



GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE ECONOMÍA
FOMENTO Y TURISMO
SUBSECRETARÍA DE PESCA Y ACUICULTURA

Evaluación Ambiental y Sanitaria de Lavado in situ de Redes para la Acuicultura



PROYECTO "FIP 2014-51"
Licitación Pública ID N° 4728-24-LP14
INFORME FINAL

Diciembre 2016



1 RESUMEN EJECUTIVO

El presente informe ha sido elaborado por GESAM Consultores en el marco del proyecto FIP N° 2014-51 “Evaluación ambiental y sanitaria de lavado *in situ* de redes para la acuicultura”, financiado por el Fondo de Investigación Pesquera y Acuicultura (FIPA), del Ministerio de Economía, Fomento y Turismo. Esta entrega corresponde al Informe Final establecido en las Bases Técnicas de la Licitación ID N° 4728-24-LP14.

Este proyecto tiene como objetivo evaluar y comparar los riesgos ambientales y sanitarios asociados al uso de dos sistemas de lavado de redes en la acuicultura: i) lavado de redes *in situ* y ii) retiro de redes. Para esto, en primer lugar se identifican y describen los sistemas de lavado *in situ* empleados tanto en Chile como en el extranjero y la normativa asociada a la realización de esta actividad, se mencionan los costos asociados a los sistemas de lavado *in situ* y al sistema de retiro de redes, se registran los tiempo empleados en la actividad de lavado *in situ*, se determina el aporte de materia orgánica particulada en la columna de agua y en el fondo marino, se identifica la presencia de ISAv y *Piscirickettsia salmonis*, para finalmente realizar un análisis de riesgo que permita identificar cuál de los dos sistemas analizados (*in situ* vs. retiro de redes) presenta un mayor riesgo desde el punto de vista ambiental y sanitario.

Cabe indicar que dentro de la industria acuícola una de las principales dificultades operativas corresponde a la adherencia de incrustantes o “*fouling*” en las estructuras sumergidas en los centros de cultivo. Actualmente, para eliminar estos organismos incrustados los centros de cultivo en Chile emplean principalmente el retiro de redes impregnadas y dos sistemas de lavado *in situ*, uno sin retención de sólidos y otro con retención de sólidos. Entre los dos últimos, el lavado *in situ* sin

retención de sólidos es actualmente el más solicitado por la industria. Utiliza hidrolavadoras con agua de mar a alta presión y discos giratorios que desprenden los organismos incrustados de las redes, mientras que el sistema con retención, de mayor costo y tiempo para ser aplicado, se basa en el trabajo de un profesional buzo que aspira las redes y separa las aguas del material sólido desprendido manualmente.

El lavado *in situ* de redes es usualmente aplicado y aceptado en países donde la productividad primaria del mar es baja, lo que permite que el lavado de redes sea una actividad esporádica. Para conocer la normativa internacional relacionada con el lavado *in situ* de redes, se exponen brevemente los casos de Noruega, Canadá, Escocia, Irlanda, Inglaterra, Australia y Estados Unidos.

A su vez, en este proyecto se analizaron los costos asociados a cada uno de los sistemas utilizados, determinando que, para el caso de retiro de redes, los costos aumentan alrededor de un 40-50% en relación con el lavado *in situ* sin retención de sólidos.

En relación a la frecuencia de lavado *in situ* se utilizó información de la empresa salmonera Camanchaca, que cuenta con un programa de lavado permanente durante todo el año. Así también, la frecuencia de lavado utilizada por Camanchaca es mayor a la establecida en el Reglamento Ambiental para la Acuicultura (RAMA), satisfaciendo los requerimientos de la normativa.

Durante el desarrollo del presente proyecto también se analizó cómo impactarían los diferentes sistemas de lavado de redes en relación al aporte de materia orgánica particulada en la columna de agua y en el fondo marino y su posible efecto sobre las condiciones aeróbicas. Para ello se ejecutaron cuatro (4) campañas de terreno distribuidas en cada estación del año, comenzando la primera de ellas en la

temporada de invierno de 2015 y culminando en otoño de 2016. Durante el total de campañas se analizó un total de 12 centros que realizaran lavado mediante retiro de redes y 12 centros que realizaran lavado *in situ*. Todos los centros visitados con sistema de lavado *in situ* de redes se ubicaron en la porción oriental de la X Región de los Lagos, entre las latitudes 41°43' S y 42°54' S, mientras que la mayoría de los centros visitados que realizan retiro de redes se ubicaron en el Archipiélago de las Guaitecas, XI Región de Aysén, entre las latitudes 44°18' S y 45°17' S, con excepción de un centro ubicado en la Región de los Lagos, próximo a la localidad de Contao.

Como una aproximación para evaluar cómo impacta el lavado de redes en relación a las concentraciones de materia orgánica se estimó el coeficiente de difusión, calculado en base a la ecuación de Fick, aunque cabe mencionar que de acuerdo a los resultados obtenidos no fue posible determinar ninguna tendencia en el comportamiento de la difusión de materia orgánica conforme a la distancia de la jaula, ya que dentro de la máxima distancia considerada en este análisis (30 m), los valores aumentaron o disminuyeron indistintamente para diferentes variables (temporada de la campaña, tipo de tratamiento, momento de la toma de muestras (antes o durante el lavado/retiro) y centros estudiados). Debido a lo anterior no fue posible estimar el volumen de agua afectada por la materia orgánica desprendida de las redes durante el lavado/retiro, aunque cabe destacar que en general no se observaron diferencias notorias entre ambos sistemas de tratamiento de redes.

Por otra parte, de los muestreos realizados se observó que las mayores concentraciones de oxígeno disuelto se registraron en las temporadas más frías, principalmente durante la campaña de invierno que presentó las menores temperaturas. Por el contrario, las menores concentraciones de oxígeno disuelto, incluso con valores inferiores a 5 mg/L, se registraron en las campañas más cálidas.

No obstante, en las campañas predominó la observación de diversos comportamientos respecto a la concentración de oxígeno disuelto y valores de temperatura, por ejemplo, en relación con la distancia a la jaula, por lo que no se identificaron patrones entre la variabilidad de parámetros fisicoquímicos del agua y la utilización de los diferentes sistemas de tratamiento de redes. En este contexto, complementando los resultados de concentración de materia orgánica, cabe indicar que un aumento en su concentración generaría disminución del oxígeno disuelto por procesos de descomposición. En resumen, para este importante parámetro no se observó una diferenciación entre lavado *in situ* o retiro de redes.

Respecto a la presencia de ISAv y *Piscirickettsia salmonis*, de todas las muestras colectadas (144) fueron detectados 13 registros positivos para *P. salmonis* y 4 para ISAv. La aparición de estos patógenos en la columna de agua se presentó en las dos campañas de monitoreo con menores temperaturas, invierno y otoño, característica que permitiría la sobrevivencia de los patógenos. Sin embargo, es importante recordar que dado que todos los centros analizados presentaban una condición sanitaria con presencia de al menos uno de estos patógenos, los resultados mostraron que los diferentes sistemas de tratamiento de redes no tendrían implicancia en la dispersión de patógenos, pues como se ha descrito en la literatura los mecanismos de transmisión son principalmente a través de partículas virales en musgos, heces o material biológico contaminado de los peces o por contacto directo de peces susceptibles e infectados. Los análisis de Viabilidad biológica efectuados a las muestras positivas para presencia de virus ISA y *Piscirickettsia* dieron negativo.

Finalmente, en el presente Proyecto se realizó una evaluación de riesgo con el propósito de identificar cuál de los sistemas utilizados representa un mayor riesgo desde el punto de vista ambiental y sanitario. Al respecto, del análisis de riesgo

realizado al lavado *in situ* y al retiro de redes, es posible determinar que desde el punto de vista ambiental el lavado de redes insitu conlleva un riesgo mayor. Esto se debe específicamente a que los lavados insitu se realizan con mucha más frecuencia que el retiro de redes.

Desde el punto de vista sanitario, los niveles de riesgo del lavado *in situ* y del retiro de redes son similares en las campañas de primavera (nivel de riesgo bajo en ambos casos) y otoño (nivel de riesgo alto). Durante la campaña de invierno, sin embargo, se determinó un nivel menor de riesgo para retiro de redes frente al lavado *in situ*, con niveles de riesgo bajo y medio, respectivamente.

Finalmente, basado en la experiencia internacional se considera adecuado como medida para disminuir el nivel de riesgo identificado la experiencia de Noruega, la eliminación de residuos al medioambiente debe ser autorizada por el Gobierno del Condado (autoridad local). Así también, la legislación noruega identifica responsables para restaurar el sitio y las áreas colindantes al finalizar la producción, lo que garantiza la implementación de buenas prácticas por parte de la industria.

2 EXECUTIVE SUMMARY

This project aims to evaluate and compare the environmental and sanitary risks associated with the use of two networks wash systems in aquaculture: i) *in situ* nets cleaning and ii) removal of nets. For this, in first place are identified and described *in situ* nets cleaning systems used in Chile and foreign, and the associated regulations with this activity, the associated costs with both systems mentioned, times related to the *in situ* nets cleaning activity are recorded, the contribution of particulate organic matter in the water column and near the seabed is determined, the presence of ISAv and *P. salmonis* is identified, and finally a risk analysis is performed to identify which

of the systems (*in situ* nets cleaning vs replacement of nets) presents a greater environmental and health risk.

As an introduction to the theme, fits indicate that within the aquaculture industry one of the main difficulties corresponds to the adherence of fouling or incrustation in the structures submerged in the centers of culture. Currently, to eliminate these encrusted organisms the Chilean cultivation centers mainly use the removal of impregnated nets and two *in situ* nets cleaning systems, one without solids retention and the other with solids retention. Between the last two, *in situ* nets cleaning without solid retention is currently the most requested by the Chilean industry. It uses high-pressure washers with sea water and rotating discs that released the incrustated organisms from the nets, while the retention system, with higher cost and time to be applied, is based on the work of a professional diver who inhales the nets and separates the waters from the solid material.

In situ nets cleaning is usually applied and accepted in countries where primary sea productivity is low, allowing nets cleaning to be a sporadic activity. To know the international regulations related with the *in-situ* nets cleaning, the cases of Norway, Canada, Scotland, Ireland, England, Australia and the United States are exposed. In addition, the costs associated to each system used were analyzed, determining that in the case of replacement of nets, costs increase around 40-50% in relation to *in situ* nets cleaning without solids retention.

In relation to *in situ* nets cleaning frequency, information was used from Camanchaca salmon company, which has a permanent washing program during all the year. The *in-situ* nets cleaning frequency used by Camanchaca is higher than established in the Reglamento Ambiental para la Acuicultura (RAMA), satisfying the requirements of the regulations.

In this project was also analyzed how they would impact the systems of nets cleaning in relation to the contribution of particulate organic matter in the column of water and near the seabed and its possible effect on the aerobic conditions. For this, four (4) field campaigns are carried out in each season of the year, beginning the first of them on winter season 2015 and culminating on autumn 2016. During the campaigns, a total of 12 centers were analyzed with replacement of nets and 12 centers that performed in situ nets cleaning. All the centers visited with in situ nets cleaning system were in the eastern area of the X Region de Los Lagos, between latitudes 41°43' S and 42°54' S, while the most centers visited with replacement of nets were in the Archipelago de las Guaitecas, XI Región de Aysén, between latitudes 44°18' S and 45°17' S, except a center located in Region de los Lagos, near to Contao village.

The diffusion coefficient of organic matter was estimated, calculated using the Fick equation. According to the results obtained it was not possible to determine a tendency in the diffusion of organic matter related to the distance of the cage. In fact, in the greater distance values increased or decreased indistinctly for different variables (before or during the *in-situ* cleaning/replacement and centers studied). Therefore, it was not possible to estimate the volume of water affected by the organic material discharged from the nets during the wash / retreat, although it should be noted that there were no noticeable differences between the two treatment systems.

It was observed that the highest concentrations of dissolved oxygen are recorded in the colder seasons, mainly during the winter season that presented the lowest temperatures.

The lowest concentrations of dissolved oxygen, even with values below 5 mg / L, were recorded in the warmer seasons. During the campaigns, it was observed

different behaviors with respect to the dissolved oxygen concentration and temperature values, for example, in relation distance to the cage, reason why no tendency identified between the variability of physicochemical parameters of the water and the use of the two treatment of networks systems. In this context, complementing the results of organic matter concentration, it is possible to indicate that an increase in its concentration would generate decrease of dissolved oxygen by processes of decomposition

Consequently, there was not a differentiation between washing in-situ or removal of networks.

With respect to the presence of ISAv and *Piscirickettsia salmonis*, of all collected samples (144) only were detected 13 positive records for *P. salmonis* and 4 for ISAv. The appearance of these pathogenic in the column of water is presented in the two campaigns of monitoring with minor temperatures, winter and autumn, feature that would allow the survival of them pathogenic. However, it is important to remember that since all the centers analyzed had a health condition with the presence of at least one of these pathogens, the results showed that different systems of networks would not have implication in the dispersion of pathogens, as transmission mechanisms has been described in the literature they are mainly through viral particles in moses, feces or contaminated biological material of the fish or by direct contact between infected and susceptible fish. None of the positive samples for both organisms shown biological viability.

Finally, in the present project was realized a risk assessment to identify which of the systems used represents an increased risk from the environmental and health point of view. About it, of the risk analysis realized to *in situ* nets cleaning and removal of nets, it is possible to determine that, from the environmental point of view and

considering only the results of the present study, net cleaning by insitu procedures have a higher risk to environment due basically to a higher frequency of application.

From the health point of view, the levels of risk of in situ washing and removal of nets are similar in the spring campaigns (risk level low in both cases) and autumn (high risk level). During the winter campaign, however, was one lower level of risk for removal versus washing in situ networks with low risk levels and medium, respectively.

In this context, is should indicate that not was possible determine differences significant starting from the methodology of analysis of risk employed (OIE modified), considering that both compared systems (*in situ* nets cleaning and removal of nets) presented the same level of risk environmental in them different campaigns made during a year and that the level of risk health only presented differences in the campaign of autumn (level medium for *in situ* nets cleaning and low for removal of nets).

Finally, based on international experience deemed appropriate as a measure to reduce the level of risk identified the experience of Norway, where all disposal of waste to the environment must be authorized by the County Government (local authority). This way also, the Norwegian legislation identifies responsible to restore the site and adjacent areas at the end of the production, which ensures the implementation of good practices by the industry.

PERSONAL PARTICIPANTE

NOMBRE	TÍTULO/GRADO	FUNCIÓN EN EL PROYECTO
Cristian Andrade Madrid	Biólogo, U de Chile, Oceanógrafo, y Master of Sciences U Wales.	Jefe de Proyecto, Presentaciones.
Claudia Verdugo Castro	Ingeniero en Acuicultura, U. Andrés Bello, Máster en Gestión y Auditoría Ambiental especialidad en Gestión y Conservación de los Espacios Naturales y Contaminación Marina, U. de León, España.	Coordinadora del proyecto, Identificación de sistemas de lavado, nacional e internacional, diseño experimental y de toma de muestras
Daphne Valencia Figueroa	Biólogo, Facultad de Ciencias, U de Chile, Bióloga Marina Universidad de Gales, Gran Bretaña.	Evaluación de riesgos ambientales
Alejandro Jirón Tokos	Ingeniero en Acuicultura, U. Andrés Bello	Análisis de procesos de Acuicultura.
Javier González Navarrete	Licenciado en Ciencias Ambientales, Mención en Química, Doctor en Química (c), U. de Chile.	Análisis de aportes de materia orgánica y agentes infecciosos en la columna de agua y sedimentos
Miguel Cisterna Cigarra	Ingeniero en Recursos Naturales Renovables, U. de Chile.	Coordinador de terrenos e informes.
Claudio Riquelme Zavala	Biólogo Marino (c) U. Austral de Chile.	Encargado de equipos de terreno, logística, asistente de terreno.
Valeria Pig Andrade	Técnico en comercio exterior.	Administración y Finanzas

ÍNDICE GENERAL

	pág.
1 RESUMEN EJECUTIVO	2
2 EXECUTIVE SUMMARY	6
3 OBJETIVOS	17
3.1 OBJETIVO GENERAL	17
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
4 REUNIONES Y GESTIONES	19
4.1 INICIO DEL PROYECTO	19
4.2 REUNIÓN DE COORDINACIÓN	19
4.3 GESTIONES EJECUTADAS POR GESAM CONSULTORES	20
4.4 PRIMERA REUNIÓN DE ESTADO DE AVANCE	21
4.5 GESTIONES EJECUTADAS POR SUBPESCA	22
4.6 SEGUNDA REUNIÓN DE ESTADO DE AVANCE	23
4.7 TERCERA REUNIÓN DE ESTADO DE AVANCE	24
4.8 RESUMEN FINAL DE MONITOREOS	25
4.9 TALLERES DE DIFUSIÓN	25
5 ANTECEDENTES	28
7 METODOLOGÍAS DE TRABAJO	35
7.1 IDENTIFICAR LOS SISTEMAS DE LAVADO IN SITU EMPLEADOS ACTUALMENTE EN NUESTRO PAÍS Y DESCRIBIR EL PROCESO DE LAVADO.	35
7.2 RECOPILAR LA INFORMACIÓN DISPONIBLE RESPECTO A LOS SISTEMAS DE LAVADO IN SITU UTILIZADOS INTERNACIONALMENTE EN CENTROS DE CULTIVO DE PECES, SEÑALANDO ADEMÁS LA NORMATIVA RELACIONADA PARA LA REALIZACIÓN DE ESTAS ACTIVIDADES.	36
7.3 RECOPILAR INFORMACIÓN Y COMPARAR LOS COSTOS ASOCIADOS ENTRE LOS DISTINTOS SISTEMAS DE LAVADO IN SITU VERSUS EL SISTEMA DE RETIRO DE REDES, UTILIZADOS EN LOS CENTROS DE CULTIVO DE PAÍS.	37
7.4 REGISTRAR EL TIEMPO EMPLEADO EN LA ACTIVIDAD DE LAVADO IN SITU, EN CONFORMIDAD CON LO SEÑALADO EN EL REGLAMENTO AMBIENTAL PARA LA ACUICULTURA.	37
7.5 DETERMINAR EL APORTE DE MATERIA ORGÁNICA PARTICULADA EN LA COLUMNA DE AGUA Y EN EL FONDO MARINO Y SU POSIBLE IMPACTO SOBRE LAS CONDICIONES AERÓBICAS, REFERIDA AL LAVADO IN SITU Y EL RETIRO DE REDES IMPREGNADAS.	38
7.5.1 ÉPOCAS DE MUESTREO	38
7.5.2 SELECCIÓN DE SITIOS DE MONITOREO	39
7.5.3 ESTACIONES DE MONITOREO	40
7.5.4 NÚMERO DE MUESTRAS	42
7.5.5 VARIABLES A MONITOREAR	43
7.5.6 DISEÑO EXPERIMENTAL	43
7.6 IDENTIFICAR Y CUANTIFICAR LA PRESENCIA DE ISAV Y PISCIRICKETTSIA SALMONIS EN LA COLUMNA DE AGUA, COMO RESULTADO DE LAS ACTIVIDADES DE LAVADO IN SITU EN CENTROS DE CULTIVO DE SALMONES.	49
7.6.1 ÉPOCA DE MUESTREO	49
7.6.2 SELECCIÓN DE SITIOS DE MUESTREO	49
7.6.3 ESTACIONES DE MUESTREO	49
7.6.4 VARIABLES A MONITOREAR	49
7.6.5 DISEÑO EXPERIMENTAL	49
7.6.6 ANÁLISIS DE LABORATORIO	50
7.6.7 ANÁLISIS DE RESULTADOS	52

7.7	IDENTIFICAR Y CUANTIFICAR LA PRESENCIA DE ISAV Y PISCIRICKETTSIA SALMONIS EN LA COLUMNA DE AGUA, COMO RESULTADO DE LAS ACTIVIDADES DE RETIRO DE REDES EN CENTROS DE CULTIVO DE SALMONES.	52
7.7.1	ÉPOCA DE MUESTREO	52
7.7.2	SELECCIÓN DE SITIOS DE MUESTREO	52
7.7.3	ESTACIONES DE MUESTREO	52
7.7.4	VARIABLES A MONITOREAR	52
7.7.5	DISEÑO EXPERIMENTAL	53
7.7.6	ANÁLISIS DE LABORATORIO	53
7.7.7	ANÁLISIS DE RESULTADOS	53
7.8	DETERMINAR LA VIABILIDAD DE LOS AGENTES INFECCIOSOS IDENTIFICADOS A PARTIR DE LOS OBJETIVOS ANTERIORES.	53
7.9	REALIZAR UNA EVALUACIÓN DE RIESGOS QUE PERMITA IDENTIFICAR CUÁL DE LOS SISTEMAS UTILIZADOS PRESENTA UN MAYOR RIESGO DESDE EL PUNTO DE VISTA AMBIENTAL Y SANITARIO.	54
8	RESULTADOS	55
8.1	IDENTIFICAR LOS SISTEMAS DE LAVADO IN SITU EMPLEADOS ACTUALMENTE EN NUESTRO PAÍS Y DESCRIBIR EL PROCESO DE LAVADO.	55
8.1.1	RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN: SISTEMAS DE LAVADO IN SITU UTILIZADOS EN CHILE	55
8.1.2	INFORMACIÓN DE ENCUESTAS	63
8.2	RECOPIAR LA INFORMACIÓN DISPONIBLE RESPECTO A LOS SISTEMAS DE LAVADO IN SITU UTILIZADOS INTERNACIONALMENTE EN CENTROS DE CULTIVO DE PECES, SEÑALANDO ADEMÁS LA NORMATIVA RELACIONADA PARA LA REALIZACIÓN DE ESTAS ACTIVIDADES.	65
8.2.1	SISTEMAS DE LAVADO IN SITU MÁS COMUNES POR PAÍS	66
8.2.2	NORMATIVA INTERNACIONAL	71
8.3	RECOPIAR INFORMACIÓN Y COMPARAR LOS COSTOS ASOCIADOS ENTRE LOS DISTINTOS SISTEMAS DE LAVADO IN SITU VERSUS EL SISTEMA DE RETIRO DE REDES, UTILIZADOS EN LOS CENTROS DE CULTIVO DEL PAÍS.	78
8.4	REGISTRAR EL TIEMPO EMPLEADO EN LA ACTIVIDAD DE LAVADO IN SITU, EN CONFORMIDAD CON LO SEÑALADO EN EL REGLAMENTO AMBIENTAL PARA LA ACUICULTURA (RAMA).	81
8.5	DETERMINAR EL APORTE DE MATERIA ORGÁNICA PARTICULADA EN LA COLUMNA DE AGUA Y EN EL FONDO MARINO Y SU POSIBLE IMPACTO SOBRE LAS CONDICIONES AERÓBICAS, REFERIDA AL LAVADO IN SITU Y EL RETIRO DE REDES IMPREGNADAS.	84
8.5.1	ÉPOCA DE MUESTREO	84
8.5.2	SELECCIÓN DE SITIOS DE MONITOREO	88
8.5.3	ESTACIONES DE MONITOREO	89
8.5.4	MATERIA ORGÁNICA EN LA COLUMNA DE AGUA	90
8.5.5	DBO ₅	102
8.5.6	PERFILES DE OXÍGENO DISUELTO Y TEMPERATURA	105
8.5.7	RELACIÓN CUALITATIVA DE MATERIAS ORGÁNICA, DBO ₅ Y TEMPERATURA	115
8.5.8	COMPARACIÓN DE CENTROS MUESTREADOS EN DOS CAMPAÑAS	121
8.6	IDENTIFICAR Y CUANTIFICAR LA PRESENCIA DE ISAV Y PISCIRICKETTSIA SALMONIS EN LA COLUMNA DE AGUA, COMO RESULTADO DE LAS ACTIVIDADES DE LAVADO IN SITU EN CENTROS DE CULTIVO DE SALMONES.	126
8.6.1	CAMPAÑA DE INVIERNO 2015	126
8.6.2	CAMPAÑA DE PRIMAVERA 2015	126
8.6.3	CAMPAÑA DE VERANO 2016	126
8.6.4	CAMPAÑA DE OTOÑO 2016	127
8.7	IDENTIFICAR Y CUANTIFICAR LA PRESENCIA DE ISAV Y PISCIRICKETTSIA SALMONIS EN LA COLUMNA DE AGUA, COMO RESULTADO DE LAS ACTIVIDADES DE RETIRO DE REDES EN CENTROS DE CULTIVO DE SALMONES.	128
8.7.1	CAMPAÑA DE INVIERNO 2015	128
8.7.2	CAMPAÑA DE PRIMAVERA 2015	128
8.7.3	CAMPAÑA DE VERANO 2016	128
8.7.4	CAMPAÑA DE OTOÑO 2016	128
8.8	DETERMINAR LA VIABILIDAD DE LOS AGENTES INFECCIOSOS IDENTIFICADOS A PARTIR DE LOS OBJETIVOS ANTERIORES.	130
8.9	REALIZAR UNA EVALUACIÓN DE RIESGOS QUE PERMITA IDENTIFICAR CUÁL DE LOS SISTEMAS UTILIZADOS REPRESENTA UN MAYOR RIESGO DESDE EL PUNTO DE VISTA AMBIENTAL Y SANITARIO.	131

8.9.1	IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS	132
8.9.2	EVALUACIÓN DEL RIESGO	134
8.9.3	GESTIÓN DEL RIESGO	145
8.9.4	COMUNICACIÓN SOBRE EL RIESGO	146
8.9.5	RANKING DE LOS SISTEMAS COMPARADOS	147
9	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	148
10	CONCLUSIONES	158
11	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	161

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 4-1.	NUMERO DE MONITOREOS POR CAMPAÑA DE TERRENO.	25
TABLA 4-1.	ASISTENTES TALLER DE DIFUSIÓN PUERTO AYSÉN.	26
TABLA 4-1.	ASISTENTES TALLER DE DIFUSIÓN PUERTO MONTT.	27
TABLA 6-1.	NUMERO DE MUESTRAS POR CADA JAULA MONITOREADA.	42
TABLA 7-1.	LISTADO DE EMPRESAS CON SERVICIO DE LAVADO DE REDES IN SITU.	56
TABLA 7-2.	ÁREA ABARCADA POR CANTIDAD DE DISCOS EN HIDROLAVADORA - AKVA.	57
TABLA 7-3.	NORMATIVA POR PAÍSES QUE SE APLICA A LA ACUICULTURA Y/O AL LAVADO DE REDES.	76
TABLA 7-4.	PRESUPUESTO TIPO SOLICITADO.	78
TABLA 7-5.	COSTO PROMEDIO DE LAVADO DE REDES POR EVENTO.	80
TABLA 7-5.	COMPARACIÓN DEL NÚMERO DE LAVADOS DE REDES IN SITU EN RAMA Y CAMANCHACA POR AÑO.	83
TABLA 7-5.	FECHA DE EJECUCIÓN DE CAMPAÑAS.	84
TABLA 7-6.	CANTIDAD DE CENTROS DE CULTIVO MONITOREADOS POR CAMPAÑA.	85
TABLA 7-7.	CENTROS DE CULTIVO MONITOREADOS POR CAMPAÑA.	86
TABLA 7-8.	EQUIVALENCIA DE CENTROS DE CULTIVO MONITOREADOS EN DOS CAMPAÑAS.	88
TABLA 7-9.	COEFICIENTES DE DIFUSIÓN (M ² /s) PARA MATERIA ORGÁNICA.	101
TABLA 7-10.	COMPARACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA, OXÍGENO DISUELTOS Y TEMPERATURA ENTRE CENTROS DE CULTIVOS MUESTREADOS EN DOS CAMPAÑAS.	122
TABLA 7-13.	RESUMEN DE MUESTRAS POSITIVAS EN CENTROS CON LAVADO IN SITU DE REDES.	127
TABLA 7-12.	RESUMEN DE MUESTRAS POSITIVAS EN CENTROS CON RETIRO DE REDES.	129
TABLA 7-13.	PROBABILIDAD DE OCURRENCIA.	135
TABLA 7-13.	PROMEDIO MATERIA ORGÁNICA POR SISTEMA Y FRECUENCIA DE LAVADO	136
TABLA 7-14.	CONSECUENCIA DEL DESPRENDIMIENTO DE MATERIA ORGÁNICA.	137
TABLA 7-15.	CONSECUENCIA DE LA PRESENCIA DE AGENTES PATÓGENOS.	137
TABLA 7-16.	EVALUACIÓN DEL RIESGO DEL DESPRENDIMIENTO DE MATERIA ORGÁNICA	138
TABLA 7-16.	EVALUACIÓN DEL RIESGO DEL DESPRENDIMIENTO DE MATERIA ORGÁNICA	138
TABLA 7-17.	VALORES Y ESTADÍSTICAS MATERIA ORGÁNICA CON LAVADO UN SITU Y RETIRO PARA 4 ÉPOCAS.	139
TABLA 7-16.	EVALUACIÓN DEL RIESGO DEL DESPRENDIMIENTO DE MATERIA ORGÁNICA	143
TABLA 7-16.	EVALUACIÓN DE RIESGO PRESENCIA DE PATÓGENOS: LAVADO IN SITU	144
TABLA 7-16.	EVALUACIÓN DE RIESGO PRESENCIA DE PATÓGENOS: RETIRO DE REDES	145

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 6-1. ESTACIONES DE TOMA DE MUESTRAS EN JAULAS INDIVIDUALES	40
FIGURA 6-2. ESTACIONES DE TOMA DE MUESTRA EN TREN DE JAULAS.	42
FIGURA 6-3. ECOSONDA GARMIN FISHFINDER 90.	45
FIGURA 6-4. EQUIPO MEDICIÓN MULTIPARÁMETRO WTW 3420.	46
FIGURA 6-5. VELOCÍMETRO GLOBAL WATERS FP 211	46
FIGURA 7-1. CONFIGURACIONES DE DISCOS Y ÁREA DE LIMPIEZA ABARCADA POR LAS HIDROLAVADORAS – AKVA.	58
FIGURA 6-4. COSTO PROMEDIO DE LAVADO DE REDES POR EVENTO.....	80
FIGURA 6-4. NUMERO DE LAVADOS DE REDES POR AÑO PARA RAMA Y CAMANCHACA.....	83
FIGURA 7-2. ESTACIONES DE TOMA DE MUESTRA EN TREN DE JAULAS.	90
FIGURA 7-3. MATERIA ORGÁNICA PROMEDIO (MG/L) POR FACTOR ANALIZADO – CAMPAÑA INVIERNO 2015.	93
FIGURA 7-4. MATERIA ORGÁNICA PROMEDIO (MG/L) POR FACTOR ANALIZADO – CAMPAÑA PRIMAVERA 2015.	95
FIGURA 7-5. MATERIA ORGÁNICA PROMEDIO (MG/L) POR FACTOR ANALIZADO – CAMPAÑA VERANO 2016.	97
FIGURA 7-6. MATERIA ORGÁNICA PROMEDIO (MG/L) POR FACTOR ANALIZADO – CAMPAÑA OTOÑO 2016.	99
FIGURA 7-7. PORCENTAJE DE VALORES DBO5 SOBRE EL LÍMITE DE DETECCIÓN.	103
FIGURA 7-10 PROMEDIO DE DBO5 ANTES Y DESPUÉS DE TRABAJO DE REDES *	104
FIGURA 7-11 PROMEDIO DE DBO5 PARA AMBOS TRATAMIENTOS DE REDES	104
FIGURA 7-8. CONCENTRACIÓN PROMEDIO DE OXÍGENO DISUELTO (MG/L) POR CENTRO DE CULTIVO – INVIERNO 2015.	107
FIGURA 7-9. VALORES PROMEDIO DE TEMPERATURA (°C) POR CENTRO DE CULTIVO – INVIERNO 2015.....	108
FIGURA 7-10. CONCENTRACIÓN PROMEDIO DE OXÍGENO DISUELTO (MG/L) POR CENTRO DE CULTIVO – PRIMAVERA 2015.	110
FIGURA 7-11. CONCENTRACIÓN PROMEDIO DE OXÍGENO DISUELTO (MG/L) POR CENTRO DE CULTIVO – VERANO 2016.....	112
FIGURA 7-12. CONCENTRACIÓN PROMEDIO DE OXÍGENO DISUELTO (MG/L) POR CENTRO DE CULTIVO – OTOÑO 2016.....	113
FIGURA 7-13. CONCENTRACIONES DE MATERIA ORGÁNICA (MG/L) Y DBO ₅ (MG/L) EN RELACIÓN A VELOCIDAD DE CORRIENTE Y MOMENTO DE LA TOMA DE MUESTRA – INVIERNO 2015.	117
FIGURA 7-14. CONCENTRACIONES DE MATERIA ORGÁNICA (MG/L) Y DBO ₅ (MG/L) EN RELACIÓN A VELOCIDAD DE CORRIENTE Y MOMENTO DE LA TOMA DE MUESTRA – PRIMAVERA 2015.....	118
FIGURA 7-15. CONCENTRACIONES DE MATERIA ORGÁNICA (MG/L) Y DBO ₅ (MG/L) EN RELACIÓN A VELOCIDAD DE CORRIENTE Y MOMENTO DE LA TOMA DE MUESTRA – VERANO 2016.	119
FIGURA 7-16. CONCENTRACIONES DE MATERIA ORGÁNICA (MG/L) Y DBO ₅ (MG/L) EN RELACIÓN A VELOCIDAD DE CORRIENTE Y MOMENTO DE LA TOMA DE MUESTRA – OTOÑO 2016.	120
FIGURA 7-17. COMPARACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA ENTRE CENTROS DE CULTIVOS MUESTREADOS EN DOS CAMPAÑAS.	123
FIGURA 7-18. COMPARACIÓN DE OXÍGENO DISUELTO (MG/L) EN CENTROS DE CULTIVOS MUESTREADOS EN DOS CAMPAÑAS.	124
FIGURA 7-19. COMPARACIÓN DE OXÍGENO DISUELTO (MG/L) SEGÚN LA DISTANCIA A LA JAULA EN CENTROS DE CULTIVOS MUESTREADOS EN DOS CAMPAÑAS.	125
FIGURA 6-5. ESQUEMA ANALISIS DE RIESGO	134

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: MAPA CENTROS DE CULTIVO

ANEXO 2: FOTOGRAFÍAS

ANEXO 3: BASE DE DATOS

ANEXO 4: INFORMES LABORATORIOS

ANEXO 5: COMPROBANTES DESINFECCIÓN

ANEXO 6: CARTAS

ANEXO 7: RESPALDO COMUNICACIONES

ANEXO 8: ENCUESTA REDES

ANEXO 9: PRESENTACION TALLERES DE DIFUSION

ANEXO 10: INVITADOS TALLERES DE DIFUSION

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo General

Evaluar y comparar los riesgos ambientales y sanitarios asociados entre el sistema de lavado *in situ* y el sistema de retiro de redes.

