris [11] [18]. En la tabla 3.1 se presenta una estimación de los ingresos que dejaron de percibirse debido a las bajas productivas asociadas a causas infecciosas en 2013, para esto se considera el valor promedio de las exportaciones según tonelada del mismo año detallado en la tabla 3.2.

Recurso	Mortalidad		Ingresos No Percibidos por Causa Infecciosa Miles de US\$
	por Causa Infecciosa %	Toneladas	
Salmón Atlántico	0,30 %	1.484,86	11.065,47
Salmón Coho	0,18 %	271,81	1.123,08
Trucha Arcoíris	0,58 %	848,45	5.838,29
Total	0,33 %	2.605,12	18.026,84

Tabla 3.1: Estimación de los ingresos no percibidos asociadas a causas infecciosas en 2013. Fuente: Elaboración Propia basada en Anuarios Sernapesca, Cosecha de Centros de Acuicultura, por Especie y Región [1], Informe Sectorial de Pesca y Acuicultura, años 2012 y 2013 [7] y de Situación Sanitaria Salmonicultura Centros Marinos 2013 [11].

La mortalidad por causa infecciosa no es la única clasificación relacionada con los cuidados sanitarios y medioambientales, sino que constituye la cantidad mínima de muertes asociados a estos. La clasificación primaria denominada *Eliminación* contempla dos subclasificaciones, la *Sanitaria* correspondiente a las muertes producto de la eliminación por aplicación de medidas de control sanitario por alguna enfermedad en particular o debido a medidas asociadas a los programas de vigilancia y control específicos, y la *Productiva* que agrupa a los peces que se eliminan durante actividades asociadas al manejo de los centros, como vacunaciones, selecciones, trasposos, entre otros, debido a malas condiciones productivas como

deformaciones, lesiones o peso. De acuerdo a esto, en la clasificación denominada Eliminación, la subclasificación Sanitaria se relaciona a los cuidados sanitarios y medioambientales dado que considera aquellas eliminaciones que se realizan en balsas jaulas y centros completos en caso de detección de enfermedades o en programas de vigilancia de éstas.

Recurso	Valor Promedio Exportaciones	
	2013 miles US\$/ton	Enero a Mayo de 2014 miles US\$/ton
Salmón Atlántico	7,45	8,5
Salmón Coho	4,13	6,1
Trucha Arcoíris	6,88	9,9
Promedio	6,16	8,1

Tabla 3.2: Precio promedio de las exportaciones por especie para el año 2013 y entre Enero y Mayo de 2014. Fuente: Elaboración Propia basado en datos de Informe Sectorial de Pesca y Acuicultura, años 2012 y 2013, y del años 2014 [7] [8].

Las muertes asociadas a Eliminación corresponden a un 6,65 % de las mortalidades de salmón atlántico cantidad, a un 27,31 % de las mortalidades del salmón coho y a un 13,3 % de las mortalidades de trucha arcoíris. Esto representa pérdidas totales asociadas a un 0,15 % de la producción de 2013, equivalente a aproximadamente 1.178 Toneladas y 7.355 miles US\$.

El nivel de mortalidad ha disminuido de manera importante posterior a la crisis gracias a la aplicación de distintas medidas preventivas, entre éstas, la definición de los periodos de descanso sanitarios, demostrando que tal como se esperaba estas medidas han tenido una efectividad importante. Sin embargo, a pesar de los avances que se han tenido, el nivel de mortalidad generada por causa infecciosa y relacionados equivale a miles de toneladas, por lo que existe un amplio potencial de mejoría. De acuerdo a esto, se considera importante ejecutar las medidas preventivas de la mejor manera posible, de tal manera de aumentar los beneficios asociados a éstas.

Para evidenciar de mejor manera la relevancia que tiene tomar mejores medidas preventivas en el aspecto sanitario medioambiental, a continuación se muestran las consecuencias que implicaría el que la crisis sanitaria del virus ISA se repitiera hoy, con consecuencias de iguales proporciones a las que tuvo entre 2007 y 2010.

### **Consecuencias de una Crisis como la del Virus ISA en la Actualidad**

Dado el nivel productivo alcanzado, si hoy ocurriese nuevamente una crisis de la magnitud del virus ISA, ésta se reflejaría en dejar de producir 613.185 toneladas de salmónidos en 4 años, tomando como referencia el promedio de cosecha de 2012 y 2013. Esta cantidad corresponde al 19,09 % de la producción que se esperaría tener en caso de no haber crisis considerando el promedio productivo de años previos a las crisis, (2012 y 2013), y es superior a la producción total de 2005. Monetariamente esto significaría dejar de percibir ingresos de aproximadamente 5.141.604 miles de US\$ equivalentes a un 19,13 % de los ingresos en

situación sin crisis, considerando el precio promedio de las exportaciones entre Enero y Mayo de 2014 detallado en la tabla 3.2. En la tabla 3.3 se exponen los efectos a nivel anual y para la totalidad de la crisis, detallando los efectos de acuerdo para las especies.

Recurso	Ingresos No Percibidos Promedio Anuales		Ingresos No Percibidos en 4 años de crisis	
	Toneladas	Miles de US\$	Toneladas	Miles de US\$
Salmón Atlántico	139.922,36	559.689,44	1.183.671,97	4.734.687,87
Salmón Coho	8.017,73	32.070,91	48.688,81	194.755,23
Trucha Arcoíris	5.356,23	21.424,92	53.040,29	212.161,15
Total	153.296,32	613.185,28	1.285.401,06	5.141.604,26

Tabla 3.3: Estimación de ingresos promedio anuales que dejarían de percibirse, asociado a que hoy ocurriese una crisis de iguales consecuencias a la del Virus ISA de 2007. Fuente: Elaboración Propia basado en datos de Informe Sectorial de Pesca y Acuicultura, años 2012 y 2013 [7] y de Anuarios Sernapesca, Cosecha de Centros de Acuicultura, por Especie y Región [1].

La implementación de medidas preventivas para el cuidado sanitario medioambiental ayuda a una reducción en los niveles de mortalidad asociados a enfermedades, y por ende también ayudan a prevenir situaciones de riesgo que puedan llevar a crisis sanitarias con consecuencias como las que se revisaron previamente. En la tabla 3.4 se revisa el aporte en cuanto a los ingresos promedio anuales que no dejarían de percibirse por mortalidades que se evitarían en caso de disminuir la probabilidad de que ocurra una crisis como la del ISA.

Una medida que reduzca la probabilidad de ocurrencia de una crisis como la del virus ISA en tan solo un 2% significa ingresos de aproximadamente 102.832.085 US\$ que dejarán de perderse por no percibirse, cantidad que equivalente a 12.263 Toneladas que seguirían produciéndose a pesar de las consecuencias de la crisis.

Ingresos Promedio Anuales que no dejarían de percibirse (Miles de US\$) de acuerdo a Disminución en la Probabilidad de Ocurrencia de una Crisis como la del ISA			
Escenario	Negativo (-2%)	Neutro (-10%)	Positivo (-30%)
Ítem			
Salmón Atlántico	23.673,4	118.367,2	355.101,6
Salmón Coho	973,8	4.868,9	14.606,6
Trucha Arcoíris	1.060,8	5.304,0	15.912,1
Total	25.708,0	128.540,1	385.620,3
% con respecto a situación sin crisis	0,38%	1,91%	5,74%

Tabla 3.4: Ingresos Promedio Anuales que no dejarían de percibirse con medida preventiva, de acuerdo a su nivel de efectividad. Fuente: Elaboración Propia basado en datos de Informe Sectorial de Pesca y Acuicultura, años 2012 y 2013 [7] y de Anuarios Sernapesca, Cosecha de Centros de Acuicultura, por Especie y Región [1].

## 3.2. Actividades en las que Impacta la Definición de Periodos de Descanso

La definición de periodos de descanso impacta en diversas actividades, dado que representan principalmente una limitación de los periodos de tiempo en los cuales es posible llevar a cabo periodos productivos. En otras palabras, la definición de estos periodos define los meses para los periodos productivos de la industria. Los periodos de descanso pueden tener una duración de 21 ó 24 meses.

A continuación se enumeran algunas consecuencias asociadas a la definición de estos periodos [2]:

- Determina período límite de siembra para la especie. Dado que estas requieren distintos tiempos de crecimiento, es necesario que sean sembradas de tal manera que logren un crecimiento adecuado para su comercialización dejando tiempo para que éstas puedan ser cosechadas.
- Determina período máximo en que debe realizarse la cosecha. Dado que las balsas jaulas deben estar vacías al inicio de los periodos de descanso, los centros deben planificar su cosecha con la holgura suficiente para terminar el proceso durante el periodos productivo que se define.
- Restringe las fechas en las que se puede comenzar el proceso de piscicultura.
- Determina la velocidad de rotación productiva. Para el caso en que las fechas de los periodos de descanso generen periodos productivos de un menor número de meses, se tendría una rotación productiva más rápida que en el caso contrario. Dándose que en el largo plazo una planificación con periodos productivos de 21 meses genere un mayor número de periodos que una planificación que permita operar en mar durante 24 meses.
- Determina un límite para el tiempo de engorda de los salmónidos. Un periodo productivo de 21 meses permitiría tener un ciclo productivo más corto que en el caso de un periodo productivo de 24 meses, pudiendo dejarse una cantidad menor de meses destinada a la engorda de los salmónidos. La especie determinante para este caso corresponde al salmón atlántico, dado que éste requiere un mayor tiempo para su desarrollo.

En general, periodos productivos de 21 meses representarían una mayor rotación productiva que periodos productivos de 24 meses, permitiendo tener un mayor número de periodos productivos en el largo plazo. Estos periodos productivos iniciarían siempre en los mismos meses cada dos años. Mientras que periodos productivos de 24 meses permitirían tener mayor flexibilidad en la operación, lo cual sería beneficioso sobre todo para el caso de la producción de salmón atlántico. Estos periodos productivos iniciarían siempre cada dos años y tres meses. Las condiciones e intereses de las distintas concesiones, determinan su preferencia para cada uno de estos tipos de periodos.

Por otro lado los meses específicos del año en que se realicen los periodos de descanso, no deberían afectar a las ventas de los distintos centros dado que la industria no presenta estacionalidad en la demanda. Esto que se explica en parte, en que la industria chilena exporta el producto a mercados de distintos continentes, sumado a esto, se estima que la demanda

a nivel mundial seguirá aumentando en los próximos años a un punto en que el mercado no será capaz de satisfacerla. Por último, otro aspecto relevante asociado a la flexibilidad en la definición de las fechas, es que actualmente ya se da que la mayoría de los productos son comercializados como congelados.

Por otra parte, considerando solo a nivel de ACS, y no a nivel de la industria en su conjunto los periodos de descanso generan:

- Los peces de una misma especie tiendan a tener una etapa de desarrollo, relativamente similar.
- Mayor concentración en los flujos de productos hacia puertos y plantas de proceso.
- Mayor concentración en siembra de salmónidos en determinados meses.
- Mayor concentración de la demanda por servicios de limpieza e higienización.

Es recomendable que los peces dentro en un área cercana, como es el caso para los centros de una misma ACS, se encuentren en etapas de desarrollo similares, dado que el ingreso de ejemplares cuando la ACS ya tiene un elevado nivel de biomasa aumenta el riesgo sanitario para dichos salmónidos. Es importante destacar que a nivel de industria una buena organización de las fechas de los periodos de descanso generaría todo lo contrario con respecto a los niveles de concentración de demanda de recursos, permitiendo una tendencia a la uniformidad en su demanda global.

En la tabla 3.5, se detalla a nivel de ACS los meses de duración su periodo productivo definido y las especies que éstas cultivan. De acuerdo a esto, la mayoría de las ACS de la X Región tienen configuraciones de 21 meses para sus periodos productivos, mientras que las ACS de la XI Región tienen en su mayoría periodos productivos de 24 meses. Esta situación se explicaría en que las temperaturas de la X Región son más idóneas para el crecimiento de los salmónidos que las de la XI Región. Desde la temperatura adecuada tanto en el caso de aumentar como de disminuir la temperatura se va en desmedro del crecimiento de los salmónidos, en este caso ya desde la XI Región hacia el sur del país, se tendría una disminución progresiva de la temperatura que generaría crecimientos más lentos.

X Región			XI Región		
ACS	Periodo Productivo	Especies Cultivadas	ACS	Periodo Productivo	Especies Cultivadas
1	21	SC-TA	18A	24	SA
2	21	SA-SC-TA	18B	21	SA-TA
3A	24	SA-SC-TA	18C	21	SA-SC-TA
3B	21	SA-SC-TA	18D	21	SA-SC
4A	-	-	18E	24	SA
4B	24	-	19A	21	SA-TA
5	21	-	19B	21	SA
6	21	SA	20	21	SA
7	21	SA-SC-TA	21A	24	SA
8	24	SA-SC-TA	21B	24	SA-SC-TA
9A	21	SA-SC-TA	21C	24	SA-TA
9B	21	SA-TA	21D	21	SA-TA
9C	21	SA	22A	24	SA-SC
10A	21	SA-SC-TA	22B	24	SA-TA
10B	21	SA-SC-TA	22C	24	SC-TA
11	21	SA-SC-TA	22D	24	SA-SC-TA
12A	21	SA-SC-TA	23A	24	SA-SC-TA
12B	21	SA-SC	23B	24	SA-SC-TA
12C	21	-	23C	24	SA-SC-TA
13	21	-	24	24	SA
14	21	SA-TA	25A	24	SA
15	21	SA	25B	24	SA
16	21	SA-TA	26A	24	SA
17A	21	SA-SC-TA	26B	21	SA-SC-TA
17B	21	SA-SC-TA	27	24	SA-SC
			28A	21	SA-SC-TA
			28B	24	SA-SC-TA
			28C	21	-
			29	24	SA-SC
			30A	21	SA-TA
			30B	24	SA-TA
			31A	24	SA-TA
			31B	24	SA-TA
			32	21	SA-SC-TA
			33	24	SA-SC-TA
			34	24	SA-TA
			35	24	SA

Tabla 3.5: Duración de los Periodos Productivos basada en los dos últimos Periodos de Descanso definidos hasta el primer semestre de 2014 y especies producidas en estos periodos siendo Salmón Atlántico *SA*, Salmón Coho *SC* y Trucha Arcoíris *TA*, a nivel de ACS, para las regiones X de Los Lagos y XI de Aysén. \* La duración real del último Periodo Productivo definido para 3B corresponde a 19 meses. \*\* La duración real del último Periodo Productivo definido para 19B corresponde a 22 meses. Fuente: Programación de Periodos de Descanso de las Agrupaciones de Concesiones de Salmonideos en las Regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes. [4] e información productiva de SUBPESCA.

### 3.3. Modelos de Descanso existentes y su Aplicación

En esta sección se revisan en detalle, el modelo de descansos que se aplica en la actualidad *Modelo de Mínimo Impacto Productivo* y la propuesta previa de modelo de descanso de largo plazo en la que se basa el presente trabajo. Con el objetivo de evidenciar el efecto que tiene la aplicación de periodos de descanso y su potencial de mejora.

#### 3.3.1. Modelo de Mínimo Impacto Productivo

El “Modelo de Descansos Sanitarios Coordinados de Mínimo Impacto Productivo” corresponde al que opera actualmente en la industria. Este Modelo de Descansos surge en 2011 después del primer Modelo de Descansos adaptativo a la implementación de los periodos de descanso en la industria en 2009. En la ejecución de este Modelo de Descansos participan las Instituciones Gubernamentales Sernaperca, Subpesca, el empresariado a través de las instituciones SalmonChile y Acotruch y la Universidad de Chile a través de UNTEC<sup>1</sup>.

Este modelo responde a la necesidad de determinar los periodos de descanso sanitario coordinado de aquellas ACS que no tengan fecha definida ad portas a la expiración de los descansos definidos. La definición de las fechas se realiza mediante juicio experto respetando rangos establecidos para los Periodos Productivos, que corresponden a 21 ó 24 meses en las Regiones de Los Lagos y Aysén, exceptuando los casos particulares de las ACS 25A y 25B que desde Diciembre de 2014 tienen establecidos periodos productivos de 31 y 28 meses respectivamente, y de la ACS 4A que tiene periodos productivos de 11 meses con un mes de descanso. Los periodos productivos establecidos para la región de Magallanes son de un máximo de 33 meses.

La definición de las fechas de descansos, y por ende también de la duración de los Periodos Productivos, se realiza con énfasis en tener un mínimo impacto en la siembra programada, esto quiere decir, evitar interferir en la planificación productiva de cada centro. Para conocer la planificación productiva de los mismos, se les solicita que declaren sus planes de siembra y cosecha de acuerdo a la “Ficha de Producción Futura” que considera los siguientes ítems:

- Año
- Empresa
- Nombre Centro
- Código SIEP<sup>2</sup>
- Barrio
- Especie
- Fecha Inicio ingreso smolt
- Fecha Término ingreso smolt
- Fecha Inicio cosecha

---

<sup>1</sup>Para mayor detalle sobre las instituciones participantes, revisar la sección 2.3.2

<sup>2</sup>Código SIEP: Código numérico entregado por el Sistema de Información Estadístico Pesquero

- Fecha Término cosecha
- Peso ingreso
- Número de siembra
- Duración estimada del ciclo (meses desde inicio siembra hasta fin cosecha)
- Número de cosecha
- Peso estimado cosecha

Esta ficha fue definida de manera consensuada por Sernapesca, Subpesca y la Universidad de Chile, y tiene un horizonte de 4 años [2], tiempo que puede abarcar la planificación para un máximo de dos Periodos Productivos, es por esto que la planificación de los periodos de descanso se realiza con un horizonte de no más de 6 años.

La información es enviada por las empresas a Sernapesca, institución que la reenvía a la Universidad de Chile para su consolidación y adaptación a la propuesta de descansos de Sernapesca y Subpesca. Para esto se evalúa la cantidad de meses que se requiere aplazar o adelantar la producción de los centros para lograr la coordinación deseada. Como criterio se considera que si el impacto en la producción, meses promedio de desplazamiento por ACS es superior a 2 ó 3 meses, se propone un descanso que minimice el impacto en las empresas. Las fechas definidas son evaluadas por Subpesca y Sernapesca, y posteriormente son propuestas a las empresas, las cuales las analizan a través de talleres realizados por SalmonChile y Acotruch, para sus empresas asociadas. Finalmente, se revisan los niveles de acuerdo y se definen las fechas oficiales con la participación de todos los actores.

Para evaluar la situación que se tiene en la industria con la aplicación de este Modelo de Descansos, se consideran los años 2012 y 2013 para las Regiones X de Los Lagos y XI de Aysén.

En la figura 3.2 se presentan los periodos de descanso de acuerdo al mes en que éstos comienzan para cada ACS en los dos años definidos para la evaluación. Cada mes de inicio de periodo de descanso se encuentra representado por un color, de tal manera que las tonalidades similares representan períodos de descanso con mayor cercanía temporal y los de tonalidades más disimiles representan mayor distancia temporal, en el caso de Diciembre de 2012 y Enero de 2013, se pasa de una gama de colores rojos a una gama de colores azules, sin embargo las tonalidades son similares, dado que son meses cercanos entre sí. Las ACS que no tienen un color asociado, corresponden a aquellas que no tenían periodo de descanso definido hasta esa fecha, como es el caso de la ACS 4A, o a aquellas que tienen un mes de inicio de descanso fuera de ese rango de años.

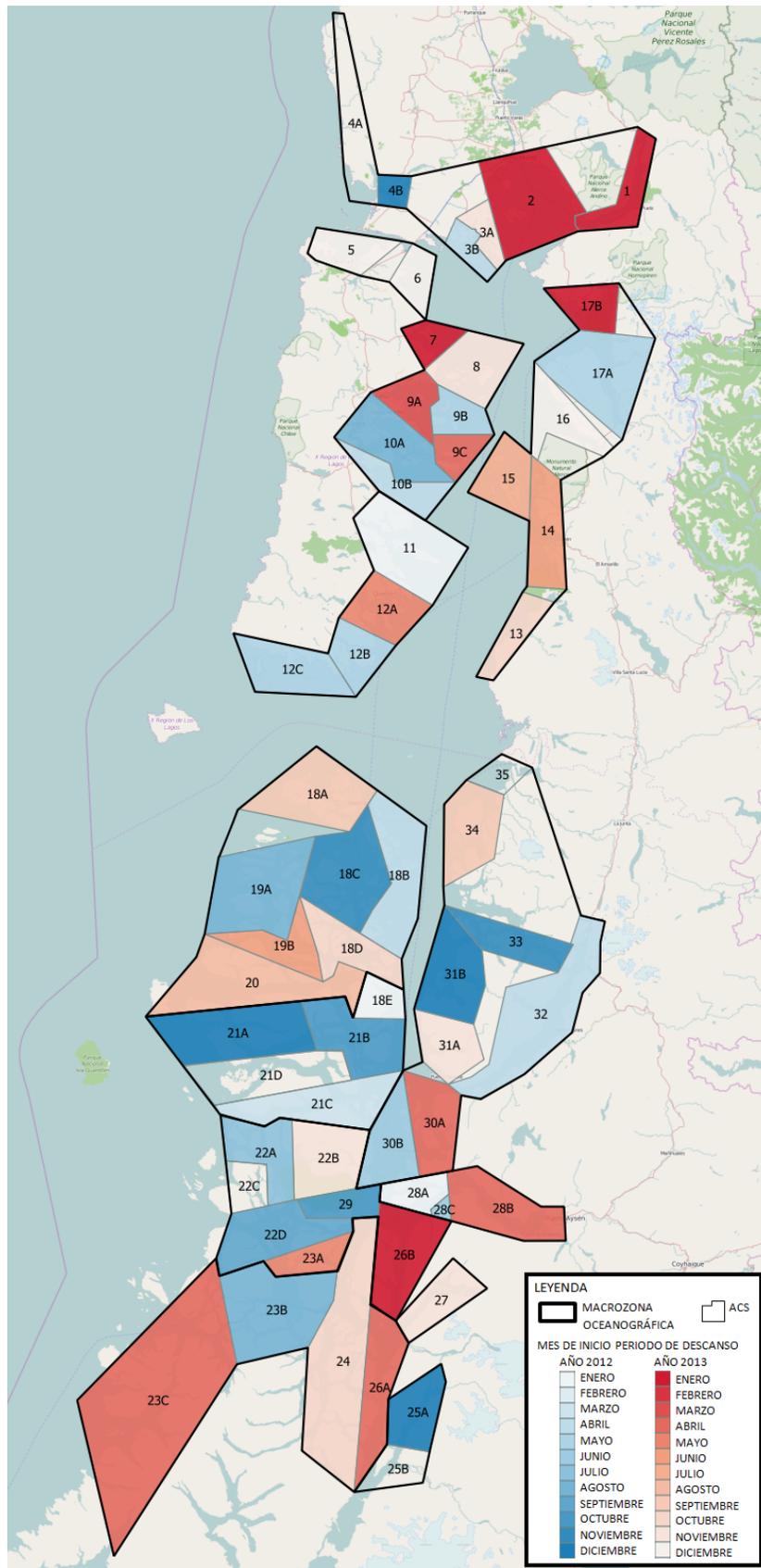


Figura 3.2: Meses de inicio de periodos de descanso según situación actual, para los años 2012 y 2013. Fuente: Elaboración Propia, basado en Programación de Periodos de Descanso de las Agrupaciones de Concesiones de Salmonideos en las Regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes [4].

Como se puede observar, la definición de fechas para los descansos que se tiene hasta ahora no presenta relación con la ubicación geográfica más allá de la coordinación de los centros pertenecientes a las zonas básicas de descanso coordinados correspondientes a las ACS, y por ende tampoco presenta relación con las condiciones oceanográficas.

Dado que se considera que las unidades básicas ACS no son suficientemente extensas y que los territorios cercanos deberían contar con periodos de descanso cercanos temporalmente para asegurar que los territorios se limpien de manera adecuada para el cultivo de salmónidos, la configuración de descansos sanitarios que se da actualmente no estaría cumpliendo con los nuevos objetivos de resguardo sanitario y medioambiental.

A continuación en las figuras 3.3 y 3.4 se detalla la situación actual de la producción comparándola con la proporción de cosecha ideal esperada en un mes. La producción corresponde a cosecha viva, mientras que la cosecha ideal esperada para un mes corresponde a aquella que representa una distribución temporal uniforme de la misma, los resultados se exponen en proporciones donde la proporción ideal de cosecha mensual considerando dos años corresponde a un 4,17%. La primera figura 3.3 representa la proporción de cosecha mensual y mientras que la figura 3.4 representa la diferencia entre la cosecha promedio real y la cosecha promedio ideal, representado como el porcentaje de la cosecha ideal que representa la diferencia.

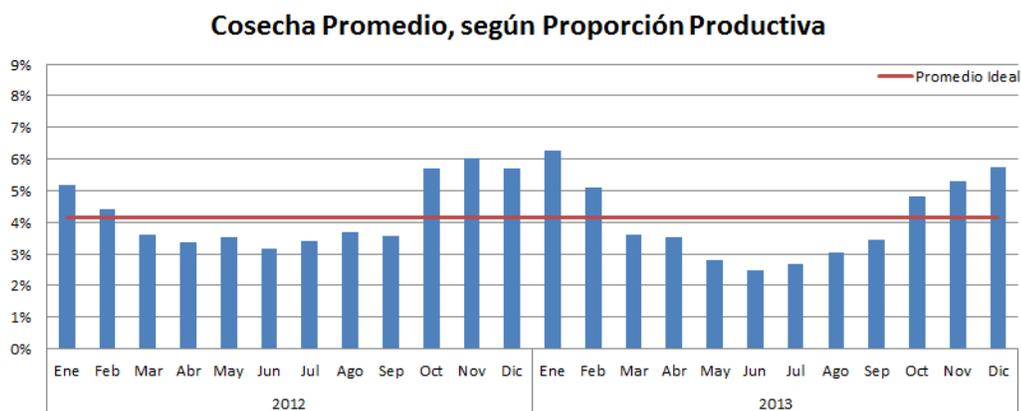


Figura 3.3: Cosecha promedio, según proporción productiva, situación actual. Fuente: Elaboración Propia.

**Diferencia entre Cosecha Promedio Ideal y Efectiva,  
según Proporción Productiva**

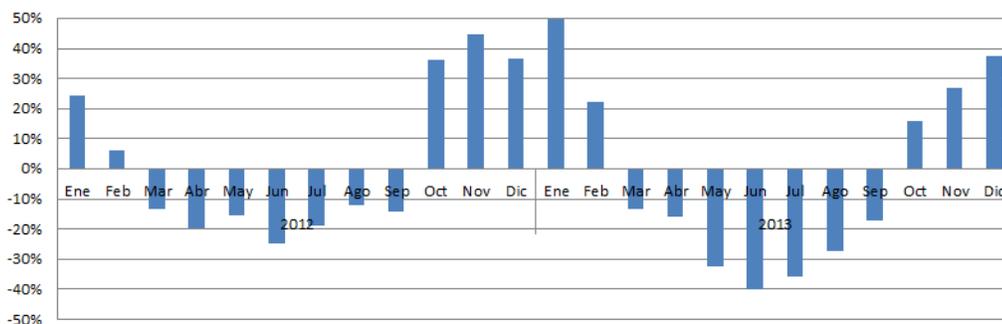


Figura 3.4: Diferencia entre cosecha promedio ideal y efectiva, según proporción productiva, situación actual. Fuente: Elaboración Propia.

Como se puede observar la planificación de fechas que se tiene actualmente permite que la distribución temporal de la producción agregada sea altamente heterogénea, en Enero de 2013 se cosechó un 6,24% del total para ambos años, cantidad que se traduce en 100.733 toneladas, siendo el mes de mayor cosecha, mientras que en Junio fue el mes de menor cosecha con un 2,5% del total para el mismo periodo, correspondiente a 40271 toneladas, menos de la mitad que en Enero. Estas diferencias equivalen a un 49,88% del valor ideal para Enero y a un -40,08% del valor ideal para Junio.

El que la producción sea heterogénea, quiere decir que diversas ACS realizan sus cosechas de manera simultánea generando que se den peaks productivos en determinados meses mientras que en otros meses muy pocas ACS realizan cosecha. Esto se traduce en que se genere una demanda concentrada de recursos en determinados meses complejizando el manejo de la logística, problema que se acrecienta considerando que los recursos logísticos de la industria son escasos, mientras que en otros meses dado la baja demanda se tienen recursos ociosos.

Esta situación podría mejorarse planteando nuevas fechas de descanso, que se encarguen de hacer que la producción tienda a la uniformidad temporal. Por otro lado, es necesario considerar en una nueva configuración la componente oceanográfica para el cumplimiento efectivo de los objetivos de aplicar una medida de descansos sanitarios.

En caso de mantener esta planificación para los periodos de descanso sin una visión de largo plazo que considere objetivos más allá de minimizar el impacto productivo, ésta mantendría su carácter reactivo y por ende podría perpetuar las condiciones que se tienen hasta hoy. Es por esto que se hace necesario generar un enfoque de largo plazo que tienda a responder de mejor manera a las necesidades de la industria y de una visión de a qué se quiere apuntar.

### **3.3.2. Propuesta de Modelo de Descansos de Largo Plazo de 2013 a 2025**

En 2013 UNTEC presentó a la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura una propuesta de modelo de descansos a largo plazo, en el marco del Programa Cluster y Territorio del Departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad de Chile, que pretende generar configuraciones que permitan tener mejores resultados para la industria considerando distintos aspectos relevantes para ésta. Los aspectos considerados se plantean como aquellos fundamentales a la hora de generar una planificación respecto a los periodos de descanso y son agrupados en tres ejes fundamentales: el Eje Sanitario-Medioambiental, el Eje Productivo y el Eje Logístico, los cuales son detallados a continuación.

#### **Eje Sanitario-Medioambiental**

Este eje considera la necesidad de definir condiciones que permitan tener un mejor manejo sanitario medioambiental, y para esto plantea considerar de manera más estricta las condiciones oceanográficas y de acuerdo a éstas, definir configuraciones de periodos de descanso que permitan que la medida sea más efectiva. Para ésto el eje plantea la definición de unidades geográficas de descansos sanitarios coordinados basados en antecedentes oceanográficos. Éstas corresponden a unidades geográficas mayores a las actuales que corresponden a las ACS, que deban descansar de manera simultánea.

La definición de esta zonas considera las condiciones oceanográficas a través de la definición de áreas específicas que comparten condiciones oceanográficas comunes, a las cuales se les denominada “Macrozonas Oceanográficas”. Como se observa en la figura 3.5, éstas corresponden a 13 Macrozonas, 5 en la X Región y 8 en la XI Región, las cuales son definidas de acuerdo a un estudio del Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) para la X región y al juicio experto de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura para la XI Región.

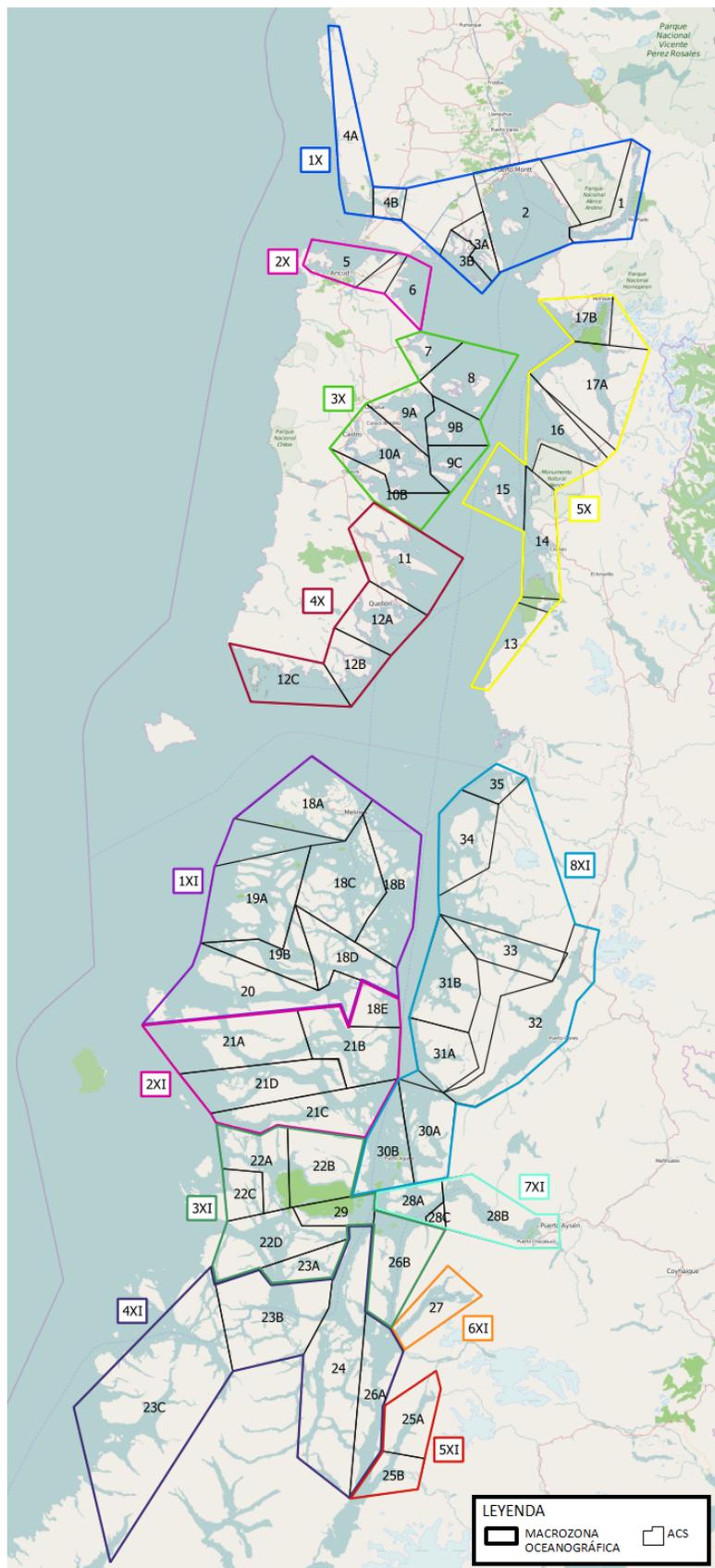


Figura 3.5: Macrozonas Oceanográficas, Regiones X - XI. Fuente: Modelo de Descansos Sanitarios Coordinados 2013 - 2025.