3.2 Objetivos Específicos

- I. Identificar los sistemas de lavado *in situ* empleados actualmente en nuestro país y describir el proceso de lavado.
- II. Recopilar la información disponible respecto a los sistemas de lavado *in situ* utilizados internacionalmente en centros de cultivo de peces, señalando además la normativa relacionada para la realización de estas actividades.
- III. Recopilar información y comparar los costos asociados entre los distintos sistemas de lavado *in situ* versus el sistema de retiro de redes, utilizados en los centros de cultivo del país.
- IV. Registrar el tiempo empleado en la actividad de lavado *in situ*, en conformidad con lo señalado en el Reglamento Ambiental para la Acuicultura (RAMA).
- V. Determinar el aporte de materia orgánica particulada en la columna de agua y en el fondo marino y su posible impacto sobre las condiciones aeróbicas, referida al lavado *in situ* y el retiro de redes impregnadas.
- VI. Identificar y cuantificar la presencia de ISAv y *Piscirickettsia salmonis* en la columna de agua, como resultado de las actividades de lavado *in situ* en centros de cultivo de salmones.

- VII. Identificar la presencia de ISAv y *Piscirickettsia salmonis* en la columna de agua, como resultado de las actividades de retiro de redes en centros de cultivo de salmones.
- VIII. Determinar la viabilidad de los agentes infecciosos identificados a partir de los objetivos anteriores.
- IX. Realizar una evaluación de riesgos que permita identificar cuál de los sistemas utilizados representa un mayor riesgo desde el punto de vista ambiental y sanitario.

4 REUNIONES Y GESTIONES

4.1 Inicio del proyecto

El proyecto FIP N° 2014-51 “Evaluación Ambiental y Sanitaria de Lavado *in situ* de Redes para la Acuicultura” tiene como fecha de inicio el día 4 de diciembre de 2014, bajo el Decreto Exento N° 873 que adjudica y aprueba el contrato, cuyo ejecutor es GESAM Consultores Ltda.

Las reuniones y gestiones se intercalan en forma cronológica para mayor comprensión de un largo proceso de gestiones para lograr los objetivos de obtener información de la industria salmonera.

4.2 Reunión de Coordinación

Se sostuvo la Primera Reunión de Coordinación desarrollada el día 21 de enero de 2015 en la ciudad de Valparaíso, entre la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (SUBPESCA) y GESAM Consultores. También participaron profesionales del Fondo de Investigación Pesquera y Acuicultura (FIPA).

En esta primera reunión, GESAM Consultores presentó su Propuesta Técnica indicando objetivos, actividades y planificación del trabajo.

Además, se tomaron los siguientes acuerdos:

- GESAM Consultores se comprometió a enviar previamente para ser revisadas y validadas por SUBPESCA, las encuestas que se elaborarían para obtener información de primera fuente para el desarrollo de algunos objetivos del proyecto. Además, el consultor se comprometió a aplicarlas preferentemente de forma presencial en terreno, siempre y cuando fuera posible.

- SUBPESCA se comprometió a entregar a GESAM Consultores contactos del Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura (SERNAPESCA), para obtener información de centros de cultivo que cumplieran con los requisitos establecidos en la Propuesta Técnica (condición epidemiológica) y que debiesen realizar lavado de redes. Esta información fue fundamental para realizar los monitoreos en terreno y dar cumplimiento a los objetivos principales del proyecto.
- En el caso de detectar inconvenientes para ingresar a los centros de cultivo, SUBPESCA podría coordinar con SERNAPESCA la identificación de los centros que cumplan los requisitos de la Propuesta Técnica e interceder para permitir el ingreso del consultor a las instalaciones y realizar los monitoreos necesarios.
- GESAM Consultores se comprometió a enviar el archivo digital de la presentación.

Posterior a esta reunión, GESAM Consultores envió el día 22 de enero de 2015 el archivo digital presentado en la reunión y el día 6 de abril de 2015 vía correo electrónico los dos modelos de encuestas comprometidas y que fueron elaboradas para ser aplicadas a centros de cultivo y empresas proveedoras del servicio de lavado.

A su vez, SUBPESCA entregó a GESAM Consultores los contactos de SERNAPESCA que indicaban la información necesaria para identificar los centros de cultivo factibles de ser monitoreados durante el desarrollo del presente Proyecto.

4.3 Gestiones ejecutadas por GESAM Consultores

GESAM Consultores tomó contacto con SERNAPESCA y se obtuvo la información necesaria para identificar los centros de cultivo que cumplieran con las condiciones

establecidas en la Propuesta Técnica, y que correspondió al listado de centros de cultivo que presentaron brotes de virus ISAv y/o *P. salmonis*.

GESAM Consultores se comunicó con las empresas identificadas en el listado y realizó las gestiones necesarias para obtener el ingreso y realizar los monitoreos. Para esto, se realizaron contactos presenciales, vía telefónica y por correo electrónico directamente en la Región de Los Lagos. A cada una de las empresas contactadas y que mostraron voluntad de realizar una reunión de acercamiento, se les entregó una carta de presentación de GESAM Consultores y los alcances del proyecto, en conjunto con un Certificado elaborado por el Fondo de Investigación Pesquera y Acuicultura que acredita a GESAM como los ejecutores del proyecto (Anexo 6).

Con las gestiones antes descritas, cuyas comunicaciones y contactos realizados se detallan en el Anexo 7, sólo fue posible concretar un permiso de ingreso a un centro de cultivo perteneciente a la empresa Marine Harvest debido a una negativa del resto de empresas para participar en el proyecto. Por esta razón, la primera campaña de terreno no pudo ser ejecutada en los plazos propuestos originalmente.

Esta situación fue expuesta en la Primera Reunión de Estado de Avance.

4.4 Primera Reunión de Estado de Avance

Todas las gestiones realizadas por GESAM Consultores que fueron mencionadas en el apartado anterior, fueron informadas a SUBPESCA en la Primera Reunión de Estado de Avance, encuentro sostenido el día 30 de marzo de 2015 en la ciudad de Valparaíso, entre SUBPESCA, FIPA y GESAM Consultores.

En esta reunión se expusieron y entregaron todos los antecedentes de las gestiones realizadas detallando empresas, centros de cultivo y encargados del área

ambiental contactados, y se comunicaron los obstáculos encontrados producto de la escasa disposición de los centros de cultivo para participar de los monitoreos.

En esta reunión se coordinó y acordó lo siguiente:

- SUBPESCA reconoció y aceptó los inconvenientes expuestos por GESAM Consultores y se comprometió a realizar internamente el cruce de información para identificar nuevamente los centros de cultivo que cumplieran con las condiciones de monitoreo indicadas en la Propuesta Técnica. Una vez identificados los centros de cultivo, SUBPESCA se comprometió a tomar contacto directo con ellos y gestionar internamente la autorización de ingreso a las instalaciones para ejecutar los monitoreos por parte de GESAM Consultores. Además, y considerando futuros inconvenientes, SUBPESCA ofreció tomar contacto con “operadores de barrio” (profesionales de zona) que facilitarían la aplicación de las encuestas.
- Se solicitó a GESAM Consultores realizar una modificación a la Carta Gantt original, que contemplara el nuevo escenario producido por la negativa de participación de los centros de cultivo.

4.5 Gestiones ejecutadas por SUBPESCA

Desde la Primera Reunión de Estado de Avance sostenida el 30 de marzo, se mantuvo contacto regular con profesionales de SUBPESCA para conocer periódicamente el estado de las gestiones que otorgarían autorización de ingreso a los distintos centros de cultivo. Sin embargo, SUBPESCA indicó que sus gestiones también presentaron inconvenientes, tardando tres meses en lograr respuestas favorables y pudiendo concretarse sólo el día 30 de junio de 2015 con las empresas “Camanchaca” y “Blumar”, que facilitaron el ingreso a distintos centros de cultivo.

En este nuevo escenario se propuso una modificación a la Carta Gantt original mediante Carta Prórroga de Proyecto con fecha 14 de septiembre de 2015, documento adjuntado en el Anexo 6.

4.6 Segunda Reunión de Estado de Avance

Se informa que las campañas de terreno correspondientes a invierno y primavera se ejecutaron sin inconvenientes. Por el contrario, durante el desarrollo de la tercera campaña correspondiente a la época de verano, se monitoreó de manera efectiva tres centros de cultivo de salmones en la región de Aysén pertenecientes a la empresa Blumar (los cuales implementan retiro de redes). Sin embargo, la empresa Camanchaca al momento de afinar los detalles finales de coordinación para el monitoreo con lavado *in situ* de redes ubicados en la X Región, se informó a GESAM Consultores sobre la imposibilidad de facilitarnos sus instalaciones debido a todas las actividades de contingencia que tuvieron que implementar producto del evento de Floración de Algas Nocivas (FANs) que impactó de forma imprevista a la industria del salmón mientras se ejecutaba la campaña de monitoreo. El evento descrito correspondió a un hecho fortuito imposible de prever tanto para Camanchaca como para GESAM Consultores, y que de hecho tuvo repercusiones a nivel nacional por la gravedad del evento.

De forma inmediata se informó a SUBPESCA y FIPA de los acontecimientos ocurridos mediante Carta de Eventualidades entregada el día 10 de marzo de 2016 (Anexo 6). En ella se describió la implicancia de los eventos ocurridos y una propuesta de actividades compensatorias debido a que la Floración de Algas Nocivas (FANs) imposibilitó la culminación de la campaña de monitoreo de verano. Esta propuesta fue aprobada por FIPA mediante Carta FIPA N°166 con fecha 14 de abril de 2016 (Anexo 6), autorizando el aumento en el número de monitoreos de

tres a seis centros de cultivo con lavado *in situ* durante la siguiente campaña de otoño, con el fin de compensar la falta de información generada y dar satisfacción al número total de monitoreos definidos y comprometidos en la Propuesta Técnica del Proyecto.

4.6.1.1 *Campañas de Otoño 2016*

Se monitorearon de forma efectiva los tres centros de cultivo que realizaron retiro de redes. Por el contrario, en Carta de Eventualidades dirigida al FIPA con fecha 13 de junio de 2016, se evidenció y detalló inconvenientes presentados para monitorear los seis centros comprometidos con lavado de redes *in situ*. La carta mencionada se adjunta en el Anexo 6 de este informe.

4.7 **Tercera Reunión de Estado de Avance**

El día martes 14 de junio de 2016 se realizó la Segunda Reunión de Estado de Avance entre SUBPESCA, FIPA y GESAM Consultores. En ella se expusieron y entregaron todos los antecedentes sobre los inconvenientes presentados para monitorear los seis centros comprometidos con lavado *in situ* de redes durante la campaña de otoño, campaña que se desarrolló en forma paralela a la reunión. La información presentada en dicha reunión se detalla en la Segunda Carta de Eventualidades adjuntada en el Anexo 6.

Con el fin de resolver la contingencia presentada y dar cumplimiento a los tiempos definidos para el monitoreo, GESAM Consultores indicó las nuevas gestiones y contactos realizados para conseguir ingresar a nuevos centros de cultivo. Los contactos realizados en esta oportunidad se listan en el Anexo 7.

Debido a lo anterior y considerando que los inconvenientes se presentaron durante la ejecución de la campaña de otoño, en esta reunión se resolvió lo siguiente:

- Como primera alternativa, se solicitarían los permisos con la empresa comprometida para monitorear el lavado *in situ* de más de una red dentro de un mismo centro de cultivo, y así dar cumplimiento al número total de muestras y redes comprometido en la Propuesta Técnica del Proyecto.
- En caso de obtener respuesta negativa para la solicitud anterior, se debía continuar solicitando permiso de ingreso a centros de cultivo con nuevas empresas, ahora con la colaboración de SUBPESCA.

4.8 Resumen Final de Monitoreos

Debido a las eventualidades descritos en los acápite anteriores, las campañas de monitoreo finalmente realizadas se muestran en la Tabla 4-1.

Tabla 4-1. Numero de monitoreos por campaña de terreno.

Campaña	Centros con lavado <i>in situ</i>	Centros con retiro de redes	Jaulas con lavado <i>in situ</i> monitoreadas	Jaulas con retiro de redes monitoreadas
Invierno 2015	3	3	3	3
Primavera 2015	3	3	3	3
Verano 2016	0	3	0	3
Otoño 2016	2	3	6	3
Total (4 campañas)	8	12	12	12

Fuente: Elaboración propia

4.9 Talleres de difusión

Se realizaron dos talleres de difusión del proyecto terminado con los Servicios del Estado, la industria acuícola y proveedores del servicio. Las invitaciones fueron ejecutadas por GESAM CONSULTORES según lista propia y aportada por SUBPESCA. Ver ANEXO Lista de Invitados.

La consultora proveyó los locales, equipos y materiales y servicios en ambas reuniones. Los talleres fueron realizados en las ciudades de Puerto Montt y Puerto Aysén.

En los talleres se informó de los resultados del presente estudio incluyendo una presentación Power Point que se entrega en ANEXO 9.

En la ciudad de Puerto Aysén asistió solo el sector público pesquero representado por SUBPESCA y SERNAPESCA regionales aun cuando se cursaron y confirmaron asistencias de interesados de la industria. La exposición estuvo a cargo de Cristian Andrade Madrid y se realizó en Hotel Aysén Patagonia (Sargento Aldea N° 560, Puerto Aysén) el 3 de abril de 2017 de 14 a 16 horas.

Se logró una buena discusión con valiosos aportes de los funcionarios. Se indican en tabla los asistentes.

Tabla 4-2. Asistentes Taller de difusión Puerto Aysén.

Nombre	Empresa	Mail
Estefany Arancibia Villarroel	Sernapesca	earancibia@sernapesca.cl
Ramiro Contreras G.	Subpesca	rcontreras@subpesca.cl
Marcelo Díaz Moraga	Sernapesca	mdiaz@sernapesca.cl
Christofer Heyer R.	Sernapesca	cheyer@sernapesca.cl
Germán Hernández S.	Sernapesca	ghernandez@sernapesca.cl

En la ciudad de Puerto Montt asistieron representantes del sector público SUBPESCA nacional y Regional, SERNAPESCA Regional, Directemar, IFOP y sector privado representado por la industria salmonera y proveedores totalizando 35 personas de las cuales 18 firmaron su asistencia. La exposición que estuvo a cargo de Cristian Andrade y Claudia Verdugo se realizó en el Oficina de Conferencias (Avda. Diego Portales N° 860, Puerto Montt) el 5 de abril de 2017 de 9 a 11 horas.

Se logró una buena discusión a pesar mostrarse desde un inicio opiniones manifiestamente contrapuestas con las posiciones del estado y también entre los actores de la industria. A partir de una percepción negativa de varios asistentes se avanzó a declaraciones altamente positivas sobre este tipo de reuniones y la

relevancia de este estudio. Se observó y en muchos casos se objetaron datos y resultados del estudio que fueron acuciosamente revisados y explicados en detalle.

Se indican en tabla los asistentes.

Tabla 4-3. Asistentes Taller de difusión Puerto Montt.

Nombre	Empresa	Mail
Ximena Rojas		
Alejandro Oyarzún	AKVA Group	aoyarzun@akvagroup.com
Gastón Vidal	IFOP	gaston.vidal@ifop.cl
María José Marín	Aquachile	maria.marin@aquachile.com
Roberto Palma	Yagan Chile	rpalma@yaganchile.cl
Leila Osorio	Ventisqueros	losorio@ventisqueros.cl
Mónica Escalona	AKVA Group	mescalona@akvagroup.com
Gian Pier Benghi Cancino	Ventisqueros	gbenghi@ventisqueros.cl
Ignacio Retamal Palma	Yagan Chile	iretamal@yaganchile.cl
Roberto García Torres	Aquachile	roberto.garcia@aquachile.com
Patricio Hurtado Flores	Sernapesca	phurtadof@sernapesca.cl
Leonardo Saavedra Rodriguez	Sernapesca	lsaavedra@sernapesca.cl
Nayade Silva A		
Daniela Vargas S.	Blumar	daniela.vargas@blumar.com
Antonio Nielsen	AKVA Group	anielsen@akvagroup.com
Victor Palma	Bionortec	vpalma@bionortec.cl ;
Luis Andrade	Nisaredes	l.andrade@nisaredes.cl
Laura Gonzalez	CCTA Sanitario Ambiental	l.laura.gonzalez@gmail.com

5 ANTECEDENTES

Considerando el crecimiento del sector salmonero, la presencia natural de materia orgánica sumado al aporte antrópico adicional producto de las actividades de centros de cultivo, así como las dimensiones de las balsas jaulas y redes actualmente empleadas que producto de estar sumergidas en el agua acumulan materia orgánica, es relevante generar información que permita evaluar y comparar los riesgos ambientales y sanitarios asociados a la industria. En este contexto, el proyecto tiene como objetivo evaluar y comparar los riesgos ambientales y sanitarios asociados específicamente con el sistema de lavado *in situ* de redes y el sistema de retiro de redes para su posterior limpieza.

La industria acuícola en Chile ha logrado establecerse y consolidarse en el transcurso de las últimas décadas basando su producción tanto en especies introducidas (salmón y trucha principalmente) como nativas (cholgas y choritos, entre otros). Aunque en los últimos años el crecimiento se ha visto desacelerado, durante la primera mitad de la década de 1990 las cosechas provenientes de centros de cultivo se aproximaron a las 200 mil toneladas (SERNAPESCA, 1995), aumentando en 2006 a cosechas por sobre las 800 mil toneladas (SUBPESCA, 2008) y de acuerdo al último “Informe Ambiental de la Acuicultura - Período 2009 a 2014” (SUBPESCA, 2016), la biomasa total superó levemente los 2 millones de toneladas desde el año 2011 al 2014. Considerando el contexto anterior crece la necesidad de incorporar procesos productivos que permitan aumentar el rendimiento incorporando la responsabilidad ambiental como uno de sus ejes.

Dentro de la industria acuícola una de las principales dificultades corresponde a la adherencia de incrustantes o “*fouling*” en las estructuras sumergidas, que se ve

influenciada por factores externos con el potencial de impactar la producción y que deben ser tratados incorporando la responsabilidad ambiental.

El “*fouling*” es considerado como la comunidad de organismos acuáticos (con una elevada biodiversidad) que se adhieren y crecen sobre estructuras sumergidas de origen antrópico. Resultan de la formación de comunidades de algas e invertebrados marinos instalados sobre diferentes tipos de sustratos relacionados con actividades marítimas (González. 2004; Greene 2007), comprendiendo, entre otras, a especies de bacterias, protozoos, algas, moluscos, briozoos, cirrípedos, poliquetos tubícolas, ascidias e hidrozooos. Estos organismos se fijan y cubren eficazmente el sustrato disponible, presentando un rápido crecimiento y un alto potencial reproductor que conlleva a un deterioro progresivo de las artes de cultivo, acelerando el proceso de corrosión de materiales y en consecuencia disminuyendo la eficacia operativa de las estructuras (Núñez *et al*, 2006). Se considera que el inicio de la fijación de los incrustantes está relacionado con la actividad biológica del agua y puede tomar desde algunos días a semanas (Willoughby, 1999).

Según Núñez *et al.* (2006), las redes de las jaulas utilizadas en centros de cultivo proporcionan un medio ideal para el desarrollo del “*fouling*” ya que entregan una rugosidad que atrae a los organismos dándoles protección contra las corrientes. De este modo las algas, microalgas e invertebrados que lo conforman y que se desarrollan sobre las redes generan efectos negativos sobre las jaulas y por lo tanto sobre el proceso productivo.

La acumulación de incrustantes o “*fouling*” puede aumentar considerablemente el peso de la instalación provocando deformación de la red y problemas estructurales debido al aumento de resistencia por arrastre de agua y al peso extra soportado por la instalación (Fitridge *et al.*, 2012; Núñez *et al.*, 2006), lo que según la Asociación

de Talleres de Redes (ATARED, 2008) representa un “peligro real de escape de peces en caso de hundimiento del sistema balsa-jaula”. La aparición y acumulación de “*fouling*” genera también un aumento de los costos por mantención de las redes y remoción del material. Por otra parte, la disminución del espacio libre de las redes que integran las jaulas producto de la acumulación de “*fouling*” tiene el potencial de reducir el flujo e intercambio de agua hacia y desde el interior de la jaula, y consecuentemente disminuye la concentración de oxígeno disuelto, además de dar lugar a la aparición de estrés en la biomasa de cultivo e impedir la eliminación del exceso de alimento y de otros residuos que pueden influir en la calidad del agua disponible para las especies cultivadas (Lovegrove, 1979; Núñez *et al.*, 2006; Braithwaite *et al.*, 2007). Otro punto a considerar guarda relación con lo expuesto en un informe CORFO (2003), donde se concluye que el “*fouling*” proveniente de redes de centros de cultivo de salmónidos y de talleres de lavado es portador de agentes patógenos, y por lo tanto la presencia y acumulación de “*fouling*” puede incrementar la vulnerabilidad a enfermedades debido a que actúan como un reservorio de patógenos y facilitador de enfermedades (Fitridge *et al.*, 2012).

En consecuencia, el asentamiento de “*fouling*” en las redes peceras y loberas de los centros de cultivo constituye un problema complejo en la industria acuícola que puede ser abordado principalmente por tres tipos de estrategias: i) Evitar su asentamiento inicial en las estructuras, que tiene relación con métodos para repeler o eliminar a los organismos que lo componen; ii) Prevenir el desarrollo del “*fouling*” aplicando inhibidores de crecimiento a las estructuras afectadas, y finalmente iii) estrategias para remover material, que implican procesos de limpieza del “*fouling*” acumulado.

Actualmente entre las técnicas de prevención y eliminación del “*fouling*” más utilizadas destacan la impregnación de redes con pinturas anti-incrustantes con

metales pesados, el retiro de redes para posterior lavado fuera del agua y el lavado *in situ* de redes, esta última sin la impregnación de pinturas anti-incrustantes (SUBPESCA, 2013; Yebra, 2004; deNys & Guenther, 2009; Dürr & Watson 2010).

Durante los últimos años se ha avanzado en el control biológico del “*fouling*” utilizando peces o invertebrados herbívoros que ramoneen bio-incrustantes de la superficie de las redes (IFOP, 2013).

La impregnación de redes utilizó como biocida por varios años el tributil-estaño (TBT) para la fabricación de pinturas anti-incrustantes (Ernst *et al.*, 1991; Thomas, 2001), sin embargo, debido a la prohibición de uso en varios países producto de sus impactos en el ecosistema acuático (Fent, 1996; Vera *et al.*, 2015) se dio lugar a nuevas alternativas, basadas principalmente en óxido de cobre (Cu_2O) comúnmente combinado con biocidas orgánicos (Christen, 1999; BurrIDGE *et al.*, 2010). Estas pinturas lixivian compuestos biocidas sobre las superficies, produciendo una fina capa tóxica que evita la fijación de incrustantes. De acuerdo a la Investigación Colectiva en Acuicultura y Biofouling (CRAB, 2006) las cubiertas son efectivas entre cuatro a seis meses dependiendo de la tasa de lixiviación del biocida, temperatura del agua y presión de “*fouling*”, mientras que las cubiertas que utilizan cobre pueden no ser efectivas contra algunos tipos de algas e hidroides que pueden crecer en redes previamente tratadas. Sin embargo, muchos de los químicos y metales pesados utilizados en estas pinturas son reconocidos como peligrosos para el medioambiente, con efectos perjudiciales sobre la sobrevivencia y crecimiento de moluscos y peces (Paul & Davies, 1986 revisado por Fent, 2006; Lee, 1985; Short & Thrower, 1986; Bruno & Ellis, 1988). En los últimos años se han desarrollado cubiertas anti-incrustantes de baja toxicidad que utilizan enzimas de productos naturales potencialmente efectivas en la reducción de “*fouling*” y cubiertas liberadoras de “*fouling*” que se basan en materiales de baja energía superficial que

genera baja adhesión del material y por lo tanto fácil remoción (CRAB, 2006). En Chile se han desarrollado y probado mallas rígidas de cobre y redes fabricadas a partir de polipropileno con nanopartículas de cobre en su estructura, evitando con ello la utilización de pinturas. Ambos métodos contribuyen a disminuir la carga de metales en el ambiente, ya que se evita el lavado de las redes y su cambio constante con los problemas de estrés que esto genera a los peces, además de una disminución de los costos asociados a estos procesos (Pavez *et al.*, 2014).

En relación al retiro y cambio de redes para un posterior lavado en tierra, este proceso se inicia de forma general y con la supervisión de buzos, sumergiendo una nueva red por debajo de la red antigua para volver a llevarla hasta la superficie, de forma que la red nueva quede envolviendo a la red antigua. Posteriormente se retira la red antigua desde el interior con la ayuda de una grúa y/o cabrestantes. Durante todo el proceso es necesario que buzos supervisen que la nueva red no quede enganchada con ningún elemento cuando se sumerja o en la maniobra de izado de la red antigua hasta superficie. Esta técnica involucra traslado a tierra de las redes, secado, seguido de limpieza con agua a alta presión o lavadoras automáticas, lo que se traduce en un costo mayor para la industria además de riesgos al producirse daños o posibles pérdidas en los stocks de peces, así como perturbaciones en los regímenes de alimentación que pueden disminuir las tasas de crecimiento (Croman 1999).

En la década de 1980, la tendencia general indicaba que cada empresa productora lavaba, reparaba y/o modificaba sus propias redes y las faenas se concentraban en las inmediaciones de sus concesiones. Esta práctica poco a poco fue desapareciendo y comenzó a externalizarse el servicio de lavado de redes a distintas empresas. Este cambio llevó a la explosiva creación de talleres de redes y al consiguiente costo ambiental asociado, ya que se generan Residuos Industriales

Líquidos (RILes) y Residuos Industriales Sólidos (RISes), presentando este último un alto contenido de materia orgánica y metales pesados como cobre (CORFO, 2003).

Con respecto al lavado de redes *in situ* y de acuerdo a lo indicado por Fitridge *et al.* (2012), esta técnica aparece como una alternativa al recambio de redes, sobre todo con hidrolavadoras de discos limpiadores o máquinas operadas de forma remota o manual por buzos. El uso de sistemas limpiadores de redes *in situ* es cada vez más utilizado, como evidencian los casos de Tasmania (Hodson *et al.*, 1997) y Noruega (Guenther *et al.*, 2009).

En efecto, más de la mitad de los centros de cultivo de salmón de Noruega utiliza de forma regular el lavado de redes *in situ* (Olafsen, 2006). Fitridge *et al.* (2012) indican que el lavado *in situ* se encuentra automatizado casi en su totalidad y corresponde a la estrategia dominante de eliminación de “*fouling*” en los centros de cultivo más grandes. Sin embargo, también hacen referencia que presenta el problema de permanencia de restos de “*fouling*” después del lavado de la red (Greene & Grizzle, 2007), algunos de los cuales pueden volver a crecer rápidamente (Guenther *et al.* 2010) y que puede desencadenar una liberación de larvas de algunos organismos desde el “*fouling*” conduciendo a una rápida recolonización de las redes (Carl *et al.*, 2011). Por esta razón, recomiendan que el lavado *in situ* debe ser aplicado de forma frecuente.

En el caso chileno, de acuerdo a lo señalado por IFOP (2013), la legislación permite la realización de lavado *in situ* de redes y se ha centrado en regular la frecuencia de lavado. En este contexto, asociaciones de talleres de redes han manifestado su posición, sosteniendo que la práctica del lavado *in situ* “*debe considerarse excepcional y además ha de cumplir con la normativa ambiental aplicable al lavado*”

*de redes terrestre. De otra forma, se estarán traspasando costos operacionales al ambiente y junto con ello, subsidiando una actividad comercial en desmedro de otra, provocando inequidades en el trato de los agentes económicos participantes en la industria” (ATARED, 2008). En relación a agentes patógenos, en el mismo informe se indica que ATARED AG participó en un estudio CORFO (2003) que concluyó que el “fouling” proveniente de redes de centros de cultivo de salmónidos es portador de agentes patógenos y en consecuencia que el “fouling” que cae al fondo producto del lavado *in situ* contiene patógenos, por lo que se transforma en un vector de mantenimiento y transmisión de enfermedades. Sin embargo, de acuerdo a lo señalado por IFOP (2013) “con respecto al monitoreo de patógenos en el fouling, el estudio realizado por Salmón Chile e Intesal (2008) concluye que no existe un patrón asociado a la presencia o no de agentes patógenos en él. Ello porque en distintos centros que presentaron brotes de enfermedades, no resultaron positivos al análisis.”*

Debido a los antecedentes antes planteados, resulta importante generar la información necesaria que permita evaluar y comparar los riesgos ambientales y sanitarios asociados con el sistema de lavado *in situ* y el sistema de retiro de redes para ser destinadas a un taller de limpieza, de tal forma de poder contar con la información científico-técnica necesaria para la correcta toma de decisiones por parte de la autoridad regulatoria.

7 METODOLOGIAS DE TRABAJO

A continuación, se detallan las metodologías asociadas a cada objetivo específico.

7.1 Identificar los sistemas de lavado *in situ* empleados actualmente en nuestro país y describir el proceso de lavado.

Para establecer el estado del arte respecto a los sistemas de lavado *in situ* utilizados actualmente por la industria acuícola nacional, se realizó una búsqueda en la web que consideró bases de datos de acceso público y directorios de acuicultura, además de empresas prestadoras de servicios de lavado de redes *in situ* y de los productores de salmón (e.g., www.pez.cl; www.seia.cl; www.atared.cl; etc.).

Esta información se complementó con la aplicación en terreno de dos encuestas, que fueron elaboradas distintamente, para ser aplicadas a empresas con centros de cultivo de salmónes y a empresas externas que presten el servicio de lavado de redes. En ambos casos y con el fin de describir los procesos empleados se solicita información referida a los procedimientos de limpieza, las características técnicas del equipamiento utilizado, costos y tiempos asociados, aspectos operacionales, etc. En ANEXO 8 se entrega la encuesta aplicada.

La solicitud de respuesta a las encuestas se realizó durante las campañas de terreno consideradas para realizar los monitoreos en los centros de cultivo, y que dan cumplimiento a los demás objetivos del presente proyecto, pudiendo incorporar información que ayude a profundizar la descripción de los sistemas de lavado de redes actualmente utilizados, durante todo el período considerado para los trabajos en terreno.

Con la aplicación de ambas encuestas, se obtiene información originada desde los principales actores de la industria salmonera del país, y entre otros aspectos permiten dilucidar los tipos de lavado *in situ* ofertados, información técnica sobre los procedimientos aplicados, sistemas de lavado preferidos por la industria, cuidados relacionados a la desinfección de equipos, mantenimiento de programas de lavado, etc. Con la Información desprendida de las encuestas, se elaboraron tablas y gráficas que aportan a la descripción del tratamiento que actualmente usan las empresas para mantener limpias las redes y apreciaciones respecto de los distintos servicios ofrecidos por la industria.

7.2 Recopilar la información disponible respecto a los sistemas de lavado *in situ* utilizados internacionalmente en centros de cultivo de peces, señalando además la normativa relacionada para la realización de estas actividades.

Se realizó una recopilación de antecedentes bibliográficos para describir el impacto y las medidas de control de bio-incrustantes utilizadas en el extranjero relacionadas con el lavado *in situ* de redes, así como también la normativa existente al respecto.

La búsqueda de información se basó en revistas especializadas y páginas web relacionadas el tema, con el objetivo en obtener artículos científicos, links de ministerios de pesca y acuicultura, ministerios de medio ambiente y empresas de los principales países productores de salmones.

Con la información recopilada se describieron los principales sistemas de lavado *in situ* utilizados internacionalmente y se realizó un acercamiento al conocimiento de la normativa asociada a estas actividades.

7.3 Recopilar información y comparar los costos asociados entre los distintos sistemas de lavado *in situ* versus el sistema de retiro de redes, utilizados en los centros de cultivo de país.

La información fue obtenida a través de la aplicación de las encuestas descritas en el acápite 7.1. Estas encuestas consideran los ítems de costos fijos y variables, y fueron elaboradas distintamente para ser aplicadas a empresas con centros de cultivo de salmones y a empresas externas que presten el servicio de retiro de redes y lavado *in situ* de redes. De esta forma se obtuvo información de primera fuente, considerando la información de usuarios y prestadores del servicio.

Además, vía telefónica se solicitó a empresas prestadoras del servicio de lavado/retiro de redes un presupuesto tipo, que permita valorar el servicio estandarizado en dinero/m².

Después de la determinación de costos se analizaron las variables que inciden en la elección de método de lavado en las empresas de cultivo. Preliminarmente se plantea conocer variables como distancia, época del año, tratamiento de las redes (impregnadas), infraestructura disponible en el centro, organización de la empresa en cuanto a externalizar o no el lavado, etc.

7.4 Registrar el tiempo empleado en la actividad de lavado *in situ*, en conformidad con lo señalado en el Reglamento Ambiental para la Acuicultura.

Debido a las dificultades encontradas en relación a la cooperación de empresas con el desarrollo del Proyecto (descritas en el acápite 4 de este Informe complementado con los Anexos 6 y 7), y que se relacionan con el ingreso a instalaciones y la entrega de información, es que la información para el desarrollo de este objetivo no fue posible obtener mediante la visita directa a instalaciones de empresas con el fin

de verificar el cumplimiento de sus programas de lavado. En consecuencia, la información se obtuvo a través de visitas a oficinas centrales de empresas salmoneras y prestadoras del servicio de lavado *in situ*, a quienes se les aplicó la encuesta y se les solicitó información sobre sus programas de lavado.

En conjunto con la aplicación de las encuestas, se solicitó cuando fue posible una copia de sus itinerarios, registros y/o programas de lavado comprometidos por un período de tiempo determinado con los centros de cultivo.

Con la información se analizó el registro de la frecuencia y tiempo empleado durante las actividades de lavado *in situ*, evaluando la conformidad con lo señalado en el Reglamento Ambiental para la Acuicultura (RAMA).

7.5 Determinar el aporte de materia orgánica particulada en la columna de agua y en el fondo marino y su posible impacto sobre las condiciones aeróbicas, referida al lavado *in situ* y el retiro de redes impregnadas.

Para determinar el aporte de materia orgánica particulada en la columna de agua y en el fondo marino y su posible impacto sobre las condiciones aeróbicas, referidas al lavado *in situ* y el retiro de redes impregnadas, la metodología a utilizar fue la siguiente:

7.5.1 Épocas de muestreo

Para determinar la situación anual se realizaron muestreos en las cuatro estaciones del año, permitiendo evaluar la pertinencia del actual reglamento en cuanto a sus intervalos de lavado y por otro lado determinar en base anual la cantidad de materia orgánica manipulada.

7.5.2 Selección de sitios de monitoreo

Debido a los inconvenientes logísticos descritos a lo largo de este informe, relacionados con la dificultad de ingreso a centros de cultivo producto de una negativa constante de las empresas a prestar colaboración con el Proyecto, se modificó la metodología establecida en la Propuesta Técnica para la selección de sitios de monitoreo, lo que fue debidamente comunicado y consensuado con profesionales de SUBPESCA.

En consecuencia, después de las gestiones realizadas por SUBPESCA (descritas en el acápite 4.5), la empresa Camanchaca que realiza lavado de redes *in situ* y la empresa Blumar que realiza retiro de redes, se comprometieron a prestar colaboración con el desarrollo del Proyecto. En este contexto, los sitios de monitoreo correspondieron a aquellos centros de cultivo de salmones pertenecientes a ambas empresas y que debían realizar retiro de redes o lavado *in situ* durante la época correspondiente a las distintas campañas de monitoreo.

Para definir cuáles centros de cultivo serían monitoreados, se contactó a las empresas involucradas para informar de los objetivos del proyecto y los protocolos de toma de datos y muestras en terreno, además de las condiciones sanitarias con las que debía cumplir cada centro de cultivo monitoreado. Los correos de contacto para selección de centros de cultivo se adjuntan en el Anexo 7.

Por lo tanto, por cada una de las cuatro campañas de terreno se realizaron muestreos en tres centros de cultivo que realizaron lavado de redes *in situ* y tres centros de cultivo con actividades de retiro de redes, cada uno de los cuales debía presentar ambas o al menos una de las dos siguientes condiciones sanitarias: presencia de *P. salmonis* y/o presencia de ISAv. Por lo tanto, la selección definitiva de centros de cultivo monitoreados debió basarse exclusivamente en centros

ofrecidos por las empresas Camanchaca y Blumar que satisficieron las condiciones para ser incluidos en este informe.

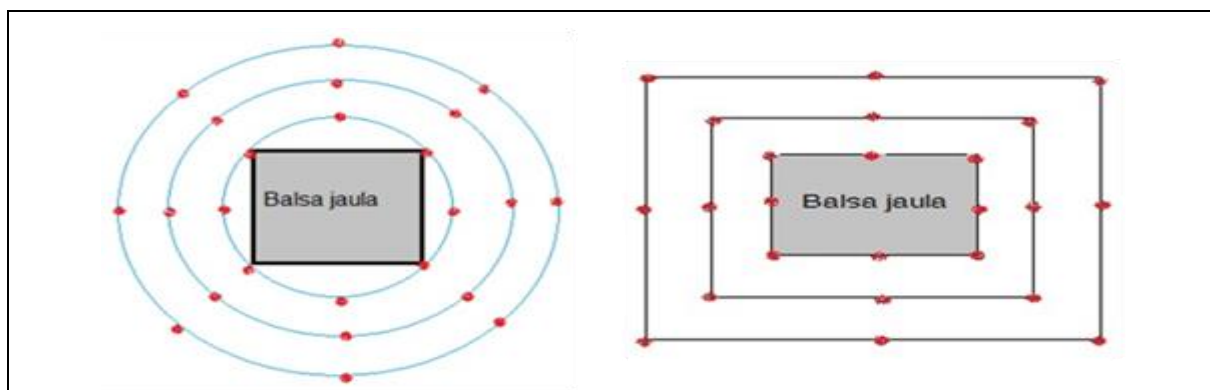
7.5.3 Estaciones de monitoreo

Se diseñó un sistema de muestreo intensivo alrededor de las jaulas donde se lavaron o cambiaron las redes. Este diseño de tipo homogéneo, que rodea la jaula implica desconectarse de la variable dirección de la corriente y simplemente evalúa toda la dispersión. Si bien es muy intensivo en cantidad de muestras tomadas, permite la generación de muestras compuestas con más representatividad.

Se instalaron tres anillos de muestreo alrededor de cada balsa en limpieza. Cada anillo estuvo compuesto por 8 puntos de muestreo equidistantes de la balsa jaula y muestreados a una profundidad definida por el punto bajo de la jaula.

Para el caso de balsas cuadradas se instalaron en los cuatro vértices y en el punto medio de sus lados (Anillo 1), o en puntos equidistantes en caso de monitorear balsas redondas o californianas (Figura 7-1). Luego se instalaron 8 puntos de muestreo más, formando un círculo concéntrico a 15 metros de distancia desde el borde la jaula (Anillo 2), instalando el tercer anillo a 30 metros (Anillo 3).

Figura 7-1. Estaciones de toma de muestras en jaulas individuales.



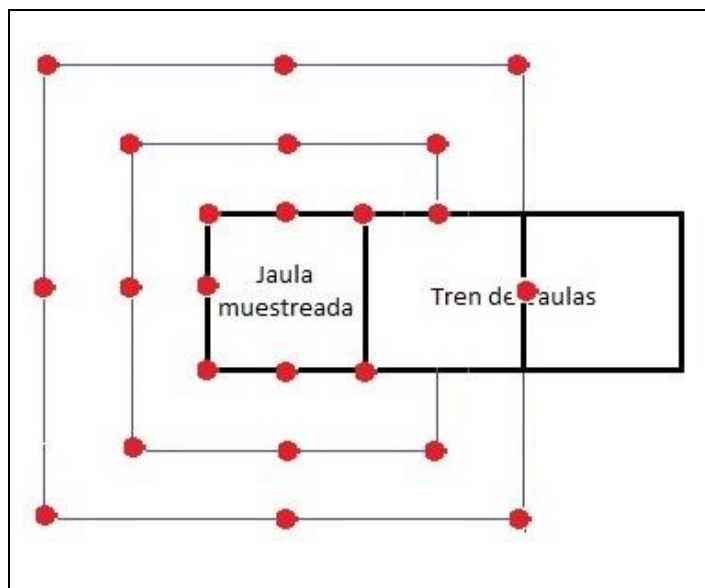
Fuente: Elaboración propia.

La ubicación de los puntos de muestreo alrededor y equidistantes a la balsa jaula permiten aislar la muestra de la variable corriente, que puede afectar la toma de muestras. Sin embargo, igualmente se midió la velocidad de la corriente.

El uso de tres anillos alrededor de la jaula permite determinar un coeficiente de difusión de la materia orgánica sedimentable según distancia. Con este coeficiente de difusión en la columna de aguas se intentó estimar el volumen total de aguas afectadas.

Para el caso de centros de cultivo que utilicen trenes de jaulas, el punto de muestreo central que da continuidad al tren de jaulas, deberá ser reubicado al punto más cercano que permita la instalación para la toma de muestras, tal como se muestra en la Figura 7-2. Cabe mencionar que, de acuerdo a las disposiciones e instalaciones de cada centro de cultivo, estos puntos de muestreo podrían ser modificados, manteniendo la configuración para abarcar cualquier dirección de dispersión de la materia orgánica

Figura 7-2. Estaciones de toma de muestra en Tren de jaulas.



Fuente: Elaboración propia.

7.5.4 Número de muestras

En terreno se tomaron para cada anillo 16 muestras, correspondientes a 8 puntos de muestreo con un monitoreo previo y uno durante el lavado o retiro de redes. Para los tres anillos se obtuvo un total de 48 muestras.

En el laboratorio se analizaron muestras compuestas para cada anillo, totalizando 6 muestras por jaula en cada muestreo. En la Tabla 7-1 se presenta un resumen del número de muestras para todo el proyecto.

Tabla 7-1. Numero de muestras por cada jaula monitoreada.

Actividad	Muestras terreno	Muestras laboratorio
Monitoreo	48	3
Centro	96	6
Método de lavado	288	18
Campaña	576	36
4 campañas	2304	144

Fuente: Elaboración propia.

7.5.5 VARIABLES A MONITOREAR

Las variables a medir en cada monitoreo fueron:

I. Muestras de laboratorio:

- Concentración de Materia Orgánica
- DBO₅

II. Medición de variables *in situ*:

- Profundidad de cada estación
- Temperatura del perfil
- Concentración de oxígeno disuelto en columna de aguas
- Velocidad de la corriente.

Los métodos, equipos y procedimientos para medir cada variable se explican a continuación.

7.5.6 DISEÑO EXPERIMENTAL

El muestreo y registro de información de las diferentes variables se realizó durante dos días, el primero corresponde a un muestreo previo o post lavado/retiro de red y el segundo día al muestreo durante el lavado *in situ* o retiro de redes. En el muestreo previo o post lavado/retiro de red se espera captar material orgánico propio de la actividad del centro de cultivo, así como de origen natural, mientras que en el muestreo durante lavado o retiro de redes se espera captar material propio de la actividad del centro, de origen natural y además aquel derivado del proceso de limpieza propiamente tal.

El tiempo de captación de material quedó definido por la duración del proceso (lavado o retiro de red) en cada centro de cultivo, más el transcurso de la hora

siguiente al final del proceso, con la finalidad de esperar la decantación del material desprendido tras el lavado *in situ* o retiro de las redes. Como consecuencia, el tiempo total es equivalente al tiempo de captación durante el día pre o post lavado/retiro de red.

En este mismo contexto, aunque difieran los tiempos necesarios para realizar el lavado *in situ* o retiro de una red, la materia orgánica captada en cada muestreo corresponderá al material desprendido por el proceso requerido de una red, es decir materia orgánica desprendida por red tratada (lavada o retirada).

7.5.6.1 *Materia orgánica particulada en la columna de agua*

El muestreo de materia orgánica se realizó a dos profundidades, una muestra a una profundidad próxima al fondo de la balsa jaula y otra cercano al fondo marino.

Para captar el material orgánico particulado, se confeccionaron trampas de materia orgánica con tubos de PVC de 110 mm de diámetro externo y 60 cm de alto. En su parte inferior, mediante una reducción se incorporó un receptor del material decantado compuesto por un frasco de polietileno de volumen 1 litro. En el Anexo 2 se incluye un set fotográfico mostrando los materiales utilizados.

Cada trampa fue suspendida en la columna de agua por un cabo de 10 mm capaz de soportar más de 100 kg, una boya en la parte superior para otorgar flotabilidad y sustentación, manteniendo en posición vertical la trampa de materia orgánica en el agua, y un grupo de pesos muertos de 3 kg cada uno, diseñados para ser incorporados de acuerdo se requiera más o menos peso según se necesite. En la mayoría de los casos donde la infraestructura lo permitió, la sustentación de la parte superior de las trampas se realizó directamente en la infraestructura del centro de cultivo (boyas del centro, cadenas, rejillas, etc.).

Con las muestras tomadas, se generaron muestras compuestas. Cada muestra compuesta fue constituida a partir de 8 muestras tomadas a una misma profundidad y distancia con respecto a la red, juntando un total de 12 muestras compuestas en cada monitoreo (2 días y 2 profundidades).

Como consecuencia, las muestras compuestas corresponden a agua con materia orgánica desprendida durante el lavado *in situ* o retiro de las redes, y fueron trasladadas en frascos plásticos, en oscuridad y cajas aislantes a laboratorio.

7.5.6.2 *Medición de variables oceanográficas, biológicas y físicas*

La determinación de profundidad del fondo se realizó mediante el uso de una Ecosonda Garmin Fishfinder 90 (Figura 7-3). La profundidad cercana a fondo marino mínima entregada por el ecosonda fue la utilizada para definir la profundidad de todas las trampas utilizadas por cada red monitoreada, con el fin de hacer comparables los resultados entre los tres anillos analizados (distancia desde la red).

Figura 7-3. Ecosonda Garmin Fishfinder 90.



En cada estación de monitoreo, se realizaron perfiles de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) y oxígeno disuelto (mg/l) en toda la columna de agua.

Se realizaron mediciones cada un metro desde la superficie hasta la profundidad determinada por el ecosonda. Los parámetros del agua fueron medidos con un equipo de medición multiparamétrica WTW-3420 (Figura 7-4).

Figura 7-4. Equipo Medición Multiparámetro WTW 3420.



La medición de velocidad de la corriente se realizó a profundidad media de la jaula con un Velocímetro Global Waters FP 211, máxima profundidad de trabajo 7 metros (Figura 7-5). Se realizó una medición por monitoreo, es decir dos por centro y campaña.

Figura 7-5. Velocímetro Global Waters FP 211



7.5.6.3 *Análisis de laboratorio*

La determinación de materia orgánica particulada y DBO₅ en la columna de agua fue realizada por el laboratorio Cesmec S.A., en su División Alimentos, Agua y Riles Concepción, acreditado como Organismo de Inspección Tipo A según NCh-ISO 17020-2012 por el INN (Instituto Nacional de Normalización).

Cabe destacar que, de acuerdo a los protocolos de bioseguridad, antes y después de cada muestreo todos los equipos, trampas y cabos utilizados en la toma de muestras fueron sanitizados por el equipo de terreno o por personal del centro de cultivo en cada barrera de bioseguridad establecida, solicitando un comprobante de desinfección en el momento de abandonar las instalaciones del centro (inmediatamente finalizada la última desinfección) (Anexo 5).

7.5.6.4 *Análisis de resultados*

Para comparar las concentraciones de materia orgánica particulada (MOP) y DBO₅ en la columna de agua a las dos profundidades monitoreadas (fondo de jaula y cercanos al fondo marino), entre la situación previa y mientras se realizó el tratamiento a la red (lavado *in situ* o retiro de redes), se realizaron análisis de varianza (ANDEVA) por campaña, posterior a la comprobación de distribución normal de los datos (Test C de Cochran y construcción de histogramas para inspección visual). Esta separación de ANDEVAs por campaña, se debe a que no fue posible muestrear los mismos centros en las diferentes campañas, por lo tanto, no se pueden comparar directamente los tratamientos y centros de cultivo. De esta forma, las ANDEVAs fueron multifactoriales, realizándose dos por campaña.

El primer de los ANDEVAs utilizó los factores centros de cultivo (cada uno de los centros muestreados en cada campaña), momento (antes y durante el retiro o lavado *in situ* de redes) y la profundidad. El segundo ANDEVA utilizó el tratamiento,

la distancia a la jaula y la profundidad como factores. Al encontrar diferencias significativas fue aplicado de forma posterior el Test Tukey para determinar cuál es el factor que determina dicha diferencia.

Además, fueron realizados ANDEVAs para comparar los centros de cultivo que fueron muestreados en más de una campaña (dos campañas), para tener una aproximación del comportamiento estacional de las variables. Los resultados de los ANDEVAs fueron graficados por factor. En el caso de encontrar diferencias significativas en alguna interacción entre factores también fueron graficados.

En relación a la DBO₅, en todas las campañas más del 50% de los valores estuvieron bajo el límite de detección (<10mg/L) por lo que este análisis no fue realizado ya que cuenta con pocos valores útiles para un tratamiento estadístico. Sin embargo, se realizó un análisis cualitativo de los resultados.

Por otro lado, se realizó una comparación entre aporte de materia orgánica producto del lavado de redes *in situ* versus el retiro de redes. Se determinó además el coeficiente de difusión de la materia orgánica a partir de la ecuación de Fick:

$$J = -D \left(\frac{\delta C}{\delta x_i} \right)$$

$$J = C \cdot V$$

Donde:

J: Densidad de flujo (masa/área tiempo)

D: Coeficiente de difusión (m²/s)

C: Concentración

x: Distancia

V: Velocidad

7.6 Identificar y cuantificar la presencia de ISAv y *Piscirickettsia salmonis* en la columna de agua, como resultado de las actividades de lavado *in situ* en centros de cultivo de salmones.

Para identificar y cuantificar la presencia de ISAv y *Piscirickettsia salmonis* en la columna de agua como resultado de las actividades de lavado *in situ* en centros de cultivo de salmones se desarrolló una metodología idéntica a la descrita más arriba.

7.6.1 Época de muestreo

La época de muestreo corresponde a la misma definida en el objetivo específico V, es decir se realizaron muestreos en las cuatro estaciones del año.

7.6.2 Selección de sitios de muestreo

Los sitios de muestreo son los mismos que se definieron en el objetivo específico V.

7.6.3 Estaciones de muestreo

Las estaciones de muestreo corresponden a las mismas definidas en el objetivo específico V.

7.6.4 VARIABLES A MONITOREAR

A partir de las muestras obtenidas, se identificó y cuantificó la presencia de ISAv y *Piscirickettsia salmonis*.

7.6.5 Diseño experimental

El muestreo y registro de información se realizó durante dos días. El primero corresponde a un muestreo de previo y el segundo día al muestreo durante el lavado *in situ* de redes. Con el muestreo previo se detectó la presencia de agentes infecciosos en la columna de agua durante la actividad del centro de cultivo,

mientras que en el segundo muestreo se espera detectar la presencia de ISAv y/o *Piscirickettsia salmonis* en la columna de agua producto de las actividades de lavado *in situ* de redes.

Al igual que para el caso de materia orgánica, la técnica de muestreo corresponde a una muestra combinada compuesta por las submuestras obtenidas de cada punto de acuerdo a los criterios indicados en el objetivo específico V. La ventaja de las muestras compuestas es minimizar el efecto de las variaciones puntuales en la concentración de los agentes infecciosos que se están analizando.

Esta metodología entrega una caracterización cuantitativa del área y contempla un mayor volumen que los muestreos simples.

En consecuencia, las muestras compuestas corresponden a agua con materia orgánica desprendida durante el lavado *in situ*. Cada muestra fue almacenada en un recipiente estéril, etiquetado para su identificación y mantenido dentro de un contenedor termoaislante para su traslado al laboratorio.

7.6.6 Análisis de laboratorio

El análisis para la determinación de ISAv y *Piscirickettsia salmonis* fue realizado por dos laboratorios con metodologías diferentes. El laboratorio de diagnóstico y biotecnología ADL Diagnostic Chile Ltda. y Diagnostec S.A., ambos listados dentro de los laboratorios de diagnóstico autorizados por SERNAPESCA para realizar análisis de especies hidrobiológicas.

La metodología de detección es ADLMag, que es la designación de fantasía para un sistema de concentración de patógenos específico para humanos y animales desde matrices acuosas, sustancias sólidas licuadas o superficies y que permite la concentración específica de uno o varios patógenos, usando como fundamento la

reacción antígeno-anticuerpo. En una matriz de óxido de hierro que mide algunos micrómetros fluídicos y que después de una fase de incubación con la muestra los patógenos unidos a la matriz son atraídos a un punto por un imán, concentrando todos los patógenos de interés en un punto, eliminando el resto de la solución o muestra y trabajando posteriormente sólo con el concentrado, ya sea para mejorar de 1.000 a 10.000 veces la sensibilidad de detección de una técnica de PCR o cultivo tradicional o bien para eliminar los posibles interferentes o inhibidores.

Por otra parte, el laboratorio Diagnotec S.A. utilizó la metodología RT-PCR (reacción en cadena de la polimerasa en tiempo real). La tecnología del RT-PCR está basada en la detección de una señal fluorescente producida proporcionalmente durante la amplificación del ADN blanco. Antes de revisar la cantidad de ADN blanco producido después de un número determinado de ciclos de amplificación, las pruebas de RT-PCR determinan el punto en el tiempo durante el proceso de ciclado cuando se detecta por primera vez la amplificación de un producto de PCR. Este se determina identificando el número del ciclo en el cual la intensidad de la emisión del reportero marcado se levanta sobre el ruido de fondo. Este número del ciclo está referido como el ciclo umbral o “threshold cycle” (Ct). El Ct se determina en la fase exponencial de la reacción de PCR y es inversamente proporcional al número de copias del blanco. Por lo tanto, cuanto más alto es el número de copias iniciales de los ácidos nucleicos a amplificar, más pronto se observa un aumento significativo en la fluorescencia, y son más bajos los valores de Ct. Los ensayos de RT-PCR son altamente reproducibles y pueden discriminar fácilmente entre valores diferentes de cantidad de templado (Rodríguez & Rodríguez 2006).

7.6.7 Análisis de resultados

De acuerdo a los resultados entregados por ambos laboratorios, en caso de detectar la presencia de estos agentes infecciosos, se comparó con la situación previa a las actividades de lavado de redes.

7.7 Identificar y cuantificar la presencia de ISAv y *Piscirickettsia salmonis* en la columna de agua, como resultado de las actividades de retiro de redes en centros de cultivo de salmones.

Para identificar y cuantificar la presencia de ISAv y *Piscirickettsia salmonis* en la columna de agua como resultado de las actividades de retiro de redes en centros de cultivo de salmones la metodología utilizada corresponda a la descrita para los objetivos V y VI.

7.7.1 Época de muestreo

La época de muestreo corresponde a la misma definida en el objetivo específico V, es decir se realizaron muestreos en las cuatro estaciones del año.

7.7.2 Selección de sitios de muestreo

Los sitios de muestreo son los mismos que se definieron en el objetivo específico V.

7.7.3 Estaciones de muestreo

Las estaciones de muestreo corresponden a las mismas definidas en el objetivo específico V.

7.7.4 Variabes a monitorear

A partir de las muestras obtenidas, se identificó la presencia de ISAv y *Piscirickettsia salmonis*.

7.7.5 Diseño experimental

El diseño experimental está indicado en detalle en el objetivo específico VI.

7.7.6 Análisis de laboratorio

El análisis fue realizado por los laboratorios ADL Diagnostic Chile Ltda. y Diagnotec S.A., ambos listados dentro de los laboratorios de diagnóstico autorizados por SERNAPESCA para realizar análisis de especies hidrobiológicas.

La metodología de detección de ambos laboratorios es descrita en el objetivo VI.

7.7.7 Análisis de resultados

De acuerdo a los resultados entregados por ambos laboratorios, cuando fue detectada la presencia de estos agentes infecciosos, se comparó con la situación previa a las actividades de retiro de redes.

7.8 Determinar la viabilidad de los agentes infecciosos identificados a partir de los objetivos anteriores.

En caso de detectar positivos los análisis de ISAv y *Piscirickettsia salmonis* obtenidos de las muestras de agua con materia orgánica descritas en los objetivos específicos VI y VII, se determinó la viabilidad del agente evaluado.

El análisis fue realizado en por el laboratorio de diagnóstico Diagnotec, autorizado por SERNAPESCA para realizar análisis de especies hidrobiológicas.

7.9 Realizar una evaluación de riesgos que permita identificar cuál de los sistemas utilizados presenta un mayor riesgo desde el punto de vista ambiental y sanitario.

Para realizar una evaluación que permita identificar cuál de los sistemas analizados en este informe presenta mayor riesgo desde el punto de vista ambiental y sanitario, la metodología a utilizar se presenta esquemáticamente en la FIGURA.

En base al procedimiento establecido en el Código Sanitario para los Animales acuáticos de la Organización Mundial de la Sanidad Animal (OIE), se realizó un análisis de riesgo en donde se identificó el peligro, ya sea por agentes patógenos o carga de materia orgánica.

Una vez identificado el peligro se realizó la evaluación de riesgo, la que es flexible para adaptarse a las situaciones analizadas.

Se analizaron los resultados cualitativos y cuantitativos obtenidos en los muestreos, la información obtenida de los métodos y se relacionó con la experiencia y legislación usada en otros países, con el fin de realizar la gestión del riesgo. Esta gestión del riesgo consiste en decidir y aplicar las medidas que permitan alcanzar el nivel de protección apropiado y asegurar que los efectos negativos de esas medidas sean mínimos.

Además, se estimó un ranking entre los sistemas utilizados para el manejo de redes de cultivo según los riesgos sanitarios y ambientales asociados con cada uno de ellos.

8 RESULTADOS

8.1 Identificar los sistemas de lavado *in situ* empleados actualmente en nuestro país y describir el proceso de lavado.

8.1.1 Recopilación de información: sistemas de lavado *in situ* utilizados en Chile

Actualmente existe un gran número de centros de cultivo relacionados con la industria acuícola en el país, que según el último Anuario Estadístico de Pesca al año 2014 alcanzaron los 3.595. La mayor densidad de estos centros de cultivo se presenta en las regiones de Los Lagos y Aysén, concentrando en conjunto un 83,7% del total de centros registrados, de los cuales un 48,5% corresponden a centros específicamente dedicados al cultivo de peces (SERNAPESCA, 2014a).

Como se ha mencionado a lo largo de este informe, una de las principales dificultades que enfrenta la industria del salmón en el ámbito de la producción corresponde a la adherencia de material biológico denominado incrustante o “*fouling*”. Si bien las condiciones del ambiente marino de las costas y fiordos de la zona austral del país presentan las condiciones ideales de temperatura, corrientes y otras variables para el desarrollo de la industria de salmónidos, son estas mismas condiciones sumadas a la Corriente de Humboldt las que favorecen la riqueza de la producción primaria del mar, ya sea fitoplancton, zooplancton y otros organismos que continúan en la cadena trófica como algas y mitílidos que buscan lugares para su establecimiento (fijación) y crecimiento. En este contexto es que las redes utilizadas en la industria acuícola entregan las condiciones ideales para estos organismos.

Como una consecuencia del gran número de redes utilizadas en la industria, de acuerdo a un artículo de la revista AQUA (2014) a fines del año 2014 ya “son alrededor de diez las compañías especializadas en las labores de limpieza *in situ* y

que se ubican entre la Región de Los Lagos y Magallanes”. En el mismo contexto, de acuerdo a IFOP (2013) son 8 las empresas que ofrecen el servicio de lavado *in situ* de redes, y de acuerdo a la presente revisión realizada en la web y directorios de acuicultura, son siete las empresas que ofrecen el servicio, aunque varían en relación a las empresas identificadas en el año 2013 por IFOP.

En la Tabla 8-1 se listan las empresas que ofrecen el servicio de lavado de redes *in situ*.

Tabla 8-1. Listado de empresas con servicio de lavado de redes *in situ*.

Empresa	Año 2013*	Año 2016
Akva	X	X
Rovscan	X	X
Aquasol	X	
SSIA	X	
Bionortec	X	X
Surlux	X	X
Anag	X	
Novatech	X	
Protec		X
Biomasa		X
Atlantis		X

Fuente: Elaboración propia. *IFOP, 2013.

Actualmente, para eliminar estos organismos incrustantes de las redes utilizadas en la industria, los centros de cultivo en Chile emplean principalmente dos sistemas de lavado *in situ*, uno sin retención de sólidos y otro con retención de sólidos.

8.1.1.1 Lavado de redes sin retención de sólidos

Desde una perspectiva general, la técnica de lavado *in situ* de redes sin retención de sólidos es similar entre todas las empresas ofertantes del servicio. Las variaciones se manifiestan básicamente en la tecnología utilizada (maquinarias,

potencia, rendimientos, etc.), aunque en general todas las empresas ofrecen más de un tipo de alternativa de maquinarias para ejecutar el lavado.

De acuerdo a un estudio realizado por IFOP (2013) y a la información proporcionada a los clientes por algunas de las empresas prestadoras del servicio de lavado *in situ* de redes, el proceso es ejecutado por una hidrolavadora constituida generalmente por motores diésel, pero que también pueden estar impulsados por gasolina o hidráulicamente. Estas hidrolavadoras utilizan agua de mar a alta presión, expulsándola por dispersores a través de discos giratorios, que, aunque poco comunes, pueden ir desde uno para realizar labores específicas, hasta 9 discos, montados de variadas formas y combinaciones (Figura 8-1) quedando adheridos a la red y desprendiendo el “*fouling*” acumulado. Los discos de limpieza generalmente tienen el formato de 40cm de diámetro, aunque también se encuentran disponibles en 30 o 50cm. Lo anterior se traduce en un área de lavado por cada pasada que oscila entre los 270cm para lavadoras de 7 discos y 30cm para modelos de sólo un disco (Tabla 8-2).

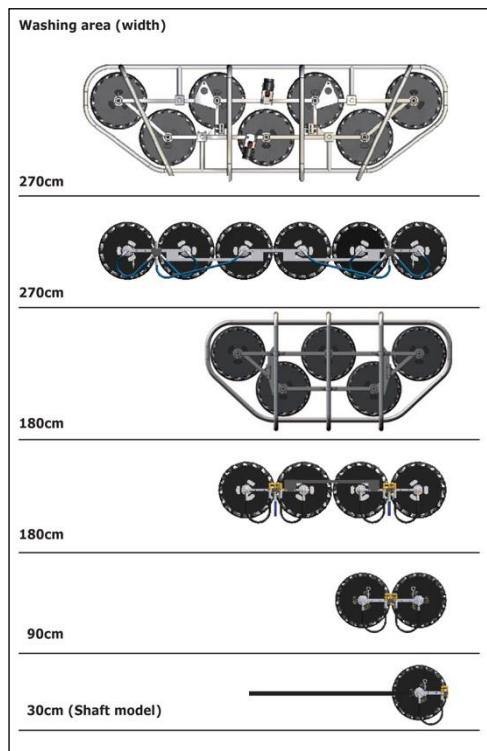
Tabla 8-2. Área abarcada por cantidad de discos en hidrolavadora - Akva.

Número de discos	Área de lavado (cm)
7	270
6	180
5	180
4	180
2	90
1	30

Fuente: Elaboración propia en base a www.akvagroup.com

La Figura 8-1 muestra las configuraciones de discos y área de limpieza abarcada por las hidrolavadoras ofrecidas por la empresa Akva.

Figura 8-1. Configuraciones de discos y área de limpieza abarcada por las hidrolavadoras – Akva.



Fuente: www.akvagroup.com

Los limpiadores de redes más grandes con hidrolavadoras de 7 ó 9 discos pueden ser operados, en el caso de Akva, en modo automático por dos personas utilizando maquinaria (grúa, cabrestante, etc.) o por una bomba de alta presión con funcionamiento Diésel Idema D-Drive K-188-300-SD-JD-150 con capacidad para 5+5 discos de limpieza, descarga de 188 l/min a 300 bar y potencia de 150 hp. En el caso de la empresa Rovscan, para hidrolavadoras de 9 discos también se utiliza una bomba de Inyección de agua a presión, impulsada por motor diésel modelo HPS2200, con descarga de 228 l/min a 320 bar y potencia de 180 hp. Ambas empresas ofrecen opcionalmente la posibilidad de integrar un vehículo operado remotamente (ROV), controlado desde la superficie por un operador capacitado y

que tiene el potencial de inspeccionar fondeos, líneas de fondeo, redes de cultivo, loberas y el fondo marino, entre otros.

Las hidrolavadoras más pequeñas (2 a 3 discos giratorios), pueden ser manipuladas manualmente por un operador desde la superficie (pasillo del módulo). El operador manipula los discos con movimientos ascendentes y descendentes a través de la red hasta una profundidad definida, recorriendo todo el perímetro de la balsa jaula hasta completar la red. Al tratarse de maquinarias pequeñas, generalmente las bombas utilizadas son de 20-22 hp, presiones entre 250-280 bar, descargas de 28 l/min y rendimientos entre 1800 a 2000 m² por jornada (IFOP, 2013).

Dentro de las particularidades ofertadas por cada empresa se pueden mencionar las siguientes:

- La empresa Akva ofrece el sistema de lavado de redes Idema quality Net Cleaning, que según su información cuenta con una amplia variedad de dispositivos, que van de 1 hasta 7 discos giratorios. Todos los productos se ofrecen con rieles frontales lisos y de acero inoxidable que aseguran un desgaste mínimo de la red, además de modelos más recientes que integran cámaras móviles que permiten un completo control durante el proceso de limpieza. El sistema utiliza solamente agua de mar bombeada, sin recurrir a químicos ni otros procesos físicos como refriego. Debido a lo anterior la empresa señala que la técnica es amigable con el medioambiente y no daña las redes.
- La empresa Rovscan ofrece el servicio de limpieza de redes *in situ*, provisto de cabezal con discos conectados a bomba de agua a alta presión. Las unidades estándares son fabricadas por Hughes Pumps y suministradas, con o sin

Cámaras Insonorizadas (85 dBA) impulsadas por motores diésel, hidráulicos o eléctricos, a elección. Su sistema “Terminator” trabaja adherido a las redes durante la operación proporcionando una óptima y eficiente limpieza, ya que al aplicar el flujo de agua muy cerca de la red este no pierde velocidad y por lo tanto es de alta efectividad en la remoción de algas e incrustaciones.

- La empresa nacional Atlantis fabrica maquinaria autónoma de alta potencia a través de la cual ofrecen servicio de lavado *in situ* de redes. Dentro de los productos que ofrecen al mercado, se cuenta la hidrolavadora con una potencia de 300 bar y dos discos giratorios más uno de respaldo, montada en un carro de acero inoxidable. Posee dos mangueras de alta presión de 3/8 de 40 m y una de 20 m por equipo, acompañados de un motor Honda y bomba de lavado Interpump T2530.
- Surlux menciona que utiliza equipos Dual Head NC 400. Las empresas Bionortec, Protec y Biomasa no especifican el detalle de los equipos utilizados en el servicio de lavado *in situ*.
- La empresa ZEREGA, aunque no ofrece servicio de lavado *in situ*, son proveedores en la industria nacional de equipos para realizarlo y destaca por proveer sistemas que van entre 2 a 18 discos giratorios, con anchos de lavado entre 0,76 y 6 m y caudales entre 25 y 385 l/min.

Al efectuar este tipo de limpieza *in situ* sin retención de sólidos, el Reglamento Ambiental para la Acuicultura (RAMA) señala que no podrán transcurrir más de 15 días corridos entre una actividad de limpieza y otra para un mismo arte de cultivo entre los meses de octubre a marzo y de dos meses entre los meses de abril a septiembre. En caso de que transcurran más de 15 días sin que se efectúe el lavado de redes entre los meses de octubre a marzo, no podrá volver a utilizarse el

mismo método, debiendo aplicarse el sistema de aspirado con retención o en el caso que transcurran más de 20 días desde la limpieza anterior, ésta deberá efectuarse en tierra o en embarcaciones, pontones u otros artefactos navales. Entre los meses de abril a septiembre, en el caso que transcurran más de dos meses sin que se efectúe el lavado de redes, no podrá volver a utilizarse el mismo método, debiendo efectuarse en tierra o en embarcaciones, pontones u otros artefactos navales (D.S. N° 320-2001, Actualizado por el D.S. N° 168-2011 MINECON).