## Eje Productivo

El eje productivo plantea dos aspectos fundamentales, el primero corresponde a la búsqueda de que la distribución productiva tenga carácter uniforme a nivel temporal, y el segundo es respetar los acuerdos ya establecidos con respecto a las fechas de descanso para productores de salmón coho. La definición de fechas fijas para ciertas ACS se relaciona a que en éstas existen productores menores, dentro de una industria con alta tendencia a la concentración, por lo cual se le intenta disminuir una posible desventaja competitiva mediante el beneficio de permitirles tener una planificación de largo plazo conforme a sus preferencias.

Estos productores privilegian una configuración de periodos productivos de 21 meses, dado que esto permite que los periodos productivos comiencen y terminen en los mismos meses del año cada dos años, permitiendo mantener la estacionalidad con que se trabaja y facilitando la organización, además de esto, les permite tener una mayor rotación entre periodos productivos que en el caso de que estos tuviesen una extensión de 24 meses.

Actualmente existen once ACS con descansos establecidos entre Enero y Marzo por ser productores de salmón coho, sin embargo la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura considera como segmento objetivo de ACS productoras de Coho a solo cinco de éstas, para las cuales se deberá respetar siempre un periodo de descanso entre Enero y Marzo cada 21 meses de operación. Éstas se detallan en la tabla 3.6.

Macrozona Oceanográfica	ACS	Último Descanso Fijado
1X	1	Enero - Marzo 2015
1X	2	Enero - Marzo 2015
5X	17B	Enero - Marzo 2015
3XI	26B	Enero - Marzo 2017
7XI	28A	Enero - Marzo 2016

Tabla 3.6: ACS con descanso Enero-Marzo productoras de coho. Fuente: Modelo de Descansos Sanitarios Coordinados 2013 - 2025.

Esta configuración genera como consecuencia que las ACS 1, 2, 17B y 26B siempre descansen los primeros tres meses de los años pares, mientras que la ACS 28A siempre tenga sus periodos de descanso en los primeros tres meses de los años pares. A estas ACS se le hará referencia como ACS COHO.

## Eje Logístico

Este eje plantea la sincronización de los descansos con respecto a puertos principales y de uso común, de tal manera de no concentrar la demanda por su uso en determinados meses. Los puertos principales corresponden a Puerto Montt, Castro, Quellón y Puerto Chacabuco, y la planificación pretende establecer fechas que permitan la coordinación de la producción

de manera de no concentrar su uso en determinados meses y que de esta forma, el uso de recursos logísticos sea óptimo para el conjunto del sistema.

Además de esto, define como uno de los nodos logísticos principales el Puerto Contex de Quellón, dada su alta demanda desde las regiones X y XI. De acuerdo a esto, la planificación pone énfasis en modelar la demanda de uso de puerto a través de la sincronización de las fechas de los descansos de tal manera que se produzcan en momentos distintos la cosecha de aquellas ACS que se encuentran en el perímetro demandante de dicho puerto. La demanda de los puertos se puede observar en la figura 2.6.

Este Modelo de Descansos propone dos configuraciones de fechas de aplicación, una inmediata para los años 2016 y 2017 y otra adaptativa con horizonte los años 2025 y 2026, correspondiente a un horizonte mayor a los 10 años. Estas fechas son definidas a través de juicio experto aplicando los ejes propuestos, sin embargo no cuentan con respaldo de modelos matemáticos que aseguren la tendencia a la optimalidad o que permitan automatizar los procesos de análisis de tal manera de permitir probar distintos escenarios.

Para la generación de las propuestas, y la aplicación de los criterios previamente planteados, se establece como supuesto que las ACS realizan su cosecha de manera uniforme durante los 3 meses previos al periodo de descanso que se les asigna. Por otro lado la cosecha que se considera corresponde al promedio de la proyección productiva desarrollada por Subpesca para los años 2014, 2015 y 2016.

Al igual que en el caso del Modelo de Descansos actual, se evalúan dos años en caso de la aplicación del Modelo de Descansos, en particular se revisan los años 2016 y 2017 que corresponden a los de la aplicación inmediata del Modelo de Descansos. No se evalúan los años 2025 y 2026, dado que siguen la misma lógica del planteamiento de aplicación inmediata, definiendo los mismos meses del año para inicio de períodos de descanso, lo único que cambia entre ambos son los años de adaptación que se tienen desde el último descanso, hasta la fecha que se quiere alcanzar en el largo plazo.

Como se puede observar en la figura 3.6, este modelo genera resultados deseables respecto al Eje Sanitario-Medioambiental que define, esto se explica dado que para la realización misma de la definición de fechas considera como unidades básicas de análisis las Macrozonas Oceanográficas, y a partir de éstas modifica las fechas de determinadas ACS con el objetivo de cumplir de mejor manera con los requerimientos que se definen, generando de esta forma Macrozonas Oceanográficas ajustadas que son las que se observan como resultado final.

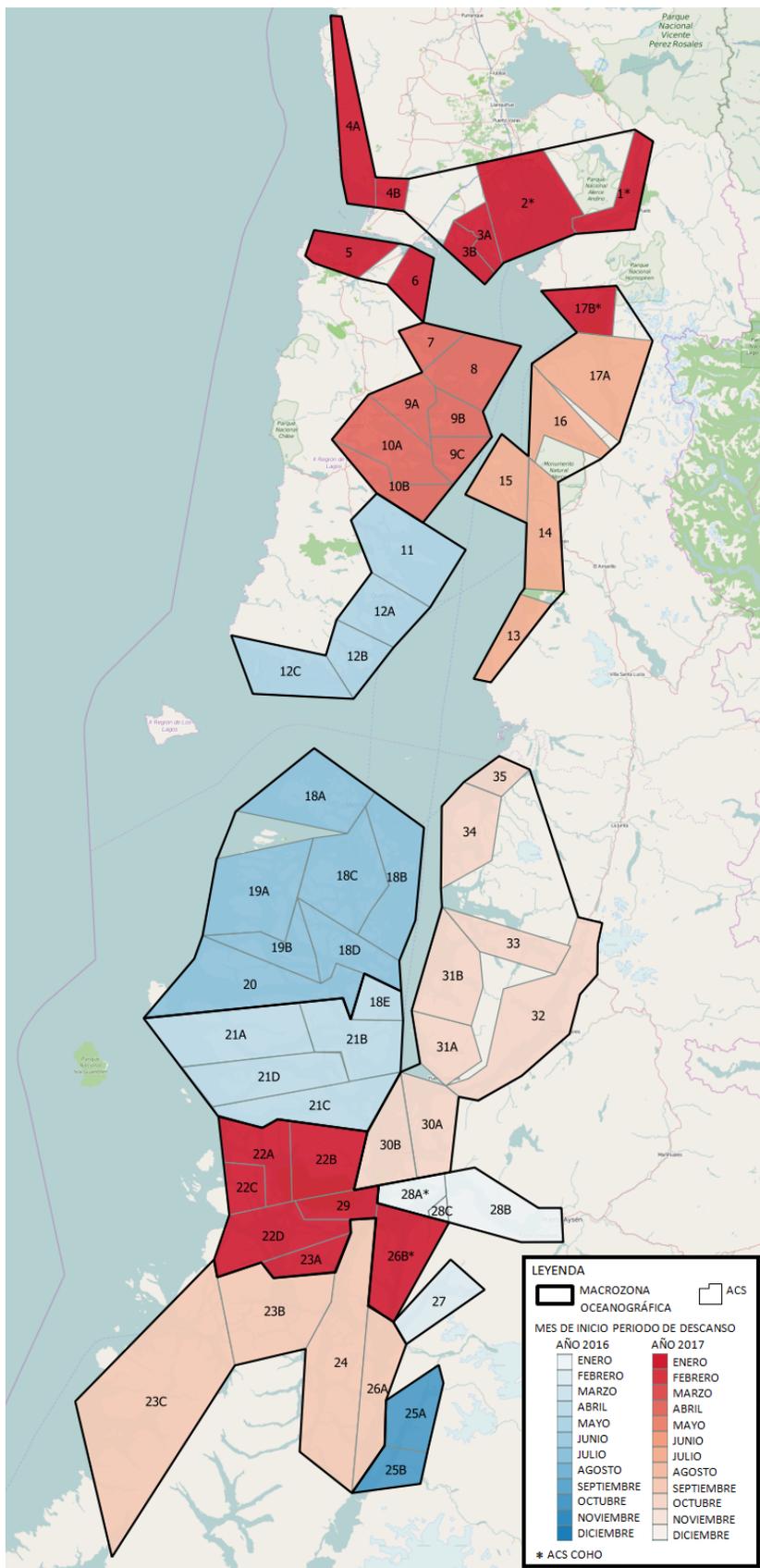


Figura 3.6: Meses de inicio de periodos de descanso según propuesta largo plazo de 2013 a 2025. Fuente: Elaboración Propia.

En el aspecto productivo, es importante destacar que en este caso al haber fechas fijas de descanso para las ACS COHO puede darse que sea imposible alcanzar la proporción productiva asociada al valor ideal de un 4,17%. Las ACS COHO con descanso en Enero, Febrero y Marzo de años impares, para la producción que se considera en este estudio, representan por si solas una cantidad superior al promedio ideal, esto genera que para los tres meses previos a su descanso el porcentaje asociado a las cosechas no pueda ser inferior al 4,68%.

De acuerdo a esto, se esperaría que tan solo las ACS COHO 1, 2, 17B y 26B tengan descanso en estos meses, de esta forma las cosechas de las demás ACS estarían concentradas en 21 meses, para los cuales se esperaría que idealmente se tengan un promedio productivo de un 4,09% mensual, redefiniéndose el promedio ideal productivo a un 4,68% para los meses Octubre, Noviembre y Diciembre de 2016 y a un 4,09% para el resto de los meses. Estos porcentajes ideales<sup>3</sup> son los que se consideran en la figuras 3.7 y 3.8.

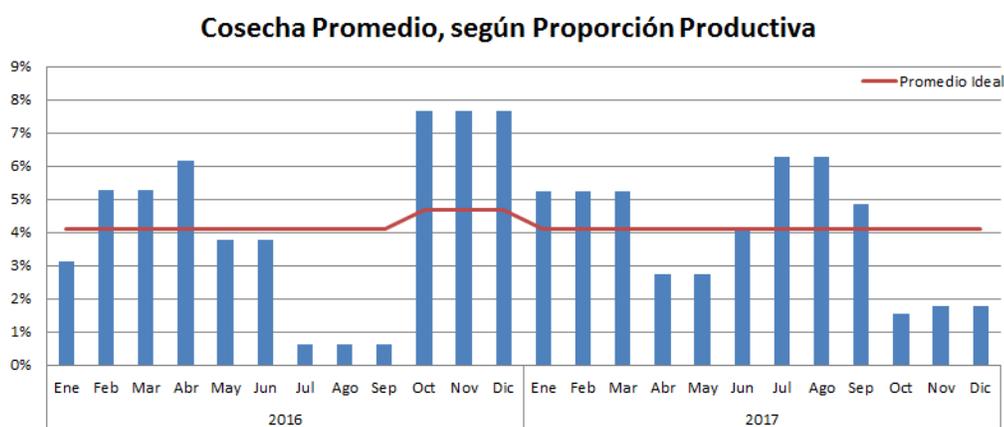


Figura 3.7: Cosecha promedio, según proporción productiva, propuesta largo plazo de 2013 a 2025. Fuente: Elaboración Propia.

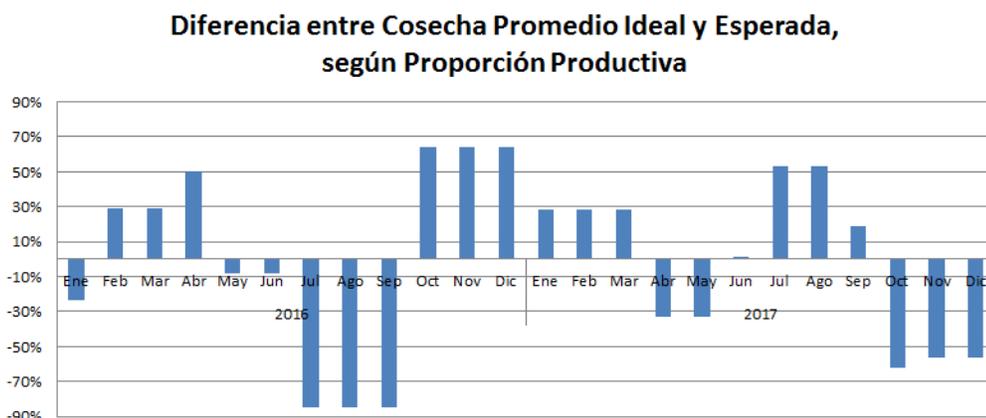


Figura 3.8: Diferencia entre cosecha promedio ideal y esperada, según proporción productiva, propuesta largo plazo de 2013 a 2025. Fuente: Elaboración Propia.

<sup>3</sup>En la sección se realiza una nueva definición más estricta para cosecha ideal, la cual es considerada en el modelo de optimización y los analices finales.

**Cosecha Promedio, según Concesiones Otorgadas**

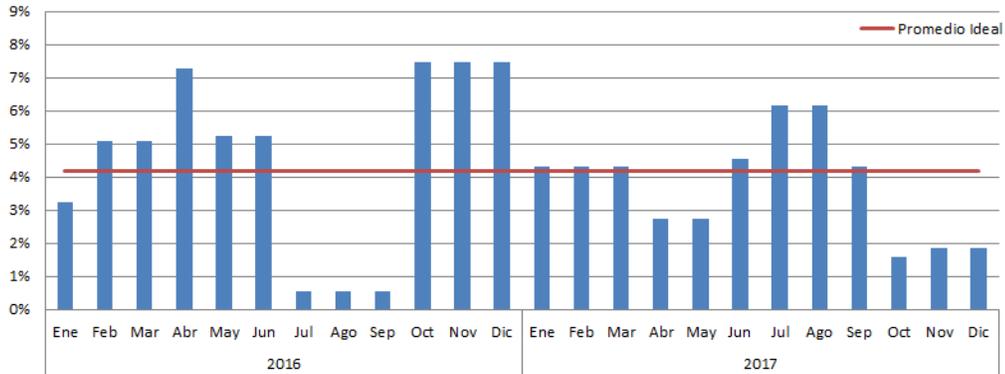


Figura 3.9: Cosecha promedio, según concesiones otorgadas, propuesta largo plazo de 2013 a 2025. Fuente: Elaboración Propia.

**Diferencia entre Cosecha Promedio Ideal y Esperada, según Concesiones Otorgadas**

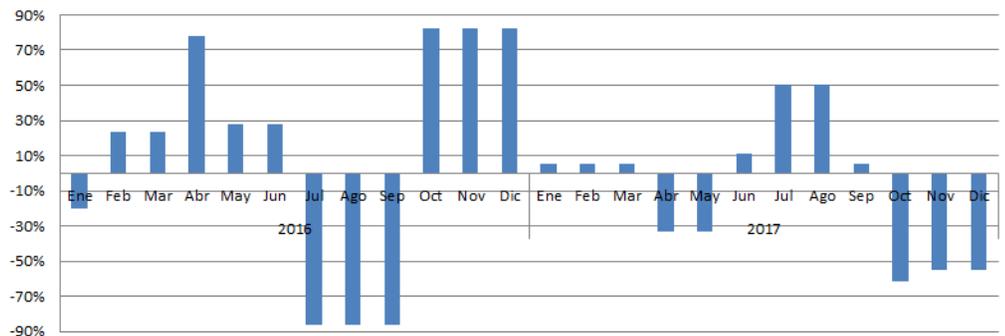


Figura 3.10: Diferencia entre cosecha promedio ideal y esperada, según concesiones otorgadas, propuesta largo plazo de 2013 a 2025. Fuente: Elaboración Propia.

En el caso de la configuración propuesta se respeta para el Eje Productivo aquellos descansos predefinidos para las ACS COHO. Por otro lado, para este mismo eje con respecto a la uniformidad temporal de la producción y para el Eje Logístico, no se logra obtener mejoras significativas respecto a los supuestos planteados, dado que no se logra tender a la uniformidad temporal en la cosecha y se mantiene la existencia de peaks de demanda que generan una demanda concentrada de recursos en determinados meses. Por otro lado en las figuras 3.9 y 3.10 se puede observar el mismo comportamiento en el caso de la cantidad de concesiones otorgadas para cada ACS, lo cual representa el potencial productivo.

En el caso de la versión adaptativa, para poder realizar ésta, se plantea extender la flexibilidad definiendo que los Periodos Productivos puedan tener una duración de entre 20 y 24 meses en vez de los 21 y 24 meses que se tienen actualmente. Este planteamiento permite que se pueda seguir produciendo a pesar de que se esté tendiendo a una adaptación de las fechas de descanso con un objetivo específico. De acuerdo a este planteamiento, en 2026, tan solo 3 ACS no habrían logrado adaptarse aún para descansar de manera simultánea con las ACS que conformarán un área de descanso coordinado.

Dada la importante mejoría en el Eje Sanitario-Medioambiental planteado, el cual corresponde al eje principal con respecto a los objetivos de la aplicación de periodos de descanso y a los buenos resultados adaptativos que permiten seguir operando durante el proceso, se considera que la aplicación de este modelo representaría una mejoría importante a las condiciones que se tienen actualmente, sin embargo, este resultado específico para el Modelo de Descansos propuesto, tiene un potencial de mejoría importante con respecto a los aspectos logísticos.

Por otro lado, el Modelo de Descansos que se plantea considera una gran cantidad de variables, restricciones y preferencias a considerar, relacionadas a la cantidad de ACS involucradas en el estudio, a los supuestos y consideraciones planteadas en los ejes fundamentales. Es por esto que es complejo lograr obtener una configuración capaz de satisfacer todos los aspectos planteados sin apoyo de modelos matemáticos.

Además de esto, el modelo plantea ejes fundamentales para el desarrollo de un Modelo de Descansos de largo plazo que permiten considerar distintos aspectos relevantes para la industria, conformando una buena base a partir de la cual generar un nuevo modelo. El Modelo de Descanso a proponer en este trabajo considerará los aspectos fundamentales de esta propuesta, replanteando los ejes fundamentales definidos y posteriormente respaldándolos a través del uso de un modelo de optimización.

# Capítulo 4

## Modelo de Descansos de Largo Plazo

En este capítulo se propone una metodología para la definición a largo plazo de las fechas correspondientes a los descansos sanitarios coordinados que deben realizar las ACS, que permita satisfacer de mejor manera los objetivos por los cuales se definen estos periodos y los requerimientos de la industria. Esta Metodología o Modelo de Descansos es respaldada por un Modelo de Optimización Lineal Entero Mixto, de tal manera de asegurar que se encuentre el mejor resultado con respecto a las condiciones y preferencias que se definan, y pretende entregar una lógica para la definición de periodos de descanso que permita tener un horizonte indefinido. Esto quiere decir, que los planteamientos permitan renovar las fechas de los periodos de descanso siguiendo una lógica determinada, de tal manera que no se defina un horizonte final para la planificación.

### 4.1. Ejes Fundamentales del Modelo

Se definen tres ejes fundamentales que engloban las consideraciones, restricciones y preferencias que se consideran en esta metodología de definición de periodos de descanso, estos corresponden a los ejes Sanitario-Medioambiental, Productivo y Logístico. Su definición se basa principalmente en los intereses de la industria y en la propuesta de Modelo de Descansos de largo plazo de 2013 a 2025.

#### **Eje Sanitario-Medioambiental**

Este eje pretende lograr una mejoría en las condiciones sanitarias y medioambientales, a través de una consideración estricta de las condiciones oceanográficas que permita que la limpieza de las áreas se desarrolle de manera efectiva. Para esto se plantean las siguientes acciones:

- Definir unidades geográficas de descansos sanitarios simultáneos mayores a las actuales correspondientes a las ACS, basadas en antecedentes oceanográficos.

- Tender a la cercanía temporal en las fechas de descansos definidas entre unidades geográficas de descanso simultáneo que se encuentren cercanas. De tal manera que los periodos de descanso se encuentren vinculados para todas aquellas ACS que se encuentren relacionadas oceanográficamente, incluso en los casos en que éstas no pertenezcan a una misma unidad geográfica de descanso coordinado.

### **Beneficios Esperados**

- Mejorar la efectividad de las medidas de limpieza y tratamientos coordinados.
- Ayudar a la conservación de los recursos a largo plazo.
- Disminuir el surgimiento de brotes de enfermedades.
- Disminución en el riesgo de emergencias sanitarias.
- Disminuir las probabilidades de mortalidades.
- Disminuir las probabilidades de tener bajas abruptas en la producción derivadas de crisis sanitarias.

### **Eje Productivo**

El eje productivo plantea tres aspectos fundamentales que se detallan a continuación:

- Definir periodos de descanso de largo plazo, de tal manera de permitir que se conozcan los periodos productivos futuros.
- Minimizar el impacto sobre los acuerdos ya establecidos para fechas de descanso con horizonte indefinido. Actualmente rigen descansos preestablecidos de esta índole para las ACS COHO, de acuerdo a éstos las ACS 1, 2, 17B y 26B, siempre tendrán definidos sus periodos de descanso los primeros tres meses de los años impares, mientras que la ACS 28A siempre tendrá sus periodos de descanso definidos los primeros tres meses de los años pares.
- Minimizar el impacto productivo durante el proceso adaptativo. Esto quiere decir, respetar los periodos de descanso preestablecidos y plantear un método de adaptación que procure permitir que se siga produciendo durante el tiempo que tome dicho proceso.

### **Beneficios Esperados**

- Permitir planificar producción a largo plazo.
- Permitir planificación de requerimientos a largo plazo, tanto de recursos logísticos como de personal.
- Minimizar el impacto productivo en el proceso de implementación de las nuevas fechas. Sin interferir en las planificaciones productivas de los distintos centros y permitiendo que haya producción durante el proceso adaptativo.
- Permitir a las ACS COHO seguir contando con los beneficios asociados a su condición.

## Eje Logístico

Este eje plantea que la producción agregada de la industria (cosechas de todas las ACS), tenga carácter uniforme temporalmente a nivel mensual. De tal manera de evitar tener una demanda agregada de recursos logísticos concentrada en determinados meses, mientras que en otros exista capacidad ociosa.

### Beneficios Esperados

- Evitar Peaks de cosecha.
- Mejorar la distribución temporal de la demanda de recursos logísticos, generando tendencia a la uniformidad.
- Facilitar la organización de los recursos logísticos.

## 4.2. Consideraciones y Justificaciones Preliminares del Modelo

En esta sección se muestran las principales consideraciones del modelo de optimización que busca definir las fechas de descanso idóneas para cada ACS teniendo en cuenta los objetivos que se quieren lograr de acuerdo a lo planteado en los ejes previamente definidos y la situación actual. Este modelo consiste principalmente en una clusterización de ACS que permita generar unidades geográficas de descanso coordinado mayores a las actuales. La clusterización se realiza considerando tanto la componente espacial, dada las necesidades sanitarias, medioambientales y las condiciones oceanográficas, como la componente temporal, dada la búsqueda de uniformidad en la producción, la consideración de la componente adaptativa y las fechas de descanso predefinidas. Esta clusterización se modela a través de un modelo de programación lineal entera mixta multiobjetivo, en donde la función objetivo pondera consideraciones geométricas, de producción y de adaptación.

Para la elaboración del modelo se consideran los aspectos relevantes a las regiones de Los Lagos y Aysén, dado que éstas constituyen la unidad más compleja. Esto permitirá que el modelo pueda ser replicable también en regiones con condiciones de menor complejidad como la región de Magallanes.

### 4.2.1. Consideraciones Espaciales versus Consideraciones Temporales de Producción

El realizar una clusterización que solo considere las componentes espaciales, llevaría a obtener resultados menos deseables, dado que parte de las necesidades y preferencias planteados podrían no ser representadas en la definición de dichos clusters. Esto se refleja en los siguientes aspectos del problema:

- La existencia de periodos de descanso predefinidos para una misma fecha puede generar configuraciones geoespaciales no deseables. Este es el caso de las ACS COHO, donde las ACS 1, 2 y 17 B de la X Región y la ACS 26B de la XI Región, poseen una misma fecha para sus descansos predefinida los primeros 3 meses de los años impares, pero se encuentran geográficamente alejadas. Dado que la cluterización busca generar grupos de ACS con fechas de descanso coordinado, al no considerar la componente temporal, no se tendría en cuenta que la ACS 26B ya tiene fecha coordinada con otro grupo de ACS por lo que se generaría un cluster asociado a ésta que tendería a la uniformidad con respecto a todos los clusters lo que iría en desmedro de una producción uniforme en el tiempo.
- Por otra parte, las ACS COHO 26B y 28A tienen periodos de descanso con diferencia de un año y se encuentran ubicadas de tal manera que comparten frontera dentro en la XI Región. Al no considerar la componente temporal podrían generarse clusters distintos para cada una de estas ACS, que compartieran amplias fronteras. Esto significaría la obtención de unidades geográficas amplias relacionadas oceanográficamente con fechas de descanso que no se encuentren vinculadas entre si, lo cual es negativo bajo el punto de vista oceanográfico, sin embargo, el modelo lo consideraría como una frontera cualquiera. Al considerar la componente temporal, los clusters se podrían definir de tal manera de minimizar las fronteras que se viesen perjudicadas por esta relación.
- Para el mismo caso de las ACS 26B y 28A, el no considerar la componente temporal podría generar que ambas ACS fuesen incluidas en una misma zona de descanso coordinado, lo cual es contradictorio a la definición de fechas fijas de dichas ACS.
- La componente adaptativa no sería considerada en la clusterización dado que no se podrían incluir las fechas de los periodos de descanso que ya se encuentran definidos.
- El no considerar la componente temporal es necesario predefinir el número de clusters que se desee obtener, esto permitiría obtener buenos resultados, sin embargo no necesariamente serían los mejores que se podrían obtener.

El relacionar temporalmente los clusters permitiría que se genere la cantidad de clusters que sean necesarios para obtener los mejores resultados de acuerdo a las distintas restricciones y preferencias a definir. Además de esto permitiría considerar en un solo modelo todos los aspectos relevantes a la evaluación ya definidos en los ejes fundamentales.

A continuación se detalla cómo se aborda la componente temporal dentro del modelo de clusterización de tal manera de hacerla compatible con una planificación de largo plazo.

#### **4.2.2. Consideraciones Temporales**

Dado que se busca una planificación de fechas a largo plazo para los periodos de descanso, y se requiere considerar la componente temporal en la definición de clusters, se plantea la definición de los mismos basados en una lógica cíclica. Las consideraciones temporales relevantes para la definición de fechas de descanso corresponden a los periodos productivos y los periodos de descanso, cada ACS siempre tiene un periodo productivo seguido de un periodo de descanso, que al terminar marca el inicio de un nuevo periodo productivo, generando un comportamiento cíclico. Los meses de descanso siempre se mantienen en 3, sin embargo el

periodo productivo puede variar en su extensión. Para la definición de una lógica cíclica es necesario considerar una extensión fija para el periodo productivo manteniendo una extensión de 3 meses para el periodo de descanso.

Se define como “Serie Productiva” (SP), al periodo que contempla un Periodo Productivo (PP), en conjunto con el Periodo de Descanso (PD) que lo sucede. Al ser fijos los meses de descanso, las series productivas de distintas ACS tendrían igual duración en el caso que sus periodos productivos la tuviesen. En la figura 4.1 se presenta un esquema donde cada casilla representa un mes para una Serie Productiva constituida por un Periodo Productivo de 21 meses y un Periodo de Descanso de 3 meses, en la cual a partir del tercer mes del periodo productivo se realiza un Ciclo Productivo de 18 meses, donde la siembra demora 3 meses, la engorda 12 meses y la cosecha 3 meses.

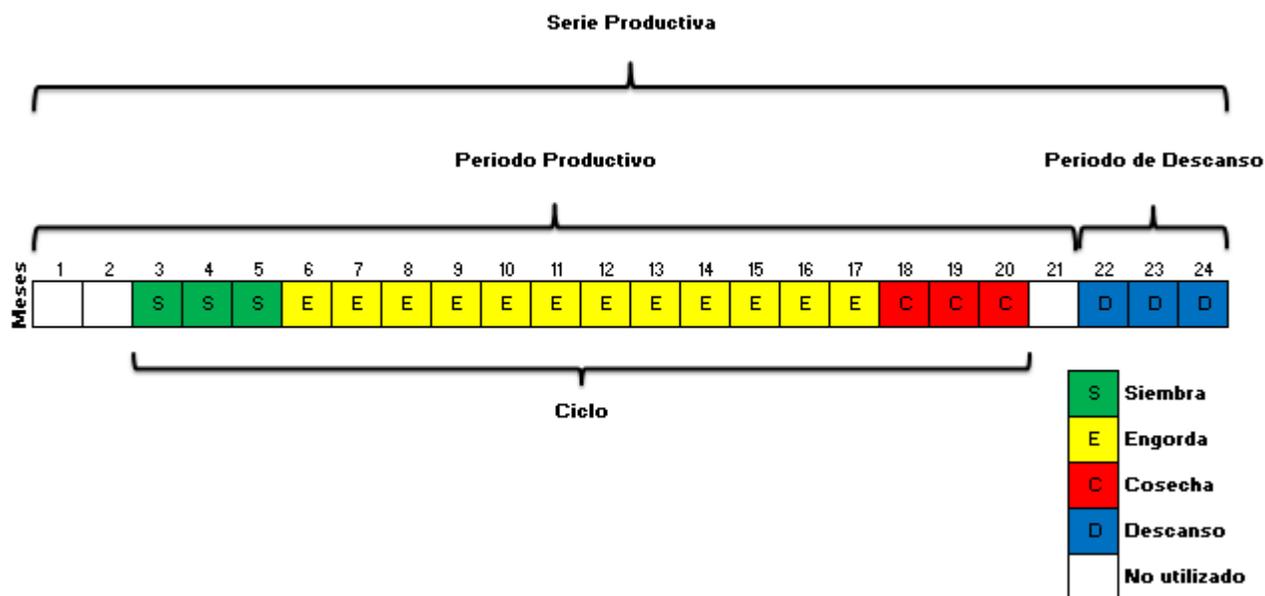


Figura 4.1: Inclusión del término “Serie Productiva” dentro de la organización temporal en la etapa Mar del ciclo de vida de los salmónidos. Fuente: Elaboración Propia.

Este planteamiento permite dar una lógica de ciclos continuos, donde series productivas idénticas se suceden unas a otras a futuro, de tal manera de facilitar la organización de los periodos de descanso, generando clusters de descanso coordinado entre ACS que tengan series productivas de igual duración. El tiempo a definir para los periodos productivos, considerando una aplicación para las regiones X y XI, podría ser de 21 ó 24, salvo los casos particulares de las ACS 4A, 25A y 25B que tienen periodos productivos de 11, 31 y 28 meses respectivamente. Cada una de las configuraciones posibles de periodos productivos tiene sus beneficios y sus contras, por lo que distintos centros o empresas pueden tener preferencias por una configuración determinada sobre la otra.

Sin embargo, para realizar una configuración que permita generar áreas de descanso coordinado superiores a las actuales es necesario considerar un periodo productivo de igual duración para todas las ACS que se encuentren en un área determinada que idealmente debe tener una amplia extensión para poder obtener mejores resultados. Para el caso de la

aplicación en las Regiones X y XI, se recomienda usar una misma configuración por lo menos a nivel regional.

Los casos particulares de las ACS 4A 25A y 25B no pueden ser considerados dentro de una clusterización temporal como la que se plantea, dado que al no existir otras ACS con series productivas idénticas no podrían generarse grupos de descanso coordinados a menos de que se redefinan sus periodos productivos con una duración idéntica a la de sus ACS cercanas. Por otro lado, dado que estas ACS no se ubican entre otras ACS sino que en uno de los bordes del grupo de ACS de XI región, no generarían problemas para la clusterización de las demás ACS.

Dado que las regiones X y XI están ligadas desde el punto de vista del eje Logístico, se puede obtener una mejor configuración búsqueda de uniformidad en la demanda de recursos logísticos a través de la tendencia a la uniformidad temporal productiva, en el caso de considerar en un análisis las regiones X y XI en conjunto, que en caso de realizar una clusterización por separado. Esto permitiría, y siempre que convenga, mantener en una región determinada ninguna ACS con periodo de descanso, en beneficio de la uniformidad. Como dato relevante, la Región de Los Lagos (X) tiene 25 ACS de las cuales 3 tiene fecha fija simultánea, mientras que la Región de Aysén (XI) tiene 37 ACS con 2 de ellas con fechas de descanso predefinidas que no coinciden entre sí, por lo que la región de los Lagos tiene una menor flexibilidad a la hora de definir una configuración de periodos de descanso que consideren la componente adaptativa y la uniformidad en la producción, en desmedro de la organización logística global de la industria.

Dado que las fechas predefinidas asociadas a las ACS COHO, consideran un periodo productivo de 21 meses y que estas ACS se encuentran en ambas regiones, sumado a los beneficios asociados a esta configuración, en una primera instancia la aplicación que se realiza en el presente trabajo considera periodos productivos de 21 meses para ambas regiones. Esta configuración permite que las series productivas tengan una duración de dos años completos y que de esta forma una vez definida una fecha de descanso para las ACS, éstas tenga los mismos meses de descanso cada dos años exactos. Esto quiere decir que si a una ACS se le define un periodo de descanso con Septiembre como mes de inicio en un año par, entonces ésta tendrá siempre sus descansos con inicio en Septiembre de los años pares.

Este planteamiento de clusterización que incluye componente temporal resulta compleja dada la cantidad de ACS a considerar, que corresponde a 62 en las regiones de Los Lagos y Aysén, los diversos planteamientos o preferencias y la consideración de un horizonte de 2 años, definido por la duración de la serie productiva. Una planificación que permita que se puedan definir periodos de descanso con inicio en cualquier mes, generaría que se tuviesen 24 meses en los cuales se pudiesen definir periodos de descanso. Para disminuir la complejidad asociada a la resolución del modelo de optimización se definen 8 periodos de descanso posibles fijos correspondientes a los trimestres de cada año como se ve en la figura 4.2, a estos se le denominará Periodos de Descanso Trimestrales *PDT*.

Año Impar	<b>Periodo de Descanso 1</b>			<b>Periodo de Descanso 2</b>			<b>Periodo de Descanso 3</b>			<b>Periodo de Descanso 4</b>		
	Mes 1 Enero	Mes 2 Febrero	Mes 3 Marzo	Mes 4 Abril	Mes 5 Mayo	Mes 6 Junio	Mes 7 Julio	Mes 8 Agosto	Mes 9 Septiembre	Mes 10 Octubre	Mes 11 Noviembre	Mes 12 Diciembre
Año Par	<b>Periodo de Descanso 5</b>			<b>Periodo de Descanso 6</b>			<b>Periodo de Descanso 7</b>			<b>Periodo de Descanso 8</b>		
	Mes 13 Enero	Mes 14 Febrero	Mes 15 Marzo	Mes 16 Abril	Mes 17 Mayo	Mes 18 Junio	Mes 19 Julio	Mes 20 Agosto	Mes 21 Septiembre	Mes 22 Octubre	Mes 23 Noviembre	Mes 24 Diciembre

Figura 4.2: Serie Productiva de ocho trimestres y Periodos de Descanso. Fuente: Elaboración Propia.

Para lograr una distribución uniforme temporalmente en la producción se requiere que las cosechas de las ACS a nivel agregado se realicen de manera uniforme temporalmente. Para esto se considera el supuesto de que las ACS desarrollan sus cosechas de manera uniforme durante los tres meses previos al periodo de descanso. Este supuesto no es válido solamente para el caso en que efectivamente la cosecha se realice de esta forma, sino que abarca el supuesto de que las ACS tienen el mismo comportamiento para el desarrollo de su cosecha, esto quiere decir, que es un criterio válido para el caso en que las ACS tiendan a seguir un mismo comportamiento para la totalidad o proporciones idénticas de su producción.

El planteamiento trimestral resulta una simplificación práctica para que los periodos de descanso y el supuesto de la fecha para la cosecha se apliquen de manera sencilla. Dado este supuesto productivo, se considera que la cosecha de una ACS se realiza en el trimestre previo al Periodo de Descanso que se le defina. Para ejemplificarlo, en el caso en que a una ACS se le asigne el Periodo de Descanso 1 correspondiente al primer trimestre de los años impares, la cosecha de ésta se realizaría durante el periodo previo que coincide con el Periodo de Descanso 8, bajo esta lógica de comportamiento cíclico, como se puede observar en la figura 4.3.

Año Impar	<b>Periodo de Descanso 1</b>			<b>Periodo Productivo</b>			<b>Periodo Productivo</b>			<b>Periodo Productivo</b>		
	Mes 1 Enero	Mes 2 Febrero	Mes 3 Marzo	Mes 4 Abril	Mes 5 Mayo	Mes 6 Junio	Mes 7 Julio	Mes 8 Agosto	Mes 9 Septiembre	Mes 10 Octubre	Mes 11 Noviembre	Mes 12 Diciembre
Año Par	<b>Periodo Productivo</b>			<b>Periodo Productivo</b>			<b>Periodo Productivo</b>			<b>Periodo Productivo - Cosecha</b>		
	Mes 13 Enero	Mes 14 Febrero	Mes 15 Marzo	Mes 16 Abril	Mes 17 Mayo	Mes 18 Junio	Mes 19 Julio	Mes 20 Agosto	Mes 21 Septiembre	Mes 22 Octubre	Mes 23 Noviembre	Mes 24 Diciembre

Figura 4.3: Ejemplo de configuración, con fecha de descanso en el Periodo de Descanso 1 y cosecha durante el Periodo de Descanso 8. Fuente: Elaboración Propia.

Por otro lado, desde el punto de vista del eje Sanitario-medioambiental, éste constituiría un planteamiento pertinente a los requerimientos, dado que se busca una tendencia a generar áreas de descanso simultanea mayores a las actuales y mientras mayores sean éstas se consideran mejores soluciones desde el punto de vista oceanográfico.

Dado que actualmente la configuración de la mayoría de las ACS de la X Región tienen

periodos productivos de 21 meses, mientras que en la XI Región en su mayoría corresponden a 24 meses, en una segunda instancia de análisis se consideran Series Productivas de 9 trimestres o 27 meses constituidos por 24 meses de periodo productivo y 3 meses de Periodo de Descanso, tal como se muestra en el esquema de la figura 4.4, donde los trimestres se denotan con una letra *N* de tal manera de diferenciarlos con mayor facilidad de los periodos de descanso para series productivas de 24 meses. Esta diferencia en la duración de los Periodos Productivos se justifica, tal como se definió en la sección 3.2, en que se plantea que en la XI Región el crecimiento de los salmónidos es más lento que en la X Región dado que se tienen menores temperaturas en las aguas, por otro lado, algunas ACS prefieren los periodos productivos de 24 meses dado que les da mayor flexibilidad para operar, prefiriendo ésta por sobre la mayor rotación, o mayor cantidad de periodos productivos en una ventana de tiempo, asociada al caso de tener 21 meses de periodo productivo.

Una planificación que considere periodos productivos de 21 meses en la X Región y 24 en la XI Región, permitiría representar de mejor manera el comportamiento actual de la industria, y las condiciones oceanográficas de cada región, además de esto permitiría abarcar ambas configuraciones temporales para los periodos productivos de tal manera de que la industria tengan mayor flexibilidad ante las preferencias.

En el caso de la aplicación para series productivas de 9 trimestres no es posible atribuir un mes específico a los distintos periodos de descanso, esto sucede dado que al durar 27 meses cada serie productiva, estarían pasando dos años y tres meses para el comienzo de una nueva, por lo que si el mes 1 de la serie productiva actual es en Enero, para la serie productiva siguiente el mes 1 correspondería a Abril.

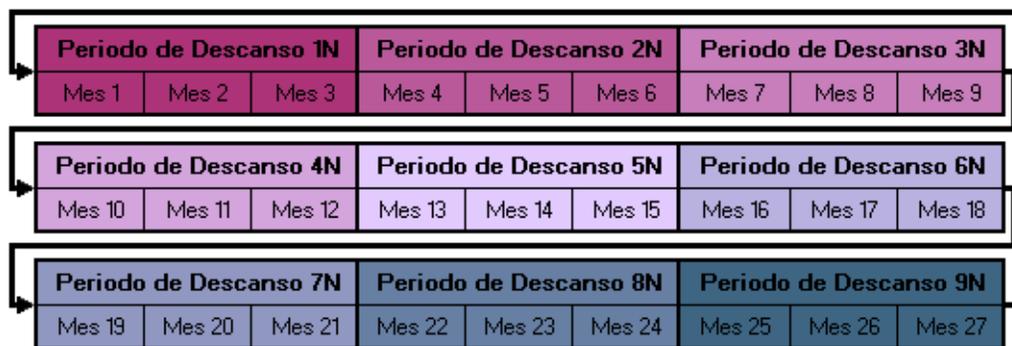


Figura 4.4: Serie Productiva de nueve trimestres y Periodos de Descanso. Fuente: Elaboración Propia.

Dado esto, para este planteamiento se hace necesario tomar una fecha de referencia de inicio de la primera Serie Productiva, considerando tanto mes como año, de tal manera de poder asignarle a los periodos de descanso meses estandarizados de acuerdo a la lógica definida en el esquema 4.4.

A continuación se revisan las consideraciones para la aplicación del eje Sanitario-Medioambiental y posteriormente se revisará la lógica que se utiliza para minimizar el impacto productivo en la adaptación a las fechas de descanso ideales que se definan.

### 4.2.3. Consideraciones Oceanográficas

Para cumplir de mejor manera con los objetivos sanitarios al definir los periodos de descanso coordinados se consideran las condiciones oceanográficas de la zona. Para esto se definen una serie de restricciones y preferencias asociadas a ellas que consideran principalmente el uso de Macrozonas Oceanográficas y también relaciones entre distintas ACS. Éstas últimas corresponden a la definición de ACS vecinas y de distancias temporales para los periodos de descanso entre ACS pertenecientes a distintas macrozonas oceanográficas. Las consideraciones que se plantean se detallan a continuación:

#### Macrozonas Oceanográficas

Las Macrozonas Oceanográficas MO, corresponden a Macrozonas que comparten condiciones oceanográficas que justifican un manejo coordinado y que dado este mismo criterio, engloban ACS completas. Las MO a considerar corresponden a aquellas definidas previamente en la propuesta de Modelo de Descansos de largo plazo de 2013 a 2025<sup>1</sup>.

Se impone que para cada Macrozona Oceanográfica todas las ACS que las constituyen deben tener sus periodos de descanso dentro de un lapso de 6 meses de tal manera de asegurar que los periodos de descanso dentro de una zona donde los centros productivos que la constituyen se relacionan oceanográficamente, tengan fechas de descanso cercanas y de esta forma, la limpieza de los recursos sea efectiva.

Al estarse proponiendo periodos de descanso basados en los trimestres del año, en 6 meses existen dos posibilidades de periodos de descanso, por ende las ACS pertenecientes a una misma Macrozona Oceanográfica podrán descansar en un mismo periodo o en dos periodos que sean consecutivos. Esto también generará que se tienda a crear zonas de descansos coordinados mayores.

#### ACS vecinas

Las ACS vecinas corresponden a aquellas pertenecientes a una misma Macrozona Oceanográfica para las cuales se considera una mejor solución que descansen en un mismo periodo. A través de éstas se busca que las zonas de descanso coordinado que se obtengan de la clusterización sean compactas, generando una tendencia a que las ACS que sean definidas como vecinas tengan definido un mismo periodo de descanso.

Para definir las ACS que corresponderán a vecinas se considera que sus áreas o sus concesiones otorgadas compartan un segmento de frontera en común. Además de esto su definición considera el tender a evitar que se den configuraciones menos deseables.

De esta forma se define como una zona de descanso coordinado a un grupo conformado

---

<sup>1</sup>La macrozonas oceanográficas son definidas en la sección 3.3.2 del capítulo 3 y se pueden observar en la figura 3.6 del mismo capítulo.

por ACS que se encuentren dentro de una misma MO, que tengan un mismo periodo de descanso y al menos un vecino dentro del mismo grupo. También se considera como una zona de descanso coordinado al caso particular en que una ACS descansa en determinado periodo sin contar con ACS vecinas que tengan una misma fecha de descanso.

Para ejemplificar la figura 4.5 representa 4 configuraciones para la Macrozona Oceanográfica 3X donde cada periodo de descanso se encuentra representado por un color. En ésta se puede observar que en el caso *a* se generan 5 zonas de descanso coordinado, 3 constituidas por ACS individuales como es el caso de las ACS 7, 9A y 9C, y 2 constituidas por dos ACS, las ACS 8 y 9B y las ACS 10A y 10B respectivamente. En el caso *b* se tienen 4 zonas de descanso coordinado dentro de la Macrozona 3X, las ACS 9A y 9C constituyen dos zonas de carácter individual, mientras que las ACS 7, 8 y 9B constituyen una zona al igual que las ACS 10A y 10B. En el caso *c* se tienen 3 zonas de descanso coordinado, una constituida por las ACS 7 y 8, otra por las ACS 9A, 9B y 9C y una última por las ACS 10A y 10B. Por último para la configuración *d* se tienen solo dos zonas de descanso coordinado, una constituida por las ACS 7, 8, 9A y 9B, y otra por las ACS 9C, 10A y 10B.

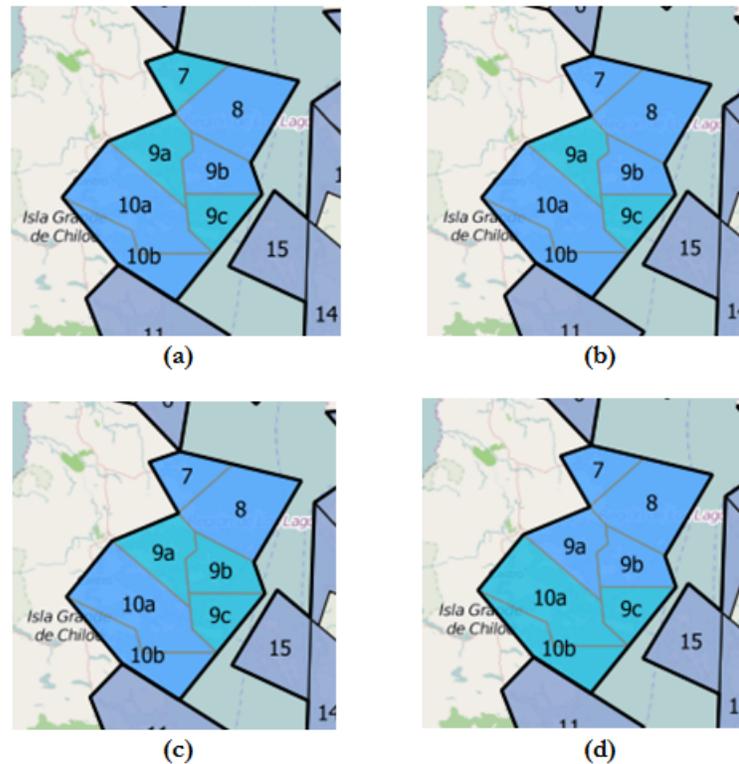


Figura 4.5: Configuraciones de periodos de descanso sanitario para la Macrozona Oceanográfica 3X. Fuente: Elaboración Propia.

Dado que se considera que mientras mayores sean las zonas de descanso coordinado, se tiende a que sea también mayor la efectividad de la medida de limpieza de las zonas, la generación de zonas compactas y de mayor tamaño son preferibles por sobre otras. En la misma figura 4.5, dentro de las 4 configuraciones presentadas se consideran los casos *a* y *b* como no deseables, considerándose el caso *a* como el peor de ambos casos. Mientras que

las configuraciones  $c$  y  $d$  se consideran deseables, teniéndose mayor preferencia para el caso representado por la configuración  $d$ .

Usando esta misma lógica que busca principalmente generar zonas compactas, es que se definen ACS vecinas para cada ACS de todas las Macrozonas Oceanográficas menos para el caso de la MO 27, dado que ésta por si misma constituye una MO y por ende una zona de descanso coordinado. Por otro lado, es importante destacar, que en la definición de ACS vecinas se consideran solamente las componentes relacionadas a la ubicación de cada ACS y su relación oceanográfica. No se considera los posibles periodos productivos, ni fechas de descanso ya definidas, por lo que constituye una relación ideal independiente de otras condiciones. De esta forma las ACS 4A y 4B, y las ACS 25A y 25B, son definidas como ACS vecinas, a pesar de que por normativa tengan definidos distintos periodos productivos, haciendo imposible relacionar sus periodos de descanso a menos de que se modifique dicha normativa.

En el modelo de optimización se incluye esta consideración en la función objetivo maximizando la cantidad de ACS vecinas a las que se les defina un mismo periodo de descanso. De esta manera se genera la tendencia a la formación de clusters de descanso coordinados compactos y que tiendan a tener el mayor tamaño posible cumpliendo con el resto de los requerimientos y de acuerdo a la definición de las demás preferencias.

Sumado a esto, se define como condición estricta y de manera independiente para cada región, que para todas sus ACS que tengan definida al menos una ACS vecina, si se define que en un periodo determinado descansen simultáneamente más de una de estas ACS, todas deben tener al menos una ACS vecina de descanso simultaneo. Esto evita que se generen islas o ACS con igual periodo de descanso que no tengan una ACS vecina con descanso coordinado a pesar de que existen más ACS con el mismo periodo de descanso en la región a la que ésta pertenece, salvo por ejemplo para el caso particular de la ACS 27.

En la 4.6 se detallan las ACS vecinas  $V$  que se definen, representadas por líneas que conectan los centroides de las ACS que se consideren vecinas entre sí.

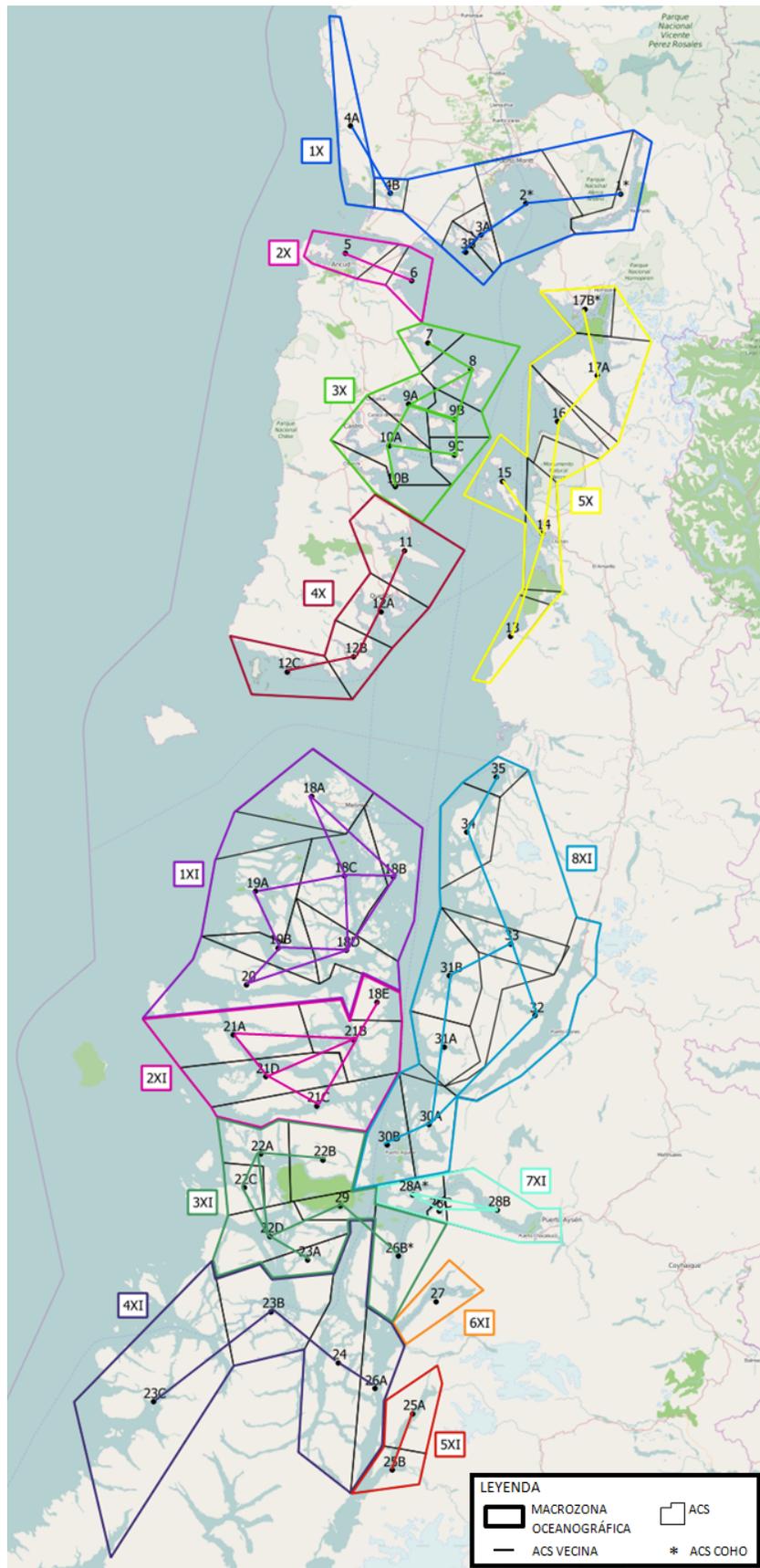


Figura 4.6: ACS vecinas. Fuente: Elaboración Propia.

## Relaciones Inter Macrozonas Oceanográficas.

Las restricciones previamente definidas para los periodos de descanso se aplican para cada Macrozona Oceanográfica por separado. Sin embargo la mayoría de estas MO tienen ACS que comparten fronteras con ACS de otras MO, generando que para cumplir de mejor manera con los objetivos Sanitarios-Medioambientales, sea recomendable relacionar los periodos de descanso entre estas ACS de tal manera de que estos tengan la menor diferencia temporal posible sin ir en desmedro de las demás consideraciones.

A las relaciones entre las ACS de distintas Macrozonas oceanográficas se les denomina como “Relaciones Inter-Macrozonas Oceanográficas” (IMO). Se definen 3 niveles principales de relaciones para determinadas parejas de ACS pertenecientes a distintas MO y que compartan límites, asociados a la diferencia temporal entre sus periodos de descanso. El Nivel 1 impone que determinados pares de ACS puedan tener un mismo periodo de descanso o a lo más una diferencia temporal entre estos periodos de solo un trimestre, lo cual equivale a tener periodos de descanso consecutivos. El Nivel 2 determina que las parejas de ACS con este nivel de relación puedan cumplir con la relación establecida para el Nivel 1, sumado a la flexibilidad de que puedan definirse periodos de descanso con una diferencia de a lo más 2 trimestres, permitiendo que exista a lo más un periodo de descanso de diferencia entre los que se definan para cada ACS perteneciente a un mismo par. En el caso del Nivel 3 la máxima diferencia permitida es de 3 trimestres, lo que considera que puedan existir a lo más dos periodos de descanso entre los que se definan para cada ACS.

Para ejemplificarlo, en el caso en que se definan como parejas con Nivel 1 de relación IMO las ACS [10B,11], si a la ACS 11 se le define el periodo de descanso 5, la ACS 10B solo podría descansar en los periodos 4, 5 ó 6, mientras que si estas ACS son definidas como pareja con relación Nivel 2, para un mismo periodo de descanso en la ACS 11, la ACS 10B, podrá tener su descanso definido en los periodos 3, 4, 5, 6 ó 7. Considerando esta pareja con un Nivel 3 de relación las opciones de periodos de descanso posibles para la ACS 10B aumentarían, pudiendo definirse sus descansos en los periodos 2, 3, 4, 5, 6, 7 ó 8.

De acuerdo a las condiciones oceanográficas, las fechas de descanso predefinidas y la ubicación de las concesiones de las ACS, se define que en una situación ideal desde el punto de vista oceanográfico se deberían considerar los siguientes pares [3B,6], [6,7] y [10B,11] para la X Región, y los pares [20,21A], [20,21B], [21C,22A], [21C,30B], [23A,23B], [25B,26A], [26A,26B], [26A,27], [26B,28A] y [28A,30B] para la XI Región. La ubicación geográfica de estas parejas se puede observar en la figura 4.7 donde los pares se encuentran representados por líneas que unen sus centroides.

En este planteamiento se considera una relación IMO para las ACS 26B y 28A a pesar de que dichas ACS sean de tipo COHO IMPAR y COHO PAR respectivamente, teniendo fechas predefinidas y lejanas que hacen infactible relaciones IMO hasta nivel 3. Esto dado que por su relación oceanográfica en una situación ideal se recomendaría incluir ambas ACS en las parejas ideales flexibilizando las restricciones tipo COHO.

Por otro lado, al igual que en el caso de la definición de ACS vecinas, las definición de parejas de ACS con relación IMO, considera solamente los aspectos relacionados a la

ubicación geográfica y relación oceanográfica de las distintas ACS, y no otros aspectos por ejemplo temporales. Es por esto que también se considera en las relaciones IMO a la pareja [25B,26A], a pesar de que la ACS 25B tenga una periodo productivo definido de distintas duración al de la ACS 26A, haciendo imposible relacionar sus periodos de descanso sin un cambio de normativa.

Por otro lado, es importante considerar que en caso de plantear todos los pares de ACS previamente definidos como ideales imponiéndoles una relación IMO Nivel 1, se restringe ampliamente la cantidad de soluciones factibles, pudiendo ir en desmedro de otras condiciones y generando que se tienda a tener resultados infactibles para otras configuraciones deseables. Dado esto, se considera preferible flexibilizar las condiciones, imponiendo una relación Nivel 2 para las parejas o inclusive Nivel 3, y plantando en la función objetivo la preferencia por minimizar la distancia temporal de los periodos de descanso a definir para las parejas. Una mayor flexibilidad es recomendable sobretodo para el planteamiento de series productivas de 9 trimestres, dado que al ser una cantidad mayor de trimestres, un mismo nivel de relación de por si es más restrictivo que para una planificación de 8 trimestres.

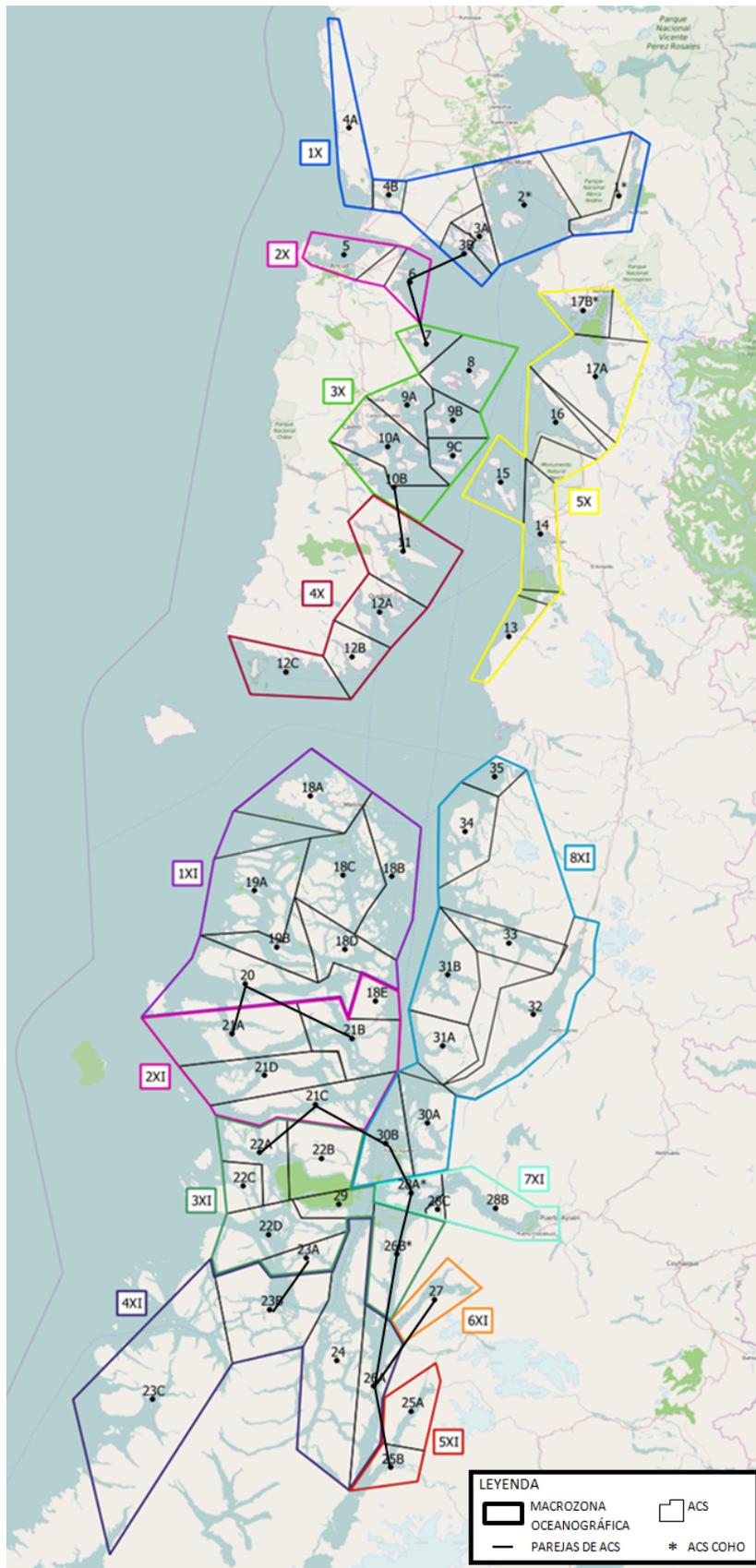


Figura 4.7: PAREJAS DE ACS a considerar para establecer relaciones Inter-Macrozona. Fuente: Elaboración Propia.

#### 4.2.4. Consideraciones de Adaptación del Modelo

Para la adaptación de fechas de descanso es necesario considerar las fechas correspondientes a los últimos periodos de descansos definidos para las distintas ACS y evaluar cómo a partir de éstas se puede llegar a la fecha de descansos que se defina como idónea para cada ACS. Para realizar esta adaptación se hace necesario que las series productivas tengan determinadas duraciones que permitan que las fechas de descanso varíen hasta alcanzar las fechas deseadas. Esto implica que dado el carácter fijo de los periodos de descanso, una adaptación requiera definir distintas duraciones para los periodos productivos.

Actualmente se tienen periodos productivos de 21 ó 24 meses, estas configuraciones permitirían para el caso de los 21 meses, que los periodos de descanso tuviesen solamente inicio en el mismo mes luego de dos años, dado que se tendría una serie productiva de 24 meses. Mientras que una configuración de periodo productivo de 24 meses, generaría una serie productiva de 27 meses, de tal manera que el periodo de descanso a definir comenzaría exactamente 2 años y 3 meses después, esto quiere decir, que si el último descanso definido comenzó en Enero de 2013, el próximo comenzaría en Abril de 2015.

Para el caso de una Serie Productiva de 8 trimestres definir un rango de entre 21 y 24 meses de periodo productivo durante el periodo de adaptación, permitiría una flexibilidad adaptativa asociada solamente a tener definido el siguiente periodo de descanso exactamente dos años después o como máximo dos años y 3 meses después, lo que implicaría que el periodo de descanso pudiese mantenerse en la misma posición dentro de la serie productiva o *avanzar* temporalmente a lo más tres meses en ésta. Esto quiere decir que en el caso de que el último periodo de descanso para una determinada ACS esté definido en el mes 1 de la serie productiva de 8 trimestres, su próximo periodo de descanso podría estar definido en los meses 1, 2, 3 o 4 de esta serie.

Definir un periodo productivo que pudiese tener menos de 21 meses durante el periodo adaptativo, les permitiría a las ACS tener series productivas menores a los dos años, esto generaría que los periodos de descanso siguientes al último pudiesen estar definidos entre menos de 2 años y hasta 2 años y 3 meses después. Esto quiere decir, que la fecha de un nuevo descanso a definir podría *retroceder* respecto a la fecha del último definido una determinada cantidad de meses dentro de la serie productiva de carácter cíclico. Por ejemplo si a una ACS se le define un periodo productivo de 20 meses durante la adaptación, la serie productiva sería de 23 meses, por lo que si el mes de inicio del último periodo de descanso de esta ACS es en Febrero de 2013, correspondiente al mes 2 de un año impar, el próximo periodo de descanso comenzaría en Enero de 2015, correspondiente al mes 1 de un año impar, por lo que a pesar de avanzar en el tiempo, con respecto a la serie productiva cíclica se retrocedería desde el mes 2 al mes 1, adaptándose al Periodo de Descanso trimestral número 1.

En este mismo ejemplo, en caso de que efectivamente el periodo de descanso idóneo para la ACS sea el periodo de descanso trimestral 1, con la posibilidad de tener un periodo productivo de 20 meses la adaptación se realizaría luego de una sola serie productiva. En cambio, considerando un rango de periodo productivo entre los 21 y 24 meses, se requeriría pasar por 8 series productivas, donde todas menos la última utilizarían toda la flexibilidad del periodo productivo que sea necesaria, en este caso, las primeras 7 series productivas

adaptativas tendrían una duración de 27 meses con periodos productivos de 24 meses y la última una duración de 26 meses con un periodo productivo de 23 meses.

De acuerdo a esto, para el caso en que se tenga una serie productiva de 8 trimestres, cuando para la adaptación se consideren series productivas mayores a los 24 meses, o periodos productivos mayores a los 21 meses, se denominará *avanzar*, dado que permite ir avanzando en los meses de la serie productiva, mientras que para el caso en que en la adaptación se consideren series productivas menores a los 24 meses, o periodos productivos menores a los 21 meses, se denominará *retroceder*. A estos se les denominará *Tipos de Movimientos Adaptativos*, mientras que a la cantidad de series productivas asociadas a dichos movimientos que constituyen el periodo de adaptación se les denominará *Cantidad de Movimientos Adaptativos*. Para entender de mejor manera esta definición en los casos extremos de la serie productiva, es importante considerar que si se pasa de un mes 24 a un mes 1 esto se considera avanzar, mientras que si se pasa de un mes 1 a un mes 24 se considera retroceder. Una vez adaptada a la fecha ideal, la ACS tendrá series productivas de exactamente 24 meses.