8.1.1.2 *Lavado de redes con retención de sólidos*

En relación al lavado con retención de sólidos y de acuerdo a la búsqueda de información realizada para este Proyecto, se evidencia que la descripción realizada por IFOP (2013) se encuentra vigente y se cuenta con pocos antecedentes nuevos para complementar dicha información. En dicho informe se señala que el lavado con retención de sólidos, es decir, con aspirado y tratamiento de residuos, consiste a modo general en la operación ejecutada por un buzo que recorre las redes de las jaulas aspirándolas con un sistema de succión, obteniendo rendimientos de lavado entre 1000 a 1100 m² de red por jornada. El equipamiento necesario consta de una motobomba de succión con capacidad de bombeo de 1100 l/min y una aspiradora de PVC de 5x30 cm, además del compresor de oxígeno requerido para abastecer al buzo.

El material aspirado es conducido a través de mangueras a un sistema que separa los residuos sólidos de los líquidos. De este modo, la mezcla de agua e incrustantes pasa por un filtro estático que permite separar y almacenar los sólidos. Una vez separados, los desechos líquidos pasan por un tratamiento de esterilización mediante luz ultravioleta con una radiación aproximada de 400 microwats x cm² antes de su descarga al mar. De acuerdo a lo informado por las diferentes

empresas, se obtiene un efluente con nula carga biológica que cumple con los estándares del D.S. 90-2001 MINSEGPRES (IFOP, 2013).

Debido a lo anterior, se debe contar con la infraestructura necesaria para instalar los sistemas de filtros y almacenamiento de residuos. La disposición final de los residuos sólidos cumple con las normativas ambientales vigentes, disponiendo de contenedores en tierra que posteriormente son llevados a vertederos autorizados (IFOP, 2013).

De acuerdo al mismo estudio de IFOP (2013), las empresas que realizan este tipo de lavado corresponden a Servicios Submarinos Industriales Acuícolas, de la cual no se registró actividad durante la presente búsqueda de información, y la empresa Surlux. A las empresas antes mencionadas se suma en la actualidad INNO SEA con su sistema EWS Eco Washing System.

En Chile se han desarrollado innovaciones en esta área. En el año 2009, la empresa Biosistemas Chile S.A. fue reconocida por la Corporación de Fomento de la Producción por su innovación en el desarrollo del sistema TES® (Tecnología Ecológica Submarina), que consiste en un conjunto de equipos que aspira los incrustantes adheridos a las redes, separando en dos procesos de microfiltración el agua de los sólidos. Mientras el agua microfiltrada continúa su trayectoria a través de un equipo de desinfección, aplicándole una alta dosis germicida para luego ser vertida nuevamente en el cuerpo de agua, los sólidos son retirados y tratados posteriormente a través de lombricultura. Según la Revista Aqua (2007a), “...se realizaron pruebas con el sistema TES® en un lago de la X Región, en las cuales se efectuaron muestreos a los efluentes generados en el proceso, considerando la tabla 3.7 del Decreto 90/2001 (MINSEGPRES) que establece ‘Norma de Emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos

a aguas marinas y continentales superficiales' arrojando como resultado el cumplimiento de todos los parámetros exigidos por dicha tabla. Pudiendo determinarse que dicho proceso no califica como fuente emisora".

Para la técnica de lavado con retención de sólidos, el RAMA señala que entre dos actividades de limpieza no podrán transcurrir más de 20 días corridos entre los meses de octubre a marzo y de dos meses entre los meses de abril a septiembre. En el caso que transcurran más de 20 días o de dos meses, en su caso, sin que se efectúe el lavado de redes, no podrá volver a utilizarse el mismo método, debiendo efectuarse en tierra o en embarcaciones, pontones u otros artefactos navales. A su vez, los residuos sólidos retenidos deberán ser dispuestos en tierra, de conformidad con la normativa vigente (D.S. N° 168-2011 MINECON).

8.1.2 Información de encuestas

8.1.2.1 *Empresas salmoneras con lavado de redes in situ*

El 75,4% de las empresas consultadas aplica como medida anti-fouling impregnación y posterior retiro de redes. El 8,3% mantienen técnicas distintas para distintos centros, es decir trabajan con redes impregnadas y otros con lavado *in situ*. El 12% de las empresas consultadas realiza lavado *in situ* y cerca del 4% realizan retiro de redes sin impregnantes.

En relación a la externalización del lavado de redes, en su mayoría las empresas consultadas mencionan que se externaliza completamente a empresas proveedoras del servicio.

El control y eliminación de "*fouling*", y por lo tanto el lavado de las redes, es considerado como uno de los costos relevantes de la operación de un cultivo.

Entre los motivos señalados por las empresas que realizan más de un tipo de tratamiento a las redes (lavado *in situ*, retiro, impregnación) se menciona como principal razón la eficiencia. Mientras algunos centros utilizan los recursos para retirar redes y lavarlas en tierra, otros de forma paralela lo hacen *in situ* para aumentar el rendimiento de la empresa en el proceso (m^2 / unidad de tiempo).

De las empresas que accedieron a realizar la encuesta y que realizan lavado *in situ*, el 100% lo hace sin retención de sólidos. Los principales motivos mencionados corresponden a menores costos y tiempos.

En relación a la desinfección de equipos el procedimiento lo aplica la empresa prestadora del servicio sobre sus mismos equipos antes y después del procedimiento, y son aplicados en las barreras de bioseguridad del centro de cultivo en caso de no externalizar el lavado de redes *in situ*.

En relación a la identificación del factor que más influye en la cantidad de “*fouling*” en las redes se mencionó en un 100% de las veces a la estación del año.

En relación al procedimiento (lavados, retiro, impregnación) aplicado a las redes, el lavado *in situ* con retención de sólidos es considerado Muy Bueno, el lavado *in situ* con agua a presión es calificado como Regular, el lavado *in situ* con discos giratorios es catalogado como Bueno al igual que el retiro de redes para posterior lavado.

8.1.2.2 *Empresas proveedoras del servicio de lavado de redes in situ*

El 100% de las empresas encuestadas realizan lavado *in situ* sin retención de sólidos.

Las empresas encuestadas indican que los principales motivos para ofrecer el lavado *in situ* sin retención de sólidos corresponden a menores tiempos y costos, al igual que las empresas salmoneras.

En relación a la desinfección de equipos, se indica que se utilizan las barreras sanitarias del centro de cultivo cuando se mantienen en un mismo centro, pero también son desinfectados por la empresa previo a cada ingreso a centros de cultivo.

El número de trabajadores utilizados para el lavado corresponde a un operario por hidrolavadora en servicio.

En relación a la identificación del factor que más influye en la cantidad de “*fouling*” en las redes se mencionó en un 100% de las veces a la estación del año.

En relación al procedimiento (lavados, retiro, impregnación) aplicado a las redes, el lavado *in situ* con retención de sólidos fue considerado Bueno, el lavado *in situ* con agua a presión es calificado como Regular, el lavado *in situ* con discos giratorios es catalogado como Bueno y Muy Bueno.

8.2 Recopilar la información disponible respecto a los sistemas de lavado *in situ* utilizados internacionalmente en centros de cultivo de peces, señalando además la normativa relacionada para la realización de estas actividades.

Debido a los efectos que la salmonicultura provoca en el medioambiente, la mayoría de los países se encuentran en un proceso de revisión constante de sus regulaciones sanitarias y ambientales. El lavado *in situ* de redes es ampliamente aceptado en otros países con industria acuícola, sin embargo, en ellos la frecuencia

de lavado es esporádica ya que a diferencia del caso chileno la productividad primaria de los mares es baja.

Se presentan a continuación algunos de los sistemas de lavado *in situ* de redes que desarrollan países que cuentan con industria acuícola:

8.2.1 Sistemas de lavado *in situ* más comunes por país

8.2.1.1 *Noruega*

En la acuicultura desarrollada en Noruega se utilizan principalmente tres metodologías para el manejo de la contaminación biológica en las redes, incluyendo limpieza de las redes en tierra, limpieza de redes *in situ* y como medida excepcional, el revestimiento a base de cobre que se combina con el secado regular para eliminar las incrustaciones (Olafsen, 2006).

En centros de cultivos de Noruega, como VAL AKVA, utilizan procedimientos de limpieza mecánica que puede consistir en una limpieza de redes *in situ* o que las redes sean llevadas a la costa. Para la limpieza *in situ* son utilizados discos de limpieza que presentan una facilidad de uso media, y no daña las redes de los centros de cultivos (CRAB, 2006).

Otro procedimiento de limpieza de redes utilizado en VAL AKVA es el denominado secado al aire, que es operado con un sistema de “doble red”, donde la mitad de la red es sacada para su posterior secado, mientras que la otra mitad permanece en el agua. Esta técnica es eficaz, ahorrando costos en limpieza y reduce el estrés asociado con el cambio de redes, sin embargo, se requiere un equipo con experiencia para cambiar el área expuesta de la red. El manejo es relativamente fácil, pero puede generar daños en la red causado por los ganchos usados para mantener la red elevada para su secado (CRAB, 2006).

Cabe señalar que el lavado *in situ* empleado en Noruega no es comparable al caso chileno. De acuerdo con ATARED (2008, 2009) existen centros de cultivos que lavan sus redes con los peces dentro, pero los fiordos tienen entre 100 a 500 metros de profundidad, los centros se encuentran localizados en zonas con alta circulación de agua, las cargas de producción de peces por fiordos son estrictamente reguladas y la productividad primaria de sus aguas es baja (ATARED, 2009).

8.2.1.2 Canadá

El lavado de redes *in situ* no está prohibido en Canadá, sin embargo, se recomienda realizar la actividad de lavado fuera del agua. Las redes que presentan alta carga de incrustantes deben ser lavadas en instalaciones dispuestas en tierra, mientras que redes con bajos niveles de incrustantes pueden ser lavadas *in situ*, con excepción de los sitios que presentan pobres condiciones ambientales o en sitios donde se determina una alta carga de material orgánico en el bentos (ATARED, 2008).

De acuerdo a IFOP (2013), la remoción de materia orgánica mediante un sistema de rodillos rotatorios que emiten chorros de agua de alta presión tipo hidrolavadora, corresponde al método más utilizado en Canadá. Además, señala que se están empleando redes de PVC sin poros, que debilitan la fijación de incrustantes y facilitan su remoción. El sistema de rodillos al ser deslizado sobre la superficie de la red, remueve la materia orgánica adherida diluyéndose en la columna de agua dado su pequeño volumen.

En la actualidad Marine Harvest Canadá (MHC) está invirtiendo en la innovación de tecnología utilizada en la limpieza de redes, luego de discontinuar el uso de redes tratadas con cobre en los centros de cultivo de salmón emplazados en British

Columbia. El nuevo método de limpieza se denomina RONCs (Remote Operated Net Cleaners) y utiliza agua a alta presión y discos de lavado para eliminar de manera segura restos orgánicos que crecen naturalmente en las jaulas (Campbell, 2016).

8.2.1.3 *Escocia*

Según ATARED (2008), en Escocia el lavado de redes *in situ* en el mar no se encuentra prohibido. El principal método empleado para el lavado de redes es con hidrolavadora a presión de 9 discos (HPS 220) (IFOP, 2013), que permite limpiar 2,7 m de ancho por cada pasada, removiendo todo el “*fouling*” adherido en un solo paso y dejando la red 100% limpia (FIS, 2011).

Se emplea también otro procedimiento de limpieza de redes que consiste en un sistema pasivo, donde se utilizan redes con una profundidad extra, y se rotan de tal forma que el *fouling* sea secado al aire y eliminado. Las redes también son lavadas en instalaciones en tierra a través de grandes máquinas lavadoras.

Los efluentes generados por el lavado de redes son regulados por el Scottish Environment Protection Agency (SEPA) y deben ser tratados en las instalaciones de tratamientos municipales o en instalaciones de tratamientos dispuestos para estos fines (SEPA, 2003).

Cuando el operador trata sus propios efluentes, las descargas deben tener una autorización de descarga del SEPA. Los sólidos generados por este proceso son clasificados como “desechos controlados” y deben ser dispuestos en lugares autorizados.

8.2.1.4 Irlanda

Según lo expuesto por Hartl *et al.* (2006), el lavado *in situ* de las redes es generalmente realizado mediante dos métodos: con un dispositivo portátil manejado desde la superficie (Sistema IDEMA) o realizado por buzos especializados. Estos procedimientos parecen ser especialmente eficaz en las redes con anti incrustantes, retardando su aparición.

La limpieza de redes es efectuada por un dispositivo manejado desde la superficie. Solo puede realizar una limpieza del tipo vertical, por lo que su uso en los centros de cultivos es limitado, ya que en la parte inferior la curva de las redes no puede ser alcanzada por este tipo de equipos (Hartl *et al.*, 2006).

En centros de cultivo ubicados al suroeste de Irlanda, se utilizan discos de limpieza que presentan una facilidad de uso media y no dañan las redes de los centros de cultivos (CRAB, 2006).

En este país no está prohibido ni regulado el lavado de redes *in situ* en el mar y sólo están reguladas las descargas de los efluentes originados en las instalaciones en tierra.

8.2.1.5 Australia

La empresa australiana “Dive Works” ofrece un servicio de limpieza de redes *in situ*, que utiliza chorros de agua a alta presión, permitiendo remover incrustaciones en las redes de peces (Dive Works, 2014).

La empresa “Aqua Sonic Management” ha innovado en tecnología con ondas de sonido para remover algas filamentosas de las redes peceras. El uso de estas ondas como herramienta de control de crecimiento se ha comprobado como óptimo, sin causar una afectación en los peces que se encuentran en cultivo. La intensidad

y la frecuencia de la onda es completamente segura para humanos, vida marina y plantas. Se presenta como un método que no afecta al medioambiente y la principal ventaja de este sistema es que las redes no necesitan de un tratamiento nocivo de impregnación de cobre, ni algún tipo de limpieza física o mecánica (IFOP, 2013).

Por otra parte, “Yanmar Net Cleaner” corresponde a un robot que permite limpiar prácticamente cualquier tamaño de jaula hasta una profundidad de 50 metros. La operación del robot se realiza de forma remota y sólo mediante un operario, con movimientos capturados por cámaras de video frontales y posteriores que proporcionan una visión de la ruta. El robot es autopropulsado y tiene la capacidad de operar en todas las superficies (<http://www.powerequipment.com.au>).

La misma empresa ofrece la máquina “Sensui-Kun”. Esta máquina utiliza una bomba de agua de alta presión, donde la fuerza del chorro propulsado se utiliza para girar una hélice que mantiene presionada la máquina contra la red. Es operada mediante control remoto y su operación submarina se puede comprobar en tiempo real en un monitor (<http://www.powerequipment.com.au>).

8.2.1.6 *Inglaterra*

Según la RSA & WWF (2012), la única alternativa sin químicos es la limpieza mecánica de incrustantes de las redes, ya sea en tierra con máquinas que utilizan baños de agua salina o agua clorada, o tecnologías de lavado *in situ* con agua a presión, siendo el sistema más utilizado el de 9 discos giratorios (RONC), existiendo también alternativas de 3 y 5 discos (IFOP, 2013).

Si bien para la eliminación mecánica de incrustantes se requiere de mayor tiempo, es la única manera que permite mejorar la calidad del agua sin añadir productos químicos potencialmente dañinos para el medio ambiente. Otras técnicas de

limpieza incluyen el secado al aire de las redes y los robots de limpieza (RSA & WWF, 2012).

8.2.2 Normativa internacional

Para el análisis de la Normativa Internacional, se consideró el estudio realizado por Cetecsal (2008), empresa dedicada a la investigación medioambiental de la salmonicultura, quienes realizaron una revisión de la normativa que aplica en otros países que desarrollan la industria salmonera. Además, con la nueva revisión bibliográfica realizada se complementó y actualizó dicha información.

8.2.2.1 *Noruega*

En Noruega el principal cuerpo legislativo que regula el manejo, control y desarrollo del cultivo de peces en agua dulce, agua salobre y marina corresponde al “Acta de Acuicultura 1985”, enmendada en 2003. Dicha Acta establece un sistema de autorizaciones que controlan el establecimiento y operación de las granjas piscícolas (FAO, 2015a). Cabe mencionar, que en el Acta de Control de la Contaminación (1981), se encuentra prohibida toda descarga o eliminación de residuos en el ambiente a menos que sea permitida por ley o mediante un permiso que sea otorgado por el Gobernador del Condado (FAO, 2015b), sin embargo, no existe limitación alguna para la limpieza de las jaulas por medios mecánicos dentro del agua ya que asumen corrientes que se hacen cargo de dispersar las partículas provenientes de la limpieza de las jaulas. Además, la normativa indica que los sitios utilizados para el cultivo de peces deben descansar por a lo menos dos meses, con la finalidad de prevenir y minimizar los brotes de enfermedades. En situaciones sanitarias adversas que afecten a un centro de cultivos en particular, las autoridades sanitarias deciden un periodo de descanso mayor dependiendo del caso y de las características del sector de cultivo (ATARED, 2008).

En el Capítulo III de la Ley de Acuicultura Noruega (Ley N° 79, de 17 de junio de 2005), se establece que las instalaciones de acuicultura deben ser establecidas, operadas y abandonadas de una manera ambientalmente responsable, restaurando el sitio y las áreas colindantes si la producción se interrumpe en su totalidad o en parte, incluida la eliminación de organismos, instalaciones, equipos, etc. (Norwegian Ministry of Fisheries and Coastal Affairs, 2005). Desde el año 2006 en Noruega todos los talleres que lavan y pintan redes, deben tener tratamientos de los efluentes, considerando tanto los fluidos como la materia orgánica generada por el lavado. En Noruega no están permitidas las pinturas con solventes, por su potencial efecto negativo en el ambiente acuático y en la salud de los operadores (ATARED, 2008).

Cabe señalar que en la normativa revisada no se realiza una referencia particular a la actividad de lavado *in situ* de redes, por lo que no se establecen procedimientos que cumplir.

8.2.2.2 *Canadá*

En Canadá el “Environmental Management Act (EMA)” Ley de Gestión Ambiental, regula el vertido de residuos al medio ambiente, considerando entre dichos residuos a todos aquellos generados durante la actividad de limpieza de redes. A su vez, el Waste Control Regulation B.C. Reg. 321/2004 (Reglamento de Control de Residuos) señala que el encargado de los centros de cultivos es quien estará a cargo del manejo de los materiales potencialmente dañinos para el medio ambiente, incluido entre estos los residuos generados de la actividad de limpieza de redes (Ministry of Agriculture and Lands and Ministry of Environment, 2007).

El lavado de redes *in situ* provoca acumulación de desechos en el fondo y una violación a las autorizaciones de la EMA (Environmental Management Act) por el

impacto en los bentos. Lo anterior obliga a que las redes sean lavadas en instalaciones en tierra (ATARED, 2008).

En New Brunswick, Canadá, son emitidos certificados de aprobación en concordancia a las regulaciones que establecen que los desechos generados por el cultivo de peces en el mar, incluyendo los desechos generados por el lavado de redes, deben ser dispuestos en un sitio autorizado. Las redes que presentan alta carga de fouling deben ser lavadas en instalaciones dispuestas en tierra. Redes que presentan una baja carga de fouling pueden ser lavadas *in situ*, con excepción de los sitios que presentan pobres condiciones ambientales o en sitios donde el EMP (Emergency Medical Planning) revela alta carga de material orgánico en los bentos (ATARED, 2008).

En British Columbia, en virtud de las regulaciones que rigen la descarga de desechos, no está permitido descargar los desechos generados por el lavado de redes *in situ*, se establece que las actividades de lavado de redes deben ser realizadas en instalaciones en tierra (ATARED, 2008).

La acuicultura canadiense se encuentra regida por diferentes leyes, reglamentos, políticas y programas relacionados con la gestión ambiental y el uso compartido de los recursos acuáticos. Es así como, a través de la Ley de Pesca, la DFO (Department of Fisheries and Oceans Canada) regula la industria de la acuicultura con el fin de proteger a los peces y su hábitat (DFO, 2015)

En junio de 2015 comenzó a regir en Canadá “Aquaculture Activities Regulations”, regulación que aclara normas sobre el depósito de pesticidas y drogas en aguas producto de la acuicultura, además de imponer una mayor información pública sobre el desempeño ambiental del sector (DFO, 2016), sin embargo, en esta regulación no se hace mención específica a la actividad de lavado *in situ* de redes.

8.2.2.3 *Escocia*

Con respecto a Escocia, la Ley de Acuicultura y Pesca de 2007, sólo hace referencia a la prohibición de efectuar la limpieza *in situ* de las redes en caso de ser encontrado el parásito *Gyrodactylus salaris*, sin hacer referencia a ninguna prohibición o procedimiento en otras circunstancias (Cetecsal, 2008).

El organismo SEPA (Scottish Environment Protection Agency) es el principal ente regulador ambiental del país. Es así como todo operador que desee realizar la acuicultura, debe solicitar y recibir una licencia basada en la regulación the Water Environment (Controlled Activities) (Scotland) Regulations 2011. Esta regulación permite asegurar que las actividades asociadas a la acuicultura y que suponen un riesgo al medio acuático son controladas (SEPA, 2016), sin embargo, no realiza una referencia particular a los requerimientos que debe cumplir la actividad de lavado de redes *in situ* y procedimientos asociados.

8.2.2.4 *Irlanda*

En Irlanda, el principal instrumento que rige el control y los permisos de la acuicultura corresponde a la Enmienda de la Ley de Pesca (1997), donde se prohíbe que las actividades acuícolas sean realizadas a menos que se haya obtenido una licencia previa. Esta enmienda establece además un procedimiento para garantizar, renovar, corregir y revocar licencias y permite apelaciones en las decisiones relacionadas al otorgamiento de las mismas. La Enmienda de la Ley de Pesca a su vez se encuentra enmendada por la Reforma a la Ley de Pesca de 2001 (FAO, 2005a). Cabe mencionar que en ninguna de estas leyes y sus enmiendas se hace referencia particular a la actividad de lavado de redes *in situ*, no estando prohibido ni regulado. Sólo se encuentran reguladas las descargas de los efluentes originados en las instalaciones en tierra (ATARED, 2008).

8.2.2.5 *Australia*

En Australia el Departamento de Agricultura, Pesca y Silvicultura (DAFF) es el Departamento del Gobierno Federal con responsabilidad ejecutiva sobre la acuicultura. El Estado de South Australia es el mayor productor acuícola en el país, en este estado la acuicultura se encuentra regulada por la Ley de Acuicultura 2001 (reformada en 2003 y 2005) (FAO, 2005b), esta Ley proporciona las especificaciones en la elaboración de políticas acuícolas, la transferencia de arriendos de acuicultura, los registros para ser mantenidos por titulares de licencia y los cargos e infracciones, sin embargo, cabe señalar que en esta Ley no se realiza mención alguna a la actividad de lavado *in situ* a ser aplicada en la acuicultura.

En el año 2013 Tasmanian Salmonid Growers Association, emitió una guía ambiental práctica para el lavado *in situ* de redes utilizadas en los cultivos de salmón, que describe información y procedimientos prácticos para ayudar a la industria a lograr el cumplimiento de las leyes ambientales de Tasmania y alcanzar resultados positivos ambientales limpiando las redes *in situ* (TSGA, 2013).

8.2.2.6 *Estados Unidos*

En Estados Unidos la acuicultura está regulada a nivel federal y estatal. La Ley de Agua Limpia (The Clean Water Act), estableció la estructura básica para la regulación de las descargas de contaminantes en las aguas del país. A su vez, la Agencia para la Protección Ambiental (EPA) es la principal entidad que regula la calidad del agua (FAO, 2015c). Cabe mencionar que para la actividad de limpieza se recomienda realizarla en tierra, mediante el secado previo de las mismas y posteriores limpiezas mediante agua a presión.

8.2.2.7 Resumen

A modo de resumen, en la siguiente Tabla 8-3 se indican las normativas por países, que aplican a la acuicultura y al lavado de redes, señalando los principales puntos de interés.

Tabla 8-3. Normativa por países que se aplica a la acuicultura y/o al lavado de redes.

País	Normativa	Principales Puntos de Interés de la Normativa
Noruega	“Acta de Acuicultura 1985”, enmendada en 2003	Establece un sistema de autorizaciones que gobierna el establecimiento y operación de las granjas piscícolas, sin embargo, no hace referencia alguna a la actividad de lavado de redes <i>in situ</i> .
	Acta de Control de la Contaminación (1981)	Se prohíbe toda descarga o eliminación de residuos en el ambiente a menos que sea permitida por ley o mediante un permiso que sea otorgado por el Gobierno del Condado.
	Ley N° 79, relativa a la Acuicultura	En su Capítulo III se establece que, cualquier persona que participa en actividades de acuicultura deberá restaurar el sitio y las áreas colindantes si la producción se interrumpe en su totalidad o en parte, incluida la eliminación de organismos, instalaciones, equipos, etc, Esta Ley no hace referencia particular a la actividad de lavado de redes, por lo que no se establecen procedimientos ni estándares que cumplir.
Escocia	Ley de Acuicultura y Pesca (2007)	Hace referencia a la prohibición de efectuar la limpieza <i>in situ</i> de las redes en caso de ser encontrado el parásito <i>Gyrodactylus salaris</i> , sin hacer ninguna otra prohibición o procedimiento en otras circunstancias
	The Water Environment (Controlled Activities) (Scotland) Regulations 2011	Esta regulación permite asegurar que las actividades asociadas a la acuicultura y que suponen un riesgo al medio acuático son controladas, sin embargo, no hace alguna referencia particular a la actividad de lavado de redes <i>in situ</i> .
Irlanda	Enmienda de la Ley de Pesca (1997)	Se prohíbe que las actividades acuícolas sean realizadas a menos que se haya obtenido una licencia. En esta Ley y su enmienda no se realiza referencia alguna a la actividad de lavado de redes.
Canadá	“Environmental	Regula el vertido de residuos al medio ambiente,

País	Normativa	Principales Puntos de Interés de la Normativa
	Management Act (EMA)" Ley de Gestión Ambiental	considerando entre dichos residuos a todos aquellos generados durante la actividad de limpieza de redes.
	Waste Control Regulation B.C. Reg 321/2004 (Reglamento de Control de Residuos)	Establece que el encargado de los centros de cultivos es quien estará a cargo del manejo de los materiales potencialmente dañinos para el medio ambiente, incluido entre estos los residuos generados de la actividad de limpieza de redes.
	La Ley de Pesca	Permite al DFO regular la industria de la acuicultura con el fin de proteger a los peces y su hábitat, cabe señalar que esta Ley no realiza una mención particular a la actividad de lavado de redes
	Aquaculture Activities Regulations (2015).	Regulación que aclara normas sobre el depósito de pesticidas y drogas en aguas producto de la acuicultura, además de imponer una mayor información pública sobre el desempeño ambiental del sector acuícola. Esta regulación no establece normas particulares para la actividad de lavado de redes
Estados Unidos	La Ley de Agua Limpia (The Clean Water Act)	Establece la estructura básica para la regulación de las descargas de contaminantes en las aguas del país. Para la actividad de limpieza de redes se recomienda realizarla en tierra, mediante secado previo de las mismas y posteriores limpiezas mediante agua a presión
Australia	Ley de Acuicultura 2001 (reformada en 2003 y 2005)	Proporciona las especificaciones en la elaboración de políticas acuícolas, la transferencia de arriendos de acuicultura, los registros para ser mantenidos por titulares de licencia y los cargos e infracciones, sin embargo, cabe señalar que en esta Ley no se realiza mención alguna a la actividad de lavado in situ a ser aplicada en la acuicultura
Parlamento Europeo y del Consejo	Reglamento (CE) N° 782/2003	Se encuentra basado en la prohibición de la utilización de pintura anti incrustante en las redes

Fuente: Elaboración propia.

8.3 Recopilar información y comparar los costos asociados entre los distintos sistemas de lavado *in situ* versus el sistema de retiro de redes, utilizados en los centros de cultivo del país.

La información se obtuvo principalmente a partir de visitas realizadas a prestadores de servicios de lavado *in situ* y retiro de redes, y empresas salmoneras, a las que se les aplicaron las encuestas anteriormente mencionadas en el Objetivo Específico I, acápite 7.1 de este informe. En esta encuesta se incluyó la solicitud de un presupuesto tipo (Tabla 8-4) para identificar detalladamente los costos. De las 6 encuestas o entrevistas obtenidas con distintos niveles de información no se obtuvo en ningún caso respuestas en la sección de presupuesto.

Tabla 8-4. Presupuesto tipo solicitado.

Información	
Tipo de lavado/retiro (con o sin retención)	
Sistema de lavado (discos hidrolavadora)	
1 jornada de trabajo (horas)	
Rendimiento por jornada (m ² /día)	
Cantidad de operadores por jornada	
Costos	
ITEMS	Monto (\$)
Recurso humano en faena (\$/jornada)	
Recurso humano administrativo (\$/jornada)	
Traslados operadores y equipos	
Mantenimiento de equipos	
Desinfección de equipos	
Otros (detallar)	
TOTAL, DEL SERVICIO POR JORNADA	

Fuente: Elaboración propia.

La determinación de costos fue entonces realizada mediante numerosas fuentes de información, entrevistas. En rasgos generales la determinación de costos para el lavado *in situ* involucra al equipo utilizado (tipo de hidrolavadora, tipo de bomba, etc.), cantidad de operarios, tiempo y rendimientos. Mientras, la determinación de costos para retiro de redes involucra además del proceso mismo de retiro, un traslado a tierra, depositación en áreas dispuestas específicamente para aquello y posterior tratamiento de residuos líquidos y sólidos desprendidos de las redes.

En relación al lavado *in situ* sin retención de sólidos, a pesar de tener un mayor rendimiento diario por jornada de trabajo se identificó un aumento del costo al utilizar hidrolavadoras de mayor tamaño, debido principalmente a mayores costos de traslados, operación y mantención de equipos.

En relación a los costos variables identificados y mayormente mencionados a través de los distintos canales de obtención de información, se puede mencionar principalmente a la ubicación de los centros de cultivo (que involucra una variación importante del costo debido al traslado de equipamiento necesario), y el tipo de tecnología (maquinaria) requerida por la técnica utilizada.

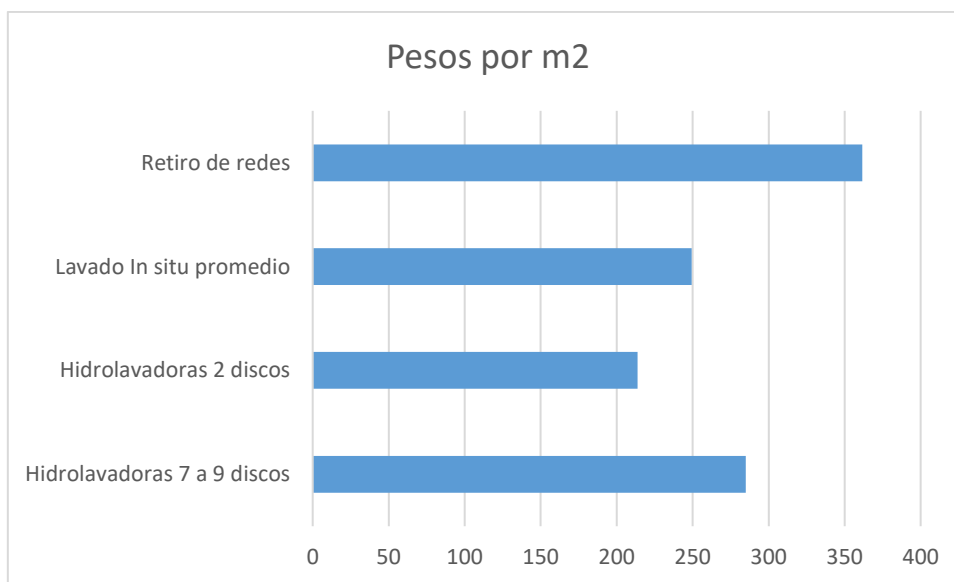
En cuanto al método utilizado (retiro/lavado *in situ*), las principales variables que inciden en la decisión de usar uno u otro método corresponden a los costos finales

Se adjunta en Tabla y Grafico los costos promedios estimados a partir de todas las fuentes disponibles de, entrevistas, presupuestos y verificación según cálculos propios.

Tabla 8-5. Costo promedio de lavado de redes por evento.

<i>Tipo de lavado</i>	<i>Pesos por m2</i>
<i>Hidrolavadoras 7 a 9 discos</i>	<i>285</i>
<i>Hidrolavadoras 2 discos</i>	<i>214</i>
<i>Lavado In situ promedio</i>	<i>249</i>
<i>Retiro de redes</i>	<i>362</i>

Figura 8-2. Costo promedio de lavado de redes por evento



Estos costos corresponden a un solo evento o sea una limpieza, teniendo ambos sistemas de lavado frecuencias muy diferentes de aplicación.

8.4 Registrar el tiempo empleado en la actividad de lavado *in situ*, en conformidad con lo señalado en el Reglamento Ambiental para la Acuicultura (RAMA).

Debido a las dificultades encontradas en relación a la cooperación de empresas con el desarrollo del Proyecto, la información se obtuvo a través de visitas a oficinas centrales de empresas salmoneras y prestadoras del servicio de lavado *in situ*, a quienes se les aplicó la encuesta y se les requirió información sobre sus programas de lavado.

En conjunto con la aplicación de las encuestas, se solicitó una copia de sus itinerarios, registros y/o programas de lavado comprometidos por un período de tiempo determinado con los centros de cultivo.

Complementando la información de las encuestas, se consultó a las empresas prestadoras del servicio de lavado *in situ* sobre el mantenimiento de programas de lavado con las empresas contratantes, y en caso de existir se intentó definir la duración de dichos programas (temporadas definidas en RAMA, anuales, por ciclo productivo). Además, se consultó si tienen conocimientos o estiman la periodicidad con la que los centros de cultivo ejecutan el lavado *in situ*.

Se determinó que en general no se mantienen programas de lavado establecidos de acuerdo a la temporalidad establecida en el RAMA, sino que actúan de acuerdo a los requerimientos de cada empresa en sus centros de cultivo, y por lo tanto tampoco estiman o conocen la periodicidad en que los centros de cultivo ejecutan el lavado *in situ*.