Puede darse que determinadas ACS ya tengan sus descansos en las fechas que se les definan como ideales, para estos casos no habrá movimiento adaptativo y de inmediato se seguirá con series productivas de 2 años. Para los casos que requieran de adaptación, dependiendo de la flexibilidad que se defina para la duración del periodo productivo, es posible que las ACS puedan tanto avanzar como retroceder en la serie productiva, sin embargo, la cantidad de movimientos adaptativos a realizar en cada caso será la que defina que tipo movimiento se prefiera por sobre otro, priorizando siempre tener una menor cantidad, esto quiere decir, requerir menos series productivas con movimientos adaptativos asociados. También es posible que determinadas ACS requieran la misma cantidad de movimientos adaptativos tanto en el caso de retroceder como en el de avanzar, en estos casos el tipo de movimiento adaptativo a realizar deberá definirse mediante criterio experto.

En la tabla 4.1 se pueden observar el *Tipo* y la *Cantidad*, (en series productivas), de *Movimientos Adaptativos* que se requieren para lograr que los periodos de descanso de una ACS se adapten desde un periodo de descanso determinado, (considerando su mes de inicio dentro de los 24 posibles), hasta coincidir con el periodo de descanso trimestral que se desee alcanzar, considerando un periodo productivo que puede definirse entre los 21 y 24 meses. Este caso es representativo de una adaptación poco flexible, que considera un periodo productivo durante el periodo de adaptación que puede definirse entre los meses que hoy son considerados en la normativa general para ambas regiones, sin considerar los casos particulares de las ACS 4A, 25A y 25B. Dado esto, solo se puede tener el tipo de movimiento adaptativo correspondiente a avanzar (A), o tener 0 Movimientos adaptativos en los casos en que las fechas originales ya coincidan con las que se definan. Además de esto, al existir solo un tipo de movimiento adaptativo posible, existe una cantidad de movimientos adaptativos única en cada caso.

	<b>Movimientos Adaptativos con un PP de entre 21 y 24 meses Tipo (A:Avanzar) y Cantidad (N° de SP)</b>							
<b>Primer mes del PD a adaptar</b>	<b>Periodo de Descanso Trimestral deseado</b>							
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>
<b>1</b>	0	A 1	A 2	A 3	A 4	A 5	A 6	A 7
<b>2</b>	A 8	A 1	A 2	A 3	A 4	A 5	A 6	A 7
<b>3</b>	A 8	A 1	A 2	A 3	A 4	A 5	A 6	A 7
<b>4</b>	A 7	0	A 1	A 2	A 3	A 4	A 5	A 6
<b>5</b>	A 7	A 8	A 1	A 2	A 3	A 4	A 5	A 6
<b>6</b>	A 7	A 8	A 1	A 2	A 3	A 4	A 5	A 6
<b>7</b>	A 6	A 7	0	A 1	A 2	A 3	A 4	A 5
<b>8</b>	A 6	A 7	A 8	A 1	A 2	A 3	A 4	A 5
<b>9</b>	A 6	A 7	A 8	A 1	A 2	A 3	A 4	A 5
<b>10</b>	A 5	A 6	A 7	A 0	A 1	A 2	A 3	A 4
<b>11</b>	A 5	A 6	A 7	A 8	A 1	A 2	A 3	A 4
<b>12</b>	A 5	A 6	A 7	A 8	A 1	A 2	A 3	A 4
<b>13</b>	A 4	A 5	A 6	A 7	0	A 1	A 2	A 3
<b>14</b>	A 4	A 5	A 6	A 7	A 8	A 1	A 2	A 3
<b>15</b>	A 4	A 5	A 6	A 7	A 8	A 1	A 2	A 3
<b>16</b>	A 3	A 4	A 5	A 6	A 7	0	A 1	A 2
<b>17</b>	A 3	A 4	A 5	A 6	A 7	A 8	A 1	A 2
<b>18</b>	A 3	A 4	A 5	A 6	A 7	A 8	A 1	A 2
<b>19</b>	A 2	A 3	A 4	A 5	A 6	A 7	0	A 1
<b>20</b>	A 2	A 3	A 4	A 5	A 6	A 7	A 8	A 1
<b>21</b>	A 2	A 3	A 4	A 5	A 6	A 7	A 8	A 1
<b>22</b>	A 1	A 2	A 3	A 4	A 5	A 6	A 7	0
<b>23</b>	A 1	A 2	A 3	A 4	A 5	A 6	A 7	A 8
<b>24</b>	A 1	A 2	A 3	A 4	A 5	A 6	A 7	A 8

Tabla 4.1: Tipo y cantidad de movimientos necesarios para la adaptación desde un mes a un periodo de descanso trimestral de una serie productiva de 8 trimestres, según periodos productivos de entre 21 y 24 con meses 3 de descanso. Fuente: Elaboración Propia.

Para reconocer los meses a los que corresponden las fechas de inicio de los descansos desde los que se quiera realizar la adaptación, que en el caso de este modelo corresponderán a los meses de inicio de los últimos periodos de descanso, se usa la misma lógica cíclica de la serie productiva que se observa en la figura 4.2. De acuerdo a esto, si un descanso inicia en Diciembre de un año impar, se considera que el mes corresponde al número 12, mientras que si un descanso inicia en Febrero de un año par, el mes de inicio correspondería al número 14.

Como se puede observar, para el caso de este planteamiento de grados de libertad para la definición de los periodos productivos, se pueden requerir hasta 8 movimientos adaptativos, lo que genera que la adaptación pueda llegar a durar 18 años. Es por esto que se hace necesario considerar una mayor flexibilidad en la duración de los periodos de productivos durante la adaptación. Por otro lado, es importante considerar que la adaptación comenzaría posterior

al último periodo de descanso definido, por lo que dependerá de esta fecha, el horizonte temporal asociado a la adaptación.

Para esto es necesario considerar el comportamiento productivo de las ACS, de acuerdo a datos de los planes productivos, para el caso de la producción de salmón atlántico la gran mayoría de los centros de cultivo tienen ciclos de entre 17 y 20 meses, para el caso del salmón coho la mayoría de los centros tienen ciclos de entre 10 y 12 meses y para la trucha arcoíris de entre 11 y 14 meses. De acuerdo a esto, en 20 meses es posible para los centros producir incluso salmón atlántico que es la especie que requiere mayor tiempo de engorda, por lo que una configuración de entre 20 y 24 meses para el periodo productivo, no debería ir en desmedro de la cantidad potencial a producir. Como consecuencia negativa, esto traería que algunos centros tuvieran que coordinar su producción de manera más estricta para lograr utilizar de mejor manera el tiempo disponible para la engorda del salmón atlántico. Por otro lado, una configuración de 20 meses, permitiría empezar de manera más rápida un nuevo periodo productivo, agilizando la producción y teniéndose una mayor cantidad de periodos productivos en el tiempo.

Dado que el salar o salmón atlántico se encuentra en la mayoría de los centros de cultivo, por más que se priorice no realizar dos ciclos en un periodo y tener de manera rápido un nuevo periodo de cosecha o rotación productiva por sobre la flexibilidad, no se dará que se prefieran periodos productivos significativamente menores a la normativa actual que satisfagan los meses necesarios para un ciclo de trucha arcoíris y salmón coho, sino que siempre se preferirá una configuración que permita la producción de salmón atlántico. De acuerdo al tiempo que utilizan la mayoría de los centros para su producción, no se recomienda que los ciclos sean menores a 20 meses.

La tabla 4.2, corresponde al *Tipo*, (avanzar o retroceder), y a la *Cantidad*, (en series productivas), de *Movimientos Adaptativos* requeridos con un periodo productivo flexible entre los 20 y 24 meses. Ésta sigue la misma lógica de la tabla 4.1, con la diferencia de que en este caso es posible definir series productivas de 23 meses, las cuales permitirían retroceder (R), en las series productivas. Dado esto el tipo de movimiento a realizar corresponderá al que conlleve una menor cantidad de series productivas asociadas a movimientos adaptativos, en la tabla solo se expone el movimiento adaptativo seleccionado. Para los casos en que el número de series productivas con movimientos adaptativos sea equivalente retrocediendo o avanzando, el tipo se describe como A o R, y en los casos en que los meses iniciales coincidan con la fecha ideal se tendrán 0 movimientos adaptativos.

Para este caso se pueden tener a los más 6 series productivas con movimientos adaptativos asociados, lo cual mejora el tiempo máximo de adaptación de 18 a 13,5 años.

	<b>Movimientos Adaptativos con un PP de entre 20 y 24 meses Tipo (A:Avanzar, R:Retroceder) y Cantidad (N° de SP)</b>							
<b>Primer mes del PD a adaptar</b>	<b>Periodo de Descanso Trimestral deseado</b>							
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>
<b>1</b>	0	A 1	A 2	A 3	A 4	A 5	6	R 3
<b>2</b>	R 1	A 1	A 2	A 3	A 4	A 5	A 6	R 4
<b>3</b>	R 2	A 1	A 2	A 3	A 4	A 5	A 6	R 5
<b>4</b>	R 3	0	A 1	A 2	A 3	A 4	A 5	6
<b>5</b>	R 4	R 1	A 1	A 2	A 3	A 4	A 5	A 6
<b>6</b>	R 5	R 2	A 1	A 2	A 3	A 4	A 5	A 6
<b>7</b>	6	R 3	0	A 1	A 2	A 3	A 4	A 5
<b>8</b>	A 6	R 4	R 1	A 1	A 2	A 3	A 4	A 5
<b>9</b>	A 6	R 5	R 2	A 1	A 2	A 3	A 4	A 5
<b>10</b>	A 5	6	R 3	0	A 1	A 2	A 3	A 4
<b>11</b>	A 5	A 6	R 4	R 1	A 1	A 2	A 3	A 4
<b>12</b>	A 5	A 6	R 5	R 2	A 1	A 2	A 3	A 4
<b>13</b>	A 4	A 5	6	R 3	0	A 1	A 2	A 3
<b>14</b>	A 4	A 5	A 6	R 4	R 1	A 1	A 2	A 3
<b>15</b>	A 4	A 5	A 6	R 5	R 2	A 1	A 2	A 3
<b>16</b>	A 3	A 4	A 5	6	R 3	0	A 1	A 2
<b>17</b>	A 3	A 4	A 5	A 6	R 4	R 1	A 1	A 2
<b>18</b>	A 3	A 4	A 5	A 6	R 5	R 2	A 1	A 2
<b>19</b>	A 2	A 3	A 4	A 5	6	R 3	0	A 1
<b>20</b>	A 2	A 3	A 4	A 5	A 6	R 4	R 1	A 1
<b>21</b>	A 2	A 3	A 4	A 5	A 6	R 5	R 2	A 1
<b>22</b>	A 1	A 2	A 3	A 4	A 5	R 6	R 3	0
<b>23</b>	A 1	A 2	A 3	A 4	A 5	A 6	R 4	R 1
<b>24</b>	A 1	A 2	A 3	A 4	A 5	A 6	R 5	R 2

Tabla 4.2: Tipo y cantidad de movimientos necesarios para la adaptación desde un mes a un periodo de descanso trimestral de una serie productiva de 8 trimestres, según periodos de productivos de entre 20 y 24 con meses 3 de descanso. Fuente: Elaboración Propia.

Para una serie productiva compuesta por 9 trimestres, se sigue la misma lógica que en la serie productiva de 8 trimestres, la diferencia es que los meses de la duración de los periodos productivos tienen una representatividad distinta en cuanto a la acción a ejecutar, esto quiere decir, si es que implican avanzar o retroceder en los meses dentro de la serie productiva cíclica.

Para periodos productivos definidos en un rango de entre 21 y 24 meses, el siguiente periodo de descanso a definir podría comenzar en un mismo mes de la serie productiva en el caso de definir los periodos productivos de 24 meses, equivalentes a series productivas de 9 trimestres, o hasta 3 meses antes. Esto quiere decir que dicho rango de periodo productivo permitiría a los más retroceder 3 meses en la serie productiva cíclica.

En este caso, dado que se considera un trimestre más que en el caso de evaluar una serie productiva de 8 trimestres, un mes de adaptación tiene menor peso o representatividad. Es

por esto que para un rango de movimientos idéntico al caso de entre 21 y 24 meses de periodos productivos para una serie de 8 trimestres, donde se puede modificar el inicio de descanso a lo más tres meses en un sentido determinado, se tienen tiempos de adaptación superiores, pasando de un máximo de 8 movimientos adaptativos a 9, como se puede observar en la tabla 4.3.

a adaptar	Movimientos Adaptativos con un PP de entre 21 y 24 meses Tipo (R:Retroceder) y Cantidad (N° de SP)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0	R 8	R 7	R 6	R 5	R 4	R 3	R 2	R 1
2	R 1	R 9	R 8	R 7	R 6	R 5	R 4	R 3	R 2
3	R 1	R 9	R 8	R 7	R 6	R 5	R 4	R 3	R 2
4	R 1	0	R 8	R 7	R 6	R 5	R 4	R 3	R 2
5	R 2	R 1	R 9	R 8	R 7	R 6	R 5	R 4	R 3
6	R 2	R 1	R 9	R 8	R 7	R 6	R 5	R 4	R 3
7	R 2	R 1	0	R 8	R 7	R 6	R 5	R 4	R 3
8	R 3	R 2	R 1	R 9	R 8	R 7	R 6	R 5	R 4
9	R 3	R 2	R 1	R 9	R 8	R 7	R 6	R 5	R 4
10	R 3	R 2	R 1	0	R 8	R 7	R 6	R 5	R 4
11	R 4	R 3	R 2	R 1	R 9	R 8	R 7	R 6	R 5
12	R 4	R 3	R 2	R 1	R 9	R 8	R 7	R 6	R 5
13	R 4	R 3	R 2	R 1	0	R 8	R 7	R 6	R 5
14	R 5	R 4	R 3	R 2	R 1	R 9	R 8	R 7	R 6
15	R 5	R 4	R 3	R 2	R 1	R 9	R 8	R 7	R 6
16	R 5	R 4	R 3	R 2	R 1	0	R 8	R 7	R 6
17	R 6	R 5	R 4	R 3	R 2	R 1	R 9	R 8	R 7
18	R 6	R 5	R 4	R 3	R 2	R 1	R 9	R 8	R 7
19	R 6	R 5	R 4	R 3	R 2	R 1	0	R 8	R 7
20	R 7	R 6	R 5	R 4	R 3	R 2	R 1	R 9	R 8
21	R 7	R 6	R 5	R 4	R 3	R 2	R 1	R 9	R 8
22	R 7	R 6	R 5	R 4	R 3	R 2	R 1	0	R 8
23	R 8	R 7	R 6	R 5	R 4	R 3	R 2	R 1	R 9
24	R 8	R 7	R 6	R 5	R 4	R 3	R 2	R 1	R 9
25	R 8	R 7	R 6	R 5	R 4	R 3	R 2	R 1	0
26	R 9	R 8	R 7	R 6	R 5	R 4	R 3	R 2	R 1
27	R 9	R 8	R 7	R 6	R 5	R 4	R 3	R 2	R 1

Tabla 4.3: Tipo y cantidad de movimientos necesarios para la adaptación desde un mes a un periodo de descanso trimestral de una serie productiva de 9 trimestres, según periodos de productivos de entre 21 y 24 con meses 3 de descanso. Fuente: Elaboración Propia.

La flexibilización del rango mensual de los periodos productivos debe tender a aumentar los movimientos mensuales que puedan efectuarse, prefiriendo poder integrar el avanzar un mes por sobre pasar de poder retroceder 3 meses a poder retroceder 4. El caso preferible se logra definiendo un rango de entre 21 y 25 meses de periodo productivo. Con este cambio la cantidad máxima de series productivas con movimiento adaptativo asociado se reduce de 9 series a 7, lo cual se considera como un beneficio importante en los resultados.

	<b>Movimientos Adaptativos con un PP de entre 21 y 25 meses Tipo (A:Avanzar, R:Retroceder) y Cantidad (N° de SP)</b>								
<b>Primer mes del PD a adaptar</b>	<b>Periodo de Descanso Trimestral deseado</b>								
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
<b>1</b>	0	A 3	A 6	R 6	R 5	R 4	R 3	R 2	R 1
<b>2</b>	R 1	A 2	A 5	R 7	R 6	R 5	R 4	R 3	R 2
<b>3</b>	R 1	A 1	A 4	7	R 6	R 5	R 4	R 3	R 2
<b>4</b>	R 1	0	A 3	A 6	R 6	R 5	R 4	R 3	R 2
<b>5</b>	R 2	R 1	A 2	A 5	R 7	R 6	R 5	R 4	R 3
<b>6</b>	R 2	R 1	A 1	A 4	7	R 6	R 5	R 4	R 3
<b>7</b>	R 2	R 1	0	A 3	A 6	R 6	R 5	R 4	R 3
<b>8</b>	R 3	R 2	R 1	A 2	A 5	R 7	R 6	R 5	R 4
<b>9</b>	R 3	R 2	R 1	A 1	A 4	7	R 6	R 5	R 4
<b>10</b>	R 3	R 2	R 1	0	A 3	A 6	R 6	R 5	R 4
<b>11</b>	R 4	R 3	R 2	R 1	A 2	A 5	R 7	R 6	R 5
<b>12</b>	R 4	R 3	R 2	R 1	A 1	A 4	7	R 6	R 5
<b>13</b>	R 4	R 3	R 2	R 1	0	A 3	A 6	R 6	R 5
<b>14</b>	R 5	R 4	R 3	R 2	R 1	A 2	A 5	R 7	R 6
<b>15</b>	R 5	R 4	R 3	R 2	R 1	A 1	A 4	7	R 6
<b>16</b>	R 5	R 4	R 3	R 2	R 1	0	A 3	A 6	R 6
<b>17</b>	R 6	R 5	R 4	R 3	R 2	R 1	A 2	A 5	R 7
<b>18</b>	R 6	R 5	R 4	R 3	R 2	R 1	A 1	A 4	7
<b>19</b>	R 6	R 5	R 4	R 3	R 2	R 1	0	A 3	A 6
<b>20</b>	R 7	R 6	R 5	R 4	R 3	R 2	R 1	A 2	A 5
<b>21</b>	7	R 6	R 5	R 4	R 3	R 2	R 1	A 1	A 4
<b>22</b>	A 6	R 6	R 5	R 4	R 3	R 2	R 1	0	A 3
<b>23</b>	A 5	R 7	R 6	R 5	R 4	R 3	R 2	R 1	A 2
<b>24</b>	A 4	7	R 6	R 5	R 4	R 3	R 2	R 1	A 1
<b>25</b>	A 3	A 6	R 6	R 5	R 4	R 3	R 2	R 1	0
<b>26</b>	A 2	A 5	R 7	R 6	R 5	R 4	R 3	R 2	R 1
<b>27</b>	A 1	A 4	7	R 6	R 5	R 4	R 3	R 2	R 1

Tabla 4.4: Tipo y cantidad de movimientos necesarios para la adaptación desde un mes a un periodo de descanso trimestral de una serie productiva de 9 trimestres, según periodos de productivos de entre 21 y 25 con meses 3 de descanso. Fuente: Elaboración Propia.

En el modelo la adaptación se considera en la función objetivo, penalizando el tiempo requerido para la adaptación de acuerdo a las series productivas que sean necesarias para realizarla. La penalización es más fuerte en cada serie productiva a medida de que la cantidad de sea mayor. El tiempo requerido para la adaptación se define considerando la cantidad de movimientos adaptativos requeridos para la adaptación (en series productivas), sumado a una determinada cantidad de series productivas asociadas a la última fecha del periodo de descanso de cada ACS.

Para ejemplificar, en los casos en que el último periodo de descanso definido tenga como

fecha aproximadamente dos años más que la fecha hipotética en que se esperaría que comience la implementación, en el tiempo requerido para la adaptación se sumaría una serie productiva a la cantidad de movimientos adaptativos. Mientras que en los casos, donde la última fecha de descanso definido tenga esta diferencia de años o una diferencia mayor, se restará una serie productiva a la cantidad de movimientos.

### 4.3. Modelo de Optimización para la Definición de Periodos de Descansos

A continuación se detalla el modelo de optimización, para el cual los conjuntos y las variables se definen con mayúscula, mientras que los parámetros del modelo son definidos con minúscula:

#### Conjuntos

- $\mathcal{P} = \{1, \dots, P\}$ , conjunto de Periodos de Descanso PD.  $P$  corresponde al total de los trimestres de la serie productiva.
- $\mathcal{M} = \{0, \dots, M\}$ , conjunto de meses de la serie productiva. El valor 0 es representativo para las ACS sin fecha de descanso definida y aquellas con adaptación inmediata.
- $\mathcal{A}$ , años de las últimas fechas de descanso definidas para cada ACS. El valor 0 es representativo para las ACS sin fecha de descanso definida y aquellas con adaptación inmediata.
- $\mathcal{DTE}$ , representa las diferencias trimestrales enteras posibles entre los periodos de descanso. Para series productivas de 8 trimestres,  $\mathcal{DTE} = \{-7, \dots, 7\}$  y para series productivas de 9 trimestres  $\mathcal{DTE} = \{-8, \dots, 8\}$ .
- $\mathcal{I}$ , conjunto de Agrupaciones de Concesiones de Salmonicultura ACS.  $\mathcal{I}^X, \mathcal{I}^{XI}$ , conjuntos de ACS pertenecientes a la X y XI Región respectivamente.  $\mathcal{I} = \mathcal{I}^X \cup \mathcal{I}^{XI}$ .
- $\mathcal{I}^{COHO}, \mathcal{I}^{PAR}$ , conjuntos de ACS tipo COHO IMPAR y PAR respectivamente.  $\mathcal{I}^{COHO}, \mathcal{I}^{PAR} \subset \mathcal{I}$ .
- $\mathcal{I}^N$ , conjunto de ACS que tienen definidas ACS vecinas.  $\mathcal{I}^N \subset \mathcal{I}$ .
- $\mathcal{V}_i$ , conjunto de ACS vecinas de la ACS  $i \in \mathcal{I}^N$ .
- $\mathcal{MO}$ , conjunto de Macrozonas Oceanográficas.
- $\mathcal{MA}_k$ , conjunto de ACS que pertenecen a la Macrozona Oceanográfica  $k \in \mathcal{MO}$ .  $\mathcal{MA}_k \subset \mathcal{I}$ .
- $\mathcal{IMO1}, \mathcal{IMO2}$  y  $\mathcal{IMO3}$ , conjuntos de parejas de ACS, con relación Inter-Macrozona Oceanográfica Nivel 1, 2 y 3 respectivamente.

#### Parámetros

- $md_i$ , primer mes de del último PD definido de la ACS  $i \in \mathcal{I}$ .
- $ad_i$ , año de del último PD definido de la ACS  $i \in \mathcal{I}$ .

- $ma_m^p$ , cantidad de movimientos necesarios para efectuar la adaptación desde un último descanso definido con mes de inicio  $m \in \mathcal{M}$ , al descanso  $p \in \mathcal{P}$ .
- $sd^a$ , penalización por tiempo de adaptación desde un último descanso definido con año  $a \in \mathcal{A}$ .
- $dtp^e$ , diferencia positiva entre periodos de descanso expresada en trimestres, de acuerdo a la diferencia  $e \in \mathcal{DTE}$  de estos.
- $cos_i$ , cosecha de la ACS  $i \in \mathcal{I}$ .

## Variables

Se definen las siguientes variables de decisión:

$$X_i^p = \begin{cases} 1 & \text{si la ACS } i \text{ descansa en el periodo } p, \\ 0 & \text{en caso contrario} \end{cases}$$

Se definen las siguientes variables auxiliares:

$COSPD^p$  = Cosecha en el periodo  $p \in \mathcal{P}$ .

$DCOS^p$  = Diferencia entre la cosecha real y una cosecha ideal para el periodo  $p$ .

$DT_{ij}$  = Diferencia positiva entre los trimestres de los PD de las ACS  $i$  y  $j$ .

$DTA_{ij}^e = \begin{cases} 1 & \text{Si las ACS } i \text{ y } j \text{ tienen diferencia entera igual a 'e' trimestres en sus PD,} \\ 0 & \text{en caso contrario} \end{cases}$

## Restricciones

1. Relación entre Periodos de Descanso y ACS:

$$(4.1) \quad \sum_{p \in \mathcal{P}} X_i^p = 1 \quad \forall i \in \mathcal{I}$$

$$(4.2) \quad \sum_{i \in \mathcal{I}} X_i^p = 1 \quad \forall p \in \mathcal{P}$$

La ecuación (4.1) define que todas las ACS deben tener un Periodo de Descanso asignado, mientras que la restricción 4.2 define que todos los periodos de descanso deben tener al menos una ACS asociada. Est última no es necesario considerarla, dado que el modelo define una tendencia a la uniformidad temporal en la producción la cual también genera una tendencia a que hayan ACS con descanso predefinido en todos los periodos de la serie productiva, sin embargo se considera para las situaciones extremas donde las condiciones iniciales no sean favorables para la planificación dada una baja cantidad de ACS, dentro de las cuales ACS que representen un alto porcentaje productivo respecto al total, tenga fechas de descanso predefinidas en un mismo periodo.

2. Fechas de descanso predefinidas para ACS tipo COHO:

$$(4.3) \quad X_i^1 = 1 \quad \forall i \in \mathcal{I}^{CI}$$

$$(4.4) \quad X_i^5 = 1 \quad \forall i \in \mathcal{I}^{CP}$$

Las restricciones 4.3 y 4.3, definen las fechas de descanso de las ACS COHO IMPAR, en el periodo de descanso 1, o primer trimestre de año impar y de las ACS COHO PAR en el periodo de descanso 5, o primer trimestre de los años pares, tal como corresponde de acuerdo a la definición de éstas. Para el caso de realizar una evaluación con series productivas cíclicas de 9 trimestres, estas restricciones no deben incluirse en el modelo, dado que no se considerarían ACS tipo COHO, por su definición para series productivas de 8 trimestres.

Las restricciones 4.3 y 4.3, definen las fechas de descanso de las ACS COHO IMPAR, en el periodo de descanso 1, o primer trimestre de año impar y de las ACS COHO PAR en el periodo de descanso 5, o primer trimestre de los años pares, tal como corresponde de acuerdo a la definición de éstas. Para el caso de realizar una evaluación con series productivas cíclicas de 9 trimestres, estas restricciones no deben incluirse en el modelo, dado que no se considerarían ACS tipo COHO, por su definición para series productivas de 8 trimestres.

3. Evitar Zonas de Descanso Coordinado constituidas por solo una ACS, para aquellas que tengan ACS vecinas:

$$(4.5) \quad \sum_{j \in \mathcal{V}_i} X_j^p \geq X_i^p - 1 + \frac{(\sum_{k \in \mathcal{I}^N \cap \mathcal{I}^X} X_k^p) - 1}{R} \quad \forall p \in \mathcal{P}, \forall i \in \mathcal{I}^N \cap \mathcal{I}^X, R \gg 1$$

$$(4.6) \quad \sum_{j \in \mathcal{V}_i} X_j^p \geq X_i^p - 1 + \frac{(\sum_{k \in \mathcal{I}^N \cap \mathcal{I}^{XI}} X_k^p) - 1}{R} \quad \forall p \in \mathcal{P}, \forall i \in \mathcal{I}^N \cap \mathcal{I}^{XI}, R \gg 1$$

Las desigualdades (4.5) y (4.5) permiten que solo una ACS con vecinos por región pueda descansar en un periodo distinto al de todos sus vecinos, esto permite evitar que se de más de un caso de ACS en una misma región que conformen unidades geográficas de descanso coordinado por si solas. En el caso de que una evaluación tome solo una proporción de ACS, éstas restricciones deben adaptarse a esa cantidad, por ejemplo si una evaluación considera solamente la X región, debe incluirse solamente la restricción 4.5 y no la restricción 4.6.

4. Definición de Cosecha en cada Periodo de Descanso:

$$(4.7) \quad COSPD^p = \sum_{i \in \mathcal{I}} X_i^{p+1} cos_i \quad \forall p \in \mathcal{P} \setminus \{P\}$$

$$(4.8) \quad COSPD^P = \sum_{i \in \mathcal{I}} X_i^1 cos_i$$

Las ecuaciones (4.7) y (4.8) definen la cosecha esperada para cada periodo de descanso.  $P$ , representa el número de los periodos de descanso a considerar, por lo que para una evaluación con series productivas de 8 trimestres  $P$  toma el valor 8, mientras que para una evaluación asociada a una serie productiva cíclica de 9 trimestres toma el valor 9.

5. Definición de Diferencia de Cosecha respecto al Valor Ideal:

$$(4.9) \quad DCOS^p \geq cosideal^p - COSPD^p \quad \forall p \in \mathcal{P}$$

$$(4.10) \quad DCOS^p \geq COSPD^p - cosideal^p \quad \forall p \in \mathcal{P}$$

Las desigualdades (4.9) y (4.10) corresponden a la diferencia entre esta cosecha y la cosecha ideal esperada para cada periodo.

6. Diferencia entre Trimestres de los Periodos de Descanso a definir:

$$(4.11) \quad \sum_{e \in \mathcal{DT}\mathcal{E}} DTA_{ij}^e = 1 \quad \forall i, j \in \mathcal{I}$$

$$(4.12) \quad \sum_{e \in \mathcal{DT}\mathcal{E}} DTA_{ij}^e e = \sum_{p \in \mathcal{P}} X_i^p p - \sum_{p \in \mathcal{P}} X_j^p p \quad \forall i, j \in \mathcal{I}$$

$$(4.13) \quad DT_{ij} = \sum_{e \in \mathcal{DT}\mathcal{E}} dt p^e DTA_{ij}^e \quad \forall i, j \in \mathcal{I}$$

Las ecuaciones (4.11) y (4.12) definen la diferencia en trimestres, (en números *Reales*), entre los periodos de descanso definidos para todas las ACS a través de la matriz binaria auxiliar  $DTA_{ij}^e$ . De acuerdo a éstas, en (4.13) se define la diferencia en trimestres con valor entero.

7. Periodos de Descanso posibles para cada Macrozonas Oceanográficas:

$$(4.13) \quad DT_{ij} \leq 1 \quad \forall k \in \mathcal{MO}, i, j \in \mathcal{MA}_k$$

La ecuación (7) define que dentro de una misma macrozona oceanográfica los descansos sanitarios deben realizarse dentro de una ventana de 6 meses, dado que esta planificación es trimestral, implica que todas las ACS pertenecientes a una misma macrozona oceanográfica pueden descansar con a lo más un trimestre de diferencia, teniendo solo dos periodos de descanso por cada macrozona.

8. Relaciones Inter Macrozona Oceanográfica:

$$(4.14) \quad DT_{ij} \leq 1 \quad \forall (i, j) \in \mathcal{IMO}1$$

$$(4.15) \quad DT_{ij} \leq 2 \quad \forall (i, j) \in \mathcal{IMO}2$$

$$(4.16) \quad DT_{ij} \leq 3 \quad \forall (i, j) \in \mathcal{IMO}3$$

Las desigualdades (4.14), (4.15) y (4.16) definen las relaciones entre las parejas de ACS Inter-MacrozonaOceanográfica (IMO), para los distintos niveles definidos, imponiendo en la primera que las ACS pertenecientes  $\mathcal{IMO}\infty$  pueden tener periodos de descansos iguales o consecutivos o Nivel 1, en la segunda que las ACS pertenecientes  $\mathcal{IMO}\in$  pueden tener periodos de descanso con diferencia de a lo más dos trimestres o Nivel 2 y la tercera representa la relación Nivel 3, donde se considera una diferencia de máximo 3 trimestres para los periodos de descanso de ambas ACS. Tanto el Nivel 2 como el 3 son considerados en la función objetivo, de tal manera de tender a una menor diferencia temporal.

9. Naturaleza de las Variables:

$$(4.17) \quad X_i^p \in \{0, 1\} \quad \forall i \in \mathcal{I}, p \in \mathcal{P}$$

$$(4.18) \quad COSPD^p \geq 0 \quad \forall p \in \mathcal{P}$$

$$(4.19) \quad DCOS^p \geq 0 \quad \forall p \in \mathcal{P}$$

$$(4.20) \quad DTA_{ij}^e \in \{0, 1\} \quad \forall i, j \in \mathcal{I}, e \in \mathcal{DM}\mathcal{E}$$

$$(4.21) \quad DT_{ij} \in \mathbb{Z}_0^+ \quad \forall i, j \in \mathcal{I}$$

## Función Objetivo

$$\begin{aligned}
 (4.22) \quad & \text{máx} \quad \alpha_1 \sum_{i \in \mathcal{I}} \frac{\sum_{j \in \mathcal{V}_i} DT A_{ij}^0}{|\mathcal{V}_i|} && \text{PD de ACS Vecinas} \\
 (4.23) \quad & -\alpha_2 \sum_{(i,j) \in \mathcal{I} \times \mathcal{M} \cup \mathcal{M} \times \mathcal{I}} (DT_{i,j} - 1) && \text{Relaciones IMO} \\
 (4.24) \quad & -\alpha_3 \sum_{p \in \mathcal{P}} DCOS^p && \text{Diferencia de Cosecha} \\
 (4.25) \quad & -\alpha_4 \sum_{i \in \mathcal{I}, p \in \mathcal{P}} (\beta^{ma_{md_i}^p + sd^{ad_i}} - 1) X_i^p && \text{Tiempo de Adaptación}
 \end{aligned}$$

La primera componente de la función objetivo 4.22 maximiza la cantidad de ACS vecinas que tengas sus descansos definidos en una misma fecha, lo que es equivalente a que la diferencia temporal entre los periodos de descanso de ambas ACS sea 0. La valorización asignada a definir con un mismo periodo de descanso a ACS vecinas, para caso de cada ACS dependerá de la cantidad de ACS vecinas que éstas tengan definidas.

La segunda componente 4.23 genera que las parejas de ACS definidas con relación IMO nivel 2 y 3 tiendan a tener una menor diferencia temporal en sus periodos de descanso. Para esto en el caso en que la diferencia temporal entre los periodos de descanso sea 0, se considerará como un beneficio en los resultados, en el caso de que la diferencia temporal sea 1, dados descansos consecutivos, no habrá beneficio ni penalización, mientras que para los casos donde la diferencia temporal sea mayor a 1, se penaliza de mayor manera a medida que esta cantidad aumente a 2 o a 3 periodos de descanso trimestrales.

La tercera componente de la función objetivo 4.24, minimiza la diferencia productiva entre cada uno de los periodos productivos y el valor productivo ideal para dicho periodo. El valor de  $DCOS^p$  se define en las restricciones 4.9 y 4.10.

La cuarta componente 4.25 penaliza el tiempo requerido para la adaptación de acuerdo a las series productivas que sean necesarias para realizarla. Tal como se definió al final de la sección *Consideraciones de Adaptación del Modelo* del presente capítulo: “La penalización es más fuerte en cada serie productiva a medida de que la cantidad de sea mayor. El tiempo requerido para la adaptación se define considerando la cantidad de movimientos adaptativos requeridos para la adaptación (en series productivas), sumado a una determinada cantidad de series productivas asociadas a la última fecha del periodo de descanso de cada ACS”.

La cantidad de movimientos adaptativos requeridos se define con el parámetro  $ma_{md_i}^p$ , tomando el mes en que comienza el último descanso de la ACS  $i$  y el periodo de descanso que se le asigna como ideal. Mientras que la cantidad de series productivas asociadas a la última fecha de descanso predefinido de dicha ACS, a sumar a la cantidad de movimientos, se encuentra definida por el parámetro  $ad_i$ . La cantidad a penalizar se define con la constante  $\beta$ , que debe estar definido prefentemente con valor mayor a 1 y menor a 2, valor que es elevado al tiempo requerido para la adaptación y al cual finalmente se le resta el valor

constante 1.

Los ponderadores  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$  y  $\alpha_4$  se definen como una ponderación de la producción promedio por ACS y se expresan como  $\alpha_1 = \gamma_1 \frac{\sum_{i \in \mathcal{I}} \text{cos}_i}{|\mathcal{I}|}$ ,  $\alpha_2 = \gamma_2 \frac{\sum_{i \in \mathcal{I}} \text{cos}_i}{|\mathcal{I}|}$  y  $\alpha_4 = \gamma_4 \frac{\sum_{i \in \mathcal{I}} \text{cos}_i}{|\mathcal{I}|}$ . De tal manera de permitir relacionar todos los aspectos considerados en la función objetivo a través de la cantidad productiva en post de que los ponderadores cumplan de mejor manera su función en cada caso y que de esta forma la adaptación a ditintos escenarios con diferentes cantidades de ACS y proporciones productivas se realice de manera más sencilla y efectiva.

### 4.3.1. Métodos de Resolución

El modelo planteado dada las características del problema, preferencias y la cantidad de variables que se consideren en una determinada evaluación, puede pasar de requerir minutos a requerir horas. Es por esto que se hace necesario plantear restricciones que permitan agilizar la obtención de resultados sin ir en desmedro de los objetivos.

De acuerdo esto, se plantean 3 consideraciones fundamentales las cuales se detallan a continuación.

#### Parejas de ACS de descanso simultáneo

Dado el conocimiento de las características de las distintas ACS y la búsqueda por generar zonas de descanso simultaneo mayores a las actuales y compactas, es posible plantear de antemano la preferencia de que determinadas ACS tengan periodos de descanso simultáneos, basándose principalmente en su relación oceanográfica, tamaño y nivel productivo, sumado a la consideración de los meses de inicio de los últimos periodos de descanso de cada una.

Esto es planteado en el modelo definiendo la siguiente restricción:

$$(4.25) \quad X_i^p = X_j^p \quad \forall (i, j) \in \mathcal{DS}, p \in \mathcal{P}$$

donde  $\mathcal{DS}$  corresponde al conjunto de pares de ACS de descanso simultaneo.

El planteamiento de esta restricción genera que el modelo defina las fechas de descanso ideales para los pares de ACS de manera coordinada reduciendo el espectro de posibilidades de 8 o 9 periodos posibles dependiendo de la evaluación que se realice, a solo 1, en cada evaluación de fecha para una de las ACS, agilizando significativamente la obtención de resultados.

#### Máxima diferencia en cosecha

Esta restricción impone un nivel máximo tolerable para la desviación de la cosecha a definir con respecto a los periodos de descanso en contraste con el valor ideal que se quiere

lograr. Este nivel se define como un porcentaje  $\lambda$  del mismo valor ideal y se aplica con la siguiente restricción:

$$(4.25) \quad DCOS^p \leq \lambda cosideal^p \quad \forall p \in \mathcal{P}$$

Esto implica una reducción importante en el espectro de soluciones factibles, generando cortes asociados a la definición simultánea de periodos de descanso a penas se llegue a este valor. Este planteamiento además es particularmente útil en caso de que sea posible encontrar buenas soluciones dentro de un rango específico, de tal manera de poder evaluar un mayor número de resultados asociados a las condiciones toleradas.

### Tiempo Máximo de Adaptación

La definición de un tiempo máxima adaptación sigue una lógica similar que el caso de la máxima diferencia de cosecha en cuanto a que impone un rango específico tolerable en el tiempo requerido para la adaptación. La cantidad de series productivas tolerables se define como  $W$  y se implementa de la siguiente manera:

$$(4.25) \quad \sum_{p \in \mathcal{P}} (ma_{md_i}^p + sd^{ad_i}) X_i^p \leq W \quad \forall i \in \mathcal{I}$$

La diferencia es que el planteamiento de máxima diferencia de cosecha restringe las ACS que se pueden asignar a un determinado periodo de descanso de acuerdo a la producción de éstas, mientras la máxima adaptación tolerable restringe los periodos de descanso que se pueden asignar para cada ACS.

Estos planteamientos no necesariamente deben ser aplicados en todos los casos, sino que ésta debe ser evaluada de acuerdo a las distintas condiciones del problema, de tal manera de no generar un espectro de soluciones factibles que no permita lograr niveles satisfactorios en los demás ejes relevantes del problema.

Bajo esta misma lógica, no en todos los casos se consideran los mismos niveles de relaciones IMO, evitándose la aplicación del Nivel 1, de tal manera de no generar un modelo demasiado restrictivo, pero que sin embargo con la definición de relaciones Nivel 2 o 3 y la minimización de la diferencia temporal en la función objetivo, éste pueda considerar la preferencia que se tiene por una mayor cercanía temporal en las fechas de la ACS relacionadas IMO.

# Capítulo 5

## Resultados

En este capítulo se muestran los principales resultados obtenidos en la generación de unidades geográficas de descanso coordinado aplicado para las regiones de Los Lagos y Aysén. En una primera parte se revisan los resultados para el caso de ambas regiones en conjunto con Series Productivas de 8 trimestres. Posteriormente se revisan los resultados considerando distintas áreas con Series Productivas de 8 y 9 trimestres. En primer lugar se considera el caso en que se evalúan los Periodos de Descanso para la X Región de Los Lagos con Serie Productiva de 8 trimestres y para la XI Región de Aysén con Serie Productiva de 9 trimestres y en segundo lugar se consideran la X Región sumada a las ACS COHO de la XI Región correspondientes a 26B y 28A con Serie Productiva de 8 trimestres y las ACS de la XI sin considerar las ACS COHO previamente nombradas, con Serie Productiva de 9 trimestres.

Finalmente, se realizan recomendaciones para la implementación del modelo y se revisa en mayor detalle los resultados para uno de los escenarios con Periodos de Descanso definidos para 8 trimestres de Serie Productiva que se considere un buen caso, de tal manera de mostrar la situación final que se tendría en cuanto a la cosecha con respecto a la cosecha ideal a nivel mensual y el proceso adaptativo requerido para lograr la configuración deseada.

Los códigos de fueron implementados en AMPL y resueltos con CPLEX, en un computador Pentium Core I5 2500k con 16GB de RAM a 1333MHz.

### 5.1. Consideraciones Preliminares para la Evaluación

En esta sección se introducen las definiciones y consideraciones productivas principales que se aplican en los escenarios desarrollados y las nociones básicas para la comprensión de los resultados.

#### **Producción estimada y producción potencial**

Dado que actualmente tan solo opera una proporción de las concesiones otorgadas en la industria, para el análisis de resultados se considera la cosecha de cada ACS en una

Serie Productiva *SP* estándar, bajo dos configuraciones distintas, una que refleja la situación actual productiva dada la utilización parcial de los recursos y otra que representa el potencial productivo.

Dado que actualmente tan solo opera una proporción de las concesiones otorgadas en la industria, para el análisis de resultados se considera la cosecha de cada ACS en una Serie Productiva *SP* estándar, bajo dos configuraciones distintas, una que refleja la situación actual productiva dada la utilización parcial de los recursos y otra que representa el potencial productivo.

La primera configuración corresponde a una estimación del nivel productivo esperado de la industria, dado el promedio de las cosechas de los años 2012 y 2013 y de la proyección de producción para los años entre 2014 y 2015 realizada por Subpesca. Ésta configuración refleja la realidad productiva que se vive en la industria y por ende las proporciones productivas que se tienen para cada ACS con respecto a las concesiones que se encuentran activas.

La segunda configuración considera la totalidad de las concesiones otorgadas, considerando una cantidad de producción uniforme para cada una de éstas, de tal manera de reflejar las proporciones productivas que podría tener la industria a nivel de ACS en caso de que se utilizaran todos los recursos disponibles, esto quiere decir, que se activaran todas las ACS. Al primer caso se le denominará cosecha según producción estimada y al segundo cosecha según concesiones otorgadas o producción potencial. En la sección Anexos D, se observa la proporción productiva que se tiene para cada ACS con respecto al total de ambas regiones de acuerdo a ambos planteamientos.

Para efectos de este trabajo, la aplicación del modelo de optimización se realiza considerando la producción estimada y no la producción potencial, contrastándola con la producción ideal para cada trimestre, bajo el supuesto de que la cosecha se realiza de manera uniforme durante los tres meses previos al Periodo de Descanso definido. A continuación se explica la definición de la producción ideal.

### **Producción Ideal para un trimestre**

Para la definición del promedio ideal en cada trimestre es necesario considerar que en caso de existir Periodos de Descanso predefinidos en determinados trimestres para ciertas ACS, (como es el caso de las ACS COHO), bajo el supuesto de que la cosecha se realiza de manera uniforme el trimestre previo al Periodo de Descanso, la cosecha de estas ACS representará un mínimo factible para el trimestre anterior al descanso, el cual no necesariamente será menor a la cosecha promedio trimestral de cada ACS.

En caso de no existir ACS con fechas de descanso fijas en el área a evaluar, la cosecha ideal por trimestre se define como el total de la producción dividido en la cantidad de trimestres de la Serie Productiva a considerar.

Para el caso en que se consideren fechas de descanso fijas para determinadas ACS, la producción ideal es calculada comparando el promedio trimestral de la totalidad de la producción, con las producciones de las ACS con fechas definidas fijas. Si las cosechas de las ACS con fechas fijas para un determinado trimestre superan la cosecha promedio estimada

para la totalidad de las ACS, entonces la producción ideal de dicho trimestre se define como la cantidad promedio del total, tal como en caso de no haber ACS con fechas fijas, mientras que el promedio ideal correspondiente a los demás trimestres se recalcula usando la misma lógica, pero sin considerar el trimestre de mayor cosecha.

Para ejemplificar se considera el caso de una la planificación con Series Productivas de 8 trimestres, con ACS COHO IMPAR y ACS COHO PAR, donde la cosecha ideal se define del siguiente modo:

$$\begin{aligned}
 cosideal^p = \min\{ & \frac{\sum_{i \in I} cos_i}{|PD|}, \\
 & \frac{\sum_{i \in I} cos_i - \sum_{j \in CI} cos_j}{|PD| - 1}, \\
 & \frac{\sum_{i \in I} cos_i - \sum_{j \in CP} cos_j}{|PD| - 1}, \\
 & \frac{\sum_{i \in I} cos_i - \sum_{j \in CI} cos_j - \sum_{k \in CP} cos_k}{|PD| - 2} \} \quad \forall p \in PD \setminus \{4, 8\}
 \end{aligned}$$

Para el caso de las cosechas de las ACS COHO IMPAR si  $\sum_{i \in CI} cos_i \geq \frac{\sum_{i \in I} cos_i}{|PD|}$ , entonces  $cosideal^8 = \frac{\sum_{i \in I} cos_i}{|PD|}$ , en caso de no serlo  $cosideal^4 = cosideal^p$  con  $p \in PD \setminus \{4, 8\}$

Lo mismo para la cosecha de las ACS COHO PAR donde si  $\sum_{i \in CP} cos_i \geq \frac{\sum_{i \in I} cos_i}{|PD|}$ , entonces  $cosideal^4 = \frac{\sum_{i \in I} cos_i}{|PD|}$ , y en caso de no serlo se considera  $cosideal^4 = cosideal^p$  con  $p \in PD \setminus \{4, 8\}$ .

Esta definición obedece a que el modelo pueda minimizar la diferencia de la cosecha con respecto a valores ideales factibles para los trimestres que no tengan cosechas superiores al promedio en fechas fijas y castigar la diferencia con respecto al valor promedio que se puede generar a causa de dichas fechas.

De acuerdo a esto, a continuación se presenta la desviación estándar con respecto a la cosecha ideal para la situación actual (SA), considerando la cosecha real de 2012 y 2013, y para la cosecha estimada bajo el supuesto de que ésta se realiza de manera uniforme en los tres meses previos al descanso, en el caso de la aplicación realizada para la propuesta anterior de modelo de descanso de largo plazo (PA) y de la producción potencial en la situación actual.

Escenario	Diferencia Productiva Mensual Respecto a la Producción Ideal					
	Producción Estimada			Producción Potencial		
	Desv Est.	Menor Valor	Mayor Valor	Desv Est.	Menor Valor	Mayor Valor
SA	28.12 %	-40.08 %	49.88 %	41.00 %	-62.14 %	89.31 %
PA	55.2 %	-85.19 %	63.74 %	53.85 %	-86.41 %	82.16 %

Tabla 5.1: Diferencia Productiva con respecto a la producción ideal, en la situación actual (SA) y en la propuesta de largo plazo de 2013 (PA). Fuente: Elaboración Propia.

Es importante notar que en los resultados de la propuesta anterior, lo que se muestra es una aplicación particular de la propuesta de modelo de descanso a largo plazo de 2013, lo cual representa un solo escenario dentro de los que podrían obtenerse de acuerdo a dicho modelo. El caso particular obtenido bajo este parámetro evaluativo no se considera una buena solución, sin embargo esto no reflejaría la calidad de las soluciones potenciales de dicho modelo. Dado que el modelo de descansos que se plantea en el presente trabajo, se basa en las consideraciones definidas en dicha propuesta, lo que se pretende evidenciar con estos datos es el nivel de mejoría que puede obtenerse en los resultados para objetivos similares en caso de considerar un modelo de optimización para la definición de fechas de descanso.

### Visualización de los Periodos de Descanso Ideales a asignar

Las configuraciones de fechas ideales para la realización de los Descansos Sanitarios, se muestran a través de esquemas de colores, tal como se realizó para el caso actual y para la propuesta de largo plazo, con la salvedad de que en vez de considerarse 24 meses asociados al mes de inicio del Periodo de Descanso, se representan los trimestres asociados a las Series Productivas.

La figura 5.1 representa la simbología asociada a los resultados para las posibles Periodos de Descanso en una Serie Productiva de 8 trimestres. En ésta se muestra gráficamente la lógica cíclica que se utiliza en la definición de las fechas, considerándose mejores resultados los casos en que las ACS cercanas tengan las mismas tonalidades o estas sean similares, mientras que los cambios abruptos de tonalidad representan malas soluciones. Este planteamiento permite observar de manera más sencilla si las configuraciones obtenidas son deseables.

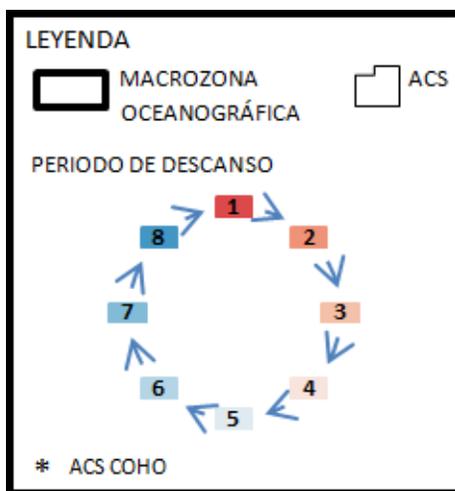


Figura 5.1: Simbología para las figuras representativas de Periodos de Descanso a asignar, según Serie Productiva de 8 trimestres. Fuente: Elaboración Propia.

Para el análisis de resultados considerando una Serie Productiva de 9 trimestres, se considera la simbología detallada en la figura 5.2, donde al igual que en el caso anterior se ven los Periodos de Descanso posibles, representados de manera cíclica.

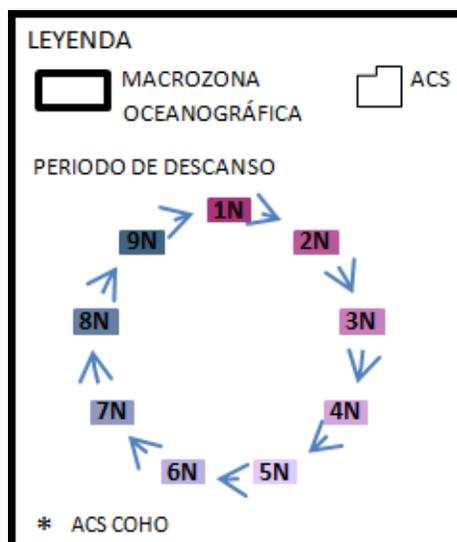


Figura 5.2: Simbología para las figuras representativas de Periodos de Descanso a asignar, según Serie Productiva de 9 trimestres. Fuente: Elaboración Propia.

Para la definición de las fechas asociadas a los distintos meses de una serie productiva de 9 trimestres, se toma Enero de 2009 como fecha de referencia de inicio para el mes 1 de una serie cualquiera. A partir de ésta se define el resto de las fechas a seguir, con la lógica de 27 meses para cada serie. En la sección Anexos E se detallan las fechas que se relacionan a determinados meses desde la fecha de inicio considerada, hasta Marzo de 2029.

### **ACS con adaptación inmediata**

Para efectos del análisis se considera que aquellas ACS con determinadas situaciones especiales, podrán adaptarse de manera inmediata a las fechas ideales sugeridas, esto quiere decir, que su próximo período de descanso se define de acuerdo a las fechas que se estimen convenientes. Las situaciones especiales a considerar corresponden a aquellas ACS sin fecha de descanso definida previamente y a aquellas que no hayan registrado producción por 3 años o más. Esto quiere decir que aquellas ACS no representarán penalización para efectos adaptativos en el modelo, dado que para estos casos la cuarta componente de la función objetivo siempre tendrá valor 0. En este caso las ACS 4A, 4B, 5 y 13 de la X región y la ACS 28C de la XI región se consideran con adaptación inmediata dado que no presentan producción en a lo menos 3 años.

### **Penalización en tiempo adaptativo por última fecha de descanso definida**

Para definir el tiempo requerido para la adaptación, no solo se considera la cantidad de movimientos, sino que también la fecha en que estos comienzan a realizar. Es por esto que en el presente análisis se penaliza con una serie productiva el tiempo adaptativo para las ACS con últimos descansos predefinidos en años 2017 y 2018, con dos series productivas en el caso de los años 2019 y 2020, mientras que los años 2015 y 2016 no consideran penalización. Los años previos a 2015 consideraran un descuento de una serie productiva y los casos donde el año corresponde a 0, representa las ACS de adaptación inmediata, por lo que al igual que para los años 2015 y 2016, no se consideraría penalización ni descuento.

## 5.2. Evaluación para Series Productivas de 8 trimestres

Esta evaluación considera que todas las ACS de las regiones X y XI deben tener Periodos Productivos de 21 meses con 3 meses de descanso, definiendo Periodos de Descanso dentro de 8 trimestres posibles.

De acuerdo a la cosecha para una serie productiva a considerar en el presente estudio, correspondiente a la denominada *Producción Estimada*, tanto las ACS COHO IMPAR como las ACS COHO PAR tienen por separado cosechas totales menores a la producción total dividida por la cantidad de trimestres de la serie productiva. Es por esto que el cálculo de la cosecha ideal trimestral integra a todas las ACS y corresponde a un 12.50 %, equivalente un 4,17% mensual.

Para los escenarios a evaluar se definen las siguientes condiciones:

- **Periodos Productivos durante la adaptación:** Entre 20 y 24 meses.
- **ACS tipo COHO IMPAR:** 1, 2, 17B y 26B.
- **ACS tipo COHO PAR:** 28A.
- **Parejas IMO-2:** [3B,6], [6,7] y [10B,11] en la X Región y [20,21A], [20,21B], [21C,22A], [21C,30B], [23A,23B], [25B,26A], [26A,26B], [26A,27] y [28A,30B] en la XI Región .
- **Parejas IMO-3:** Ninguna.
- **Parejas de ACS de descanso simultáneo:** [3A,3B], [4A,4B], [18B,18C], [22A,22C] y [28A,28C].
- **Máxima diferencia en cosecha:** 30 %.
- **Tiempo Máximo de Adaptación:** 6 Series Productivas.

A continuación se presentan algunos de los resultados obtenidos.

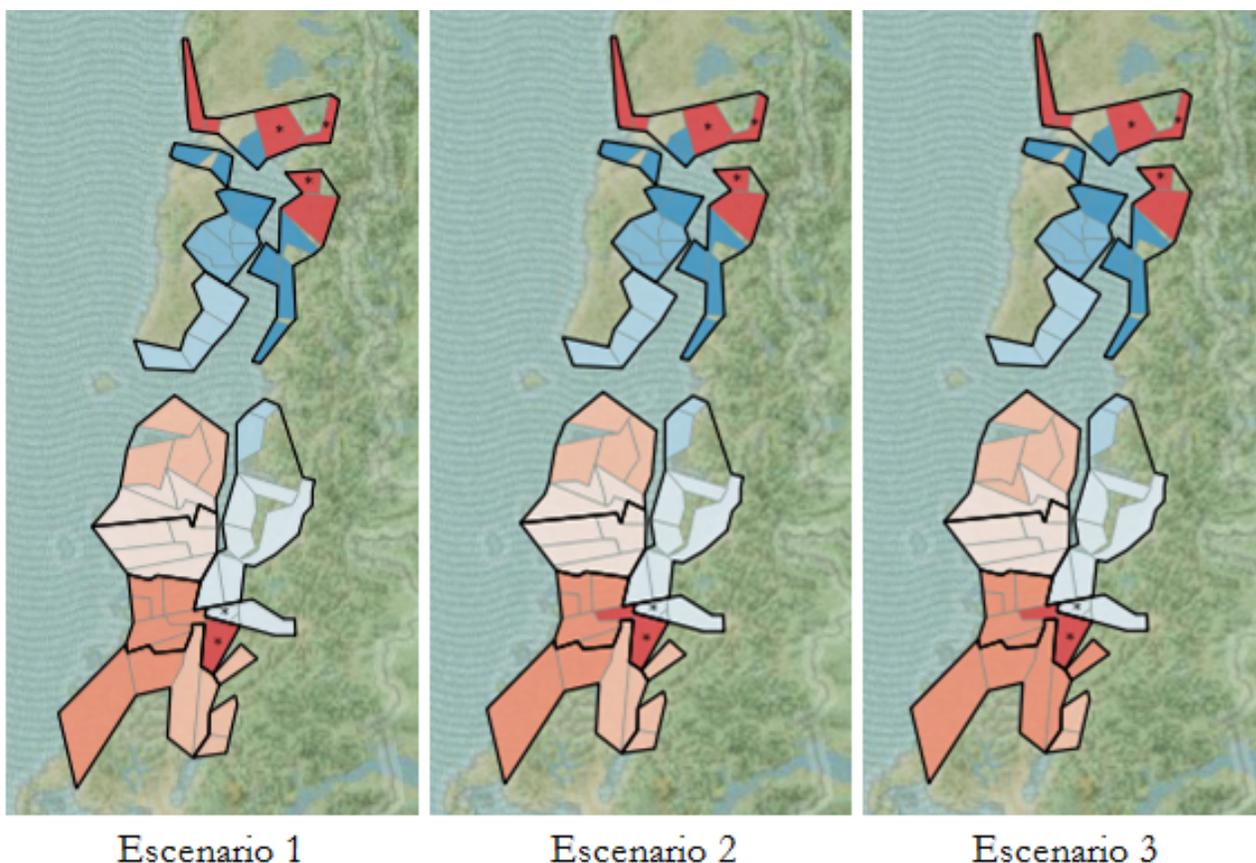


Figura 5.3: Periodos de Descansos Sanitarios Coordinados de las regiones X y XI, para Series Productivas de 8 trimestres. Fuente: Elaboración Propia.

Escenario	Diferencia Productiva Mensual Respecto a la Producción Ideal					
	Producción Estimada			Producción Potencial		
	Desv Est.	Menor Valor	Mayor Valor	Desv Est.	Menor Valor	Mayor Valor
1	16,39 %	-22,27 %	25,80 %	22,66 %	-37,90 %	28,88 %
2	17,31 %	-22,27 %	28,54 %	23,45 %	-37,90 %	28,88 %
3	18,67 %	-27,50 %	28,54 %	21,14 %	-37,90 %	28,88 %

Tabla 5.2: Diferencia productiva con respecto a la producción ideal de las regiones X y XI, para Series Productivas de 8 trimestres. Fuente: Elaboración Propia.

Escenario	Tiempo Adapt.		N° Mov.Adapt.		Tipo de Mov.Adapt.			
	5 SP	6 SP	5 SP	6 SP	Sin Mov.	Avanz.	Retroc.	A o R
	N° ACS	N° ACS	N° ACS	N° ACS	N° ACS	N° ACS	N° ACS	N° ACS
1	11	4	6	4	13	36	12	1
2	11	4	6	4	14	35	12	1
3	13	2	8	2	14	35	13	0

Tabla 5.3: Tiempo y cantidad y tipo de movimientos asociados al proceso de adaptación desde los últimos Periodos de Descanso definidos a los Periodos de Descanso Trimestrales asignados de las ACS de las regiones X y XI, para Series Productivas de 8 trimestres. Fuente: Elaboración Propia.

Escenario	Parámetros	Variables	Constantes	Tiempo de Resolución
	$(\gamma_1 - \gamma_2 - \alpha_3 - \gamma_4 - \beta)$	N°	N°	[s]
1	(0,5-1,5-0,9-0,6-1,2)	65.922	16.505	435,94
2	(0,5-1,2-0,7-0,8-1,2)	65.922	16.505	488,50
3	(0,5-1,8-0,7-0,7-1,2)	65.922	16.505	467,98

Tabla 5.4: Parámetros, número de variables y constantes y tiempos de resolución, de los escenarios para las regiones X y XI, para Series Productivas de 8 trimestres. Fuente: Elaboración Propia.

Es posible obtener resultados que mejoran significativamente la situación actual, tanto oceanográficamente, como en la uniformidad temporal de las cosechas considerando una adaptación dentro de 6 Series Productivas. Como se puede observar en el escenario 1 es posible obtener una desviación estándar del 16,39 %, lo cual representa una gran mejoría con respecto al 28,12 % actual. Más evidente es el caso de las situaciones límite donde para el caso del trimestre de mayor cosecha cada mes tiene una diferencia productiva de un 25,80 % respecto al valor ideal, valor que se encuentra muy por debajo del 49,88 % actual. Mientras que para el caso de menor cosecha los meses tienen una producción un 22,27 % menor al valor ideal, diferencia que actualmente corresponde a un 40,08 %.

Sin embargo en el caso de las Macrozonas Oceanográficas colindantes 6XI y 7XI no es posible obtener buenos resultados en el aspecto oceanográfico dado que tienen fechas predefinidas con un año de diferencia. De acuerdo a esto, se podrían obtener mejores resultados en el aspecto oceanográfico en caso de relajar la restricción asociada a la ACS COHO 26B o 28A. En caso de realizar este cambio, al momento de la adaptación la ACS con fecha modificada tendría los mismos beneficios que se tienen actualmente asociados a fechas fijas de descanso de igual estacionalidad, por lo que no se iría en desmedro de la ACS más allá de los cambios durante el proceso adaptativo.

Considerando todas las condiciones oceanográficas previamente descritas, y tanto en el caso en que se restringe la cantidad máxima de series productivas de adaptación a 6 como en el que no se restringe, el problema se vuelve factible con una máxima diferencia de productiva del 26 % con respecto al valor ideal.

Para una adaptación restringida a 5 series productivas, el problema es infactible con las condiciones oceanográficas definidas que consideran una ventana temporal de 6 meses dentro de las que deben efectuarse en su totalidad los descansos de una misma macrozona oceanográfica, esto sin considerar restricciones Inter-MacrozonaOceanográfica, ni parejas de ACS que deban descansar simultáneamente o rangos de diferencia productiva. Para tener una adaptación que requiera menos de 6 Series Productivas es necesario relajar dicha la restricción permitiendo un rango mayor a 6 meses dentro de los cuales pudiesen estar definidos los Periodos de Descanso, por ejemplo, se podría definir una ventana de 9 meses para determinadas Macrozonas Oceanográficas.

Es importante notar que en esta evaluación la fecha de descanso definida más lejana temporalmente es en el año 2020, tomando las fechas de descanso definidas hasta mediados de 2014 con la fecha de descanso predefinido más lejana temporalmente en 2017, el problema es infactible a 4 series productivas para la adaptación. Por lo tanto considerar fechas predefinidas con un horizonte temporal mayor afecta de manera importante el tiempo necesario para la adaptación cumpliendo con todas las condiciones que se.

En la siguiente sección se muestran distintos escenarios que siguen la misma lógica que los plantados en los que ya se han revisado, con la diferencia de que se relaja la restricción coho para la ACS 26B en poste de obtener mejores resultados en el aspecto oceanográfico.

### **Evaluación para Periodos Productivos de 21 meses con 26B sin restricción tipo COHO**

Como se puede observar en los escenarios 1, 2 y 3, es imposible obtener buenos resultados en el aspecto oceanográfico para las Macrozonas Oceanográficas colindantes 6XI y 7XI, dado que las ACS 26B y 28A que comparten frontera entre ambas macrozonas tienen fechas predefinidas con un año de diferencia. Es por esto que se sugiere relajar la restricción de fechas fijas coho que se tiene para una de las ACS, con el fin de minimizar el impacto sobre las condiciones actuales.

Dado que se tiene un alto nivel productivo en las ACS COHO IMPAR, se recomienda en consideración de la búsqueda de uniformidad temporal, el redefinir la fecha para la ACS 26B por sobre la 28A. A continuación se detallan las condiciones para la evaluación que se respetan para todos los escenarios.

- **Periodos Productivos durante la adaptación:** Entre 20 y 24 meses.
- **ACS tipo COHO IMPAR:** 1, 2 y 17B.
- **ACS tipo COHO PAR:** 28A.
- **Parejas IMO-2:** [3B,6], [6,7] y [10B,11] en la X Región y [20,21A], [20,21B], [21C,22A], [21C,30B], [23A,23B], [25B,26A], [26A,26B], [26A,27], [26B,28A] y [28A,30B] en la XI Región .
- **Parejas IMO-3:** Ninguna.
- **Parejas de ACS de descanso simultáneo:** [3A,3B], [4A,4B], [18B,18C], [22A,22C] y [28A,28C].

- **Máxima diferencia en cosecha:** 30 %.
- **Tiempo Máximo de Adaptación:** 6 Series Productivas.

Como se puede observar se integran ambas ACS 26B y 28A como parejas ideales a considerar en la relación Inter-Macrozona Oceanográfica, tal como se plantea en la sección *Relaciones Inter Macrozonas Oceanográficas* del capítulo 4.2.3 para una situación ideal. A continuación se muestran los resultados obtenidos para tres escenarios:

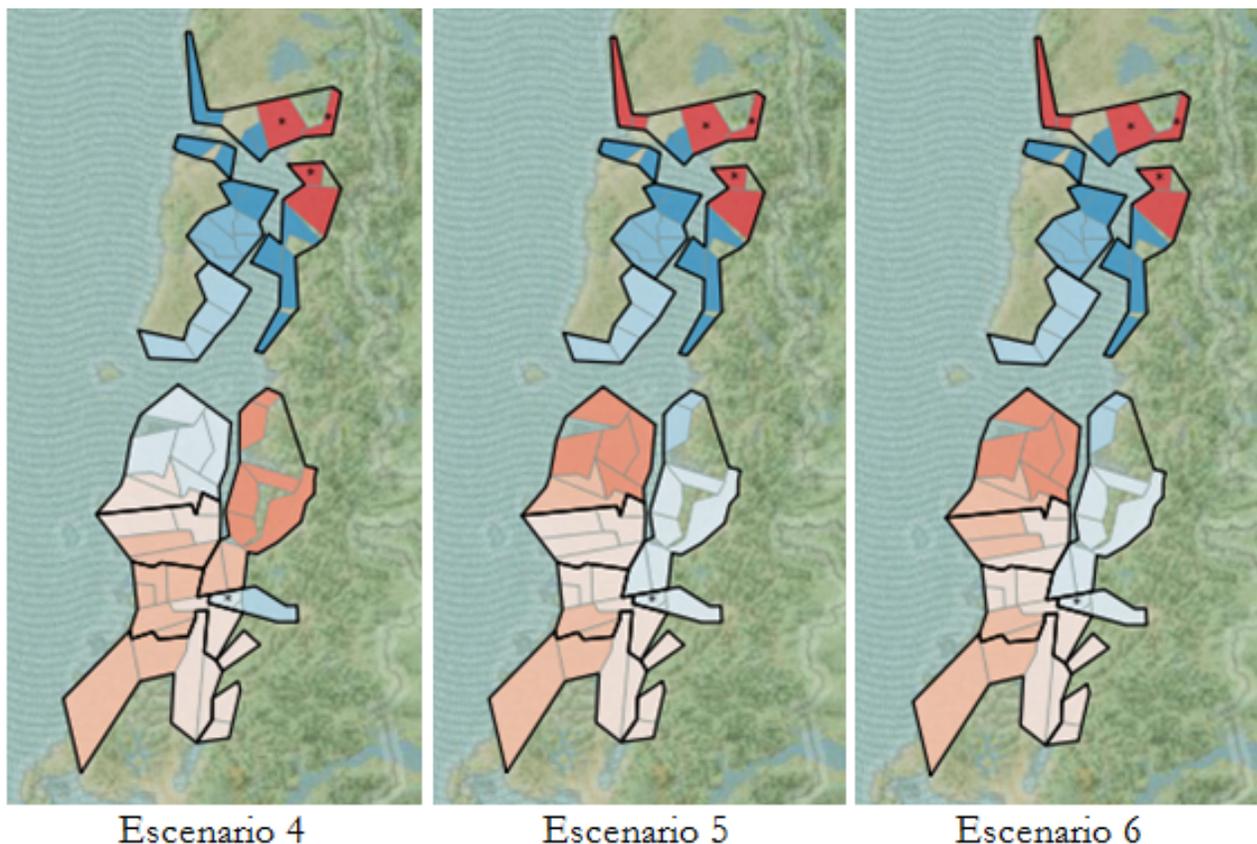


Figura 5.4: Periodos de Descansos Sanitarios Coordinados de las regiones X y XI sin considerar la ACS 26B como tipo COHO, para Series Productivas de 8 trimestres. Fuente: Elaboración Propia.