Por otro lado, las empresas salmoneras sí mantienen programas de lavado definidos. A modo de ejemplo y debido a su colaboración durante todo el desarrollo de este Proyecto, la empresa Camanchaca es de quien se obtuvo la información más fidedigna. Esta empresa tiene establecido en sus centros de cultivo programas de lavado continuo que operan de la siguiente manera:

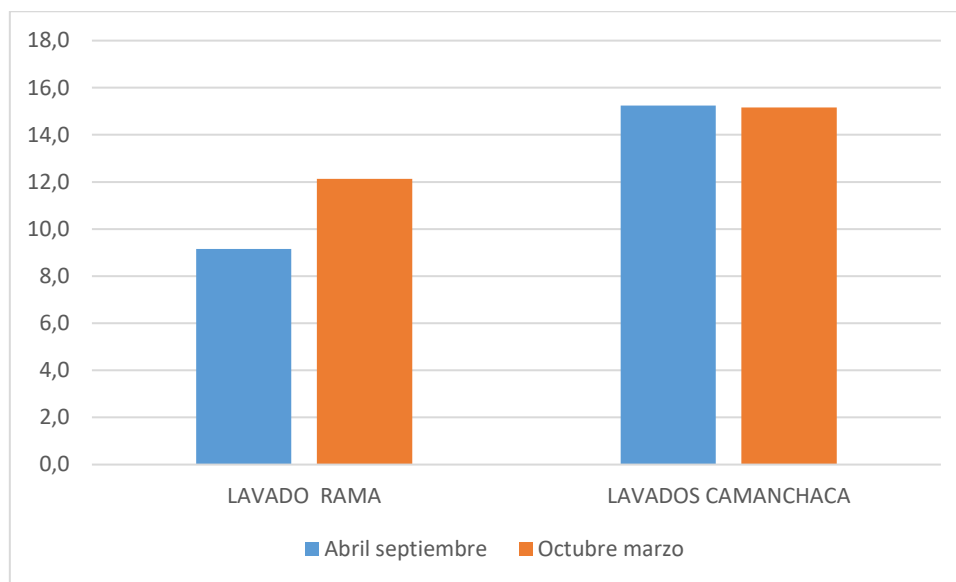
- La configuración de los módulos de jaulas en los centros de cultivo se compone generalmente entre 16 a 20 jaulas.
- En cada módulo se mantienen dos hidrolavadoras de dos discos giratorios que lavan cada una en promedio una jaula diaria. La profundidad de lavado se realiza hasta los 15 m y considerando que la jaula tiene una dimensión de 30x30 m, el rendimiento alcanza los 13.500 m²/jornada.
- Considerando un módulo tipo de 18 jaulas, el ciclo completo de lavado por módulo utilizando dos hidrolavadoras se realiza en un período que dura entre 9 y 10 días, luego del cual comienza a lavarse nuevamente la primera jaula.
- Los tiempos mencionados anteriormente pueden aumentar en un par de días ya que dependen de las condiciones de marea, especialmente de las corrientes que pueden llegar inclinar las redes. Sin embargo, en promedio, la periodicidad de lavado de cada jaula no excede los 12 días.

El programa de lavado anteriormente descrito se mantiene durante todo el año, sin considerar la estacionalidad establecida en el RAMA que dicta 15 días entre lavados para el período octubre-marzo y 20 días entre lavado para el período abril-septiembre. Se muestra en Tabla la comparación de lavados mínimos exigidos por el RAMA y los lavados ejecutados por Camanchaca para el periodo de un año.

Tabla 8-6. Comparación del número de lavados de redes in situ en RAMA y Camanchaca por año.

EPOCA	LAVADOS SEGUN RAMA	LAVADOS EN CAMANCHACA
Abril septiembre	9,2	15,3
Octubre marzo	12,1	15,2
LAVADOS TOTALES	21,3	30,4

Figura 8-3. Numero de lavados de redes por año para RAMA y Camanchaca



Por lo tanto, la frecuencia de lavado de cada red es mayor a la exigida y satisface los requerimientos de la normativa.

8.5 Determinar el aporte de materia orgánica particulada en la columna de agua y en el fondo marino y su posible impacto sobre las condiciones aeróbicas, referida al lavado *in situ* y el retiro de redes impregnadas.

8.5.1 Época de muestreo

Se realizaron cuatro campañas distribuidas en cada estación del año, comenzando la primera de ellas en invierno de 2015 y culminando con otoño de 2016.

La Tabla 8-7 muestra un resumen de las fechas en las que se realizó cada campaña de terreno, incluyendo períodos de traslados y monitoreos.

Tabla 8-7. Fecha de ejecución de campañas.

Campaña	Fecha Inicio	Fecha Termino
Invierno 2015	30-07-2015	24-08-2015
Primavera 2015	20-11-2015	19-12-2015
Verano 2016	18-02-2016	05-03-2016
Otoño 2016	23-05-2016	23-06-2016

Fuente: Elaboración propia

Las campañas de invierno y primavera de 2015 se realizaron sin inconvenientes en los tiempos definidos en la Tabla 8-7. Durante la ejecución de la campaña de verano de 2016 ocurrió una Floración de Algas Nocivas que afectó de forma imprevista la industria salmonera del país. Debido a lo anterior la campaña de verano se vio interrumpida antes de su culminación programada, ya que la empresa Camanchaca estuvo imposibilitada de facilitar sus instalaciones debido a las acciones de contingencia que fueron aplicadas por la industria en general y por cada empresa en particular.

Los conductos formales de comunicación mantenidos SUBPESCA y FIPA durante estos eventos se detallan en el acápite **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y la documentación se adjunta en el Anexo 6).

En consecuencia, durante la campaña de verano 2016 se monitorearon sólo centros de cultivo con retiro de redes. Sin embargo y con la finalidad de compensar la falta de información generada por los eventos antes descritos, durante la campaña de otoño 2016 se aumentó de tres a seis el número de centros con lavado *in situ* monitoreados. La Tabla 8-8 muestra el resumen de la configuración final de la toma de muestras por campaña de monitoreo.

Tabla 8-8. Cantidad de centros de cultivo monitoreados por campaña.

Campaña	Centros con retiro de redes	Centros con lavado <i>in situ</i>
Invierno 2015	3	3
Primavera 2015	3	3
Verano 2016	3	-
Otoño 2016	3	6

Fuente: Elaboración propia

Un resumen de los centros de cultivo efectivamente muestreados durante las cuatro campañas de monitoreo, además de algunas variables medidas en terreno se muestran en la Tabla 8-10.

Tabla 8-9. Centros de cultivo monitoreados por campaña.

Campaña	Método	Id Centro	Profundidad fonda de jaula P1 (m)	Profundidad fondo marino P2 (m)	Vel. D1 (m/s)	Vel. D2 (m/s)	Tiempo entre lavado/retiro (días)	Duración faena (hrs)
Invierno 2015	Retiro de redes	1	20	54	0,2	0,2	150 aprox.	3
		2	20	72	0,2	0,2	150 aprox.	3
		3	20	87	0,2	0,2	150 aprox.	2,5
	Lavado <i>in situ</i>	4	15	150	0,3	0,2	13	7
		5	15	61	0,2	0,1	13	7
		6	15	118	0,1	0,1	15	7
Primavera 2015	Retiro de redes	1	20	92	0,3	0,2	150 aprox.	3,5
		2	20	59	0,1	0,2	150 aprox.	3
		3	20	82	0,1	0,1	150 aprox.	3
	Lavado <i>in situ</i>	4	15	59	0,3	0,2	14	7
		5	15	126	0,2	0,1	12	7
		6	15	127	0,2	0,1	13	6
Verano 2016	Retiro de redes	1	20	80	<0,1	0,2	150 aprox.	3
		2	20	85	0,2	0,1	150 aprox.	3
		3	20	62	0,1	0,2	150 aprox.	3
	Lavado <i>in situ</i>		15	-	-	-	-	-
			15	-	-	-	-	-
			15	-	-	-	-	-
Otoño 2016	Retiro de redes	1	20	53	0,2	0,3	150 aprox.	3
		2	20	46	0,2	0,1	150 aprox.	3
		3	20	49	0,1	0,1	150 aprox.	3

Campaña	Método	Id Centro	Profundidad fonda de jaula P1 (m)	Profundidad fondo marino P2 (m)	Vel. D1 (m/s)	Vel. D2 (m/s)	Tiempo entre lavado/retiro (días)	Duración faena (hrs)
	Lavado <i>in situ</i>	4	15	48	0,3	0,2	12	7
		5	15	54	0,2	0,1	12	6,5
		6	15	62	0,3	0,1	12	6,5
		7	15	51	0,2	0,1	12	7
		8	15	52	0,2	0,1	12	6
		9	15	57	0,2	0,2	12	6

Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, y debido a la gran cantidad de muestras y centros monitoreados, en el desarrollo de este informe se mantendrá la siguiente nomenclatura:

- Por cada campaña de terreno, los centros 1, 2 y 3 corresponden siempre a los centros de cultivo con retiro de redes, mientras que los centros 4, 5 y 6 corresponden siempre a los centros de cultivo con lavado *in situ*.
- El orden interno del grupo de centros (1, 2 y 3 / 4, 5 y 6), sólo refleja el orden cronológico de monitoreo entre ellos.
- Algunos de los centros fueron monitoreados en dos campañas. La equivalencia de los centros monitoreados en dos campañas se resume a continuación:

Tabla 8-10. Equivalencia de Centros de Cultivo Monitoreados en dos Campañas.

Centros Monitoreados en dos Campañas	
Centros con retiro de redes	Centros con lavado <i>in situ</i>
Centro 1 de invierno = Centro 2 de otoño	Centro 6 de invierno = Centro 6 de primavera
Centro 3 de invierno = Centro 1 de verano	Centro 4 de primavera = Centro 9 de otoño
Centro 2 de primavera = Centro 3 de verano	-

Fuente: Elaboración propia

8.5.2 Selección de sitios de monitoreo

Dado los inconvenientes relacionados con el acceso a la información y autorizaciones de ingreso a centros de cultivo, se debieron adquirir compromisos para asegurar la participación de empresas que autorizaran monitoreos. En este contexto, como se detalló y documentó anteriormente, una vez que SUBPESCA logró gestionar la participación de dos empresas colaboradoras, éstas solicitaron confidencialidad en cuanto a la identificación de los centros de cultivo monitoreados, razón por la cual no son nombrados en este informe.

Sin embargo y como evidencia de cumplimiento de las condiciones sanitarias requeridas para cada centro monitoreado, en cada comunicación establecida para ejecutar monitoreos se les solicitó expresamente a las empresas que en la época en que se realizara el monitoreo de lavado *in situ*/retiro de redes, los centros de cultivo debían presentar al menos una de las dos condiciones sanitarias: ISAv y/o *Piscirickettsia salmonis*. Las comunicaciones antes mencionadas se adjuntan en el Anexo 7.

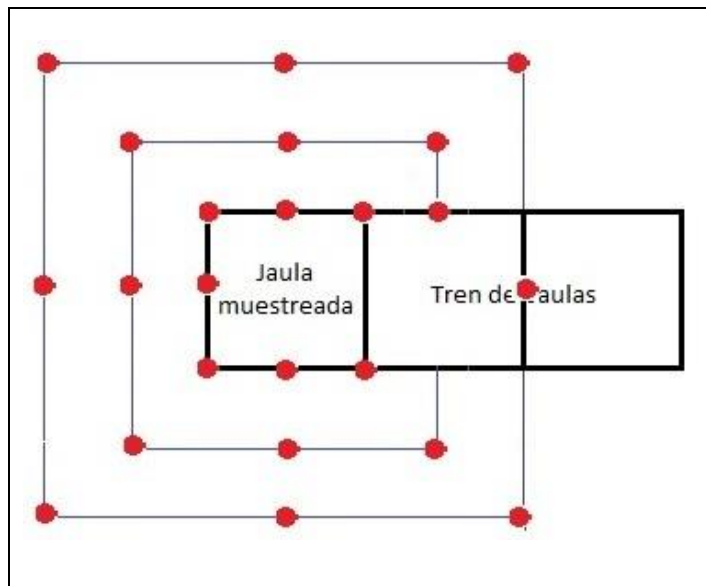
Como resultado de lo anterior, la empresa Camanchaca se comprometió a facilitar centros de cultivo con lavado *in situ* de redes para realizar los monitoreos respectivos, mientras que la empresa Blumar Seafoods facilitó centros de cultivo con retiro de redes.

Todos los centros monitoreados con lavado *in situ* de redes se ubican en el sector oriental de la Región de los Lagos, entre las latitudes 41°43' S y 42°54' S, entre las localidades de Puelche y Chaitén. Ninguno de los centros se ubicó en los alrededores de Chiloé. Por otra parte, la mayoría de los centros monitoreados con retiro de redes se ubican en el Archipiélago de las Guaitecas, Región de Aysén, entre las latitudes 44°18' S y 45°17' S, con excepción de un centro ubicado en la Región de los Lagos, próximo a la localidad de Contao. La cartografía asociada a los centros de cultivo monitoreados se adjunta en el Anexo 1.

8.5.3 Estaciones de monitoreo

Todos los centros de cultivo monitoreados presentaron una configuración correspondiente a tren de jaulas, por lo que el punto de muestreo central del anillo 2 (distancia de 15 m desde la red monitoreada) fue reubicado al punto más cercano que permite la instalación para la toma de muestras, manteniendo la distancia establecida, tal como se muestra en la Figura 8-4.

Figura 8-4. Estaciones de toma de muestra en Tren de jaulas.



Fuente: Elaboración propia

8.5.4 Materia orgánica en la columna de agua

Con la información obtenida para concentración de materia orgánica, fueron realizados Análisis de Varianza (ANDEVA) por campaña, ya que cada campaña presentó diferentes centros de cultivo. Del total de centros, sólo cinco se repitieron en dos campañas.

Con este análisis se comparó y determinó la existencia de diferencias entre los siguientes factores:

- Tratamiento aplicado a las redes (retiro de redes o lavado *in situ*).
- Centros de cultivo.
- Distancia a la jaula (anillos).

- Momento en el cual fueron tomadas las muestras (antes o durante el lavado/retiro de redes)
- Profundidad de la muestra.

8.5.4.1 Campaña Invierno 2015

Durante la campaña de invierno 2015, la concentración de materia orgánica registró valores entre 8,1 y 11,5 mg/L en los centros con retiro de redes, y entre 10,0 y 15,0 mg/L en centros con lavado *in situ* de redes.

El análisis de datos arrojó diferencias entre tratamientos (ANDEVA: $F_{(5,48)} = 13,25$; $p < 0,05$) y centros de cultivo (ANDEVA: $F_{(1,68)} = 54,04$; $p < 0,05$). Lo anterior se debe a que los centros 4, 5 y 6 con lavado de redes *in situ*, registraron mayores concentraciones de materia orgánica que los centros 1, 2 y 3 con retiro de redes.

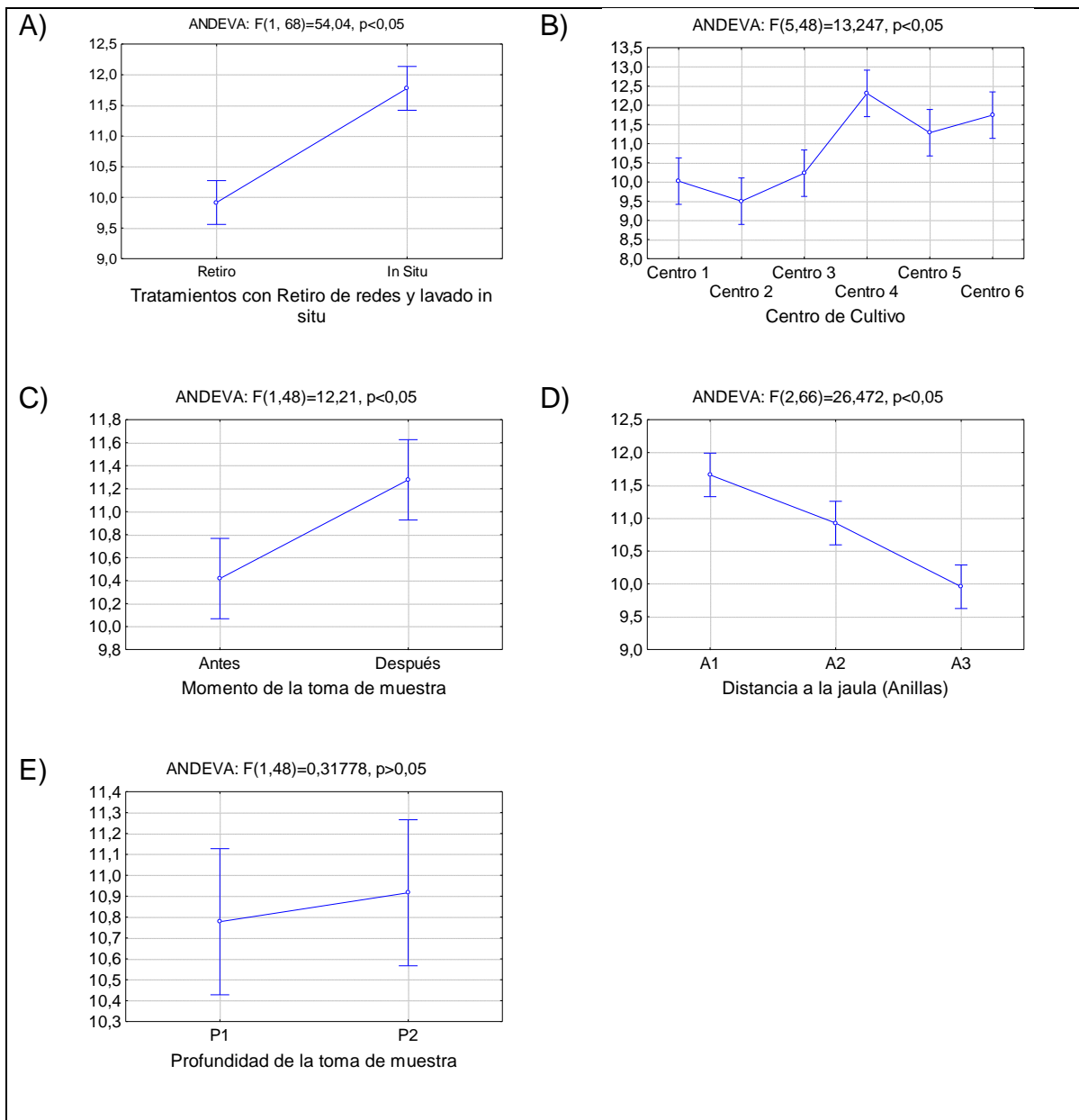
Considerando la totalidad de las muestras, también fueron registradas diferencias en el momento de toma de muestra (antes/durante tratamiento), por mayores concentraciones durante el lavado/retiro en relación con las muestras tomadas antes, independiente del tratamiento utilizado (ANDEVA: $F_{(1,48)} = 12,01$; $p < 0,05$).

En cuanto a la distancia a la jaula, fueron encontradas diferencias entre los tres anillos (ANDEVA: $F_{(2,66)} = 26,47$; $p < 0,05$), registrándose las mayores concentraciones en el anillo A1 y las menores en el anillo A3. Para el factor profundidad no fueron encontradas diferencias (Figura 8-5).

Cabe destacar que durante el presente monitoreo las muestras de los centros 4 y 6 en profundidad P2, presentaron una condición con mayor turbiedad de lo esperado. Lo anterior pudo deberse a las altas profundidades de ambas zonas, lo que pudo generar mediciones inexactas en la ecosonda utilizada y por consiguiente trampas

de materia orgánica con una longitud mayor a la necesaria, generando resuspensión del fondo. Es probable que el hecho anterior significara una concentración de materia orgánica en la muestra mayor a la realmente presentada.

Figura 8-5. Materia orgánica promedio (mg/L) por factor analizado – Campaña Invierno 2015.



Antes: Antes del lavado/retiro de las redes; Después: Después del lavado/retiro de las redes; A1: Anillo a 0 m de la jaula; A2: Anillo a 15 m de la jaula; A3: Anillo a 30 m de la jaula; P1: Fondo de la Jaula; P2: Antes de fondo marino.

8.5.4.2 Campaña de Primavera 2015

En la primavera 2015, las concentraciones de materia orgánica fueron entre 6,3 y 17,8 mg/L para centros con retiro de redes y de 4,3 a 25,7 mg/L para centros con lavado *in situ* de redes.

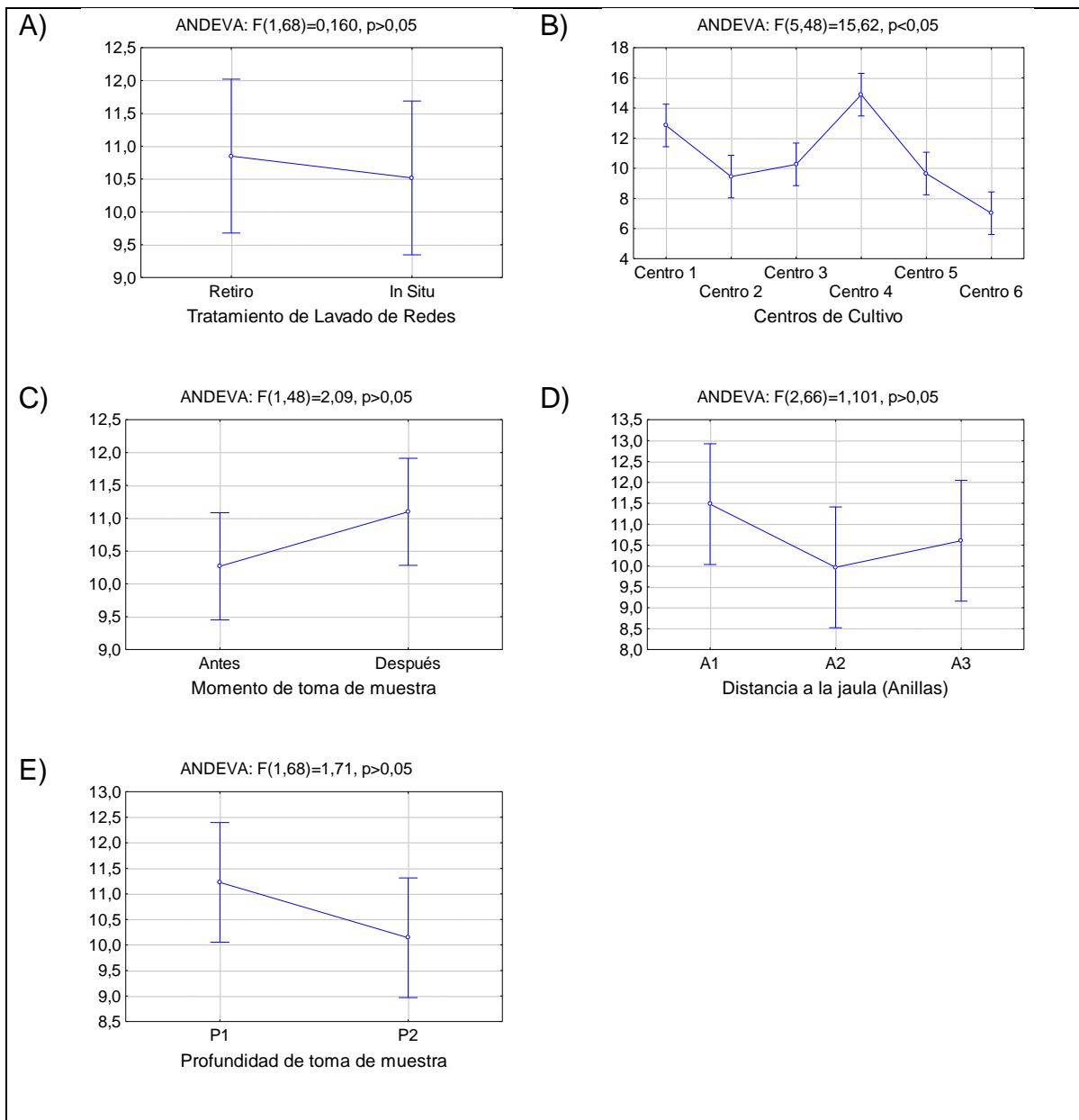
Aunque se observaron, concentraciones levemente menores para el lavado de redes *in situ*, en relación a las concentraciones con retiro de redes, esta diferencia no fue significativa.

Si se registraron diferencias entre centros de cultivo (ANDEVA: $F_{(5,48)} = 15,12$; $p < 0,05$), debido a mayores concentraciones de materia orgánica en la columna de agua en el centro 4 de esta campaña, con respecto a los restantes centros muestreados.

En cuanto al momento de la toma de muestra, distancia a la jaula y profundidad, no fueron encontradas diferencias significativas (Figura 8-6).

Al igual que en la campaña anterior, en este caso, de los centros 5 y 6 se obtuvieron muestras en profundidad P2 más turbias de lo esperado. Lo anterior también coincide con zonas de alta profundidad según el ecosonda utilizada.

Figura 8-6. Materia orgánica promedio (mg/L) por factor analizado – Campaña Primavera 2015.



Antes: Antes del lavado/Retiro de las redes; Después: Después del lavado/retiro de las redes; A1: Anillo a 0 m de la jaula; A2: Anillo a 15 m de la jaula; A3: Anillo a 30 m de la jaula; P1: Fondo de la Jaula; P2: Antes de fondo marino.

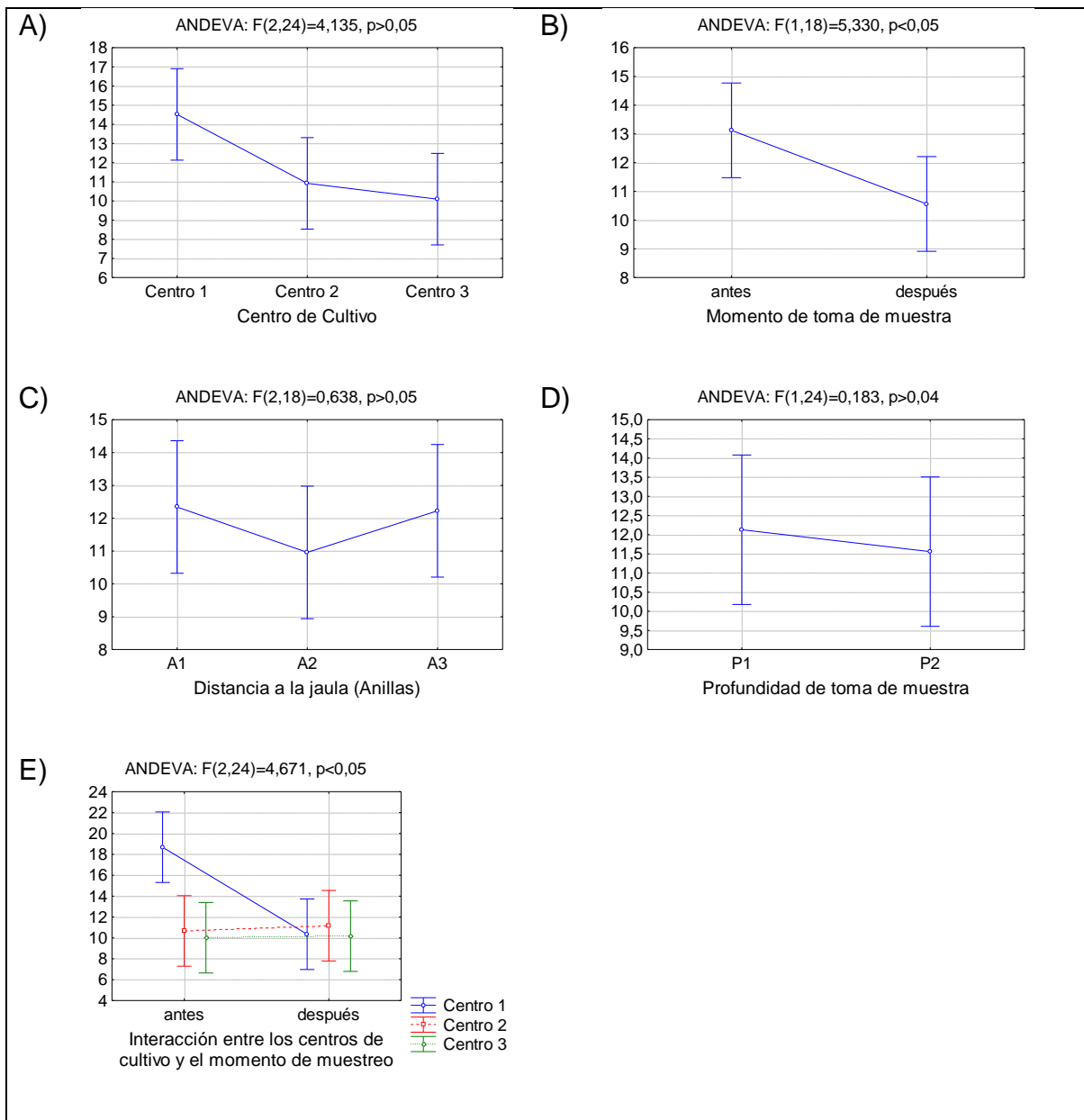
8.5.4.3 *Campaña de Verano 2016*

Durante la campaña de verano 2016 y debido a los motivos ya explicados, sólo fueron analizados centros de cultivo con retiro de redes. Éstos presentaron concentraciones que oscilaron entre 7,50 y 31,60 mg/L de materia orgánica en la columna de agua.

Entre estos datos, fueron observadas diferencias entre centros de cultivo debido a mayores concentraciones registradas en el centro 1, en relación con el centro 3 de esta campaña (ANDEVA: $F_{(2,24)} = 4,12$; $p < 0,05$).

En cuanto al momento de toma de muestra, distancia a la jaula y profundidad de la muestra, no fueron registradas diferencias significativas. Sin embargo, fueron registradas diferencias en la interacción de los factores “centro” y “momento de la toma de muestra”, debido a la notoria disminución de las concentraciones, en el centro 1 después del retiro de la red, distinto a lo ocurrido en los otros dos centros que presentan una menor concentración que además se observa constante antes y después del tratamiento (lavado/retiro de red) (ANDEVA: $F_{(2,24)} = 4,67$; $p < 0,05$).

Figura 8-7. Materia orgánica promedio (mg/L) por factor analizado – Campaña Verano 2016.



Antes: Antes del lavado/Retiro de las redes; Después: Después del lavado/retiro de las redes; A1: Anillo a 0 m de la jaula; A2: Anillo a 15 m de la jaula; A3: Anillo a 30 m de la jaula; P1: Fondo de la Jaula; P2: Antes de fondo marino

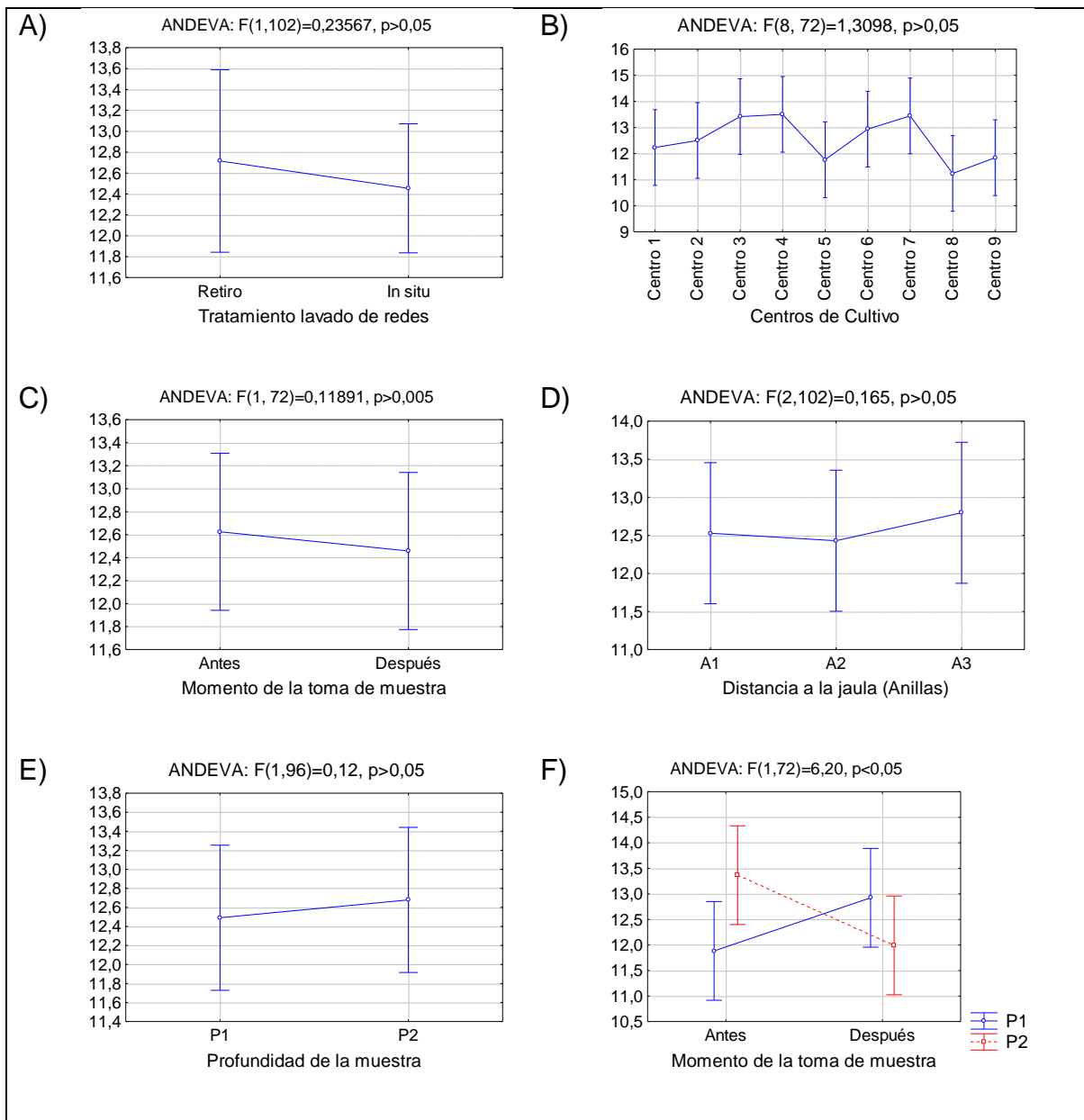
8.5.4.4 *Campaña de Otoño 2016*

En la campaña de otoño 2016 fueron registradas concentraciones de materia orgánica entre 7,39 y 17,43 mg/L en centros de cultivo con retiro de redes y entre 8,01 y 26,77 mg/L en centros con lavado *in situ*.

Aunque se observó que las concentraciones de materia orgánica fueron menores para los centros con lavado *in situ* en comparación con los centros con retiro de redes, esta diferencia no fue significativa.

De igual forma, no fueron encontradas diferencias entre el momento de toma de muestra, distancia a la jaula y profundidad. Sin embargo, fue observada una diferencia en la interacción de los factores “momento” y “profundidad” por tener comportamientos diferentes ya que en la profundidad P1 (fondo de la jaula) las concentraciones aumentan después del lavado *in situ* o retiro, en cambio en la profundidad P2 disminuyen (Figura 8-8F).

Figura 8-8. Materia orgánica promedio (mg/L) por factor analizado – Campaña Otoño 2016.