Escenario	Diferencia Productiva Mensual Respecto a la Producción Ideal					
	Producción Estimada			Producción Potencial		
	Desv Est.	Menor Valor	Mayor Valor	Desv Est.	Menor Valor	Mayor Valor
4	13,73 %	-22,27 %	20,75 %	22,08 %	-26,54 %	34,89 %
5	17,80 %	-21,65 %	20,75 %	21,95 %	-37,90 %	28,88 %
6	18,12 %	-23,65 %	20,75 %	23,97 %	-37,90 %	35,56 %

Tabla 5.5: Diferencia productiva con respecto a la producción ideal de las regiones X y XI sin considerar la ACS 26B como tipo COHO, para Series Productivas de 8 trimestres. Fuente: Elaboración Propia.

Escenario	Tiempo Adapt.		N° Mov.Adapt.		Tipo de Mov.Adapt.			
	5 SP	6 SP	5 SP	6 SP	Sin Mov.	Avanz.	Retroc.	A o R
	N° ACS	N° ACS	N° ACS	N° ACS	N° ACS	N° ACS	N° ACS	N° ACS
4	9	6	5	6	11	41	9	1
5	8	6	3	6	13	34	12	3
6	8	5	3	5	13	34	13	2

Tabla 5.6: Tiempo y cantidad y tipo de movimientos asociados al proceso de adaptación desde los últimos Periodos de Descanso definidos a los Periodos de Descanso Trimestrales asignados de las ACS de las regiones X y XI sin considerar la ACS 26B como tipo COHO, para Series Productivas de 8 trimestres. Fuente: Elaboración Propia.

Escenario	Parámetros	Variables	Constantes	Tiempo de Resolución
	$(\gamma_1 - \gamma_2 - \alpha_3 - \gamma_4 - \beta)$	N°	N°	[s]
4	(0,5-1,8-0,7-0,7-1,2)	65.922	16.505	3.459,36
5	(0,5-1,8-0,3-0,8-1,2)	65.922	16.505	2.311,59
6	(0,5-1,2-0,3-0,8-1,2)	65.922	16.505	6.474,98

Tabla 5.7: Parámetros, número de variables y constantes y tiempos de resolución, de los escenarios para las regiones X y XI sin considerar la ACS 26B como tipo COHO, para Series Productivas de 8 trimestres. Fuente: Elaboración Propia.

Como se puede observar, al relajar la restricción de fecha fija por ser coho para la ACS 26B, es posible obtener resultados satisfactorios en el aspecto oceanográfico tanto dentro de cada macrozona oceanográfica, generando grupos de descanso coordinado compactos, como en la relación inter macrozonas oceanográficas, para la totalidad de éstas.

Sumado a esto, es posible encontrar mejores soluciones en la diferencia productiva mensual respecto a la producción ideal que incluso en el escenario 1 de la evaluación anterior. Pasando de una desviación estándar de un 16,39 % a un 13,73 %, y de una diferencia de un 25,80 % entre los meses de mayor cosecha con respecto al valor ideal a un 20,75 %, siendo estos nuevos porcentajes obtenidos menores a la mitad de los actual correspondientes a un 28,12 % y 49,88 % respectivamente. En el caso de los periodos de menor cosecha, estos al igual que en el escenario 1, son menores en un 22,27 % respecto al valor ideal.

Al igual que en la evaluación anterior, el problema se hace infactible para una máxima diferencia productiva de un 26 %, incluso en el caso de no considerar parejas de descanso coordinado, relaciones IMO ni restricción adaptativas. También en el caso adaptativo el problema es infactible para una restricción de adaptación máxima de 5 Series Productivas.

### **5.3. Evaluación para Series Productivas de 8 y 9 trimestres**

En primera instancia se revisan los resultados de escenarios considerando que todas las ACS de la X Región deban descansar entre Periodos Productivos de 21 meses, (Series Productivas de 8 trimestres), mientras que las ACS pertenecientes a la XI Región entre Periodos Productivos de 24 meses, (Series Productivas de 9 trimestres), incluídas las ACS 26B y 28A, a las cuales no se les considera la restricción de tener fechas fijas por ser coho. Posteriormente se revisan escenarios donde se consideren 21 meses de periodos productivos para las ACS de la X Región de Los Lagos en conjunto con las ACS COHO 26B y 28A, y 24 meses de periodo productivo para las ACS de la XI Región menos las ACS 26B y 28A.

Para la adaptación en el caso de Series Productivas de 8 trimestres, se consideran Periodos Productivos de entre 20 y 24 meses, mientras que para el caso de las Series Productivas de 9 trimestres, durante la adaptación se consideran Periodos Productivos de entre 21 y 25 meses.

En este caso dado que se aplica el modelo por separado para ambas regiones, se tiene un espectro menor de variables dificultando la obtención de resultados de igual calidad que los que se obtendrían considerando ambas regiones en un mismo análisis, es por esto que se relajan ciertas consideraciones. Para la búsqueda de uniformidad temporal, no se impone una máxima diferencia de cosecha en los trimestres con respecto al valor ideal, en los aspectos oceanográficos, se relajan los Niveles de relación Inter-Macrozona Oceanográfica para determinadas parejas de la XI Región, dado que al ser una Serie Productiva de más trimestres, una misma definición que en el caso de 8 trimestres es de por sí más estricta, finalmente, no se considera que ciertos pares de ACS tengan descanso en una misma fecha.

Por otra parte, se debe tener en cuenta que al haber series productivas trimestrales de distinta duración, una vez alcanzada la coordinación los periodos de descanso de dos ACS con distintas series estos coincidirán cada cierto tiempo. En el caso del series productivas de 9 trimestres los descansos se realizan cada dos años y 3 meses mientras que para una serie productiva de 8 trimestres esto ocurre cada dos años. Esta diferencia genera que cada uno de los periodos de descansos trimestrales definidos en una serie productiva cíclica, coincidan en un determinado momento con cada uno de los periodos de descanso de la serie productiva trimestral de diferente duración. Como consecuencia de esto, en determinados trimestres la máxima cosecha para ambas series productivas coincidirá, generando que las cosechas máximas para una misma cantidad de ACS tiendan a generar resultados menos satisfactorios para el caso en que se definan grupos de ACS con series productivas de distinta duración que para el caso en que todas se rijan por una misma serie productiva cíclica.

#### **Evaluación para Periodos Productivos de 21 meses para la X Región y de 24 meses para la XI Región.**

La X Región es evaluada con respecto a Series Productivas de 8 trimestres. Ésta considera 25 ACS de las cuales 3 corresponden a ACS COHO IMPAR, representando un 25,10 % de la producción total y un 200,81 % de la producción total dividida por la cantidad de trimestres,

esto implicaría que la producción ideal para el 8° trimestre fuese 2,35 veces la producción ideal para el resto de los trimestres. Esto trae consigo que en caso de no flexibilizar las fechas fijas de las ACS COHO la proporción productiva tendría un importante peak en el trimestre 8, sin que sea posible obtener buenos resultados para el Eje Logístico.

En caso de considerar solamente las ACS 1, 2 o 17B por separado como COHO IMPAR, se tendría una producción fija en el 8° trimestre asociada a éstas menor que el promedio trimestral de la producción total, sin embargo, al considerar un par cualquiera de estas ya se estaría superando el promedio. Es por esto que para obtener resultados productivos que tiendan a satisfacer los resultados esperados, se considera como mejor solución considerar para solo una de éstas ACS la restricción COHO.

Es por esto que se presentan distintos escenarios siendo estricto y flexibilizando la restricción tipo Coho. El detalle de las condiciones para los escenarios se presenta a continuación:

- **Periodos Productivos durante la adaptación:** Entre 20 y 24 meses.
- **ACS tipo COHO IMPAR:** Varía según escenario. Detalle en la tabla 5.8.
- **ACS tipo COHO PAR:** Ninguna.
- **Parejas IMO-2:** [3B,6], [6,7] y [10B,11].
- **Parejas IMO-3:** Ninguna.
- **Parejas de ACS de descanso simultáneo:** Ninguna.
- **Máxima diferencia en cosecha:** Ninguna.
- **Tiempo Máximo de Adaptación:** 6 Series Productivas.

La siguiente tabla muestra las ACS para las que se considera la restricción coho impar, según escenario:

Escenario	ACS COHO IMPAR
7	1-2-17B
8	1
9	2
10	17B

Tabla 5.8: ACS que se consideran tipo Coho, según escenario, de la X Región de Los Lagos, para Series Productivas de 8 trimestres. Fuente: Elaboración Propia.

A continuación se presentan resultados asociados a considerar la totalidad de las ACS de la X región definidas como COHO IMPAR y cada una por si sola.

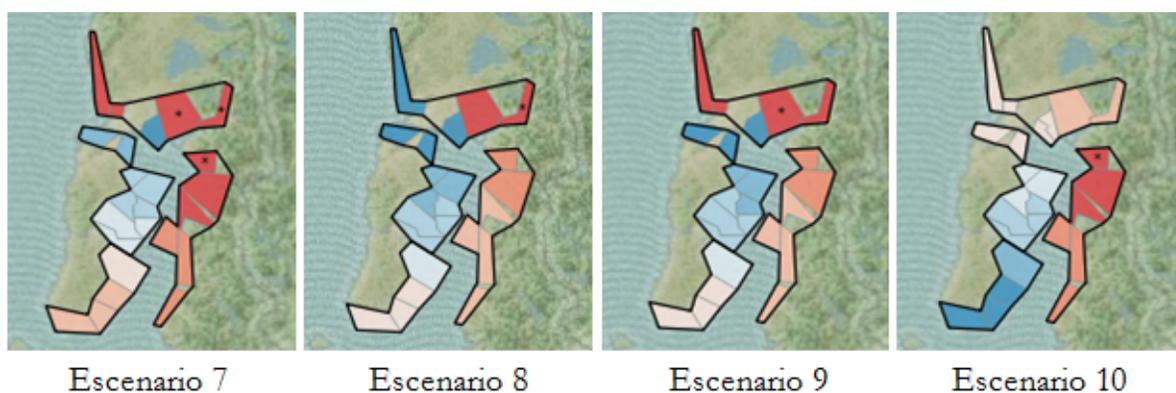


Figura 5.5: Periodos de Descansos Sanitarios Coordinados de la X Región de Los Lagos, para Series Productivas de 8 trimestres. Fuente: Elaboración propia.

Escenario	Diferencia Productiva Mensual Respecto a la Producción Ideal					
	Producción Estimada			Producción Potencial		
	Desv Est.	Menor Valor	Mayor Valor	Desv Est.	Menor Valor	Mayor Valor
7	86,72 %	-72,12 %	197,01 %	77,55 %	-81,53 %	182,07 %
8	32,51 %	-32,40 %	56,11 %	30,63 %	-44,22 %	46,61 %
9	32,74 %	-32,40 %	56,11 %	35,87 %	-44,22 %	54,58 %
10	41,68 %	-65,74 %	56,11 %	33,32 %	-44,22 %	46,61 %

Tabla 5.9: Diferencia productiva con respecto a la producción ideal de la X Región de Los Lagos, para Series Productivas de 8 trimestres. Fuente: Elaboración Propia.

Escenario	Tiempo Adapt.		N° Mov.Adapt.		Tipo de Mov.Adapt.			
	5 SP	6 SP	5 SP	6 SP	Sin Mov.	Avanz.	Retroc.	A o R
	N° ACS	N° ACS	N° ACS	N° ACS	N° ACS	N° ACS	N° ACS	N° ACS
7	5	2	5	1	7	13	5	0
8	2	5	1	4	9	12	3	1
9	4	4	2	3	9	13	2	1
10	4	4	2	3	9	13	2	1

Tabla 5.10: Tiempo y cantidad y tipo de movimientos asociados al proceso de adaptación desde los últimos Periodos de Descanso definidos a los Periodos de Descanso Trimestrales asignados de las ACS de la X Región de Los Lagos, para Series Productivas de 8 trimestres. Fuente: Elaboración Propia.

Escenario	Parámetros ( $\gamma_1 - \gamma_2 - \alpha_3 - \gamma_4 - \beta$ )	Variables N°	Constantes N°	Tiempo de Resolución [s]
7	(0,4-1,2-0,9-0,55-1,2)	10.866	2.954	24,27
8	(0,4-1,2-0,9-0,7-1,2)	10.866	2.952	64,92
9	(0,3-1,2-0,9-0,6-1,2)	10.866	2.952	52,14
10	(0,5-1,5-0,9-0,7-1,2)	10.866	2.952	74,08

Tabla 5.11: Parámetros, número de variables y constantes y tiempos de resolución, de los escenarios de la X Región de Los Lagos, para Series Productivas de 8 trimestres. Fuente: Elaboración Propia.

Como se observa, en todos los casos es posible obtener buenos resultados desde el punto de vista oceanográfico e incluso adaptativo, sin embargo, en el Eje Logístico se tienen resultados poco satisfactorios en el caso de considerar la totalidad de las ACS con restricción COHO IMPAR. Para estas condiciones el mínimo valor que se puede obtener para la máxima diferencia con respecto al valor ideal, de tal manera que el problema se vuelva factible, es de un 159 %, para los casos en que se considere solo una ACS tipo COHO IMPAR, esta cantidad disminuye a un 47 %.

En el caso de la XI Región la evaluación considera 37 ACS a adaptar a Series Productivas de 9 trimestres, sin considerar ACS con fecha fija. Las condiciones para la evaluación que se respetan para todos los escenarios se presentan a continuación.

- **Periodos Productivos durante la adaptación:** Entre 21 y 25 meses.
- **Parejas IMO-2:** [20,21B], [25B,26A], [26A,26B], [26A,27], [26B,28A] y [28A,30B].
- **Parejas IMO-3:** [20,21A], [21C,22A], [21C,30B] y [23A,23B].
- **Parejas de ACS de descanso simultáneo:** Ninguna.
- **Máxima diferencia en cosecha:** 30 %.
- **Tiempo Máximo de Adaptación:** 6 Series Productivas.

De acuerdo a estas condiciones se obtienen los siguientes resultados:

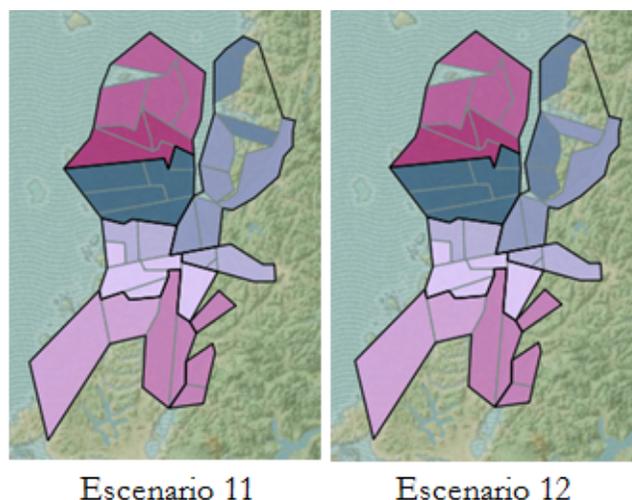


Figura 5.6: Periodos de Descansos Sanitarios Coordinados de la XI Región de Aysén, para Series Productivas de 9 trimestres. Fuente: Elaboración Propia.

Escenario	Diferencia Productiva Mensual Respecto a la Producción Ideal					
	Producción Estimada			Producción Potencial		
	Desv Est.	Menor Valor	Mayor Valor	Desv Est.	Menor Valor	Mayor Valor
11	15,75 %	-28,12 %	19,10 %	30,79 %	-40,52 %	44,83 %
12	16,71 %	-28,12 %	29,33 %	38,73 %	-56,03 %	56,47 %

Tabla 5.12: Diferencia productiva con respecto a la producción ideal de la XI Región de Aysén, para Series Productivas de 9 trimestres. Fuente: Elaboración Propia.

Escenario	Tiempo Adapt.		N° Mov.Adapt.		Tipo de Mov.Adapt.			
	5 SP	6 SP	5 SP	6 SP	Sin Mov.	Avanz.	Retroc.	A o R
	N° ACS	N° ACS	N° ACS	N° ACS	N° ACS	N° ACS	N° ACS	N° ACS
11	4	1	5	2	4	11	22	0
12	4	1	6	2	4	11	22	0

Tabla 5.13: Tiempo y cantidad y tipo de movimientos asociados al proceso de adaptación desde los últimos Periodos de Descanso definidos a los Periodos de Descanso Trimestrales asignados de las ACS de la XI Región de Aysén, para Series Productivas de 9 trimestres. Fuente: Elaboración Propia.

Escenario	Parámetros	Variables	Constantes	Tiempo de Resolución
	$(\gamma_1 - \gamma_2 - \alpha_3 - \gamma_4 - \beta)$	N°	N°	[s]
11	(0,5-1,2-0,3-0,8-1,2)	26.399	6.174	662,80
12	(0,5-1,8-0,3-0,8-1,2)	26.399	6.174	677,47

Tabla 5.14: Parámetros, número de variables y constantes y tiempos de resolución, de los escenarios de la XI Región de Aysén, para Series Productivas de 9 trimestres. Fuente: Elaboración Propia.

Para este caso es posible encontrar resultados satisfactorios en todos los aspectos considerados, siendo mejores que en el caso de la X Región, dado su mayor flexibilidad y cantidad de variables. Los escenarios 11 y 12, tienen configuraciones de fechas de descanso similares, sin embargo, el caso del escenario 12, la configuración de Periodos de Descanso para la Macrozona Oceanográfica 8XI se considera menos deseable que aquella para el escenario 11, dado que en este último se cumple de mejor manera con el objetivo de generar figuras compactas. En los aspectos productivos y en la cantidad de movimientos requeridos por las ACS para la adaptación los resultados siguen siendo mejores en el escenario 11 que el 12, siendo un escenario más deseable aun siendo ambos resultados satisfactorios.

### **Evaluación para Periodos Productivos de 21 meses para la X Región y las ACS 26B y 28A de la XI Región, y de 24 meses para el resto de la XI Región.**

Al igual que en el caso anterior, para la X Región en conjunto a las ACS 26B Y 28A, se tienen condiciones de producción mínima posible en determinados trimestres, siendo nuevamente para el trimestre 8 altamente mayor a la deseada. En el caso de las ACS IMPAR, su producción representa el 200,26 % de la producción ideal, mientras que en el caso de las ACS COHO PAR un 32,74 %, por lo que esta última no representaría inconvenientes para la búsqueda de resultados. En caso de seguir considerando la restricción COHO IMPAR para sólo una de las ACS a las que se les aplica actualmente, la cantidad mínima productiva en el trimestre asociado a su cosecha sería menor a la cosecha total promedio en cada caso, lo mismo ocurre al considerar las ACS 1 y 17B en conjunto, para las otras dos combinaciones posibles de parejas esto no ocurre.

A continuación se detallan las condiciones para la evaluación que se respetan en los escenarios:

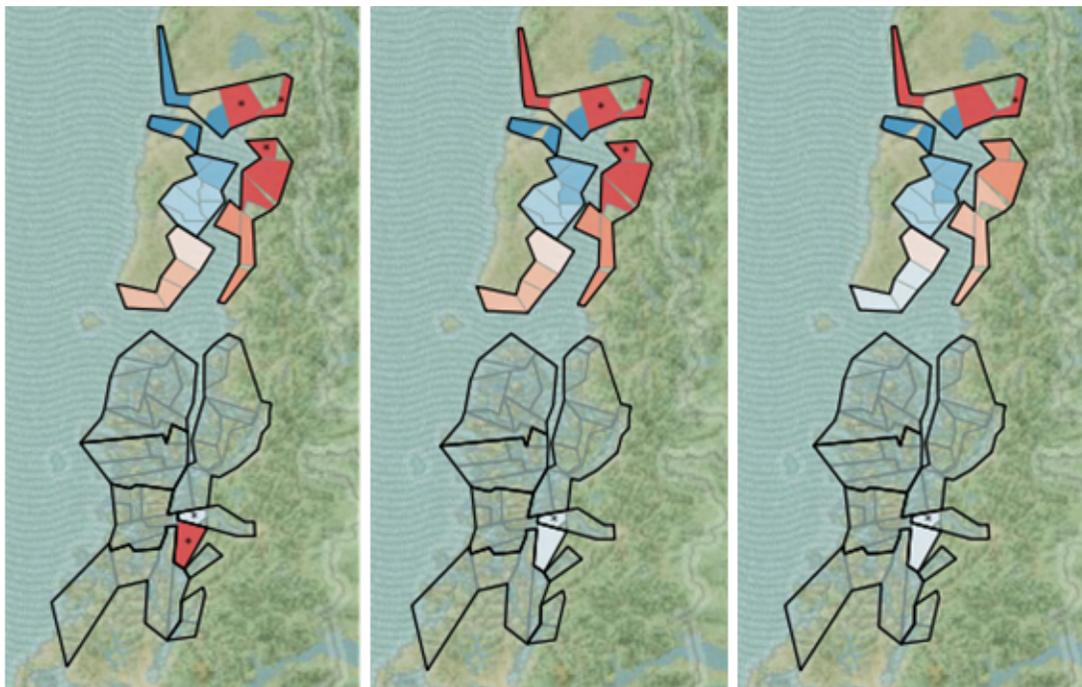
- **Periodos Productivos durante la adaptación:** Entre 20 y 24 meses.
- **ACS tipo COHO IMPAR:** Varía según escenario. Detalle en la tabla 5.15.
- **ACS tipo COHO PAR:** 28A.
- **Parejas IMO-2:** Varía según escenario. Detalle en la tabla 5.15.
- **Parejas IMO-3:** Ninguna.
- **Parejas de ACS de descanso simultáneo:** Ninguna.
- **Máxima diferencia en cosecha:** -.
- **Tiempo Máximo de Adaptación:** 6 Series Productivas.

Escenario	ACS COHO IMPAR	Parejas IMO-2
13	1-2-17B-26B	[3B,6]-[6,7]-[10B,11]
14	1-2-17B	[3B,6]-[6,7]-[10B,11]
15	1	[3B,6]-[6,7]-[10B,11]-[26B,28A]
16	2	[3B,6]-[6,7]-[10B,11]-[26B,28A]
17	17B	[3B,6]-[6,7]-[10B,11]-[26B,28A]

Tabla 5.15: ACS que se consideran tipo coho impar y parejas de ACS con relación IMO nivel 2, según escenario, para la X Región de Los Lagos junto a las ACS 26B y 28A, para Series Productivas de 8 trimestres. Fuente: Elaboración Propia.

Como se puede observar en la tabla 5.15 en los casos en que se relaja la restricción COHO para la ACS 26B se considera la relación IMO con Nivel 2 entre ésta y la ACS 28A.

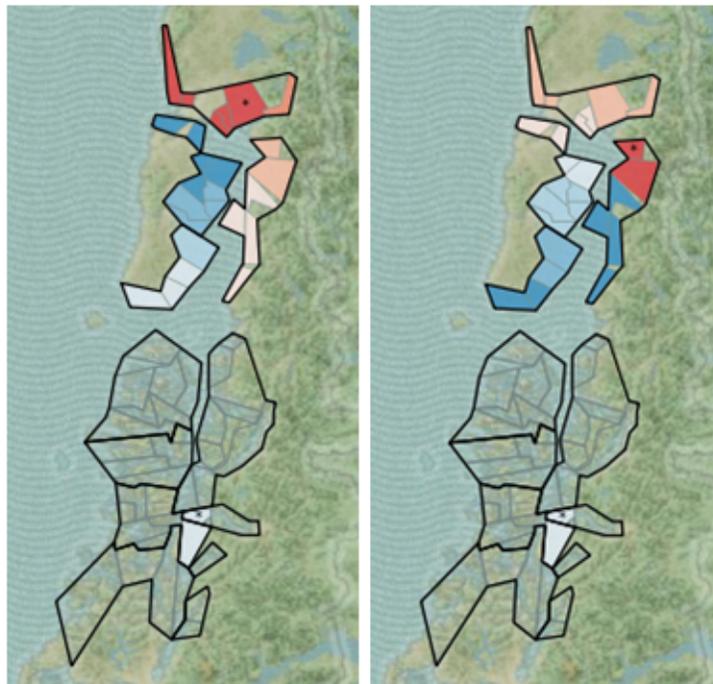
De acuerdo a esto, a continuación se muestran resultados para las condiciones previamente descritas, siendo estrictos en cuanto a las restricciones coho actuales y flexibilizandola. Para la ACS 26B no se realiza una evaluación donde ésta sea la única tipo ACS IMPAR dado que se pretende minimizar el impacto en las condiciones originales por lo que se prefiere considerar las ACS o conjuntos de ACS de mayor representatividad que sea menor o igual al ideal, la ACS 26B representa tan solo un 10,25 % de la producción total promediada trimestralmente, por otro lado, oceanográficamente es conveniente relajar dicha restricción dado que comparte frontera con la ACS 28A.



Escenario 13

Escenario 14

Escenario 15



Escenario 16

Escenario 17

Figura 5.7: Periodos de Descansos Sanitarios Coordinados de la X Región de Los Lagos junto a las ACS 26B y 28A, para Series Productivas de 8 trimestres. Fuente: Elaboración Propia.

Escenario	Diferencia Productiva Mensual Respecto a la Producción Ideal					
	Producción Estimada			Producción Potencial		
	Desv Est.	Menor Valor	Mayor Valor	Desv Est.	Menor Valor	Mayor Valor
13	82,16 %	-62,16 %	191,30 %	78,86 %	-71,65 %	177,27 %
14	75,24 %	-62,79 %	181,05 %	70,77 %	-55,06 %	168,18 %
15	28,75 %	-31,61 %	47,72 %	30,13 %	-40,91 %	46,97 %
16	33,32 %	-44,00 %	56,23 %	28,89 %	-40,91 %	42,42 %
17	47,98 %	-100,00 %	57,76 %	48,26 %	-100,00 %	66,67 %

Tabla 5.16: Diferencia productiva con respecto a la producción ideal de la X Región de Los Lagos junto a las ACS 26B y 28A, para Series Productivas de 8 trimestres. Fuente: Elaboración Propia.

Escenario	Tiempo Adapt.		N° Mov.Adapt.		Tipo de Mov.Adapt.			
	5 SP	6 SP	5 SP	6 SP	Sin Mov.	Avanz.	Retroc.	A o R
	N° ACS	N° ACS	N° ACS	N° ACS	N° ACS	N° ACS	N° ACS	N° ACS
13	5	2	4	1	10	11	5	1
14	6	2	4	1	9	13	4	2
15	5	2	2	1	9	12	5	1
16	5	2	4	0	6	15	6	0
17	6	1	3	1	8	14	5	0

Tabla 5.17: Tiempo y cantidad y tipo de movimientos asociados al proceso de adaptación desde los últimos Periodos de Descanso definidos a los Periodos de Descanso Trimestrales asignados de las ACS de la X Región de Los Lagos junto a las ACS 26B y 28A, para Series Productivas de 8 trimestres. Fuente: Elaboración Propia.

Escenario	Parámetros	Variables	Constantes	Tiempo de Resolución
	$(\gamma_1 - \gamma_2 - \alpha_3 - \gamma_4 - \beta)$	N°	N°	[s]
13	(0,4-1,2-0,9-0,6-1,2)	12.652	3.370	26,89
14	(0,4-0,9-0,9-0,5-1,2)	12.652	3.369	36,84
15	(0,4-1,1-0,9-0,55-1,2)	12.652	3.368	96,50
16	(0,4-1,2-0,9-0,55-1,2)	12.652	3.368	59,67
17	(0,5-1,4-0,9-0,6-1,2)	12.652	3.368	101,69

Tabla 5.18: Parámetros, número de variables y constantes y tiempos de resolución, de los escenarios de la X Región de Los Lagos junto a las ACS 26B y 28A, para Series Productivas de 8 trimestres. Fuente: Elaboración Propia.

En este caso también es posible obtener excelentes configuraciones oceanográficas, menos en el caso de las ACS 26B y 28B sin relajar la restricción coho de 26B. En cuanto a la distribución de la productividad, se puede observar una importante mejoría en los resultados para el caso de las definiciones individuales de ACS COHO IMPAR. Además de esto, en todos los casos se obtienen condiciones satisfactorias en el aspecto adaptativo.

Para esta evaluación en el caso de la XI Región, al igual que en la evaluación anterior, no se consideran fechas de descanso fijas y los Periodos de Descanso son definidos para Series Productivas de 9 trimestres. Las parejas de ACS con relación IMO varían levemente dado que en este caso no se considera la pareja [26A,26B], por ausencia de la ACS 26B y las parejas [20,21A], [22A,21C] y [30B,21C] pasan a tener una relación IMO Nivel 3. Las condiciones consideradas en los escenarios se detallan a continuación:

- **Periodos Productivos durante la adaptación:** Entre 21 y 25 meses.
- **Parejas IMO-2:** [20,21B], [23A,23B], [25B,26A] y [26A,27].
- **Parejas IMO-3:** [20,21A], [21C,22A] y [21C,30B].
- **Parejas de ACS de descanso simultáneo:** Ninguna.
- **Máxima diferencia en cosecha:** 40 %.
- **Tiempo Máximo de Adaptación:** 6 Series Productivas.

A continuación se detallan los resultados obtenidos:

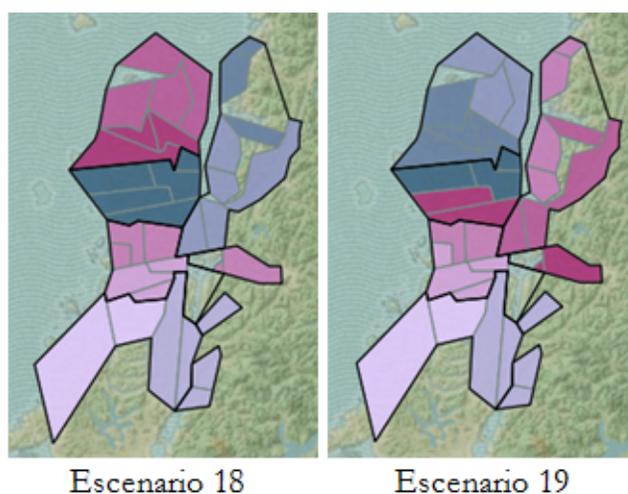


Figura 5.8: Periodos de Descansos Sanitarios Coordinados de la XI Región de Aysén sin las ACS 26B y 28A, para Series Productivas de 9 trimestres. Fuente: Elaboración Propia.

Escenario	Diferencia Productiva Mensual Respecto a la Producción Ideal						
	Producción Estimada			Producción Potencial			
	Desv Est.	Menor Valor	Mayor Valor	Desv Est.	Menor Valor	Mayor Valor	
18	23,87 %	-27.90 %	36.08 %	32,25 %	38.21 %	62.54 %	
19	18,86 %	-26.69 %	25.32 %	33,46 %	-38.21 %	50.45 %	

Tabla 5.19: Diferencia productiva con respecto a la producción ideal de la XI Región de Aysén sin las ACS 26B y 28A, para Series Productivas de 9 trimestres. Fuente: Elaboración Propia.

Escenario	Tiempo Adapt.		N° Mov.Adapt.		Tipo de Mov.Adapt.			
	5 SP	6 SP	5 SP	6 SP	Sin Mov.	Avanz.	Retroc.	A o R
	N° ACS	N° ACS	N° ACS	N° ACS	N° ACS	N° ACS	N° ACS	N° ACS
18	4	6	3	6	3	8	24	0
19	4	5	5	4	3	8	24	0

Tabla 5.20: Tiempo y cantidad y tipo de movimientos asociados al proceso de adaptación desde los últimos Periodos de Descanso definidos a los Periodos de Descanso Trimestrales asignados de las ACS de la XI Región de Aysén sin las ACS 26B y 28A, para Series Productivas de 9 trimestres. Fuente: Elaboración Propia.

Escenario	Parámetros	Variables	Constantes	Tiempo de Resolución
	$(\gamma_1 - \gamma_2 - \alpha_3 - \gamma_4 - \beta)$	N°	N°	[s]
18	(0,4-1,9-0,4-0,4-1,2)	23.643	5.562	724,67
19	(0,4-1,8-0,9-0,7-1,2)	23.643	5.562	543,33

Tabla 5.21: Parámetros, número de variables y constantes y tiempos de resolución de los escenarios de la XI Región de Aysén sin las ACS 26B y 28A, para Series Productivas de 9 trimestres. Fuente: Elaboración Propia.