Antes: Antes del lavado/Retiro de las redes; Después: Después del lavado/retiro de las redes; A1: Anillo a 0 m de la jaula; A2: Anillo a 15 m de la jaula; A3: Anillo a 30 m de la jaula; P1: Fondo de la Jaula; P2: Antes de fondo marino.

8.5.4.5 *Coeficiente de Difusión*

Para obtener una aproximación de cómo se comportan las concentraciones de materia orgánica se estimó el coeficiente de difusión calculado en base a la ecuación de Fick. Este cálculo tuvo una alta variabilidad entre los centros de cultivo y campañas (por la materia orgánica desprendida de las redes).

Es posible destacar que, en la campaña de invierno, las concentraciones en general disminuyen al alejarse de la jaula, ya sea antes o después del lavado o retiro de las redes, sin embargo, no es posible identificar un patrón de comportamiento que indique difusiones mayores o menores entre los anillos A1-A2 o A2-A3.

En la campaña de primavera sólo en tres casos, el coeficiente de difusión indicó disminuciones constantes en la concentración al alejarse de la jaula, centro 1 después del retiro de redes y en el centro 5 antes y después del lavado *in situ*. De forma contraria, se observó que en el centro 4 antes del lavado *in situ* las concentraciones aumentaron conforme se alejaba de la jaula. No es posible identificar un patrón de comportamiento que indique difusiones mayores o menores entre los anillos A1-A2 o A2-A3.

Durante la campaña de verano todos los casos presentaron al menos un coeficiente de difusión que indicó aumento de las concentraciones al alejarse de la jaula.

En otoño al igual que en verano, en todos los casos se observó al menos un coeficiente de difusión que indicó aumento de las concentraciones de materia orgánica al alejarse de la jaula, con excepción del centro 4.

De acuerdo a los resultados, no es posible determinar algún patrón o tendencia en el comportamiento de la difusión de materia orgánica conforme a la distancia de la jaula, ya que dentro de la máxima distancia considerada en este análisis (30 m), los valores aumentan o disminuyen indistintamente, de la campaña, tipo de tratamiento, momento de la toma de muestras y centros estudiados. Debido a lo anterior no fue posible proyectar una

estimación en cuanto al área de agua afectada por la materia orgánica desprendida de las redes.

Tabla 8-11. Coeficientes de difusión (m²/s) para materia orgánica.

Centro	Momento	A1-A2	A2-A3	A1-A3	Promedio	Desv. Est.
Invierno 2015						
Centro 1	Antes	-32,31	-25,54	-12,04	-23,30	+10,32
	Después	-66,60	-318,00	-52,50	-145,70	+149,38
Centro 2	Antes	-19,59	-247,20	-15,36	-94,05	+132,65
	Después	-22,70	-29,94	-10,69	-21,11	+9,72
Centro 3	Antes	s/d	-16,73	-13,73	-15,23	+2,12
	Después	-171,00	-27,54	-21,08	-73,21	+84,75
Centro 4	Antes	-71,44	-59,50	-29,12	-53,35	+21,82
	Después	-12,16	169,50	-9,86	49,16	+104,22
Centro 5	Antes	-36,30	-41,63	-17,17	-31,70	+12,86
	Después	-14,77	-11,50	-5,36	-10,54	+4,78
Centro 6	Antes	-18,45	-13,04	-6,52	-12,67	+5,97
	Después	-9,61	-9,39	-3,66	-7,56	+3,38
Primavera 2015						
Centro 1	Antes	-17,00	19,57	-42,58	-13,34	+31,23
	Después	-15,28	-49,13	-9,23	-24,54	+21,50
Centro 2	Antes	7,50	-76,50	10,00	-19,67	+49,23
	Después	-42,75	s/d	-39,75	-41,25	+2,12
Centro 3	Antes	20,57	-154,50	25,50	-36,14	+102,53
	Después	-2,72	10,91	-1,57	2,21	+7,56
Centro 4	Antes	23,63	135,00	24,05	60,89	+64,18
	Después	-55,88	3,65	7,14	-15,03	+35,42
Centro 5	Antes	-71,40	-7,77	-4,29	-27,82	+37,78
	Después	-10,11	-40,88	-6,85	-19,28	+18,78
Centro 6	Antes	-13,50	12,92	-69,00	-23,19	+41,81
	Después	5,06	-8,75	21,75	6,02	+15,27
Verano 2016						
Centro 1	Antes	-2,36	3,45	-1,64	-0,18	+3,17
	Después	10,80	-38,33	19,88	-2,55	+31,32
Centro 2	Antes	-22,00	11,40	36,00	8,47	+29,11

Centro	Momento	A1-A2	A2-A3	A1-A3	Promedio	Desv. Est.
	Después	-6,50	10,00	-11,50	-2,67	±11,25
Centro 3	Antes	-10,50	8,44	159,00	52,31	±92,88
	Después	7,29	-18,00	20,00	3,10	±19,34
Otoño 2016						
Centro 1	Antes	-14,99	4,76	12,88	0,88	±14,33
	Después	-139,06	16,04	23,33	-33,23	±91,73
Centro 2	Antes	13,27	-22,75	49,52	13,34	±36,14
	Después	9,26	-10,76	s/d	-0,75	±14,15
Centro 3	Antes	6,52	-12,13	20,72	5,04	±16,48
	Después	-7,57	66,00	-6,84	17,20	±42,27
Centro 4	Antes	-113,69	-49,54	-30,98	-64,74	±43,40
	Después	-8,30	-23,03	-3,74	-11,69	±10,08
Centro 5	Antes	99,34	-89,55	-692,40	-227,54	±413,51
	Después	-6,94	s/d	-5,44	-6,19	±1,06
Centro 6	Antes	198,90	-124,53	-309,55	-78,39	±257,35
	Después	30,84	-38,33	198,90	63,80	±122,00
Centro 7	Antes	-48,41	-14,87	-8,94	-24,07	±21,28
	Después	49,50	21,16	16,02	28,89	±18,03
Centro 8	Antes	9,31	-107,10	13,52	-28,09	±68,46
	Después	4,05	-5,40	-139,95	-47,10	±80,55
Centro 9	Antes	-60,56	31,39	75,67	15,50	±69,49
	Después	-7,89	-16,58	-3,09	-9,18	±6,84

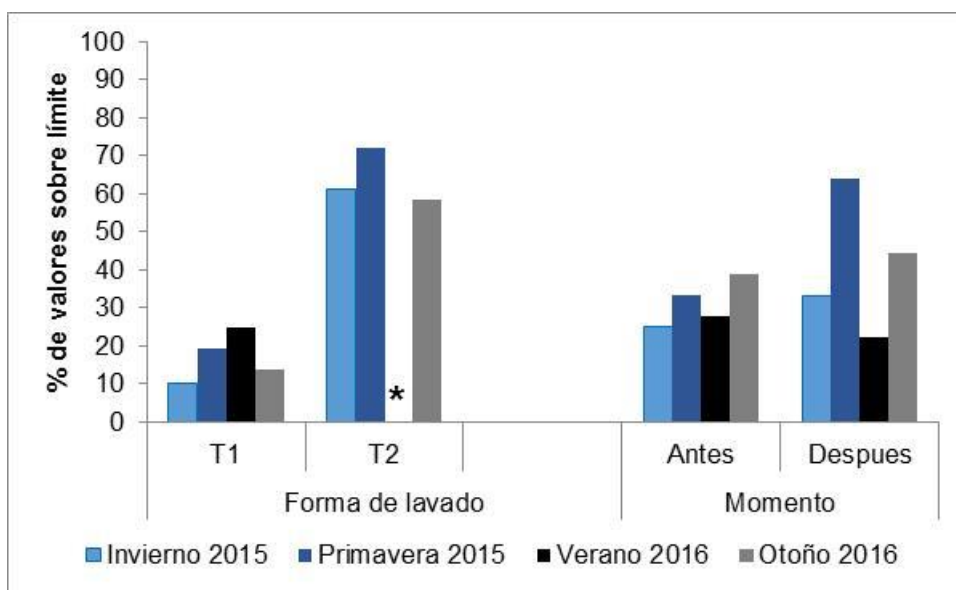
Fuente: Elaboración propia. *En azul valores de difusión positivos.

8.5.5 DBO₅

No fue posible realizar ANDEVAs para los valores de DBO₅, debido al bajo número de valores sobre el límite de detección (10 mg/L) para esta variable (solo 50%). Sin embargo, se pudo observar que en todas las campañas (Figura 8-9), fueron registrados mayor porcentaje de valores sobre el límite de detección para los centros con lavado *in situ* de las redes y con excepción de la campaña de verano, estos valores sobre el límite, fueron después de realizado el proceso de lavado *in situ* o retiro de las redes.

Se indica en figura la relación de valores sobre el límite de detección como una primera aproximación a la relevancia del retiro o lavado de redes en la DBO.

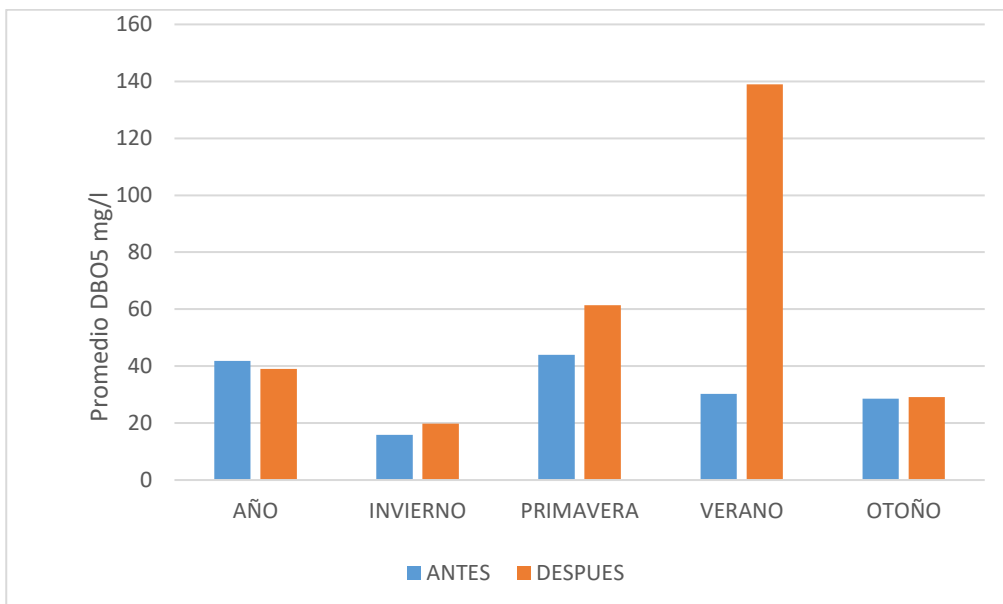
Figura 8-9. Porcentaje de valores DBO5 sobre el límite de detección.



T1: Retiro de redes; T2: lavado *in situ*; Antes: Antes del lavado de redes; Después: Después del lavado de las redes.
(*): En verano no fueron muestreados centros de cultivo con lavado de redes *in situ*

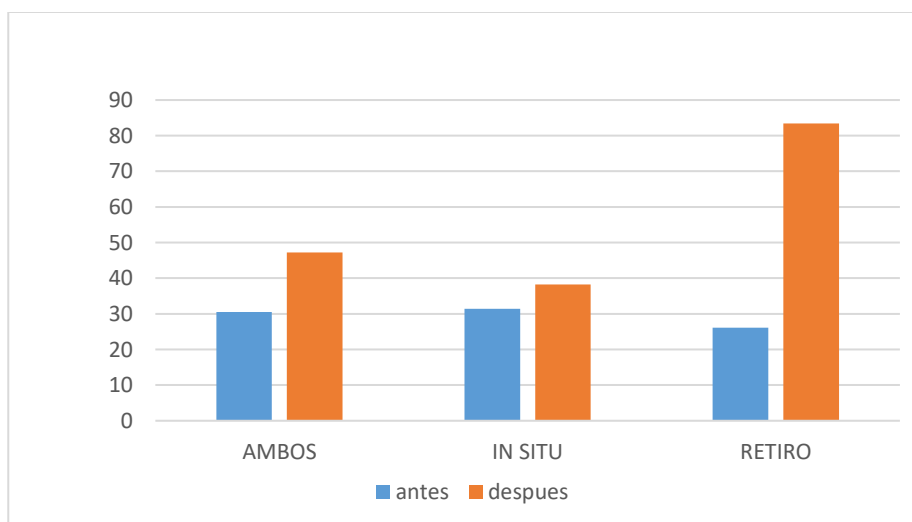
Un detalle más acabado de los datos se ha graficado para los promedios de DBO5 para antes y después del trabajo de las redes por época de muestreo y tratamiento.

Figura 8-10 Promedio de DBO5 antes y después de trabajo de redes *



- Promedio incluye solo valores sobre límite de detección.

Figura 8-11 Promedio de DBO5 para ambos tratamientos de redes



- Promedio incluye solo valores sobre limite de detección.

8.5.6 Perfiles de oxígeno disuelto y temperatura

Paralelo al muestreo se midieron perfiles de oxígeno disuelto y temperatura en cada estación de monitoreo, realizando un perfil con el valor promedio de todas las estaciones correspondientes al mismo anillo concéntrico (distancia a la jaula).

En general se observó que la concentración de oxígeno disuelto disminuye y oscila alrededor de 2 mg/L a lo largo del perfil. De forma similar, la temperatura disminuye en alrededor de 3 °C. Particularmente se observa que en la campaña de primavera el centro 5 aumentó la diferencia para el oxígeno a alrededor de 4 mg/L.

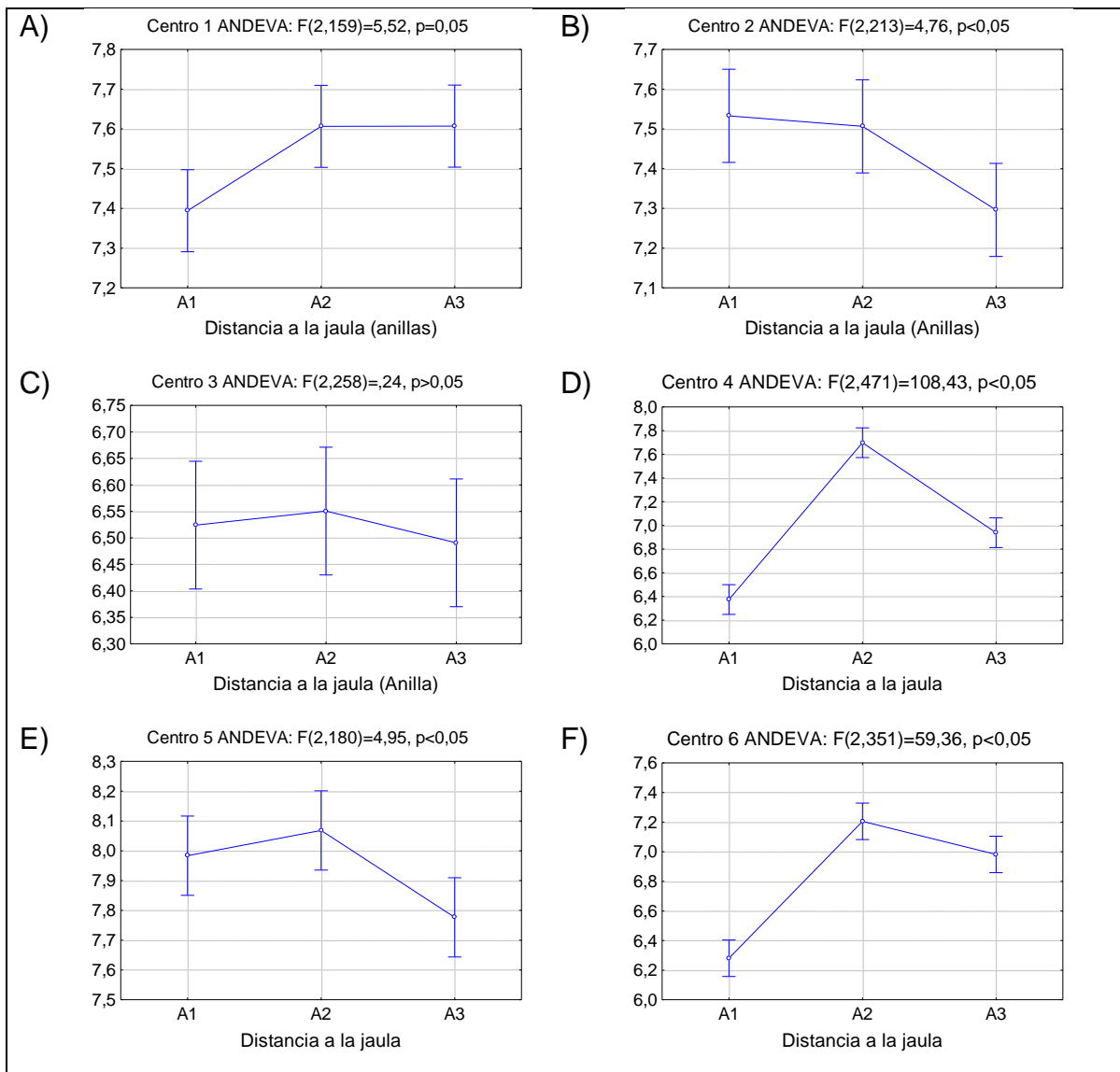
Al igual que con los datos de materia orgánica, se realizó una comparación a través de ANDEVA para conocer si existen diferencias significativas entre las anillas (distancia a la jaula) en cada centro de cultivo en cuanto a el oxígeno disuelto y temperatura. No fueron comparados los centros de cultivo por encontrarse en zonas geográficas diferentes.

8.5.6.1 *Campaña de Invierno 2015*

En la campaña de invierno, fueron registrados valores de oxígeno disuelto que variaron entre 5,12 a 9,5 mg/L en toda la columna de agua, concentraciones consideradas como aptas para que un sistema acuático sostenga vida (>5 mg/L, Cárcamo 2008). En relación a la distancia de la jaula, fueron encontradas diferencias en la mayoría de los centros, con aumentos y disminuciones significativas desde el anillo A1 hacia el anillo A3. Sólo el centro 3, con retiro de redes, no presentó diferencias en concentraciones de oxígeno disuelto (Figura 8-12). Cabe mencionar que en los tres centros con lavado *in situ* se observan las concentraciones máximas promedio en el anillo A2.

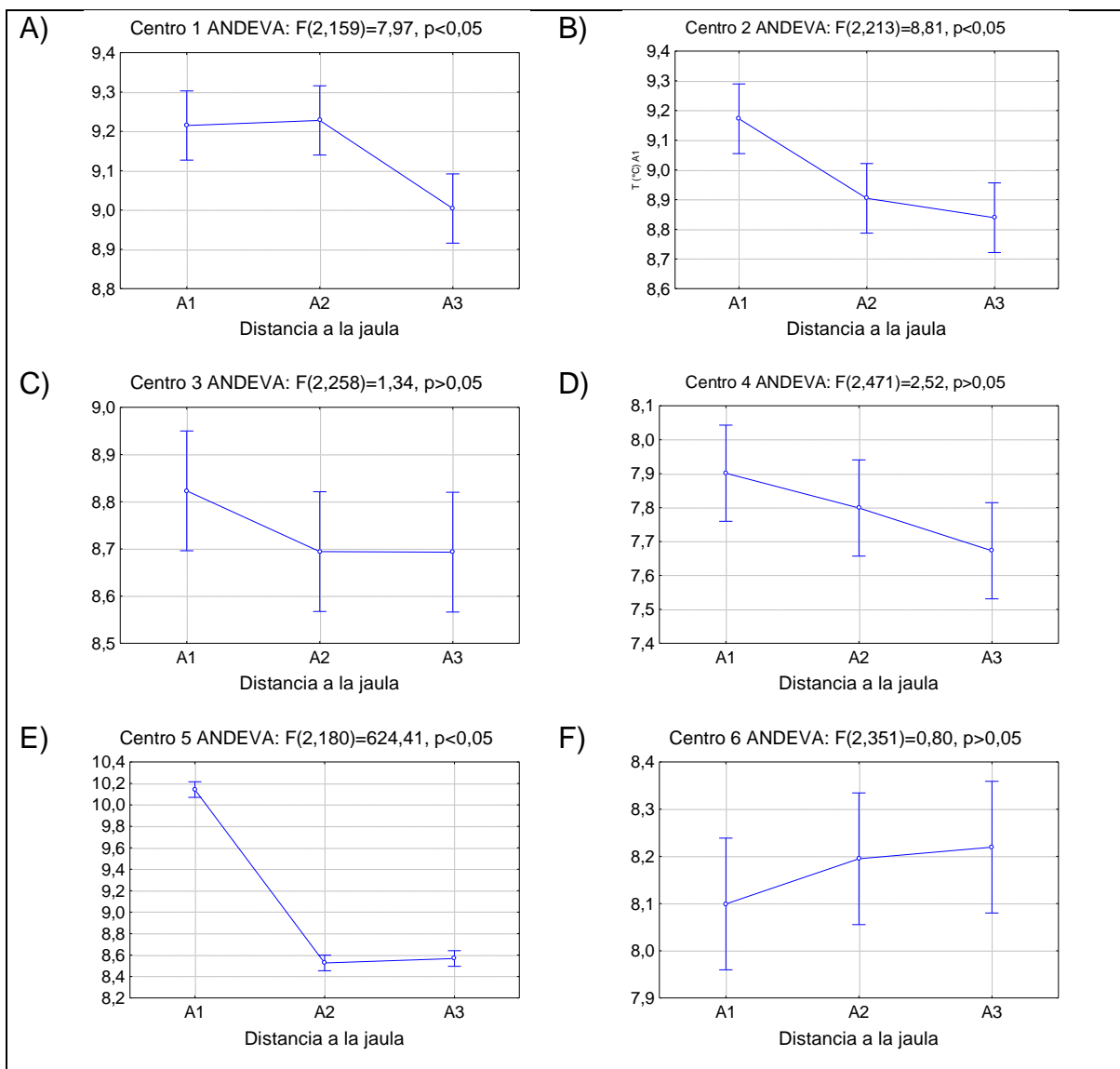
En cuanto a la temperatura los valores fueron entre 6,1 y 10°C. La comparación entre las anillas de un mismo centro dio diferencias en los centros 1 y 2 con retiro de redes y centro 5 con lavado *in situ*. Las diferencias fueron, para los tres casos, entre las anillas 1 y 3 por una disminución de las temperaturas, pero sin un comportamiento similar considerando la anilla 2 que está a una distancia media (ver Figura 8-13).

Figura 8-12. Concentración promedio de oxígeno disuelto (mg/L) por centro de cultivo – Invierno 2015.



Fuente: Elaboración propia; Centros con retiro de redes (1, 2 y 3) y Centros con lavado *in situ* (4, 5 y 6); A1: Anilla a 0 m; A2: Anilla a 15 m de la jaula; A3: Anilla a 30 m de la jaula.

Figura 8-13. Valores promedio de temperatura (°C) por centro de cultivo – Invierno 2015.



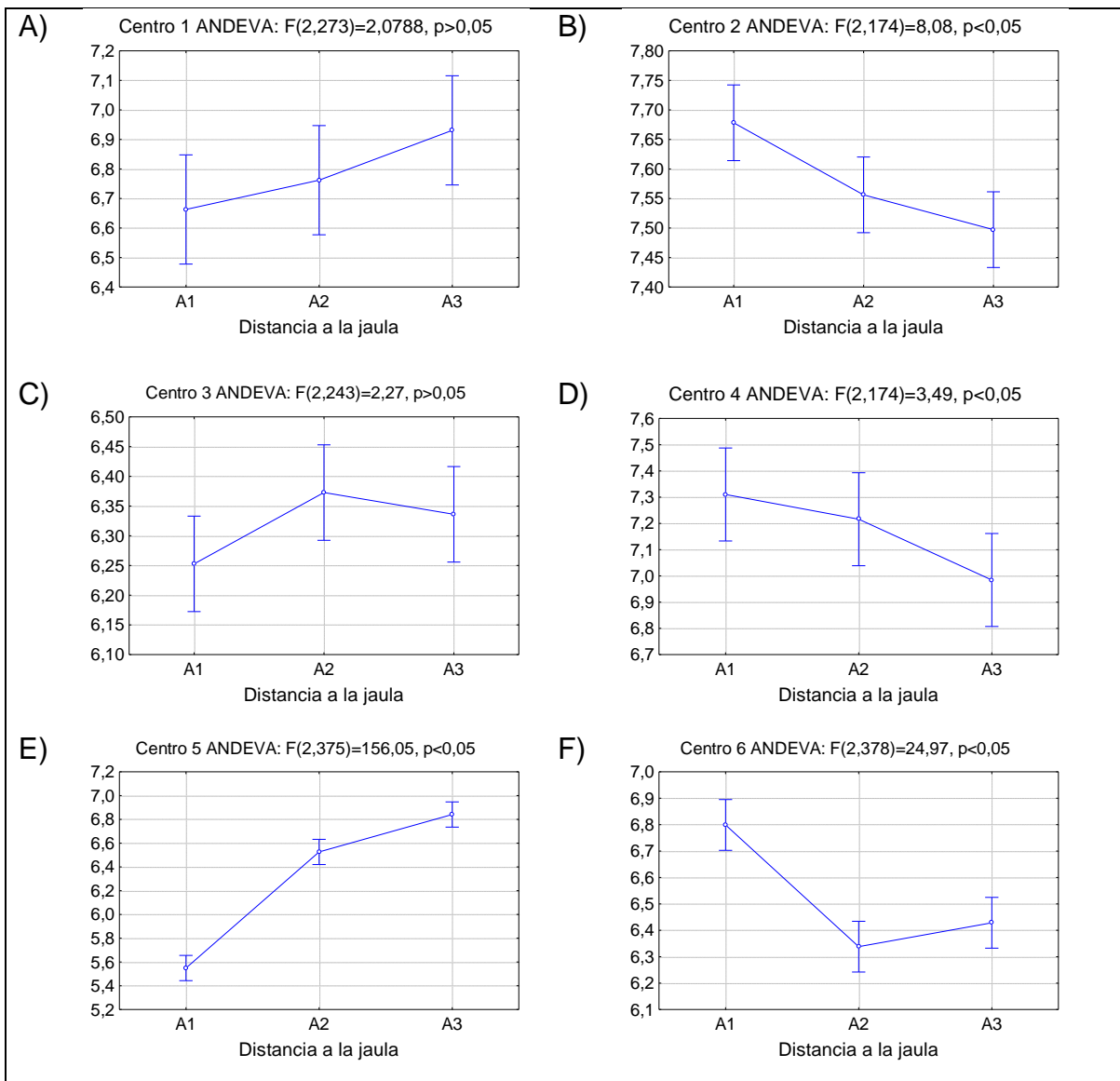
Fuente: Elaboración propia; Centros con retiro de redes (1, 2 y 3) y Centros con lavado *in situ* (4, 5 y 6); A1: Anilla a 0 m; A2: Anilla a 15 m de la jaula; A3: Anilla a 30 m de la jaula.

8.5.6.2 Campaña de Primavera 2015

En la campaña de primavera, las concentraciones de oxígeno disuelto considerando todos los centros de cultivo variaron entre 5,0 y 9,2 mg/L, concentraciones dentro de lo apto para que un sistema acuático sostenga vida. Fueron registradas diferencias significativas entre las distancias a la jaula en el centro 2 con retiro de redes y centros 4, 5 y 6 con lavado *in situ* (Figura 8-14), sin una tendencia en particular. No se observó un comportamiento de las concentraciones de oxígeno disuelto semejante entre los centros con una misma forma de lavado de las redes.

En cuanto a la temperatura, fueron registrados valores para todos los centros de 7,1 a 11,8 °C. Al comparar las anillas de un mismo centro no fueron registradas diferencias significativas. No se observó un comportamiento de las temperaturas semejante entre los centros con una misma forma de lavado de las redes

Figura 8-14. Concentración promedio de oxígeno disuelto (mg/L) por centro de cultivo – Primavera 2015.



Fuente: Elaboración propia; Centros con retiro de redes (1, 2 y 3) y Centros con lavado *in situ* (4, 5 y 6); A1: Anilla a 0 m; A2: Anilla a 15 m de la jaula; A3: Anilla a 30 m de la jaula.

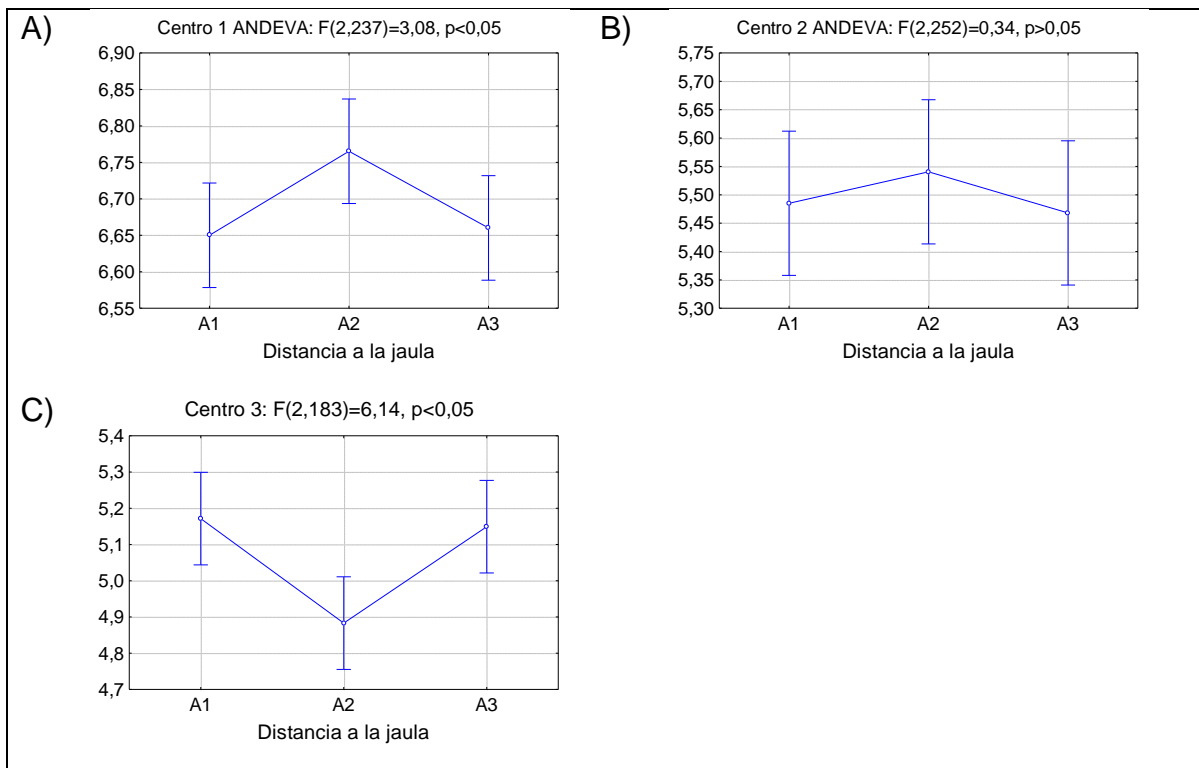
8.5.6.3 *Campaña de Verano 2016*

En la campaña de verano las concentraciones registradas oscilan entre 4,17 y 7,35 mg/L. Se identificaron concentraciones menores a lo establecido como apto para la mantención de vida acuática, (Cárcamo, 2008) en centros con retiro de redes. Entre éstos el centro 2 en los tres anillos, para las profundidades que van entre 53 y 68 m y el centro 3 entre los 12 y 40 m de profundidad.

Comparando concentraciones de oxígeno disuelto en relación de la distancia a la jaula, se observan diferencias en el centro 3 con retiro de redes (ANDEVA: $F_{(2,183)} = 6,14$; $p < 0,05$), debido a menores concentraciones en el anillo A2 con respecto a los otros dos anillos (Figura 8-15). No se observó un comportamiento de las concentraciones de oxígeno disuelto semejante entre los tres centros muestreados.

Las temperaturas en esta campaña fueron desde 8,7 a 12,3 °C. Para la comparación de esta variable entre la distancia a la jaula de un mismo centro, no fueron registradas diferencias significativas. No se observó un comportamiento de las temperaturas semejante entre los centros muestreados.

Figura 8-15. Concentración promedio de oxígeno disuelto (mg/L) por centro de cultivo – Verano 2016.



Fuente: Elaboración propia; Centros con retiro de redes (1, 2 y 3); A1: Anilla a 0 m; A2: Anilla a 15 m de la jaula; A3: Anilla a 30 m de la jaula.