Como se puede observar para este caso es posible encontrar soluciones altamente satisfactorias en todos los aspectos a considerar, generando regiones de descanso coordinado compactas y teniéndose desviaciones estándar cercanas e incluso menores al 20 % con respecto al valor ideal

## 5.4. Evaluación estricta respecto a las condiciones de normativa actuales

Actualmente las ACS 4A, 25A y 25B, no operan bajo la misma normativa que el resto de las ACS de las regiones X y XI. La ACS 4A tiene periodos de descanso de un mes en la misma fecha todos los años, mientras que, por otro lado las ACS 25A y 25B tienen periodos productivos de mayor duración, de 31 y 28 meses respectivamente.

Es por esto que se evalúan los resultados de aplicar el presente modelo respetando la normativa actual tanto para el caso en que ambas regiones se rijan por series productivas de 8 trimestres, (escenario 20), como en el caso en que las ACS de la X región tengan series productivas de 8 trimestres y las de la XI región tengan series productivas de 9, considerando como caso especial las ACS con fecha fija o COHO 26B y 28A, las cuales a pesar de encontrarse en la XI región tendrán series productivas de 8 trimestres, (escenarios 21 y 22 respectivamente).

Las ACS 4A, 25A y 25B, al ser las únicas que tienen periodos productivos de las duraciones previamente descritas, no se incluyen al momento de ejecutar el modelo, dado que es imposible

generar agrupaciones. Sin embargo, su influencia es comentada en los resultados. La misma medida se tomaría en caso de ser más ACS pero que sigan considerándose pocas, por ejemplo, que fuesen menos ACS que los trimestres de su serie productiva.

Dadas las características de las distintas evaluaciones, las condiciones a considerar son especificadas para cada caso por separado.

#### **Condiciones para la evaluación en el escenario 20:**

- **Periodos Productivos durante la adaptación:** Entre 20 y 24 meses.
- **ACS tipo COHO IMPAR:** 1, 2, 17B y 26B.
- **ACS tipo COHO PAR:** 28A.
- **Parejas IMO-2:** [3B,6], [6,7] y [10B,11] en la X Región y [20,21A], [20,21B], [21C,22A], [21C,30B], [23A,23B], [26A,26B], [26A,27], y [28A,30B] en la XI Región.
- **Parejas IMO-3:** Ninguna.
- **Parejas de ACS de descanso simultáneo:** [3A,3B], [18B,18C], [22A,22C] y [28A,28C].
- **Máxima diferencia en cosecha:** 30 %.
- **Tiempo Máximo de Adaptación:** 6 Series Productivas.

En este escenario no se considera la pareja de ACS de descanso simultaneo [4A,4B] dado que la ACS 4A queda fuera del modelo por tener distintos periodos productivos, lo mismo sucede para la ACS 25B por la cual no se considera la pareja [25B,26A] con relación IMO. La pareja de ACS [26B,28A] tampoco es considerado con relación IMO dado que se consideran ambas como tipo coho impar y coho par respectivamente.

#### **Condiciones para la evaluación en el escenario 21:**

- **Periodos Productivos durante la adaptación:** Entre 20 y 24 meses.
- **ACS tipo COHO IMPAR:** 1, 2, 17B y 26B.
- **ACS tipo COHO PAR:** 28A.
- **Parejas IMO-2:** [3B,6], [6,7] y [10B,11].
- **Parejas IMO-3:** Ninguna.
- **Parejas de ACS de descanso simultáneo:** Ninguna.
- **Máxima diferencia en cosecha:** -.
- **Tiempo Máximo de Adaptación:** 6 Series Productivas.

#### **Condiciones para la evaluación en el escenario 22:**

- **Periodos Productivos durante la adaptación:** Entre 21 y 25 meses.
- **Parejas IMO-2:** [20,21B], [23A,23B] y [26A,27].
- **Parejas IMO-3:** [20,21A], [21C,22A] y [21C,30B].
- **Parejas de ACS de descanso simultáneo:** Ninguna.
- **Máxima diferencia en cosecha:** 40 %.
- **Tiempo Máximo de Adaptación:** 6 Series Productivas.

A continuación se presentan los resultados obtenidos:

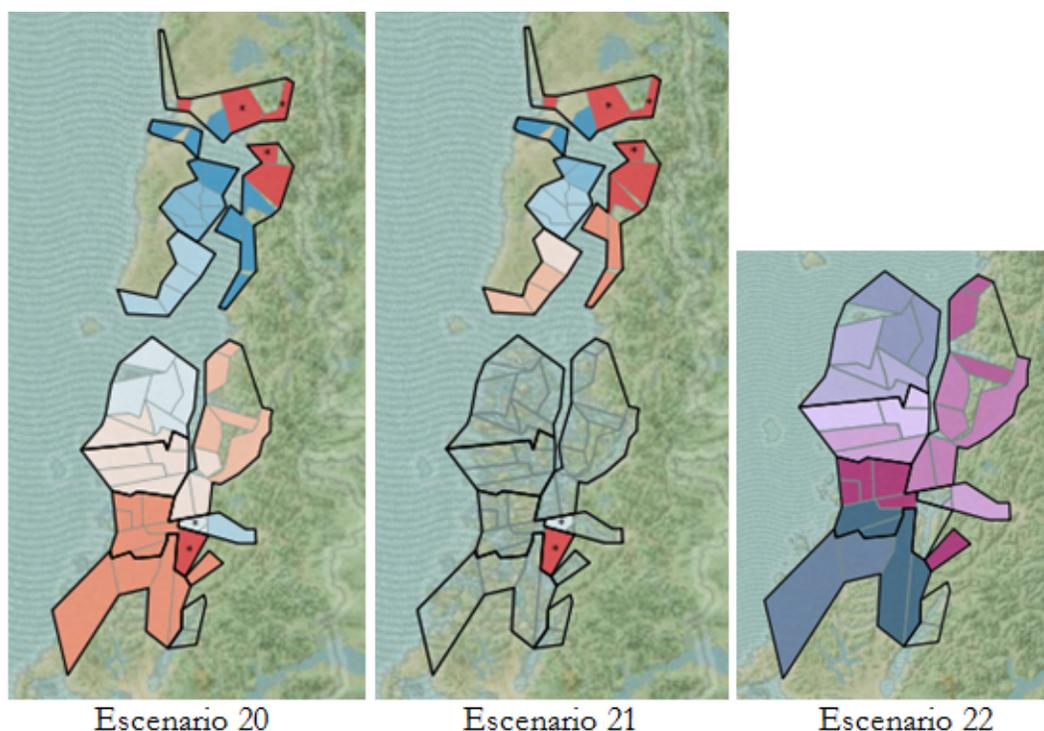


Figura 5.9: Periodos de Descansos Sanitarios Coordinados para evaluación estricta respecto a normativa. Fuente: Elaboración Propia.

Escenario	Diferencia Productiva Mensual Respecto a la Producción Ideal					
	Producción Estimada			Producción Potencial		
	Desv Est.	Menor Valor	Mayor Valor	Desv Est.	Menor Valor	Mayor Valor
20	14,69 %	-20,70 %	28,34 %	21,51 %	-25,11 %	38,21 %
21	81,89 %	-62,16 %	191,30 %	74,93 %	-71,50 %	181,37 %
22	23,89 %	-38,71 %	30,19 %	7,78 %	-37,69 %	37,08 %

Tabla 5.22: Diferencia productiva con respecto a la producción ideal para evaluación estricta respecto a normativa. Fuente: Elaboración Propia.

Escenario	Tiempo Adapt.		N° Mov.Adapt.		Tipo de Mov.Adapt.			
	5 SP	6 SP	5 SP	6 SP	Sin Mov.	Avanz.	Retroc.	A o R
	N° ACS	N° ACS	N° ACS	N° ACS	N° ACS	N° ACS	N° ACS	N° ACS
20	13	4	10	3	5	40	14	0
21	4	4	3	3	6	13	5	2
22	5	5	7	3	1	8	23	1

Tabla 5.23: Tiempo y cantidad y tipo de movimientos asociados al proceso de adaptación desde los últimos Periodos de Descanso definidos a los Periodos de Descanso Trimestrales asignados para evaluación estricta respecto a normativa. Fuente: Elaboración Propia.

Escenario	Parámetros ( $\gamma_1 - \gamma_2 - \alpha_3 - \gamma_4 - \beta$ )	Variables N°	Constantes N°	Tiempo de Resolución [s]
20	(0,5-1,8-0,8-0,6-1,2)	59.724	14.980	338,39
21	(0,4-1,2-0,9-0,8-1,2)	11.742	3.136	31,38
22	(0,4-1,8-0,9-0,7-1,2)	21.039	4.989	421,80

Tabla 5.24: Parámetros, número de variables y constantes y tiempos de resolución, de los escenarios para evaluación estricta respecto a normativa. Fuente: Elaboración Propia.

Las soluciones obtenidas en estos escenarios, confirman que para el análisis que considera series productivas de 9 trimestres en la XI región, se hace necesario flexibilizar las restricción de fechas de descanso fijas para las ACS COHO para la obtención de resultados satisfactorios para el eje logístico. En el escenario 21 la diferencia productiva mensual con respecto al valor ideal de un 191,30 %.

Por otra parte, tal como se comentó anteriormente, al haber series productivas de distinta duración, en determinados periodos la máxima cosecha en dichas series productivas coincidirá. En este caso dado que se tienen 4 series productivas de distinta duración, sumado al caso particular de la ACS 4A, se debe considerar que en un determinados periodos se acumularía el máximo productivo para las series productivas de 8 y 9 trimestres, junto al total productivo de las ACS 25A y 25B, y producción asociada a la ACS 4A. Este peor caso se daría lejano en el tiempo y podría preverse, lo que permitiría tomar medidas previo al posible peak de demanda.

En general para este caso de evaluación estricta se obtienen buenos resultados para SP de 8 trimestres en ambas regiones, mientras en caso de tener SP de distinta duración los resultados respecto a uniformidad temporal no son satisfactorios en el caso de la X región, lo que sumado a los casos particulares, conlleva a que los resultados para este caso completo no sean satisfactorios. Para el punto de vista oceanográfico, los resultados no son satisfactorios en áreas particulares asociadas a las ACS 4A, 25A y 26B, lo cual se espera que no vaya en desmedro de la efectividad en general, dado que éstas se encuentran en los bordes de la regiones.

## 5.5. Implementación del modelo en la Industria

Para la implementación de este modelo, se recomienda que se definan en primera instancia y de acuerdo apoyado de los resultados que se han obtenido en el presente análisis, las condiciones básicas a considerar en el análisis. Para esto se recomienda:

- Flexibilizar la restricción coho. En caso de que ambas regiones tengan Series Productivas de 8 trimestres, se recomienda flexibilizarla para la ACS 26B. En caso de que la X región tenga SP de 8 trimestres u la XI región de 9 trimestres, se recomienda que a lo más una de las ACS de la X región mantenga la restricción.
- Priorizar que una región completa tenga una misma configuración de Series Productivas.

- Evitar casos donde ACS tengan normativas que les impongan series productivas de distinta duración al resto de las ACS, o que coincidan con una pequeña proporción de éstas. Esto dado que dichas ACS, no podrán establecer una relación en sus periodos de descanso con respecto a las ACS que se les relacionan oceanográficamente, sus periodos de descanso coincidirían cada vez con distintas fechas de las series productivas de las demás ACS. Esto trae consigo además de que no se cumplan en ese caso los objetivos de sanitarios-medioambientales, se vaya en desmedro de los objetivos logísticos, dado que la producción de dichas ACS al no ser consideradas en la búsqueda de uniformidad temporal en las cosechas, siempre se sumaría a la uniformidad obtenida, pudiendo generar peaks en los trimestres asociados a sus cosechas.
- De acuerdo a las proyecciones de crecimiento que se tengan, establecer una ponderación que relacione producción estimada y producción potencial, realizando los análisis para estos valores.
- Al decidir entre una configuración donde la ambas regiones tengan SP de 8 trimestres, o una donde la X región tenga SP de 8 trimestres y la XI región de 9 trimestres, es importante considerar que la primera configuración favorece la búsqueda de uniformidad temporal en la cosecha y por ende uniformidad en el nivel mensual de demanda de recursos, mientras que la segunda favorece pa factibilidad de la implementación de la medida. Esto ocurre dado que en ala segundo configuración, a diferencia de la primera, en la XI región se mantendría la dinámica de duración de los periodos productivos que actualmente tiene la mayoría de las ACS.
- Definir el rango de duración de los periodos productivos en el proceso adaptativo, buscando tener la mayor holgura posible, sin ir en desmedro de que puedan seguir realizándose ciclos productivos.
- En los casos en que el proceso adaptativo requiera de 5 o más series productivas, se recomienda analizar la posibilidad de implementar adaptación inmediata en dichas ACS, de tal manera de que el proceso adaptativo general se agilice.
- Para considerar la posibilidad de adaptación inmediata, se recomienda priorizar los casos en que no se haya registrado producción en los periodos productivos previos.
- Definir los niveles de relación IMO, considerando que a medida de que sean más restrictivos, pueden ir en desmedro de la calidad de los resultados. En general no se recomienda establecer una relación Nivel 1, y para los casos en que el análisis considere solo SP de 8 trimestres no se recomienda usar el Nivel 2.

Dados los cambios en la normativa que fueron efectuados para las ACS 25A y 25B, y el caso particular de la ACS 4A, idealmente se esperaría que para estas se tuviesen las mismas Series Productivas que para las demás ACS de su región. Sin embargo, dada la dificultad asociada a un nuevo cambio de normativa para las primeras dos ACS, se recomienda que al menos la ACS 4A, tenga series productivas de 8 trimestres con periodos de descanso también trimestrales.

En general se recomienda que se consideren las condiciones establecidas en el presente análisis en el escenario 4 en caso de tener series productivas de 8 trimestres, y las condiciones establecidas en los escenarios 8 y 11 con series productivas de 8 trimestres en toda la X región y de 9 trimestres en toda la XI región.

A continuación se muestra a un mayor nivel de detalle los resultados asociados al escenario 4, revisando los resultados productivos a nivel mensual y las fechas de los Descansos Sanitarios a efectuarse a nivel de ACS en post de adaptación.

## **Eje Sanitario-Medioambiental**

Como se puede observar en el escenario 4 de la figura 5.4, los periodos de descanso establecidos permiten generar zonas de descanso coordinado mayores a las actuales ACS dentro de cada macrozona oceanográfica. Estas zonas conforman clusters compactos que cumplen satisfactoriamente con los objetivos definidos.

De este mismo modo, las ACS pertenecientes a distintas macrozonas oceanográficas, cumplen satisfactoriamente con el objetivo de relacionar sus periodos de descanso, a pesar de no tener una restricción estricta IMO nivel 1. Estos resultados positivos se deben en la XI región la relajación de la restricción coho para la ACS COHO IMPAR 26B.

## **Eje productivo**

En este caso el efecto sobre las fechas establecidas, las últimas fechas de descanso establecidas son respetadas en cuanto a su cumplimiento para todas las ACS. Mientras que para las fechas fijas con horizonte indefinido, como es el caso de las ACS COHO, las fechas son reestablecidas para la ACS 26B, la cual debe pasar de tener periodos de descanso definido en el primer trimestre de años impares, a tener sus descansos en el cuarto trimestre de años impares.

Este cambio le implicaría a la ACS 26B realizar 3 movimientos adaptativos de tipo avanzar, más específicamente, tener 3 periodos productivos de 24 meses luego de los cuales lograría la adaptación y volvería a tener periodos productivos de 21 meses. En cuanto al tiempo requerido para la adaptación de dicha ACS, se considera que es de 4 series productivas, dado que se penaliza con una serie productiva por tener un último periodo de descanso fijo en 2017, logrando la adaptación en Octubre de 2023.

En el caso de la adaptación se considera que 5 de las 62 ACS pueden adaptarse de manera inmediata, estas corresponden a las ACS 4A, 4B, 5 y 13 de la X región y la ACS 28C de la XI región.

Para permitir que la producción siga durante el periodo adaptativo, se considera un rango de duración de entre 20 y 24 meses para los periodos productivos durante el proceso. En estas condiciones la mayoría de las ACS se adapta a las fechas ideales en 8 años o menos, sin embargo las ACS que tienen 5 o 6 series productivas como tiempo de adaptación, generan que el horizonte de adaptación aumente incluso superando los 10 años.

En el caso general de esta evaluación dado que se tiene un horizonte planificación para las fechas de descanso ya fijadas con fecha más lejana Enero de 2020, no es posible obtener configuración que implique un tiempo adaptativo menor a las 5 series productivas, cumpliendo

a cabalidad con todas las restricciones que se plantean. A diferencia otros casos donde el horizonte de planificación de los periodos de descanso sea menor, tal es el caso de realizar esta misma evaluación teniendo como última fecha definida para los descansos en Enero de 2017, donde la cantidad se reduce a 4 series productivas.

En este escenario se tienen 15 ACS con un horizonte temporal adaptativo de 5 o 6 series productivas, lo cual es equivalente al 24,19 % del total de las ACS, dando cuenta de los altos requerimientos adaptativos asociados a fechas predefinidas lejanas temporalmente. De estas ACS aquellas con mayor tiempo requerido para la adaptación corresponden a la ACS 9A, que se adaptará en Julio de 2028, la ACS 14 con adaptación en Octubre de 2028, la ACS 34 con horizonte adaptativo Abril de 2029, la ACS 22B, que se adaptaría en Julio del mismo año y la ACS 19A que definiría el final del proceso adaptativo para todas las ACS en Enero de 2030. En estos casos se propone considerar realizar adaptación inmediata.

En el caso de la ACS 19A la última fecha de descanso definida corresponde a Agosto de 2016, a partir de esta debe adaptarse al periodo de descanso 5 con fecha correspondiente a el primer trimestre de años pares, pasando por 6 movimientos adaptativos de tipo avanzar. Se propone que en vez de que la ACS 19A tenga 5 series productivas asociadas a periodos productivos de 24 meses, y una con periodo productivo de 23 meses, esta tenga un periodo productivo de 14 meses entre Noviembre de 2016 y Diciembre de 2017, adaptandose a la fecha ideal en Enero de 2018. Este periodo productivo le permitiría a la ACS 19A, producir trucha arcoir y salmón coho.

En la sección Anexos F, se exponen los meses de inicio de los Periodos de Descanso desde el último periodo definido, destacando la fecha en que se logra la adaptación a las fechas deseadas. Además de esto se detalla la duración en meses de los Periodos Productivos que se tendrían en dicho proceso, pasando a 21 meses una vez realizada la adaptación.

A continuación se detalla a nivel de ACS la fecha de descanso definida, la cantidad y el tipo de movimientos que se deben realizar para lograr la adaptación y el N° de Series Productivas en que ésta se realizaría.

X Región ACS	PD Ideal	Movimientos		Adapt. N° SP	XI Región ACS	PD Ideal	Movimientos		Adapt. N° SP
		Tipo	N° SP				Tipo	N° SP	
1	1	0	0	0	18A	5	A	1	1
2	1	0	0	0	18B	5	R	3	3
3A	8	A	4	5	18C	5	A	5	4
3B	8	A	3	4	18D	5	A	1	1
4A	8	0	0	0	18E	4	R	3	5
4B	8	0	0	0	19A	5	A	6	6
5	8	0	0	0	19B	4	A	1	1
6	8	A	4	5	20	4	A	1	1
7	8	R	3	3	21A	4	A	3	3
8	8	A	3	3	21B	4	A	3	3
9A	7	A	6	6	21C	3	A	3	4
9B	7	A	1	2	21D	3	A o R	6	6
9C	7	A	5	5	22A	3	A	3	2
10A	7	R	1	1	22B	3	A	6	6
10B	7	A	1	2	22C	3	A	5	5
11	6	A	1	1	22D	3	A	3	2
12A	6	A	4	4	23A	3	R	1	1
12B	6	R	1	1	23B	3	A	3	2
12C	6	R	1	1	23C	3	0	0	0
13	8	0	0	0	24	4	R	3	3
14	8	A	6	6	25A	4	0	0	0
15	8	A	5	5	25B	4	A	2	3
16	8	A	4	5	26A	4	A	1	1
17A	1	A	3	4	26B	4	A	3	4
17B	1	0	0	0	27	4	R	4	4
					28A	5	0	0	0
					28B	6	A	3	3
					28C	5	0	0	0
					29	4	A	3	3
					30A	3	A	1	1
					30B	3	A	3	3
					31A	2	A	5	5
					31B	2	A	1	1
					32	2	A	4	5
					33	2	A	1	1
					34	2	A	6	6
					35	2	A	4	4

Tabla 5.25: Periodos de Descanso de acuerdo al escenario 4 para la X Región de Los Lagos, desde el último Periodo de Descanso definido, destacando el periodo en que se logra la adaptación, pasando a tener Periodos Productivos constantes de 21 meses. Fuente: Elaboración Propia.

## Eje Logístico

Como se puede observar, la producción estimada tiende a tener un comportamiento uniforme a nivel mensual con diferencias extremas con respecto al valor ideal equivalentes a un 25,96 % de éste en la producción mínima y de un 25,80 % en la producción máxima para el caso de la producción estimada, la cual corresponde a la producción considerada en la evaluación del modelo. En este caso la Desviación estándar tal como se definió en la sección anterior, corresponde a un 14,75 %.

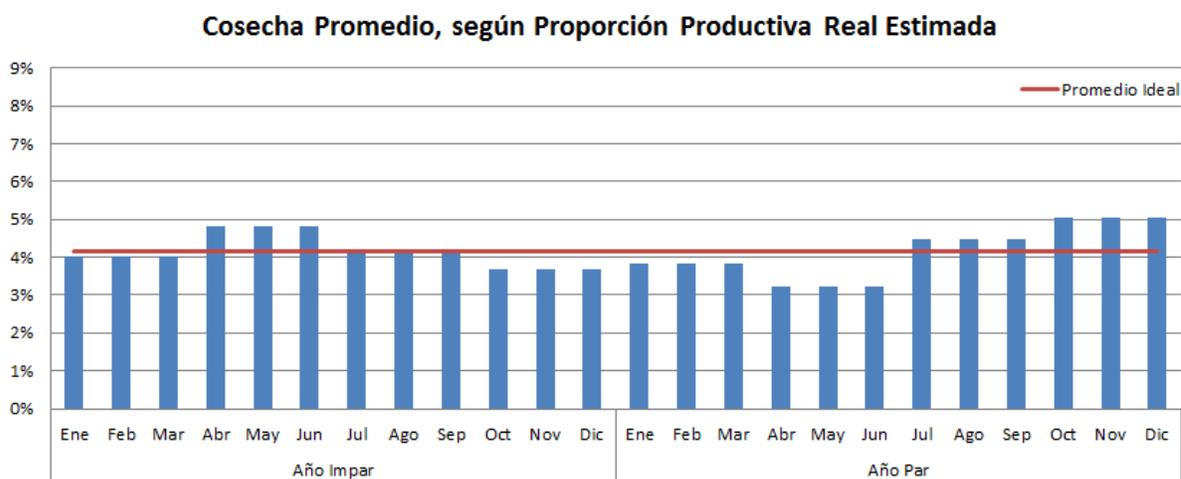


Figura 5.10: Cosecha promedio, según proporción productiva estimada, bajo el supuesto de que la cosecha se realice de manera uniforme los tres meses previos al Periodo de Descanso. Fuente: Elaboración Propia.

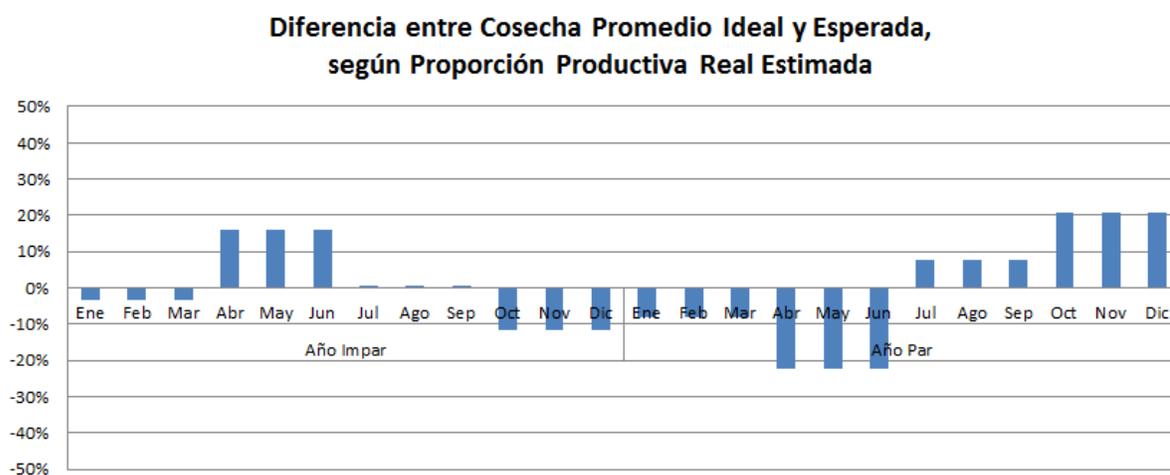


Figura 5.11: Diferencia entre cosecha promedio ideal y esperada, según proporción productiva estimada, bajo el supuesto de que la cosecha se realice de manera uniforme los tres meses previos al Periodo de Descanso. Fuente: Elaboración Propia.

Para de esta evaluación, la cosecha considerada corresponde a la cosecha estimada, no se considera una ponderación del potencial productivo. A pesar de esto para el caso

de la cosecha potencial o concesiones otorgadas, la desviación estándar corresponde a un 19,64 %, mientras que en los valores extremos de mayor y menor producción la diferencia con respecto a la cosecha ideal esperada, corresponden a un 22,87 % y un 25,21 % del valor ideal respectivamente, lo cual es considerado una buena solución dada la tendencia a la uniformidad temporal de producción potencial agregada.

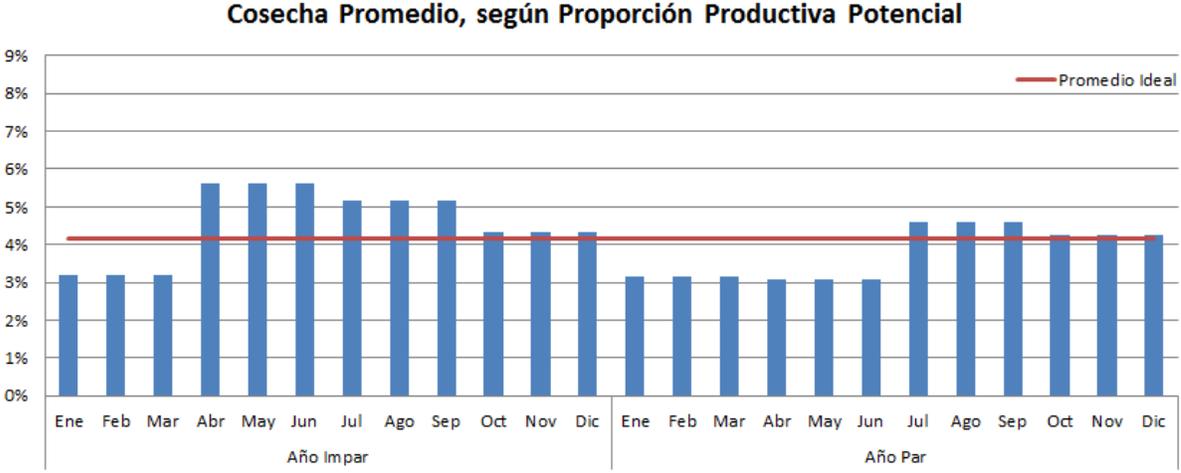


Figura 5.12: Cosecha promedio, según proporción productiva potencial, bajo el supuesto de que la cosecha se realice de manera uniforme los tres meses previos al Periodo de Descanso. Fuente: Elaboración Propia.

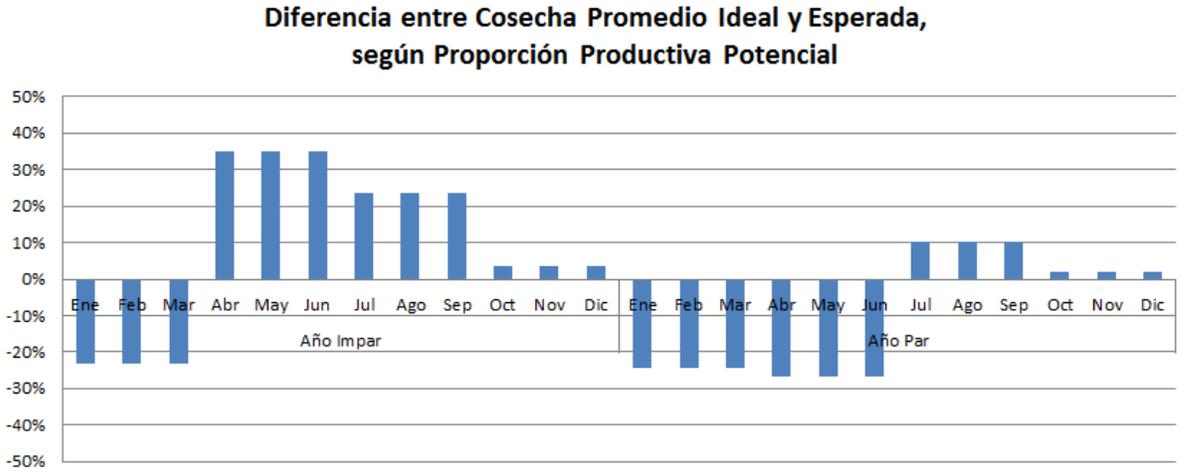


Figura 5.13: Diferencia entre cosecha promedio ideal y esperada, según proporción productiva potencial, bajo el supuesto de que la cosecha se realice de manera uniforme los tres meses previos al Periodo de Descanso. Fuente: Elaboración Propia.

# Capítulo 6

## Conclusión

### 6.1. Conclusiones del trabajo

La definición de periodos de descanso tiene gran relevancia para el mantenimiento de los recursos a largo plazo. Una mejoría en las medidas preventivas de carácter sanitario puede reducir de manera importante los niveles de mortalidad y las pérdidas de la industria.

La metodología planteada en el presente trabajo, permite mejorar significativamente las condiciones actuales de la industria tanto desde el punto de vista sanitario y medioambiental, el cual corresponde al objetivo principal de los periodos de descanso, como en el caso de los aspectos productivos y logísticos.

Por otro lado, al definirse que las ACS deban tener siempre series productivas de igual duración, se permitirá que la planificación inicial pueda replicarse en el tiempo, sin necesidad de definir un horizonte fijo para la aplicación. Esto permite además que las distintas ACS, conozcan las fechas futuras de sus periodos productivos, pudiendo planificar su producción y sus requerimientos.

Los periodos productivos con duración de 21 meses o 24, tienen distintos beneficios y contras, las preferencias con respecto a éstos no necesariamente son compartidas por todos los centros o empresas, ni por centros que se encuentren dentro de una misma zona. Sin embargo, dado que se busca generar áreas de descanso coordinado superiores a las actuales, es necesario considerar un periodo productivo de igual duración para todas las ACS que se encuentren en un área determinada. Esta área idealmente debe tener una amplia extensión para poder obtener mejores resultados, es por esto que para cumplir de mejor manera con los requerimientos sanitario-medioambientales, es muy probable que determinados centros tengan que adaptarse a una duración de periodo productivo que no sea la que prefiera, sin embargo, no existe ninguna configuración de periodo productivo que no permita operar alguna especie.

El presente planteamiento abarca ambos casos, para series productivas de 24 y 27 meses, de tal manera de permitir mayor flexibilidad, además de esto las pruebas consideran aplicación

de una misma configuración para una región completa, permitiendo en estos casos obtener grupos de descanso coordinado acordes a los objetivos.

Desde el punto de vista del eje Logístico, se puede obtener una mejor configuración respecto a la búsqueda de la uniformidad temporal productiva, en el caso de considerar en un mismo análisis las regiones X y XI en conjunto que en caso de realizar una clusterización por separado. Esto ocurre dado que se tiene una mayor cantidad de ACS para la realización de la clusterización y que en caso de considerar en una misma evaluación distintas series productivas en ambas regiones, en determinados periodos la máxima cosecha en dichas series productivas coincidirá.

Bajo esta misma lógica, para el caso en que se consideren series productivas de distinta duración para cada región, se obtienen resultados no satisfactorios en la X región, por lo que se recomienda flexibilizar las fechas predefinidas para las ACS COHO, permitiendo que a lo más una de las ACS de la X región mantenga dicha restricción. Mientras que para el caso en que se realice la evaluación con serie productiva de igual duración en ambas regiones se recomienda flexibilizar la restricción de fecha fija para la ACS 26B, dado esta va en desmedro de los objetivos sanitario-medioambientales.

Es importante considerar que en estos casos, para una misma serie productiva de 8 trimestres en ambas regiones, las ACS COHO seguirían contando con fechas predefinidas y con estacionalidad productiva, dado que la lógica que siguen las nuevas fechas es la misma que la que tienen las actuales de las ACS COHO, solo variaría el trimestre específico en que se asigne el descanso. Para el caso de series productivas de 8 trimestres solo en la X región, esto se cumplirá para todas las ACS COHO pertenecientes a ésta, por su parte las ACS 26B y 28A, seguirían teniendo periodos de descanso con definición de largo plazo, con la diferencia de que no se tendría estacionalidad, dado que los periodos de descanso variarían en un trimestre para cada serie productiva.

Durante la adaptación a la situación ideal que se plantee, se recomienda flexibilizar los meses de duración de los periodos productivos de tal manera de permitir que ésta se realice de manera más rápida. La flexibilidad considerada en el presente trabajo permite esto sin ir en desmedro de que los centros tengan tiempo suficiente para poder realizar ciclos productivos incluso de salmón atlántico. Solo para los casos donde el tiempo requerido para la adaptación sea de 5 o más series productivas, se recomienda considerar una adaptación inmediata a las fechas ideales.

La región de Magallanes, corresponde a un territorio que cuenta con potencial de expansión para la industria. En caso de que la operación y expansión dentro de esta zona, se realice sin considerar una planificación organizativa para los periodos operativos y de descansos coordinada con visión de largo plazo, puede generar que se tengan configuraciones para las fechas de los descanso poco recomendables, tal como ocurre actualmente en las regiones de Los Lagos y Aysén.

Incorporar las consideraciones de largo plazo definidas en el presente trabajo, permitiría que la medida de los descansos sanitarios tuviese una mejor efectividad, minimizando los riesgos sanitarios. Para esto se hace necesario realizar estudios sobre el potencial de crecimiento de la zona y con respecto a estos realizar una planificación coordinada de largo

plazo, sin tener que afrontar las dificultades asociadas a una adaptación cuando las fechas de la totalidad de la industria ya se encuentran definidas.

## 6.2. Propuestas de Trabajo Futuro

Se plantea como trabajo futuro considerar un nuevo supuesto productivo para un planteamiento trimestral o mensual, basado en las características particulares de los ciclos productivos de cada especie y considerando la posibilidad de que se desarrolle más de un ciclo dentro de un mismo periodo productivo.

Las distintas especies que se cultivan dadas sus características, requieren distintos tiempos de engorda, tal como se detalla en la sección 2.1.2. Esto trae consigo que los ciclos asociados a los cultivos de no sean iguales temporalmente, de manera simplificada existirían dos tipos de ciclos, ciclos largos asociados al cultivo del salmón atlántico y ciclos cortos asociados al salmón coho y a la trucha arcoíris. Estos ciclos no necesariamente tienen el mismo largo en cada centro, ni logren los mismos pesos en los peces, en la práctica, para el caso del salar o salmón atlántico la gran mayoría de los centros de cultivo tienen ciclos de entre 17 y 20 meses, para el caso del salón coho la mayoría de los centros tienen ciclos de entre 10 y 12 meses y para la trucha arcoíris de entre 11 y 14 meses.

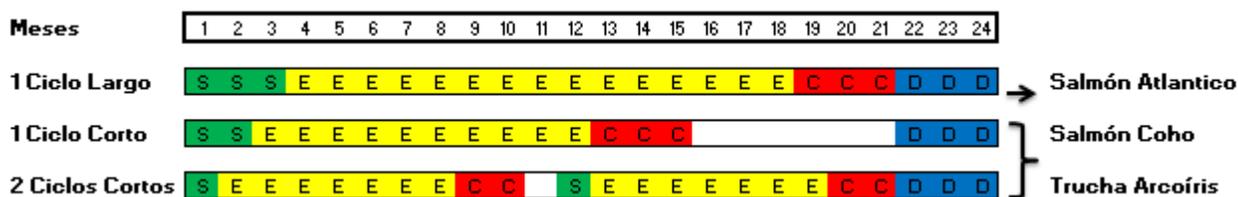


Figura 6.1: Tipos de ciclo. Fuente: Elaboración Propia.

El tiempo asociado al periodo productivo, permite que durante éste se puedan realizar tan solo un ciclo largo y como máximo dos ciclos cortos. En el caso en que se deseen realizar dos ciclos cortos, la normativa establece que debe haber un mes de descanso entre éstos, el cual será un mes dentro del mismo periodo productivo y no representará ningún cambio en la planificación normal de los descansos.

La figura 6.1, representa las tres configuraciones posibles dentro de un periodo, donde los meses en que se realizan las actividades dentro del periodo productivo son arbitrarios basados en configuraciones factibles. Cada casilla constituye un mes dentro de la serie productiva, siendo este caso correspondiente a una serie con un periodo productivo de 21 meses, lo cual puede variar en la realidad de acuerdo a las normativas previamente señaladas en el capítulo 2 del presente documento.

Como se puede observar, en caso de realizar dos ciclos dentro de un periodo productivo de 21 meses, los periodos de engorda serían menores al promedio de tal manera de poder cumplir con el mes de descanso, el tiempo de cosecha y de siembra. Esto requeriría ingresar los peces con un mayor peso incurriendo en mayores gastos, (aunque disminuyendo las probabilidades de que éstos contraigan enfermedades), o cosecharlos con menor peso asumiendo el costo

asociados, además de esto, se requeriría de un alto esfuerzo organizativo por parte de los centros productivos, haciéndolo una alternativa difícil de realizar en la práctica. Para el caso de centros de productivos que quieran realizar dos ciclos cortos dentro de un mismo periodo productivo, sería más conveniente optar por periodos de 24 meses.

En este análisis es importante considerar que en general los ciclos productivos se alargan para los casos de los centros que se encuentran más al sur, siendo mayores los tiempos promedio de los ciclos de la XI región con respecto a la X y para la XII con respecto a la XI, considerando las 3 especies por separado, menos en el caso de la XII región donde no se considera salmón coho dado que actualmente no se cultiva en dicha región. Cabe destacar que en el caso de la XII región la diferencia es más marcada con respecto a las otras regiones. Esto se explica dado que, aunque los salmónidos requieran bajas temperaturas para crecer, su crecimiento se hace más lento a medida que el agua es más fría que la temperatura ideal.

# Bibliografía

- [1] Anuarios sernapesca, cosecha de centros de acuicultura, por especie y región. Tech. rep., Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura, Valparaíso, Chile, 2002-2013.
- [2] Proyecto desarrollo de herramientas de gestión para la bio-logística del nuevo cluster del salmón. Tech. rep., UNTEC, Chile, 2012.
- [3] Anuarios sernapesca, cosecha de centros de acuicultura, por mes. Tech. rep., Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura, Valparaíso, Chile, 2012-2013.
- [4] Programación de periodos de descanso de las agrupaciones de concesiones de salmonideos en las regiones de los lagos, aysén y magallanes. Tech. rep., Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura, Valparaíso, Chile, Diciembre 2013.
- [5] Evolución de exportaciones. Tech. rep., SalmonChile, Chile, 2014.
- [6] BERTAGGIA, C. A. El segundo tiempo de la industria salmonera. *La Tercera* (Septiembre 2014), 18–19.
- [7] DE ANÁLISIS SECTORIAL, D. Informe sectorial de pesca y acuicultura, años 2012 y 2013. Tech. rep., Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura, Valparaíso, Chile, 2014.
- [8] DE ANÁLISIS SECTORIAL, D. Informe sectorial de pesca y acuicultura, julio 2014. Tech. rep., Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura, Valparaíso, Chile, Julio 2014.
- [9] DE PESCA Y ACUICULTURA, S. N. Anemia infecciosa del salmón (isa), Junio 2014.
- [10] DE PESCA Y ACUICULTURA, S. N. Nuestra institución, 2014.
- [11] DE PESCA Y ACUICULTURA, S. N. Situación sanitaria salmonicultura centros marinos, año 2013. Presentación, Enero 2014.
- [12] DIVISIÓN JURÍDICA, S. D. P. *Ley General de Pesca y Acuicultura*. Valparaíso, Chile, Septiembre 1991.
- [13] F., C. V., B., G. H., AND M., J. P. Z. *Strategic Management of Clusters: The Case of the Chilean Salmon Industry*. Second International Conference on Strategic Management in Latin America Cosponsored by the School of Management, Catholic University of Chile (EAPUC) and the Journal of Business Research, Santiago de Chile,

Enero 2007.

- [14] KATZ, J., IIZUKA, M., AND NOZ, S. M. *Creciendo en base a los recursos naturales, “tragedias de los comunes el futuro de la industria salmonera chilena.* Naciones Unidas, Santiago de Chile, Abril 2011.
- [15] SALMONCHILE. Ciclo del salmón, Mayo 2014.
- [16] SALMONCHILE. Quiénes somos, 2014.
- [17] SOFOFA. Principales empresas exportadoras salmón, Junio 2014.
- [18] SUBDIRECCIÓN DE ACUICULTURA, U. D. S. A. Guía de implementación res.1468 programa sanitario general de manejo de mortalidades y su sistema de clasificación estandarizado conforme a categorías preestablecidas. Tech. rep., Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura, Valparaíso, Chile, 2012.
- [19] UNIDAD DE SALUD AMBIENTAL, S. N. D. A. Informe sanitario de salmonicultura en centros marinos, año 2012. Tech. rep., Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura, Valparaíso, Chile, Enero 2013.
- [20] UNIDAD DE SALUD AMBIENTAL, S. N. D. A. Informe sanitario de salmonicultura en centros marinos, año 2013. Tech. rep., Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura, Valparaíso, Chile, Febrero 2014.

# Anexos

## Anexo A: Centros otorgados, a nivel de ACS

X Región		XI Región		XII Región	
ACS	N° de Centros	ACS	N° de Centros	ACS	N° de Centros
1	40	20	34	44	4
2	52	24	15	45	16
5	2	27	9	46	3
6	8	29	7	49	9
7	14	32	44	50	4
8	31	33	37	52	1
11	38	34	17	55	3
13	12	35	3	56	6
14	19	18A	15	57	3
15	18	18B	23	58	1
16	20	18C	57	61	1
10A	42	18D	25	62	3
10B	15	18E	6	47A	6
12A	24	19A	16	47B	3
12B	9	19B	17	48A	1
12C	3	21A	20	48B	2
17A	29	21B	42	54A	3
17B	32	21C	22	54B	3
3A	21	21D	19		
3B	19	22A	18		
4A	2	22B	5		
4B	2	22C	6		
9A	27	22D	34		
9B	13	23A	13		
9C	14	23B	24		
		23C	22		
		25A	10		
		25B	10		
		26A	5		
		26B	10		

Segue en la página siguiente.

X Región		XI Región		XII Región	
ACS	N° de Centros	ACS	N° de Centros	ACS	N° de Centros
		28A	16		
		28B	39		
		28C	3		
		30A	24		
		30B	16		
		31A	4		
		31B	12		
Total	506	Total	699	Total	72

Tabla 6.1: Centros otorgados, a nivel de ACS. Fuente: Proyecto Desarrollo de Herramientas de gestión para la Bio-Logística del Nuevo Cluster del Salmón de 2012 [2].

## Anexo B: Ranking de Empresas Exportadoras de Salmón Año 2010

Empresa	Exportaciones 2010 Miles de US\$	Participación [%]
SALMONES MULTIEXPORT S.A.	161.674	7,8 %
MAINSTREAM CHILE S.A.	136.616	6,6 %
AGUAS CLARAS S.A	123.995	6,6 %
EXPORTADORA LOS FIORDOS LTDA.	106.239	5,1 %
TRUSAL S.A.	103.489	5,0 %
SALMONES ANTARTICA S.A.	102.868	5,0 %
MARINE HARVEST CHILE S.A.	97.263	4,7 %
PRODUCTOS DEL MAR VENTISQUEROS	90.768	4,4 %
SALMONES ITATA S.A.	75.612	3,7 %
CULTIVOS MARINOS CHILOE S.A.	74.820	3,6 %
SALMONES CUPQUELAN S.A.	72.913	3,5 %
ACUINOVA CHILE S.A.	67.303	3,3 %
Subtotal	1.213.561	58,7 %
Otros	855.190	41,3 %

Tabla 6.2: Ranking de Empresas Exportadoras de Salmón. Año 2010. Fuente: SOFOFA, 2010. [17]

## Anexo C: Periodos de Descanso Definidos para la X Región de Los Lagos y XI Región de Aysén, Enero 2015

ACS	Descanso 1 Mes 1	Descanso 2 Mes 1	Descanso 3 Mes 1	Descanso 4 Mes 1	Descanso 5 Mes 1
1	Ene-11	Ene-13	Ene-15		
2	Oct-10	Ene-13	Ene-15		
3A	Abr-09	Ago-11	Nov-13	Nov-15	Nov-17
3B	Ene-10	Abr-12	Feb-14	Feb-16	Feb-18
4A*					
4B*	Dic-12	Mar-15			
5*	Dic-13	Dic-15			
6	Dic-09	Dic-11	Dic-13	Oct-15	Oct-17
7	Ene-11	Ene-13	Ene-15		
8	May-09	Ago-11	Nov-13	Feb-16	
9A	Ene-11	Mar-13	Mar-15		
9B	Feb-10	May-12	May-14	May-16	May-18
9C	Ene-09	Abr-11	Abr-13	Abr-15	
10A	Ago-12	Ago-14	Ago-16		
10B	Feb-10	Abr-12	Abr-14	Abr-16	Abr-18
11	Ene-10	Ene-12	Feb-14	Ene-16	
12A	May-11	May-13	May-15		
12B	May-12	May-14	May-16		
12C	May-12	May-14	May-16		
13	Oct-09	Oct-11	Oct-13	Oct-15	
14	Jun-09	Jun-11	Jun-13	Jun-15	
15	Abr-09	Jul-11	Jul-13	Jul-15	
16	Dic-09	Dic-11	Dic-13	Dic-15	Dic-17
17A	May-10	May-12	May-14	May-16	May-18
17B	Ago-10	Ene-13	Ene-15		
18A	May-09	Jun-11	Sep-13	Dic-15	
18B	Ene-10	Abr-12	Abr-14	Abr-16	
18C	Ago-10	Nov-12	Nov-14		
18D	Oct-09	Nov-11	Oct-13	Oct-15	
18E	Ene-12	Abr-14	Feb-16	Ene-18	Ene-20
19A	Jul-10	Ago-12	Ago-14	Ago-16	
19B	Mar-09	Jun-11	Jun-13	Jul-15	
20	Jul-09	Ago-11	Ago-13	Ago-15	
21A	Jun-10	Dic-12	Mar-15		
21B	Jul-10	Oct-12	Ene-15		
21C	Dic-09	Mar-12	Jun-14	Sep-16	Dic-18
21D	Ene-14	Ene-16			
22A	Abr-10	Jul-12	Oct-14		
22B	May-09	Ago-11	Nov-13	Feb-16	
22C	Oct-11	Ene-14	Abr-16		

Sigue en la página siguiente.

ACS	Descanso 1 Mes 1	Descanso 2 Mes 1	Descanso 3 Mes 1	Descanso 4 Mes 1	Descanso 5 Mes 1
22D	Jun-10	Sep-12	Dic-14		
23A	Feb-11	May-13	Ago-15		
23B	May-10	Ago-12	Nov-14		
23C	Ene-11	Abr-13	Jul-15		
24	Jul-11	Oct-13	Ene-16		
25A	Dic-12	Oct-15			
25B	Sep-14	Abr-17			
26A	Abr-11	Abr-13	Jul-15		
26B	Ene-13	Ene-15	Ene-17		
27	Oct-11	Nov-13	Feb-16		
28A	Ene-12	Ene-14	Ene-16		
28B	Ene-11	Abr-13	Jul-15		
28C	Jun-12	Jun-14	Jun-16		
29	Dic-09	Oct-12	Ene-15		
30A	Abr-11	Abr-13	Abr-15		
30B	Mar-10	Jun-12	Sep-14	Nov-16	
31A	May-09	Ago-11	Nov-13	Feb-16	
31B	Sep-10	Dic-12	Mar-15		
32	Feb-10	Abr-12	Abr-14	Abr-16	Abr-18
33	Ago-10	Nov-12	Feb-15		
34	Jun-11	Sep-13	Dic-15		
35	Jul-09	Oct-11	Ene-14	Abr-16	

Tabla 6.3: Periodos de Descanso Definidos para la X Región de Los Lagos y XI Región de Aysén, con duración de 3 meses e inicio en el día 1 del mes señalado. \*Los periodos de descanso para la ACS 4A se encuentran definidos de 29 de Septiembre a 29 de Octubre todos los años, para las ACS 4B y 5 estos comienzan en el día 21 y 15 de mes respectivamente. Fuente: Programación de Periodos de Descanso de las Agrupaciones de Concesiones de Salmonideos en las Regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes, Enero de 2015. [4]

## Anexo D: Proporción de Producción Estimada y Producción Potencial en una Serie Productiva $SP$ a nivel de ACS, con respecto al total productivo para ambas regiones

Proporción productiva respecto al total de ambas regiones					
X Región ACS	Producción Estimada	Producción Potencial	XI Región ACS	Producción Estimada	Producción Potencial
1	3,45 %	3,34 %	18A	1,70 %	1,25 %
2	5,65 %	4,34 %	18B	0,57 %	1,92 %
3A	1,40 %	1,84 %	18C	2,87 %	4,84 %

Sigue en la página siguiente.

X Región ACS	Producción Estimada	Producción Potencial	XI Región ACS	Producción Estimada	Producción Potencial
3B	1,50 %	1,34 %	18D	2,82 %	2,09 %
4A	0,00 %	0,17 %	18E	0,46 %	0,50 %
4B	0,00 %	0,17 %	19A	1,08 %	1,34 %
5	0,00 %	0,17 %	19B	0,94 %	1,42 %
6	1,39 %	0,67 %	20	1,97 %	2,84 %
7	1,80 %	1,17 %	21A	1,69 %	1,67 %
8	3,18 %	2,59 %	21B	1,92 %	3,51 %
9A	3,25 %	2,25 %	21C	1,00 %	1,84 %
9B	1,38 %	1,09 %	21D	1,35 %	1,50 %
9C	0,80 %	1,17 %	22A	0,65 %	1,50 %
10A	2,78 %	3,42 %	22B	0,73 %	0,42 %
10B	1,50 %	1,25 %	22C	0,83 %	0,50 %
11	4,39 %	3,26 %	22D	2,35 %	2,84 %
12A	2,89 %	1,92 %	23A	1,44 %	1,09 %
12B	0,90 %	0,75 %	23B	2,06 %	2,00 %
12C	0,15 %	0,25 %	23C	2,20 %	1,84 %
13	0,00 %	1,00 %	24	1,31 %	1,25 %
14	1,02 %	1,59 %	25A	0,91 %	0,83 %
15	0,97 %	1,42 %	25B	0,99 %	0,83 %
16	2,22 %	1,67 %	26A	0,64 %	0,42 %
17A	3,39 %	2,50 %	26B	0,63 %	0,83 %
17B	2,60 %	2,59 %	27	0,78 %	0,75 %
			28A	2,02 %	1,34 %
			28B	3,18 %	3,26 %
			28C	0,00 %	0,17 %
			29	0,34 %	0,58 %
			30A	1,28 %	1,92 %
			30B	0,58 %	1,42 %
			31A	1,13 %	0,33 %
			31B	1,07 %	0,92 %
			32	2,83 %	3,67 %
			33	2,98 %	3,09 %
			34	3,55 %	1,34 %
			35	0,54 %	0,25 %

Tabla 6.4: Proporción de Producción Estimada y Producción Potencial en una Serie Productiva *SP* a nivel de ACS, con respecto al total productivo para ambas regiones. Fuente: Elaboración Propia.

## Anexo E: Fechas de inicio de Periodos de Descanso relacionadas a los distintos meses estándar de la serie productiva de 9 trimestres, tomando como fecha de inicio Enero de 2009

SP9T Mes	Fechas de inicio de PD relacionadas a los distintos meses estándar de la serie productiva de 9 trimestres, con inicio Enero de 2009.								
1	Ene-09	Abr-11	Jul-13	Oct-15	Ene-18	Abr-20	Jul-22	Oct-24	Ene-27
2	Feb-09	May-11	Ago-13	Nov-15	Feb-18	May-20	Ago-22	Nov-24	Feb-27
3	Mar-09	Jun-11	Sep-13	Dic-15	Mar-18	Jun-20	Sep-22	Dic-24	Mar-27
4	Abr-09	Jul-11	Oct-13	Ene-16	Abr-18	Jul-20	Oct-22	Ene-25	Abr-27
5	May-09	Ago-11	Nov-13	Feb-16	May-18	Ago-20	Nov-22	Feb-25	May-27
6	Jun-09	Sep-11	Dic-13	Mar-16	Jun-18	Sep-20	Dic-22	Mar-25	Jun-27
7	Jul-09	Oct-11	Ene-14	Abr-16	Jul-18	Oct-20	Ene-23	Abr-25	Jul-27
8	Ago-09	Nov-11	Feb-14	May-16	Ago-18	Nov-20	Feb-23	May-25	Ago-27
9	Sep-09	Dic-11	Mar-14	Jun-16	Sep-18	Dic-20	Mar-23	Jun-25	Sep-27
10	Oct-09	Ene-12	Abr-14	Jul-16	Oct-18	Ene-21	Abr-23	Jul-25	Oct-27
11	Nov-09	Feb-12	May-14	Ago-16	Nov-18	Feb-21	May-23	Ago-25	Nov-27
12	Dic-09	Mar-12	Jun-14	Sep-16	Dic-18	Mar-21	Jun-23	Sep-25	Dic-27
13	Ene-10	Abr-12	Jul-14	Oct-16	Ene-19	Abr-21	Jul-23	Oct-25	Ene-28
14	Feb-10	May-12	Ago-14	Nov-16	Feb-19	May-21	Ago-23	Nov-25	Feb-28
15	Mar-10	Jun-12	Sep-14	Dic-16	Mar-19	Jun-21	Sep-23	Dic-25	Mar-28
16	Abr-10	Jul-12	Oct-14	Ene-17	Abr-19	Jul-21	Oct-23	Ene-26	Abr-28
17	May-10	Ago-12	Nov-14	Feb-17	May-19	Ago-21	Nov-23	Feb-26	May-28
18	Jun-10	Sep-12	Dic-14	Mar-17	Jun-19	Sep-21	Dic-23	Mar-26	Jun-28
19	Jul-10	Oct-12	Ene-15	Abr-17	Jul-19	Oct-21	Ene-24	Abr-26	Jul-28
20	Ago-10	Nov-12	Feb-15	May-17	Ago-19	Nov-21	Feb-24	May-26	Ago-28
21	Sep-10	Dic-12	Mar-15	Jun-17	Sep-19	Dic-21	Mar-24	Jun-26	Sep-28
22	Oct-10	Ene-13	Abr-15	Jul-17	Oct-19	Ene-22	Abr-24	Jul-26	Oct-28
23	Nov-10	Feb-13	May-15	Ago-17	Nov-19	Feb-22	May-24	Ago-26	Nov-28
24	Dic-10	Mar-13	Jun-15	Sep-17	Dic-19	Mar-22	Jun-24	Sep-26	Dic-28
25	Ene-11	Abr-13	Jul-15	Oct-17	Ene-20	Abr-22	Jul-24	Oct-26	Ene-29
26	Feb-11	May-13	Ago-15	Nov-17	Feb-20	May-22	Ago-24	Nov-26	Feb-29
27	Mar-11	Jun-13	Sep-15	Dic-17	Mar-20	Jun-22	Sep-24	Dic-26	Mar-29

Tabla 6.5: Fechas de inicio de Periodos de Descanso relacionadas a los distintos meses estándar de la serie productiva de 9 trimestres, tomando como fecha de inicio Enero de 2009. Fuente: Elaboración Propia.

**Anexo F: Periodos de Descanso de acuerdo al escenario 4 para la XI Región de Aysén, desde el último Periodo de Descanso definido, destacando el periodo en que se logra la adaptación, pasando a tener Periodos Productivos constantes de 21 meses**

ACS	Último PD Mes 1	PP Meses	PD Mes 1	PP Meses	PD Mes 1	PP Meses	PD Mes 1	PP Meses	PD Mes 1	PP Meses	PD Mes 1	PP Meses	PD Mes 1
1	<b>Ene-15</b>	21	Ene-17	21	Ene-19	21	Ene-21	21	Ene-23	21	Ene-25	21	Ene-27
2	<b>Ene-15</b>	21	Ene-17	21	Ene-19	21	Ene-21	21	Ene-23	21	Ene-25	21	Ene-27
3A	Nov-17	24	Feb-20	24	May-22	24	Ago-24	23	<b>Oct-26</b>	21	Oct-28	21	Oct-30
3B	Feb-18	24	May-20	24	Ago-22	23	<b>Oct-24</b>	21	Oct-26	21	Oct-28	21	Oct-30
4A*	**	-	<b>Oct-16</b>	21	Oct-18	21	Oct-20	21	Oct-22	21	Oct-24	21	Oct-26
4B*	Mar-15	-	<b>Oct-16</b>	21	Oct-18	21	Oct-20	21	Oct-22	21	Oct-24	21	Oct-26
5*	Dic-15	-	<b>Oct-16</b>	21	Oct-18	21	Oct-20	21	Oct-22	21	Oct-24	21	Oct-26
6	Oct-17	24	Ene-20	24	Abr-22	24	Jul-24	24	<b>Oct-26</b>	21	Oct-28	21	Oct-30
7	Ene-15	20	Dic-16	20	Nov-18	20	<b>Oct-20</b>	21	Oct-22	21	Oct-24	21	Oct-26
8	Feb-16	24	May-18	24	Ago-20	23	<b>Oct-22</b>	21	Oct-24	21	Oct-26	21	Oct-28
9A	Mar-15	24	Jun-17	24	Sep-19	24	Dic-21	24	Mar-24	24	Jun-26	22	<b>Jul-28</b>
9B	May-18	23	<b>Jul-20</b>	21	Jul-22	21	Jul-24	21	Jul-26	21	Jul-28	21	Jul-30
9C	Abr-15	24	Jul-17	24	Oct-19	24	Ene-22	24	Abr-24	24	<b>Jul-26</b>	21	Jul-28
10A	Ago-16	20	<b>Jul-18</b>	21	Jul-20	21	Jul-22	21	Jul-24	21	Jul-26	21	Jul-28
10B	Abr-18	24	<b>Jul-20</b>	21	Jul-22	21	Jul-24	21	Jul-26	21	Jul-28	21	Jul-30
11	Ene-16	24	<b>Abr-18</b>	21	Abr-20	21	Abr-22	21	Abr-24	21	Abr-26	21	Abr-28
12A	May-15	24	Ago-17	24	Nov-19	24	Feb-22	23	<b>Abr-24</b>	21	Abr-26	21	Abr-28
12B	May-16	20	<b>Abr-18</b>	21	Abr-20	21	Abr-22	21	Abr-24	21	Abr-26	21	Abr-28
12C	May-16	20	<b>Abr-18</b>	21	Abr-20	21	Abr-22	21	Abr-24	21	Abr-26	21	Abr-28
13*	Oct-15	0	<b>Oct-16</b>	21	Oct-18	21	Oct-20	21	Oct-22	21	Oct-24	21	Oct-26
14	Jun-15	24	Sep-17	24	Dic-19	24	Mar-22	24	Jun-24	24	Sep-26	22	<b>Oct-28</b>
15	Jul-15	24	Oct-17	24	Ene-20	24	Abr-22	24	Jul-24	24	<b>Oct-26</b>	21	Oct-28
16	Dic-17	24	Mar-20	24	Jun-22	24	Sep-24	22	<b>Oct-26</b>	21	Oct-28	21	Oct-30

Segue en la página siguiente.

ACS	Último PD Mes 1	PP Meses	PD Mes 1	PP Meses	PD Mes 1	PP Meses	PD Mes 1	PP Meses	PD Mes 1	PP Meses	PD Mes 1	PP Meses	PD Mes 1
17A	May-18	24	Ago-20	24	Nov-22	23	<b>Ene-25</b>	21	Ene-27	21	Ene-29	21	Ene-31
17B	<b>Ene-15</b>	21	Ene-17	0	Abr-17	0	Jul-17	0	Oct-17	0	Ene-18	0	Abr-18
18A	Dic-15	22	<b>Ene-18</b>	21	Ene-20	21	Ene-22	21	Ene-24	21	Ene-26	21	Ene-28
18B	Abr-16	20	Mar-18	20	Feb-20	20	<b>Ene-22</b>	21	Ene-24	21	Ene-26	21	Ene-28
18C	Nov-14	24	Feb-17	24	May-19	24	Ago-21	24	Nov-23	23	<b>Ene-26</b>	21	Ene-28
18D	Oct-15	24	<b>Ene-18</b>	21	Ene-20	21	Ene-22	21	Ene-24	21	Ene-26	21	Ene-28
18E	Ene-20	20	Dic-21	20	Nov-23	20	<b>Oct-25</b>	21	Oct-27	21	Oct-29	21	Oct-31
19A	Ago-16	24	Nov-18	24	Feb-21	24	May-23	24	Ago-25	24	Nov-27	23	<b>Ene-30</b>
19B	Jul-15	24	<b>Oct-17</b>	21	Oct-19	21	Oct-21	21	Oct-23	21	Oct-25	21	Oct-27
20	Ago-15	23	<b>Oct-17</b>	21	Oct-19	21	Oct-21	21	Oct-23	21	Oct-25	21	Oct-27
21A	Mar-15	24	Jun-17	24	Sep-19	22	<b>Oct-21</b>	21	Oct-23	21	Oct-25	21	Oct-27
21B	Ene-15	24	Mbr-17	24	Jul-19	24	<b>Oct-21</b>	21	Oct-23	21	Oct-25	21	Oct-27
21C	Dic-18	24	Mar-21	24	Jun-23	22	<b>Jul-25</b>	21	Jul-27	21	Jul-29	21	Jul-31
21D	Ene-16	20	Dic-17	20	Nov-19	20	Oct-21	20	Sep-23	20	Ago-25	20	<b>Jul-27</b>
22A	Oct-14	24	Ene-17	24	Abr-19	24	<b>Jul-21</b>	21	Jul-23	21	Jul-25	21	Jul-27
22B	Feb-16	24	May-18	24	Ago-20	24	Nov-22	24	Feb-25	24	May-27	23	<b>Jul-29</b>
22C	Abr-16	24	Jul-18	24	Oct-20	24	Ene-23	24	Abr-25	24	<b>Jul-27</b>	21	Jul-29
22D	Dic-14	24	Mar-17	24	Jun-19	22	<b>Jul-21</b>	21	Jul-23	21	Jul-25	21	Jul-27
23A	Ago-15	20	<b>Jul-17</b>	21	Jul-19	21	Jul-21	21	Jul-23	21	Jul-25	21	Jul-27
23B	Nov-14	24	Feb-17	24	May-19	23	<b>Jul-21</b>	21	Jul-23	21	Jul-25	21	Jul-27
23C	<b>Jul-15</b>	21	Jul-17	21	Jul-19	21	Jul-21	21	Jul-23	21	Jul-25	21	Jul-27
24	Ene-16	20	Dic-17	20	Nov-19	20	<b>Oct-21</b>	21	Oct-23	21	Oct-25	21	Oct-27
25A	<b>Oct-15</b>	21	Oct-17	21	Oct-19	21	Oct-21	21	Oct-23	21	Oct-25	21	Oct-27
25B	Abr-17	24	Jul-19	24	<b>Oct-21</b>	21	Oct-23	21	Oct-25	21	Oct-27	21	Oct-29
26A	Jul-15	24	<b>Oct-17</b>	21	Oct-19	21	Oct-21	21	Oct-23	21	Oct-25	21	Oct-27
26B	Ene-17	24	Abr-19	24	Jul-21	24	<b>Oct-23</b>	21	Oct-25	21	Oct-27	21	Oct-29
27	Feb-16	20	Ene-18	20	Dic-19	20	Nov-21	20	<b>Oct-23</b>	21	Oct-25	21	Oct-27
28A	<b>Ene-16</b>	21	Ene-18	21	Ene-20	21	Ene-22	21	Ene-24	21	Ene-26	21	Ene-28
28B	Jul-15	24	Oct-17	24	Ene-20	24	<b>Abr-22</b>	21	Abr-24	21	Abr-26	21	Abr-28

Segue en la página siguiente.

ACS	Último PD Mes 1	PP Meses	PD Mes 1	PP Meses	PD Mes 1	PP Meses	PD Mes 1	PP Meses	PD Mes 1	PP Meses	PD Mes 1	PP Meses	PD Mes 1
28C*	Jun-16	-	<b>Ene-18</b>	21	Ene-20	21	Ene-22	21	Ene-24	21	Ene-26	21	Ene-28
29	Ene-15	24	Abr-17	24	Jul-19	24	<b>Oct-21</b>	21	Oct-23	21	Oct-25	21	Oct-27
30A	Abr-15	24	<b>Jul-17</b>	21	Jul-19	21	Jul-21	21	Jul-23	21	Jul-25	21	Jul-27
30B	Nov-16	24	Feb-19	24	May-21	23	<b>Jul-23</b>	21	Jul-25	21	Jul-27	21	Jul-29
31A	Feb-16	24	May-18	24	Ago-20	24	Nov-22	24	Feb-25	23	<b>Abr-27</b>	21	Abr-29
31B	Mar-15	22	<b>Abr-17</b>	21	Abr-19	21	Abr-21	21	Abr-23	21	Abr-25	21	Abr-27
32	Abr-18	24	Jul-20	24	Oct-22	24	Ene-25	24	<b>Abr-27</b>	21	Abr-29	21	AAAbr-31
33	Feb-15	23	<b>Abr-17</b>	21	Abr-19	21	Abr-21	21	Abr-23	21	Abr-25	21	AAbr-27
34	Dic-15	24	Mar-18	24	Jun-20	24	Sep-22	24	Dic-24	24	Mar-27	22	<b>Abr-29</b>
35	Abr-16	24	Jul-18	24	Oct-20	24	Ene-23	24	<b>Abr-25</b>	21	Abr-27	21	Abr-29

Tabla 6.6: Periodos de Descanso de acuerdo al escenario 4 para la XI Región de Aysén, desde el último Periodo de Descanso definido, destacando el periodo en que se logra la adaptación, pasando a tener Periodos Productivos constantes de 21 meses.\*ACS con adaptación inmediata. \*\*29 de Septiembre a 29 de Octubre todos los años. Fuente: Elaboración Propia.