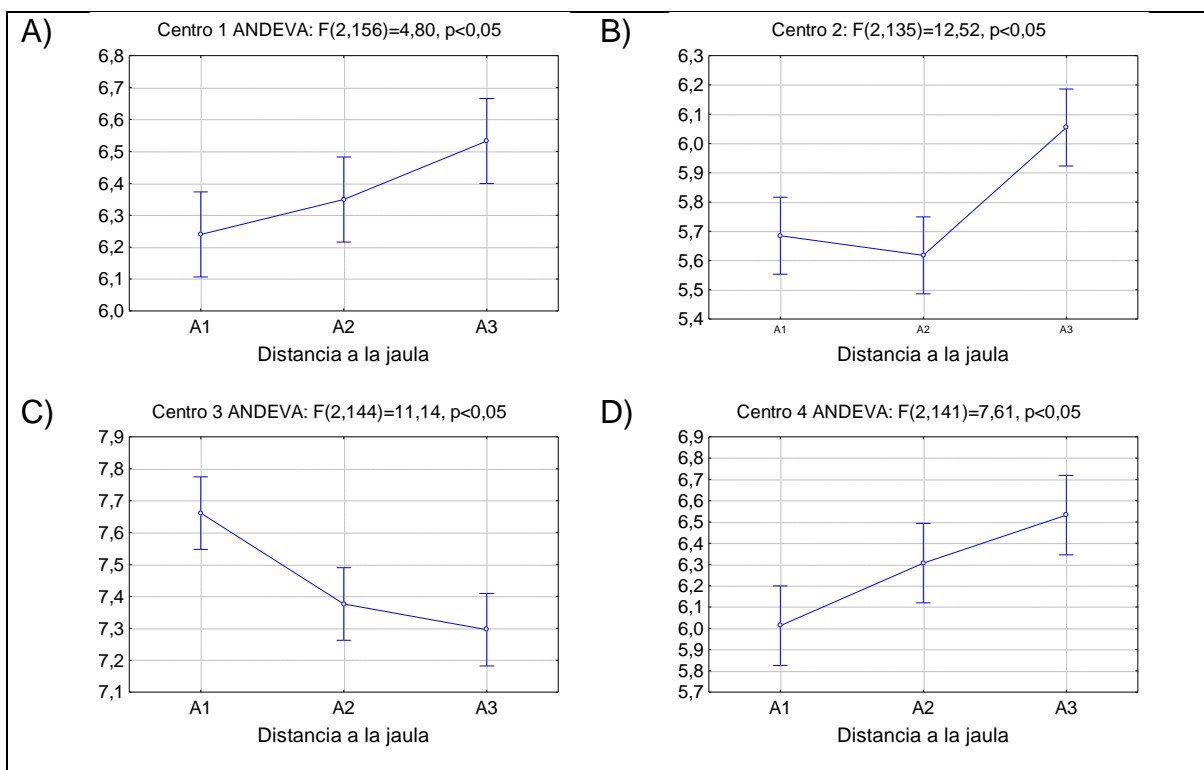
8.5.6.4 Campaña de Otoño 2016

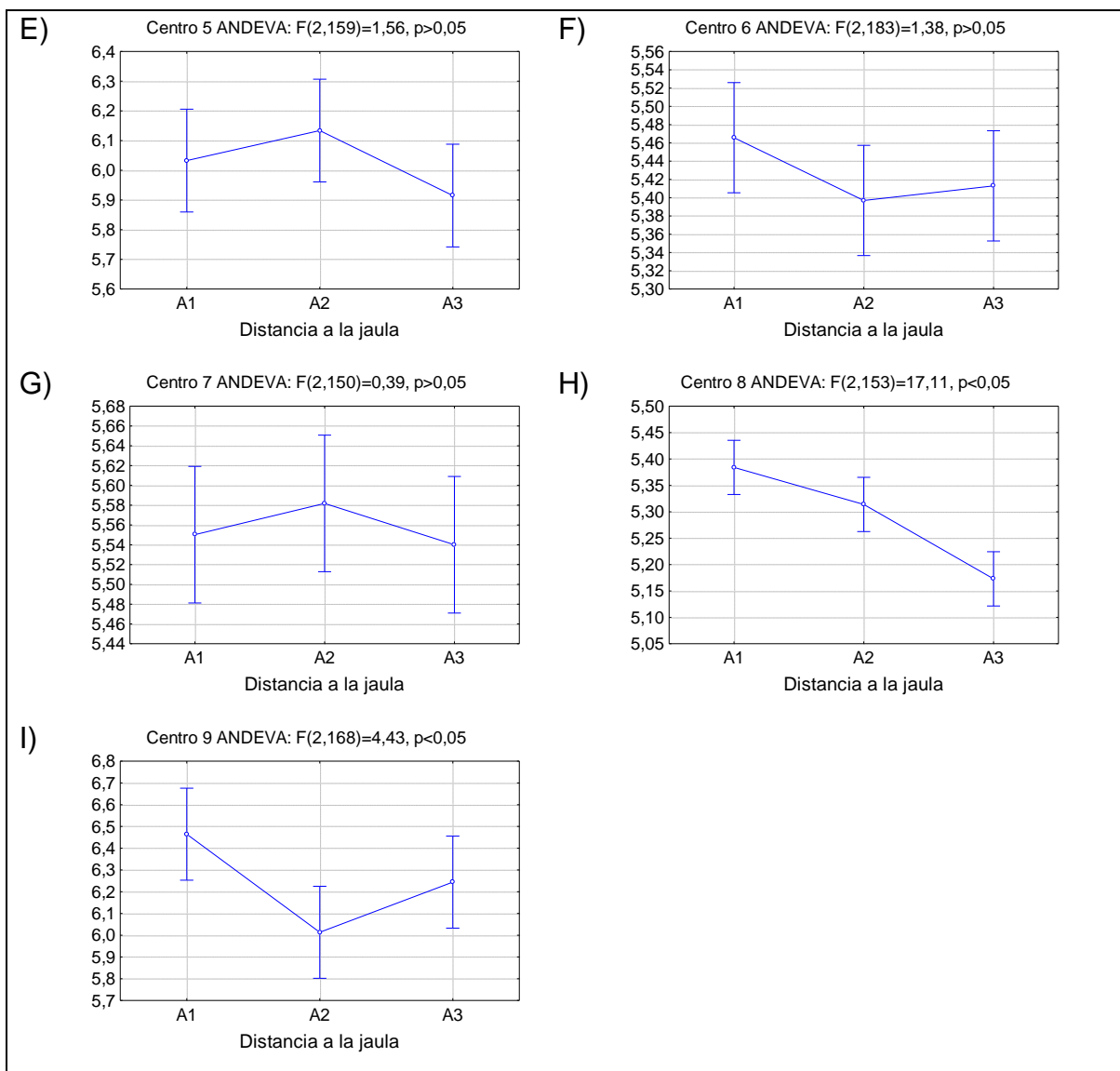
Fueron registradas concentraciones de oxígeno disuelto entre 4,9 y 8,2 mg/L. En los tres anillos del centro 8 (lavado *in situ*) se identificaron concentraciones menores a lo establecido como apto para la mantención de vida acuática (<5mg/L) (Cárcamo, 2008). En el anillo A1 estos valores se presentaron entre los 50 y 52 m de profundidad, en el anillo A2 entre 46 y 52 m y en el anillo A3 entre los 36 y 52 m de profundidad (Anexo 3).

Al mismo tiempo, concentraciones bajo 5 mg/L se registraron en centros con retiro de redes. En el centro 2 se registraron en el anillo A1 entre los 37 y 42 m de profundidad.

Las temperaturas en esta campaña fueron desde 8,0 a 10,3 °C. Al comparar las temperaturas entre las distancias a la jaula en cada centro no fueron encontradas diferencias significativas. Por otro lado, no se observó un comportamiento de las temperaturas semejante entre los centros con una misma forma de lavado de las redes.

Figura 8-16. Concentración promedio de oxígeno disuelto (mg/L) por centro de cultivo – Otoño 2016.





Fuente: Elaboración propia; Centros con retiro de redes (1, 2 y 3); A1: Anilla a 0 m; A2: Anilla a 15 m de la jaula; A3: Anilla a 30 m de la jaula.

Finalmente, se observó que las mayores concentraciones de oxígeno disuelto se registraron en las estaciones más frías, principalmente durante la campaña de invierno que presentó las menores temperaturas. Por el contrario, las menores

concentraciones incluso con valores inferiores a 5 mg/L se registraron en las campañas más cálidas.

En todas las campañas se observaron diversos comportamientos en la concentración de oxígeno disuelto y valores de temperatura, en relación con la distancia a la jaula, sin poder identificar patrones.

No se observó una diferenciación entre lavado *in situ* o retiro de redes, complementando los resultados de concentración de materia orgánica, ya que un aumento en su concentración generaría disminución del oxígeno disuelto por procesos de descomposición.

Es importante señalar que la identificación de concentraciones menores a 5 mg/L en las campañas de verano y otoño a profundidades medias y cercanas al fondo marino no se registró en toda la columna de agua, sino que en rangos acotados de profundidad.

8.5.7 Relación cualitativa de materias orgánica, DBO₅ y temperatura

Al realizar un análisis cualitativo de las variables materia orgánica, DBO₅ y temperatura, se pudo observar que la mayor concentración de materia orgánica fue en la campaña de verano, en el centro 1 y anillo 1, antes del retiro de las redes con 31,6 mg/L, asociado a una DBO₅ de 350 mg/L que correspondió al mayor de todas las mediciones realizadas (Figura 8-17 y Figura 8-18).

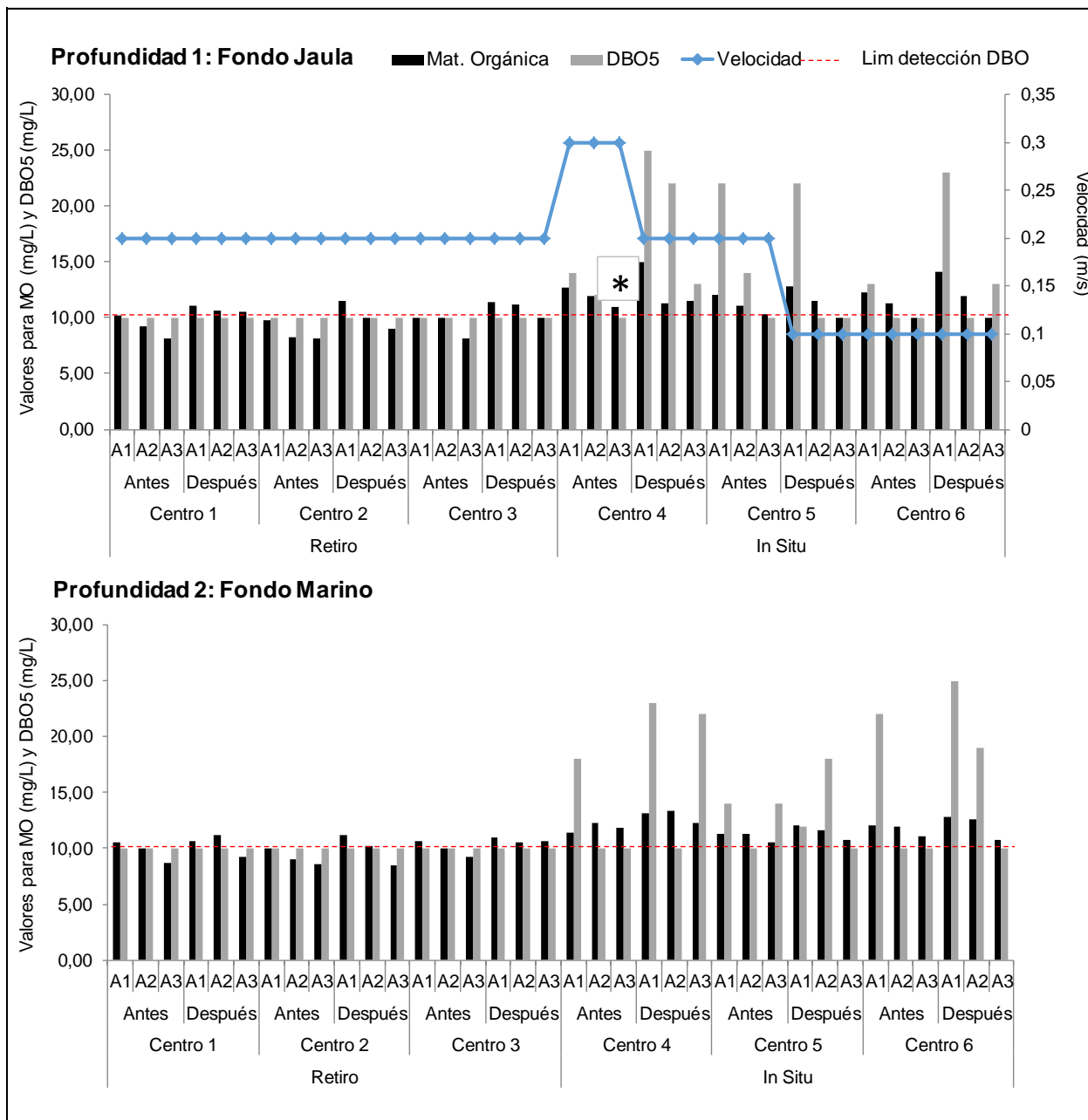
Por otro lado, se observó que cuando las concentraciones de materia orgánica fueron menores a 10 mg/L la DBO₅ presentó valores bajo su límite de detección. De forma semejante, al aumentar la concentración de la materia orgánica se registró un aumento de la DBO₅.

En cuanto a la velocidad de la corriente, no se observó una real influencia de ésta sobre las concentraciones de materia orgánica, ya que presentaron

comportamientos muy diferentes entre sí, tanto por campañas y centros de cultivos ambos sistemas (lavado *in situ*/retiro).

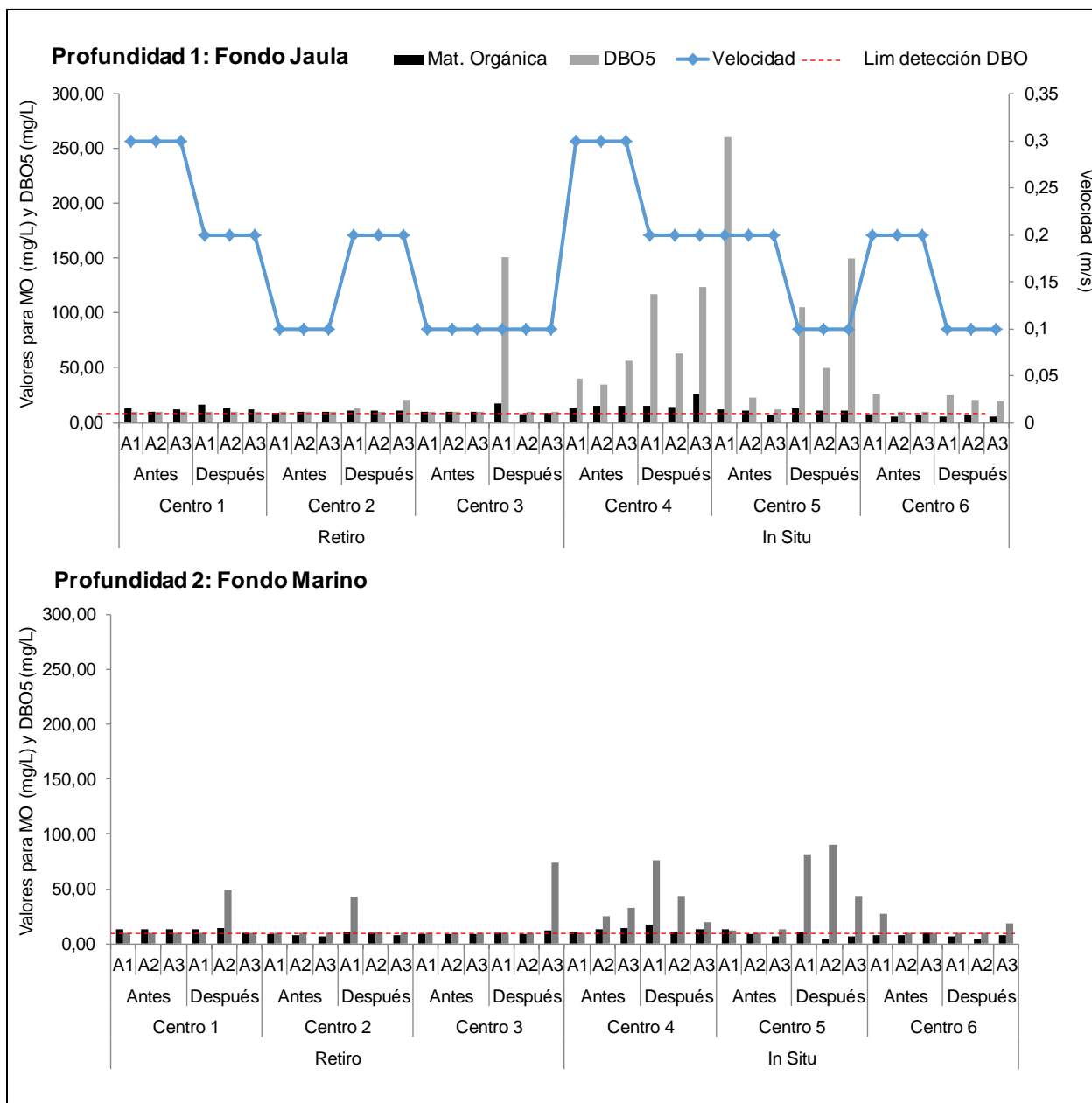
La relación de las variables antes mencionadas se grafica entre la Figura 8-17 y Figura 8-20.

Figura 8-17. Concentraciones de Materia Orgánica (mg/L) y DBO₅ (mg/L) en relación a velocidad de corriente y momento de la toma de muestra – Invierno 2015.



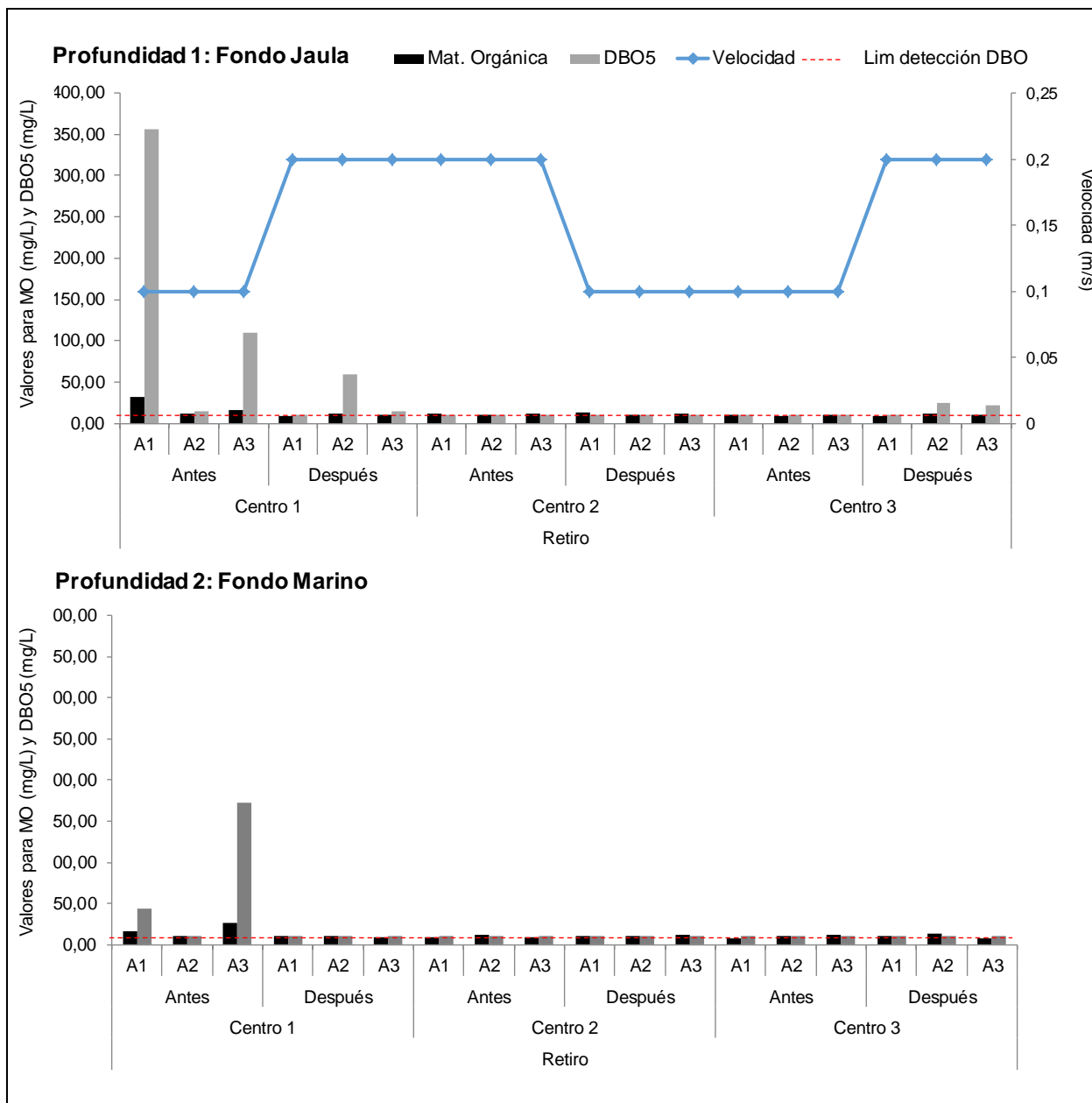
Fuente: Elaboración propia. (*) Determinación positiva para *P. salmonis*.

Figura 8-18. Concentraciones de Materia Orgánica (mg/L) y DBO₅ (mg/L) en relación a velocidad de corriente y momento de la toma de muestra – Primavera 2015.



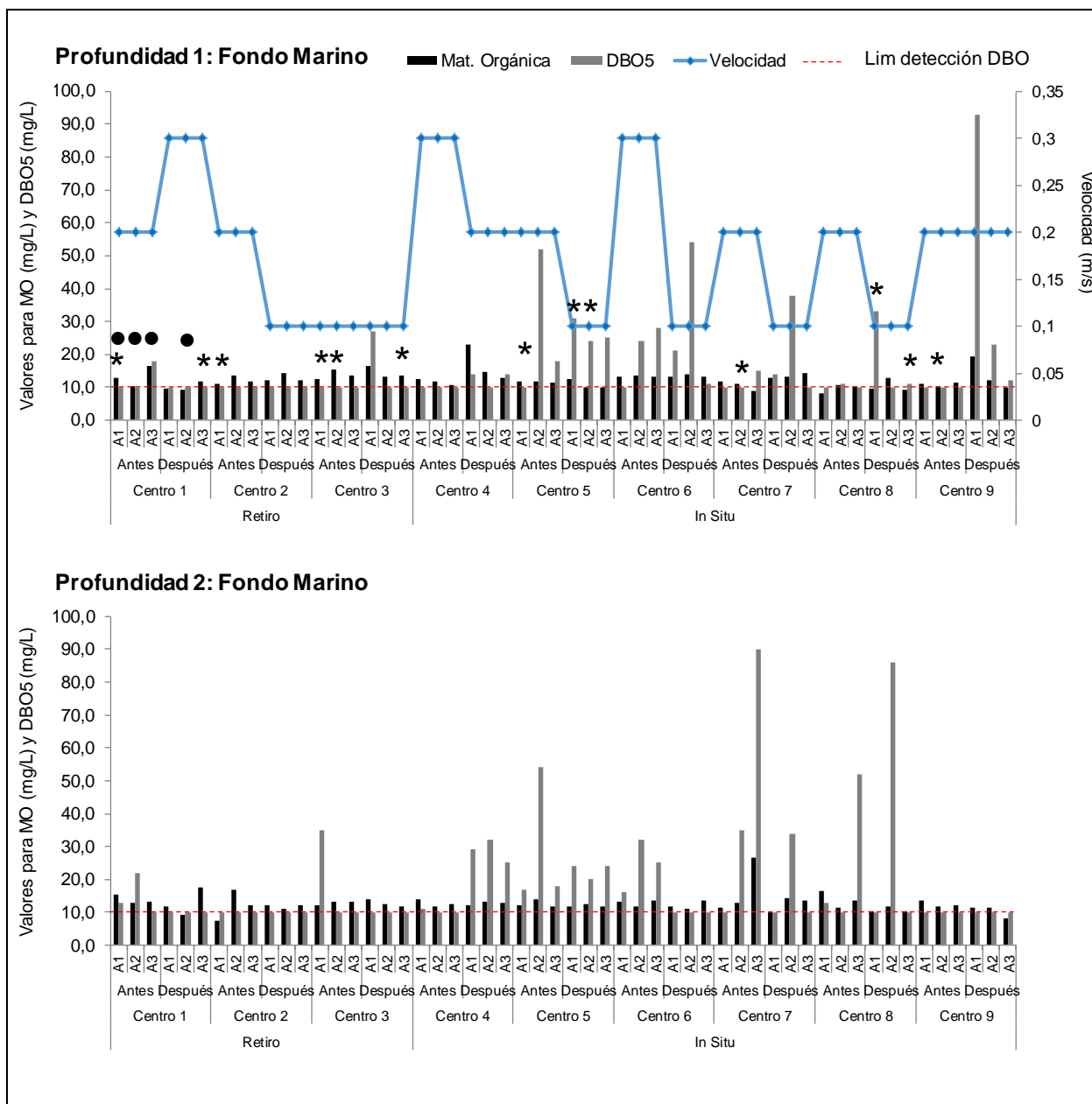
Fuente: Elaboración propia.

Figura 8-19. Concentraciones de Materia Orgánica (mg/L) y DBO₅ (mg/L) en relación a velocidad de corriente y momento de la toma de muestra – Verano 2016.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 8-20. Concentraciones de Materia Orgánica (mg/L) y DBO₅ (mg/L) en relación a velocidad de corriente y momento de la toma de muestra – Otoño 2016.



. Fuente: Elaboración propia. (*) Determinación positiva para *P. salmonis*; (●) Determinación positiva para el virus ISAv.

8.5.8 Comparación de centros muestreados en dos campañas

Como se mencionó anteriormente cinco de los centros de cultivo fueron monitoreados en dos campañas. Al comparar la concentración de materia orgánica en la columna de agua entre centros monitoreados en dos campañas, se obtuvieron diferencias significativas. La excepción fue la comparación para el caso C, centro de cultivo con retiro de redes muestreado en primavera y verano (Figura 8-21, Tabla 8-12).

En el caso A de la Tabla 8-12 y Figura 8-21, además de encontrar diferencias por el aumento en las concentraciones de materia orgánica en la campaña de otoño con respecto a la de invierno, se observaron diferencias para la interacción entre los factores campaña y anillo, debido a que en los anillos A2 y A3 las concentraciones aumentaron en otoño, pero en el anillo A1 se mantienen estables.

Por otro lado, en el caso B, las diferencias estuvieron determinadas por las menores concentraciones durante el invierno en relación al verano. Además, se observaron diferencias en el momento (ANDEVA: $F_{(1,12)} = 5,25$, $p < 0,05$) y en la interacción de los factores campaña y momento (ANDEVA: $F_{(1,12)} = 8,9410$, $p < 0,05$). Lo anterior se evidencia en la campaña de verano, cuando las concentraciones de materia orgánica disminuyeron significativamente después del retiro de las redes, en cambio en el invierno las concentraciones se mantuvieron estables (Figura 8-21).

Al comparar la concentración de oxígeno disuelto y temperatura entre centros que fueron monitoreados en dos campañas se obtuvieron diferencias significativas en la mayoría de los casos en cuanto a las dos variables. La excepción, al igual que para materia orgánica fue en el caso C (Tabla 8-12).

Se observó que estas variables tienen un comportamiento opuesto, es decir, a menor temperatura es mayor la concentración de oxígeno disuelto (Figura 8-22, Tabla 8-12).

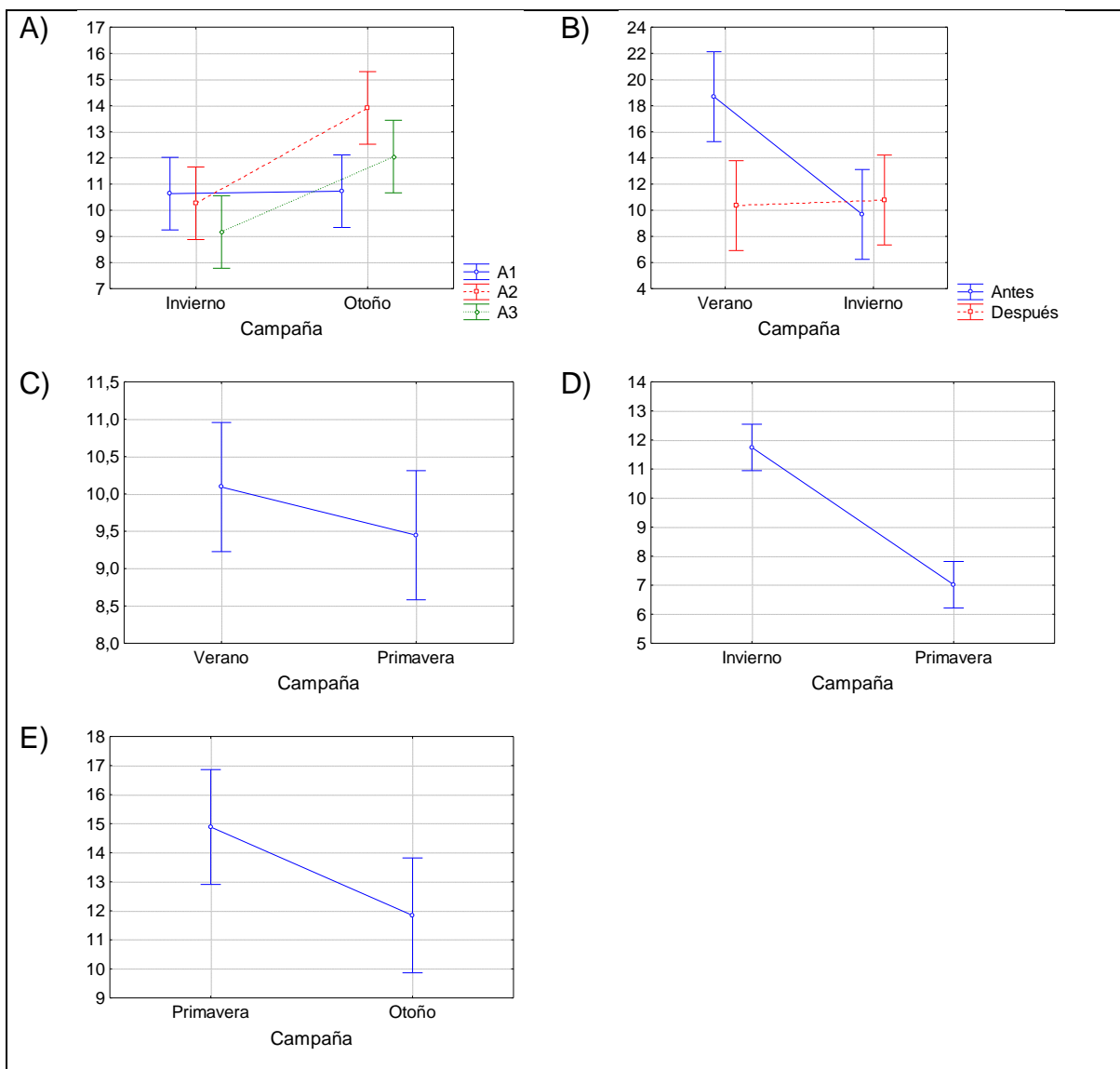
En cuanto a la concentración de oxígeno disuelto, también se registraron diferencias en relación a la distancia de la jaula (anillos) en todos los centros analizados, con excepción del caso B. En la Figura 8-23 se grafica la interacción de los factores campaña y anillo, donde se observó diferente comportamiento en la concentración de oxígeno disuelto según la campaña en la cual fue muestreado, mostrando aumentos o disminuciones desde el anillo A1 hacia la anilla A3.

Tabla 8-12. Comparación de materia orgánica, Oxígeno disuelto y Temperatura entre centros de cultivos muestreados en dos campañas.

Caso (*)	Lavado de Redes	Campaña	Centro	Materia orgánica (mg/L)	Diferencia significativa (mg/L)	Diferencia significativa Temperatura (°C)
A)	Retiro de redes	Invierno 2015	C1	F (1,12) =18,05 p<0,05	F (1,294) =1317,7 p<0,05	F (1,294) =7,3845 p<0,05
		Otoño 2016	C2			
B)	Retiro de redes	Invierno 2015	C3	F (1,12) =7,39 p<0,05	F (1,495) =16,38 p<0,05	F (1,495) =259,96 p<0,05
		Verano 2016	C1			
C)	Retiro de redes	Primavera 2015	C2	Sin diferencias	F (1,357) =3490,7 p<0,05	Sin diferencia
		Verano 2016	C3			
D)	Lavado <i>in situ</i>	Invierno 2015	C6	F (1,12) =82,88 p<0,05	F (1,729) =43,60 p<0,05	F (1,729) =60,29 p<0,05
		Primavera 2015	C6			
E)	Lavado <i>in situ</i>	Primavera 2015	C4	F (1,12) =5,62 p<0,05	F (1,342) =133,46, p<0,05	F (1,342) =20,557, p<0,05
		Otoño 2016	C9			

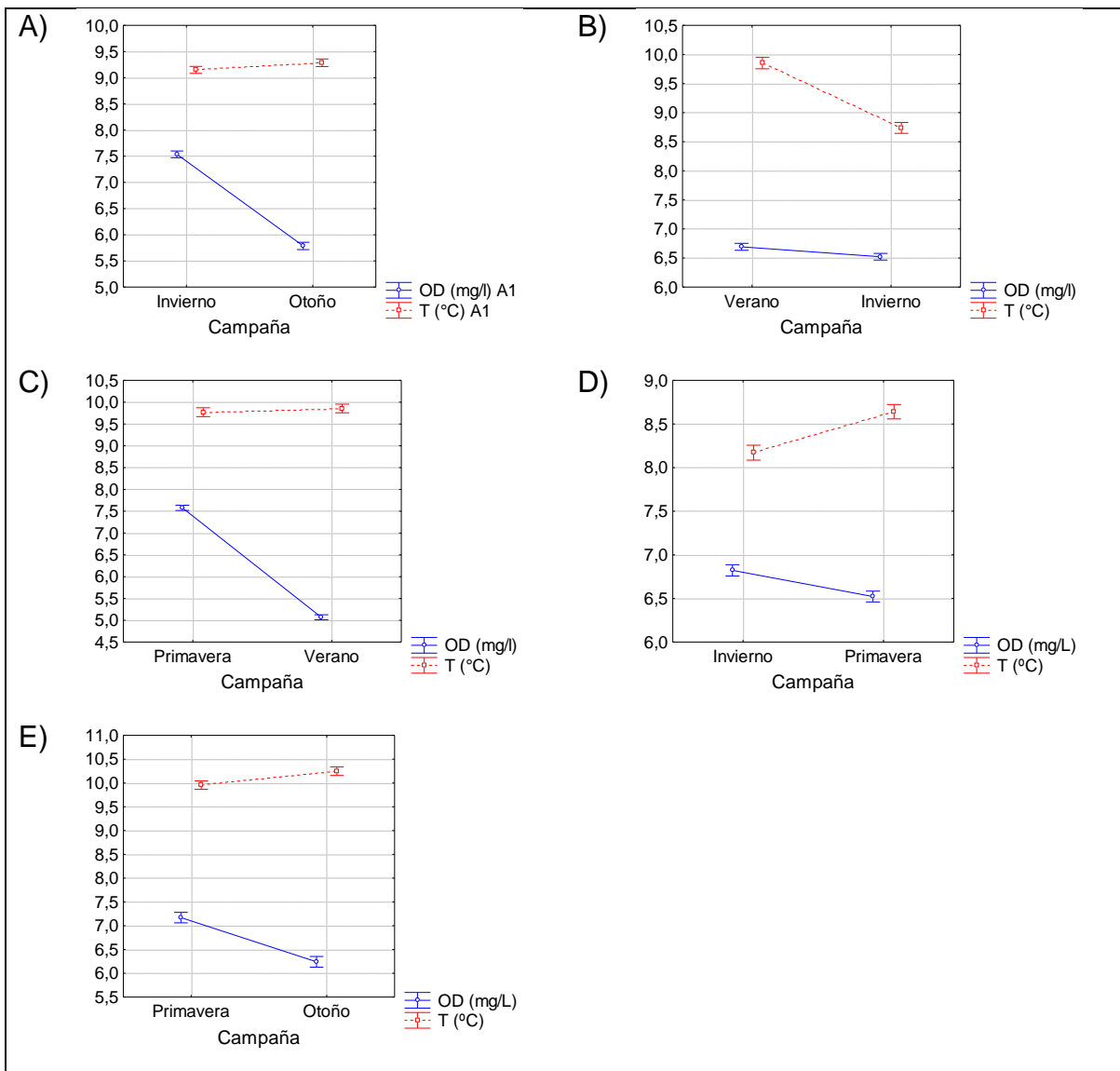
Fuente: Elaboración propia. (*) Cada caso es un centro de cultivo monitoreado en dos campañas distintas nombradas con diferente nomenclatura, la numeración se relaciona con la de la Figura 7-1

Figura 8-21. Comparación de materia orgánica entre centros de cultivos muestreados en dos campañas.



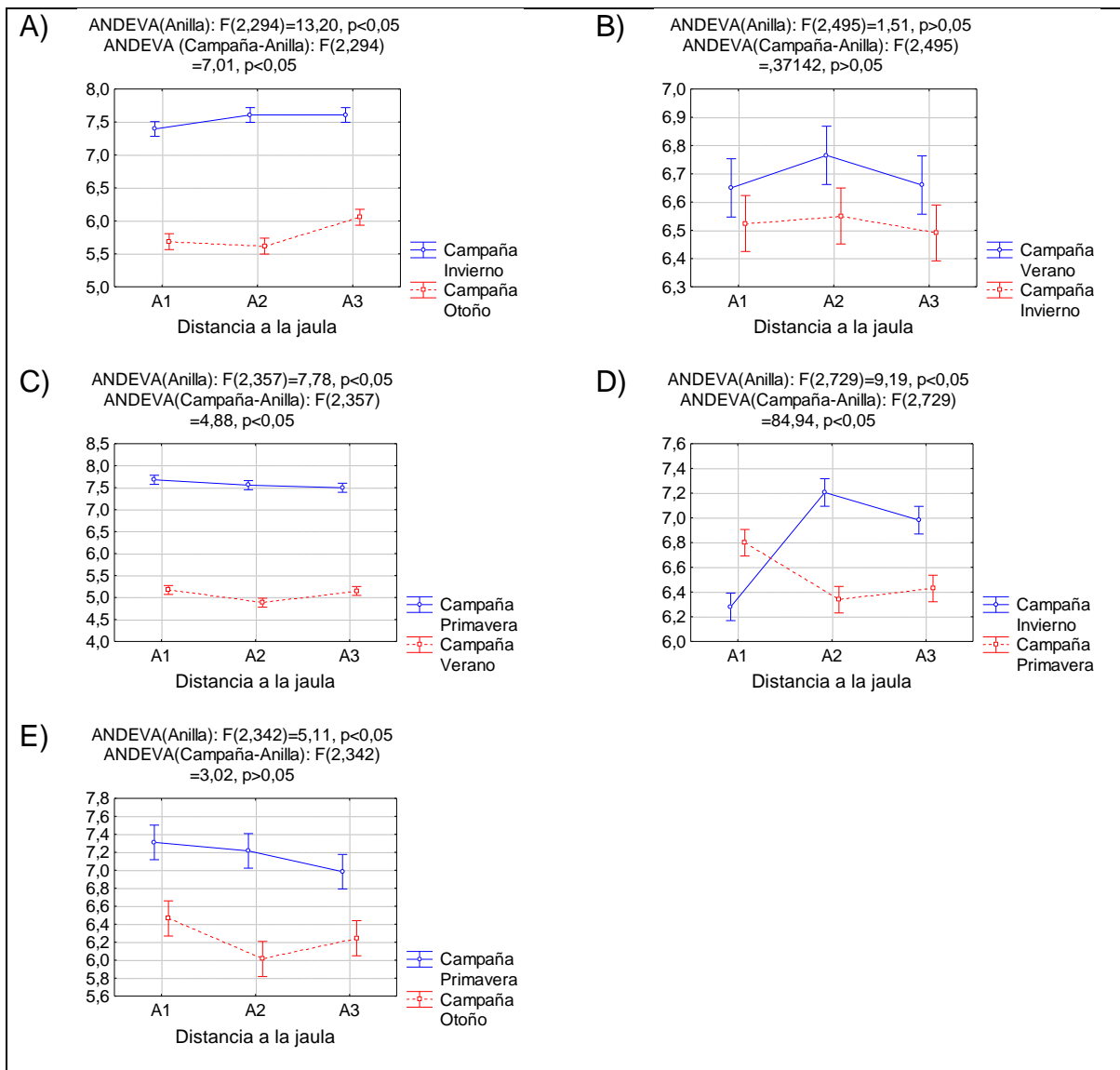
Fuente: Elaboración propia. A1: Anillo en el borde de la jaula; A2: Anillo a 15 m de la jaula; A3: Anillo a 20 m de la jaula.

Figura 8-22. Comparación de Oxígeno Disuelto (mg/L) en centros de cultivos muestreados en dos campañas.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 8-23. Comparación de Oxígeno Disuelto (mg/L) según la distancia a la jaula en centros de cultivos muestreados en dos campañas.



Fuente: Elaboración propia. A1: Anillo en el borde de la jaula; A2: Anillo a 15 m de la jaula; A3: Anillo a 20 m de la jaula.

8.6 Identificar y cuantificar la presencia de ISAv y Piscirickettsia salmonis en la columna de agua, como resultado de las actividades de lavado in situ en centros de cultivo de salmones.

Para las muestras positivas a la presencia de Virus ISA y Piscirickettsia se determinó según metodología del laboratorio DIAGNOTEC la viabilidad de los organismos. Los informes de laboratorio se adjuntan en el Anexo 4.

Se hace un análisis por campaña de resultados.

8.6.1 Campaña de invierno 2015

En las muestras analizadas fue identificada *Piscirickettsia salmonis* en el centro 4 durante la campaña de invierno 2015 con un valor por metodología RT-PCR igual a Ct 35,18. Sin embargo, este positivo corresponde a una muestra obtenida en situación previa, y por lo tanto no puede ser atribuido a la actividad de lavado *in situ*. La campaña de invierno fue la que presentó las menores temperaturas, concentraciones de materia orgánica de menor magnitud y mayores concentraciones de oxígeno.

8.6.2 Campaña de primavera 2015

Durante la campaña de primavera no fueron detectados patógenos en la columna de agua en ningún centro de cultivo con lavado de redes *in situ*. Campaña con temperaturas bajas y mayores concentraciones de oxígeno disuelto en comparación con las campañas de verano y otoño. Además, presentó los registros puntuales con las mayores concentraciones de materia orgánica.

8.6.3 Campaña de verano 2016

Durante la campaña de verano no fue posible monitorear centros de cultivo con lavado *in situ* de redes.

8.6.4 Campaña de otoño 2016

Se identificó *Piscirickettsia salmonis* en 7 muestras correspondientes a 4 de las seis jaulas muestreadas. De éstas, 4 se registraron antes de realizar la actividad y por lo tanto no pueden ser atribuidas al lavado *in situ*.

Esta campaña presentó temperaturas y concentraciones de oxígeno disuelto mayores en comparación a las campañas de primavera e invierno.

La Tabla 8-13 muestran los centros con resultados positivos para presencia durante los monitoreos.

Tabla 8-13. Resumen de muestras positivas en centros con lavado *in situ* de redes.

Campaña	Centro	Momento	Distancia a la jaula (Anillas)		
			A1 (0 m)	A2 (15m)	A3 (30 m)
Invierno	Centro 4	Antes			<i>P. salmonis</i> Ct. 35,18(*)
		Después			
Otoño	Centro 5	Antes	<i>P. salmonis</i> 2,40·10 ¹ (**)		
		Después	<i>P. salmonis</i> 6,2·10 ¹ (**)	<i>P. salmonis</i> <10(**)	
	Centro 7	Antes		<i>P. salmonis</i> Ct. 35,62(*)	
		Después			
	Centro 8	Antes			
		Después	<i>P. salmonis</i> Ct. 32,48(*)	<i>P. salmonis</i> 7,1·10 ² (**)	
	Centro 9	Antes		<i>P. salmonis</i> <10(**)	
		Después			

Fuente: Elaboración propia en base a informes de laboratorio. (*) Metodologías RT-PCR (*) y metodología (**) ADLMag (partículas bacterianas por litro de muestra).

8.7 Identificar y cuantificar la presencia de ISAv y *Piscirickettsia salmonis* en la columna de agua, como resultado de las actividades de retiro de redes en centros de cultivo de salmones.

Los informes de laboratorio se adjuntan en el Anexo 4.

8.7.1 Campaña de invierno 2015

Durante la campaña de invierno no fueron detectados patógenos en la columna de agua en ningún centro de cultivo con retiro de redes. La campaña de invierno fue la que presentó las menores temperaturas, concentraciones de materia orgánica de menor magnitud y mayores concentraciones de oxígeno.

8.7.2 Campaña de primavera 2015

Durante la campaña de primavera no fueron detectados patógenos en la columna de agua en ningún centro de cultivo con retiro de redes. Campaña con temperaturas bajas y mayores concentraciones de oxígeno disuelto en comparación con las campañas de verano y otoño. Además, presentó los registros puntuales con las mayores concentraciones de materia orgánica.

8.7.3 Campaña de verano 2016

Durante la campaña de verano no fueron detectados patógenos en la columna de agua en ningún centro de cultivo con retiro de redes. Campaña con las mayores temperaturas y menores concentraciones de oxígeno disuelto.

8.7.4 Campaña de otoño 2016

En las muestras analizadas durante la campaña de otoño en centros con retiro de redes, fue identificado el Virus ISAv y *Piscirickettsia salmonis*. Campaña con temperaturas y oxígeno disuelto mayores en comparación a las campañas de

primavera e invierno. Con concentraciones de materia orgánica menores a los 100 mg/L.

En el centro 1 fueron detectados los dos patógenos. En el caso del virus ISA, fue registrado antes en los tres anillos y después del retiro de las redes en sólo un anillo, por lo tanto, no pueden ser atribuidas a la actividad de retiro. Para *P. salmonis* los valores positivos fueron en un anillo antes y durante el retiro.

En el centro 2 sólo fue detectado *P. salmonis* antes del retiro de redes.

Por su parte, en el centro 3 sólo se identificó a *P. salmonis* y fue registrado con dos muestras positivas antes y una durante la actividad de retiro de redes.

La Tabla 8-14 muestra los centros con resultados positivos durante los monitoreos.

Tabla 8-14. Resumen de muestras positivas en centros con retiro de redes.

Campaña	Centro	Momento	Distancia a la jaula (Anillas)		
			A1 (0 m)	A2 (15m)	A3 (30 m)
Otoño	Centro 1	Antes	<i>P. salmonis</i> 5,10·10 ³ (**) ISAv Ct. 36,85 (*)	ISAv Ct. 34,66 (*)	ISAv Ct. 36,22 (*)
		Después		ISAv Ct. 35,80 (*)	<i>P. salmonis</i> Ct. 34,40 (*)
	Centro 2	Antes	<i>P. salmonis</i> Ct. 34,57 (*)		
		Después			
	Centro 3	Antes	<i>P. salmonis</i> Ct. 32,20 (*)	<i>P. salmonis</i> Ct. 34,97 (*)	
		Después			<i>P. salmonis</i> 4,98·10 ³ (**)

Fuente: Elaboración propia en base a informes de laboratorio. (*) Metodologías RT-PCR (*) y metodología (**) ADLMag (partículas bacterianas por litro de muestra).

8.8 Determinar la viabilidad de los agentes infecciosos identificados a partir de los objetivos anteriores.

De todas las muestras colectadas (144) fueron encontrados 13 registros positivos para *P. salmonis* y 4 para virus ISAv, lo que representa un 9,0 y 2,8 % del total respectivamente. La aparición de estos patógenos en la columna de agua se concentró en las dos campañas de monitoreo con menores temperaturas, invierno y otoño, característica que permitiría la sobrevivencia de los patógenos, hecho bien documentado para ISAv (OIE, 2006).

Respecto su viabilidad se aplicaron los test bacteriológicos DIAGNOTEC consistentes en cultivos vivos en distintos tipos de medios.

Según el mismo documento (OIE, 2006) es difícil estimar exactamente cuánto tiempo puede permanecer infeccioso el virus en el medio natural, ya que depende de factores como la presencia de partículas o sustancias que puedan unirse o inactivarlo, la radiación con la luz UV y la temperatura. Por su parte, según Rees *et. al* (2014), la infección por *Piscirickettsia salmonis* en un centro de cultivo, está asociado positivamente con la temperatura, el tiempo de residencia en agua salada, y el número de salmones infectados en las cercanías.

En cuanto a la viabilidad de los patógenos es importante considerar que las muestras obtenidas con la metodología empleada corresponden básicamente a muestras de agua con un contenido promedio de materia orgánica de sólo 11,6 mg/L, mientras que ha sido documentado que los mecanismos de transmisión de ISAv en ambientes marinos son a través de partículas virales en mucus, heces o material biológico contaminado de los peces, o por contacto directo entre peces

susceptibles e infectados (Campalans, 2011), vía ectoparásitos transferidos entre individuos o por contaminación de aguas infectadas con materiales orgánicos (Nylund *et. al*, 1994), ocurriendo una transmisión de forma horizontal (OIE 2006).

Sumado a que los mecanismos de transmisión necesitan básicamente tejidos orgánicos, el bajo número de muestras positivas obtenido para los patógenos pudo tener relación con lo indicado en OIE (2006). En el citado documento se señala que una jaula de red con peces enfermos la prevalencia puede variar ampliamente, mientras que en una jaula adyacente el ISAv puede ser difícil de detectar incluso por el método más sensible. Por tanto, para investigaciones de diagnóstico es importante muestrear en jaulas que contengan peces muertos.

En síntesis, aunque los centros de cultivo monitoreados presentaban condiciones sanitarias con diagnóstico positivo para los patógenos ISAv y/o *P. salmonis*, no se pudo obtener resultados positivos para Viabilidad.

8.9 Realizar una evaluación de riesgos que permita identificar cuál de los sistemas utilizados representa un mayor riesgo desde el punto de vista ambiental y sanitario.

Para desarrollar este objetivo se consideró de acuerdo a las bases el análisis de riesgo establecido en el Código Sanitario para los Animales acuáticos de la Organización Mundial de la Sanidad Animal (OIE), código que establece las normas para mejorar la sanidad de los animales acuáticos y el bienestar de los peces de cultivo en el mundo, así como el comercio internacional seguro de animales acuáticos (anfibios, crustáceos, moluscos y peces) y de sus productos derivados (OIE, 2016).

Si bien el análisis de riesgos descrito en el Código Sanitario para los Animales acuáticos se encuentra asociado directamente a las importaciones, en esta ocasión se utilizó como base para un análisis de riesgo asociado a los mecanismos utilizados para desprender el “*fouling*” acumulado en las redes de centros de cultivo de salmones, realizando un análisis de riesgo que compare las actividades de lavado *in situ* versus el retiro de redes, desde el punto de vista ambiental y sanitario.

El análisis de riesgo utilizado presenta las siguientes etapas: identificación del peligro, evaluación del riesgo, gestión del riesgo y comunicación sobre el riesgo.

8.9.1 Identificación de peligros

En esta etapa se identificaron los posibles peligros que podrían producir efectos perjudiciales al desarrollar de la actividad de lavado *in situ* y retiro de redes, desde una perspectiva ambiental y sanitaria considerando las variables monitoreadas en el desarrollo de este informe.

Para ambos sistemas se identificaron 2 peligros, el desprendimiento de materia orgánica y la presencia de agentes patógenos. Ambos se describen a continuación:

8.9.1.1 *Desprendimiento de Materia Orgánica*

El desprendimiento de materia orgánica particulada en la columna de agua y el fondo marino es considerado como un peligro, ya que el desprendimiento de materia orgánica tiene el potencial de generar un efecto adverso sobre el ambiente al cambiar las condiciones de fondo producto de su desprendimiento y posterior decantación y acumulación, disminuye los niveles de oxígeno disuelto, pueden ocurrir fenómenos de eutrofización y cambios en las condiciones físicas del agua (ATARED, 2008; Buschmann, 2001; Muñoz, 2009).

A su vez, la materia orgánica desprendida es atrapada en las branquias de los peces, las que actúan como rastrillos, interfiriendo con el intercambio de gases (asfixia) y propiciando además el asentamiento de organismos patógenos y bacterias oportunistas en las branquias (Bravo, 2003).

Cabe señalar que los dos sistemas analizados (lavado *in situ* y retiro de redes) presentan como peligro la incorporación al ambiente de materia orgánica como producto del material bio-incrustante desprendido de las redes, por lo que el análisis de riesgo se centró en cuál de los dos sistemas desprende una mayor cantidad de materia orgánica, utilizando como información base la generada en las cuatro campañas de monitoreo realizadas para este informe.

8.9.1.2 *Presencia de Agentes Patógenos*

La materia orgánica desprendida de las redes tiene el potencial de ser portadora de agentes patógenos y por lo tanto puede incrementar la vulnerabilidad a enfermedades, debido a que actúa como un reservorio de patógenos, lo que sumado a bajos niveles de oxígeno y al estrés generado en los peces, facilitaría el brote de enfermedades (CORFO, 2003; Fitridge *et al*, 2012).

En los centros de cultivos muestreado se analizó como peligro la presencia de agentes patógenos, enfocando la identificación a la presencia de ISAy y *Piscirickettsia salmonis*.

Considerando que todos los centros de cultivo muestreados mantenían durante la toma de muestras la presencia de al menos uno de los agentes patógenos analizados, el análisis de riesgo se centró en identificar el sistema utilizado (lavado *in situ* o retiro de redes) en aquellos centros que presentaron mayor cantidad de

muestras positivas para agentes patógenos, considerando las cuatro campañas de monitoreo.

Así con estas definiciones el esquema de análisis de riesgo se muestra en la FIGURA.

Figura 8-24. Esquema Analisis de Riesgo



8.9.2 Evaluación del riesgo

La evaluación del riesgo es la etapa en que se estima la probabilidad de que ocurra el peligro previamente identificado y las consecuencias ligadas al mismo. En el presente estudio se realizó una evaluación cualitativa del riesgo, con el fin de identificar qué actividad (lavado *in situ* o retiro de redes) tiene un mayor riesgo, desde el punto de vista ambiental y desde el punto de vista sanitario, para las cuatro campañas realizadas.

8.9.2.1 Probabilidad de Ocurrencia

En primera instancia para estimar la probabilidad de ocurrencia del peligro se definieron tres niveles, los que serán aplicados para el lavado *in situ* y para el retiro de redes. Los niveles de ocurrencia establecidos para el presente análisis se explican en la siguiente tabla:

Tabla 8-15. Probabilidad de ocurrencia.

Probabilidad	Definición
ALTA	Cuando la probabilidad de ocurrencia del peligro, ya sea desprendimiento de materia orgánica o la presencia de agentes patógenos, se genera en la mayoría de las ocasiones
MEDIA	Cuando la probabilidad de ocurrencia del peligro, ya sea desprendimiento de materia orgánica o la presencia de agentes patógeno, se genera de forma ocasional,
BAJA	Cuando la probabilidad de ocurrencia del peligro, ya sea desprendimiento de materia orgánica o la presencia de agentes patógenos, difícilmente se genera.

Fuente: Elaboración propia

Desde el punto de vista ambiental y basado en la toma de muestras de los distintos centros, es posible determinar que la probabilidad de ocurrencia del desprendimiento de materia orgánica es alta para lavado *in situ* y retiro de redes, independiente de la campaña en que se realizó el muestreo, debido a que siempre ocurre desprendimiento de materia orgánica.

Asimismo, y desde el punto de vista sanitario, al determinar la probabilidad de ocurrencia en la presencia de agentes patógenos en ambas actividades, esta probabilidad no presenta diferencia entre las campañas a muestrear, determinándose alta para todos los casos ya que todos los centros muestreados debían presentar brote de al menos uno de los patógenos analizados.

8.9.2.2 Consecuencias Ligadas a la Ocurrencia del Peligro

La consecuencia ligada a la ocurrencia del peligro se definió para desprendimiento de materia orgánica (punto de vista ambiental) y para la presencia de agentes patógenos (punto de vista sanitario).

Debido a que el objetivo del análisis es realizar una evaluación del riesgo entre lavado *in situ* y retiro de redes, y por lo tanto evaluar cuál de los dos sistemas presenta un mayor nivel de riesgo ambiental y sanitario. La consecuencia ligada al desprendimiento de materia orgánica se determinó por el rango de concentraciones entre las que variaron las muestras obtenidas. Como variable se ha seleccionado el promedio de materia orgánica.

En tabla se muestran los valores para los tratamientos con el promedio de materia orgánica durante la faena de lavado o de retiro. A este cálculo le debemos incorporar el número de veces que se efectúa el lavado en alguna unidad de tiempo que conviene definir en 1 año. En el sistema insitu el lavado se hace 30,4 veces por año y en el caso del retiro de redes son 2 veces por año. Como se trata de un tema comparativo, que se analizara en forma cualitativa, no se han considerado la materia orgánica antes de la faena.

Tabla 8-16. Promedio materia orgánica por sistema y frecuencia de lavado

Sistema de lavado	Promedio de Mat. Orgánica mg/l	Numero de lavados por año	Materia orgánica por año mg/l
IN SITU	11,92	30,40	362,22
RETIRO	11,90	2,00	23,81

Al incorporar la variable veces que se efectúa el lavado, claramente se diferencian los 2 tratamientos dando un valor un orden de magnitud mayor para lavado insitu.

Así se ha creado una escala de basada en consecuencias alta y baja como se muestra en (Tabla 8-17).

Tabla 8-17. Consecuencia del desprendimiento de materia orgánica.

Consecuencia	Definición
Concentración alta de materia orgánica	Cuando la concentración de materia orgánica medida se encuentra sobre 100 mg/l por año
Concentración baja de materia orgánica	Cuando la concentración de materia orgánica medida se encuentra bajo 100 mg/l

Fuente: Elaboración propia

Para establecer los niveles de consecuencia ligada a la presencia de agentes patógenos por cada sistema utilizado, se consideró el total de muestras realizadas por cada campaña (36 muestras en total; 18 *P. salmonis* y 18 ISAv), estableciendo como valor máximo que todas las muestras fueran positivas. En base a lo anterior, se definieron cuatro rangos de consecuencia que se listan en la Tabla 8-18.

Tabla 8-18. Consecuencia de la presencia de agentes patógenos.

Consecuencia	Definición
Presencia Alta	Cuando del total de muestras por sistema utilizado, entre 19 y 36 de ellas dan positivo a la presencia de agentes patógenos
Presencia Media	Cuando del total de muestras por sistema utilizado, entre 7 y 18 de ellas dan positivo a la presencia de agentes patógenos
Presencia Baja	Cuando del total de muestras por sistema utilizado, entre 1 y 6 de ellas dan positivo a la presencia de agentes patógenos
Sin Presencia	Cuando del total de muestras por sistema utilizado, ninguna da positivo a la presencia de agentes patógenos

Fuente: Elaboración propia

8.9.2.3 Resultados de la Evaluación del Riesgo

Finalmente, la evaluación del riesgo se realizó para cada peligro identificado, considerando el sistema utilizado (lavado *in situ* y retiro de redes) y la campaña de muestreo (invierno, primavera, verano y otoño).

Para la evaluación del riesgo de desprendimiento de materia orgánica por sistema empleado, se utilizó la Tabla 8-19, donde el nivel de riesgo representado por el color rojo es alto, el color amarillo es medio y el representado por el color verde es bajo.

Tabla 8-19. Evaluación del riesgo del desprendimiento de materia orgánica

Consecuencia	Definición
Concentración alta de materia orgánica	Cuando la concentración de materia orgánica medida se encuentra sobre 100 mg/l
Concentración media de materia orgánica	Cuando la concentración de materia orgánica medida se encuentra entre 50 y 100 mg/l
Concentración baja de materia orgánica	Cuando la concentración de materia orgánica medida se encuentra bajo 50 mg/l

Fuente: Elaboración propia

De igual forma, para la evaluación del riesgo de presencia de agentes patógenos por sistema empleado (lavado *in situ* y retiro de redes), se utilizó la Tabla 8-21.

Tabla 8-20. Evaluación del riesgo del desprendimiento de materia orgánica

		Consecuencia			
		SIN PRESENCIA	PRESENCIA BAJA	PRESENCIA MEDIA	PRESENCIA ALTA
Probabilidad	BAJA				
	MEDIA				

		Consecuencia			
		SIN PRESENCIA	PRESENCIA BAJA	PRESENCIA MEDIA	PRESENCIA ALTA
ALTA					

Fuente: Elaboración propia

Al igual que para la evaluación de riesgo del desprendimiento de materia orgánica, el nivel de riesgo representado por el color rojo es alto, el color amarillo es medio y el representado por el color verde es bajo.

Una vez establecidos los parámetros a analizar en la evaluación del riesgo, se hace aquí un análisis detallado por tipo de peligro y por sistema utilizado en cada estación del año muestreada.

Este análisis se agregó considerando que los riesgos podrían ser diferenciados por época del año. Para el caso de la materia orgánica se indica en tabla algunos valores. De acuerdo a este análisis no habría diferencias significativas entre estaciones del año por lo que es posible tratar el tema con un solo nivel anual. Se debe considerar que no hay una muestra *in situ* para verano que podría ser esencialmente distinta de las otras muestras.

Tabla 8-21. Valores y estadísticas materia orgánica con lavado *in situ* y retiro para 4 épocas.

	Promedio de Mat. Orgánica mg/l	Promedio mg/l	Máximo mg/l	Minimo mg/l	DESVEST
IN SITU					
antes					
INVIERNO	11,47	11,47	12,70	10,00	0,74
OTOÑO	12,46	12,46	26,77	8,10	2,88
PRIMAVERA	10,36	10,36	15,50	5,60	3,18
Total, antes	11,69	11,69	26,77	5,60	2,72

después					
INVIERNO	12,09	12,09	15,00	10,00	1,33
OTOÑO	12,45	12,45	23,09	8,01	2,73
PRIMAVERA	10,67	10,67	25,70	4,30	5,35
Total, después	11,92	11,92	25,70	4,30	3,39
Total, IN SITU	11,80	11,80	26,77	4,30	3,06
RETIRO					
antes					
INVIERNO	9,37	9,37	10,70	8,14	0,86
OTOÑO	12,93	12,93	16,92	7,39	2,26
PRIMAVERA	9,97	9,97	13,20	6,26	1,95
VERANO	10,56	10,56	13,00	7,50	1,43
Total, antes	10,72	10,72	16,92	6,26	2,16
después					
INVIERNO	10,46	10,46	11,50	8,48	0,86
OTOÑO	12,49	12,49	17,43	9,07	2,26
PRIMAVERA	11,52	11,52	17,80	7,90	2,62
VERANO	13,10	13,10	31,60	8,00	5,98
Total, después	11,90	11,90	31,60	7,90	3,61
Total RETIRO	11,31	11,31	31,60	6,26	3,03
Total general	11,56	11,56	31,60	4,30	3,05

Para los análisis de riesgo de presencia de patógenos, como se observa en la Tabla 8-14 la situación es muy diferente por época del año por lo que se hace aquí una revisión estacional de presencia de patógenos para concluir un análisis de riesgo por época del año.

6.9.2.3.1 Evaluación de riesgo de desprendimiento de materia orgánica en lavado de redes *in situ*

Como ya se mencionó anteriormente la probabilidad de ocurrencia de este peligro siempre es alta, por lo que es necesario establecer los niveles de materia orgánica

desprendida durante las distintas campañas y así evaluar el riesgo asociado a la actividad.

8.9.2.1 *Evaluación de riesgo de presencia de agentes patógenos en lavado de redes in situ*

Como se definió anteriormente, la probabilidad de ocurrencia de este peligro (presencia de agentes patógenos) siempre es alta, por lo que es necesario establecer la cantidad de muestras positivas para agentes patógenos (*P. salmonis* e ISAv) durante las distintas campañas y así evaluar el riesgo para la actividad de lavado de redes *in situ* desde el punto de vista sanitario.

a) Campaña de invierno

En los centros que realizan lavado de redes *in situ* la cantidad de muestras positivas para agentes patógenos durante la campaña de invierno fue una, considerado como un nivel de presencia baja.

Como la probabilidad de ocurrencia de presencia de agentes patógenos es considerada alta, se puede establecer que la evaluación de riesgo desde el punto de vista sanitario para el lavado de redes *in situ* durante la campaña de invierno alcanza un nivel medio.

b) Campaña de primavera

Durante la campaña de primavera no se registraron muestras positivas para la presencia de agentes patógenos, quedando clasificado como sin presencia.

Considerando que la probabilidad de ocurrencia de presencia de agentes patógenos se determinó alta, se puede establecer que la evaluación de riesgo desde el punto de vista sanitario para el lavado de redes *in situ* durante la campaña de primavera alcanza un nivel bajo.

c) Campaña de verano

Como se detalló anteriormente en este informe, durante la campaña de verano no fue posible realizar el monitoreo en centros de cultivo con lavado *in situ*.

d) Campaña de otoño

Las muestras positivas para agentes patógenos durante la campaña de otoño fueron 7, considerado como un nivel de presencia medio.

Debido a que la probabilidad de ocurrencia de presencia de agentes patógenos es considerada alta, se puede establecer que la evaluación de riesgo desde el punto de vista sanitario, para lavado de redes *in situ* durante la campaña de otoño alcanza un nivel alto.

6.9.2.3.2 *Evaluación de riesgo de presencia de agentes patógenos con retiro de redes*

a) Campaña de invierno

Durante la campaña de invierno ninguna muestra indicó positivo a la presencia de agentes patógenos, quedando clasificado como sin presencia.

Como la probabilidad de ocurrencia de presencia de agentes patógenos es considerada alta, se puede establecer que la evaluación de riesgo desde el punto de vista sanitario, para el retiro de redes durante la campaña de invierno alcanza un nivel bajo.

b) Campaña de primavera

Durante la campaña de primavera ninguna muestra indicó positivo a la presencia de agentes patógenos, quedando clasificado como sin presencia.

La probabilidad de ocurrencia de presencia de agentes patógenos es considerada alta, estableciendo que la evaluación de riesgo desde el punto de vista sanitario, para el retiro de redes durante la campaña de primavera alcanza un nivel bajo.

c) Campaña de verano

Durante esta campaña todas las muestras fueron negativas ante la presencia de agentes patógenos, quedando clasificado como sin presencia.

Debido a que la probabilidad de ocurrencia de presencia de agentes patógenos es considerada alta, se establece que la evaluación de riesgo desde el punto de vista sanitario, para el retiro de redes durante la campaña de verano alcanza un nivel bajo.

d) Campaña de otoño

En los centros que realizan retiro de redes la cantidad de muestras positivas para agentes patógenos fue 10, quedando clasificadas en un nivel de presencia medio.

Considerando que la probabilidad de ocurrencia de presencia de agentes patógenos es alta, se puede establecer que la evaluación de riesgo desde el punto de vista sanitario para el retiro de redes durante la campaña de otoño alcanza un nivel alto.

6.9.2.3.3 Comparación de la evaluación del riesgo

Del análisis de riesgo realizado al lavado *in situ* y al retiro de redes, es posible determinar que considerando la actividad de lavado en el plazo de un año la situación es notoriamente distinta siendo el lavado *In situ* de mayor riesgo que el retiro de redes. Ver TABLA-

Tabla 8-22. Evaluación del riesgo del desprendimiento de materia orgánica

		Consecuencia		
		CONCENTRACIÓN BAJA	CONCENTRACIÓN MEDIA	CONCENTRACIÓN ALTA
Probabilidad	BAJA			
	MEDIA			
	ALTA	RETIRO DE REDES		LAVADO IN SITU

Para el riesgo de presencia de patógenos la situación varía de dependiendo de la época la cual se resume en las tablas de Lavado insitu y Retiro.

Tabla 8-23. Evaluación de Riesgo presencia de Patógenos: Lavado in situ

		Consecuencia			
		SIN PRESENCIA	PRESENCIA BAJA	PRESENCIA MEDIA	PRESENCIA ALTA
Probabilidad	BAJA				
	MEDIA				
	ALTA	Primavera	Invierno	Otoño	

Tabla 8-24. Evaluación de Riesgo presencia de Patógenos: Retiro de redes

		Consecuencia			
		SIN PRESENCIA	PRESENCIA BAJA	PRESENCIA MEDIA	PRESENCIA ALTA
Probabilidad	BAJA				
	MEDIA				
	ALTA	Invierno Primavera Verano		Otoño	

8.9.3 Gestión del riesgo

Considerando que la gestión del riesgo es el proceso en que se deciden y aplican medidas que permiten reducir el nivel de riesgo identificado para cada actividad analizada, se mencionan a continuación posibles medidas de acuerdo a la legislación usada en otros países. Cabe recordar además, que los niveles de riesgo para lavado *in situ* y retiro de redes se determinaron exclusivamente a partir de las concentraciones de materia orgánica y presencia de agentes patógenos muestreados en el desarrollo de este Proyecto, ya que el objetivo es comparar ambiental y sanitariamente entre ambos sistemas.

Las medidas consideradas de la experiencia internacional se basan en que de los resultados se desprende que no existen mayores diferencias en los niveles de riesgo de ambos sistemas, probablemente debido a la elevada frecuencia de lavado *in situ* utilizada por la empresa que fue monitoreada.

En este contexto, se considera adecuada como medida para disminuir el nivel de riesgo identificado la experiencia noruega, en donde cualquier eliminación de residuos al ambiente debe ser autorizada por el Gobierno del Condado (autoridad local), dando instancias de revisar caso a caso características específicas del sistema propuesto por la empresa y en ese sentido controlar la periodicidad del lavado *in situ*, estimando y controlando el volumen de materia orgánica desprendido de las redes además de analizar condiciones previas de cada zona como pobres condiciones ambientales y altas cargas previas de material orgánico en el bentos. Por otra parte, la legislación noruega identifica responsables para restaurar el sitio y las áreas colindantes al finalizar la producción, lo que podría asegurar una implementación de buenas prácticas.

La normativa canadiense no se considera atingente ya que no permite descargar los desechos generados por el lavado de redes *in situ*, estableciendo que las actividades de lavado de redes deben ser realizadas en instalaciones en tierra.

Basándose en la revisión de estos distintos métodos de lavado de redes, es recomendable incentivar en la industria la implementación del lavado de redes con retención de sólidos como un método que pudiese generar un nivel de riesgo menor desde el punto de vista ambiental y sanitario o el lavado mediante retiro de redes.

8.9.4 Comunicación sobre el riesgo

La comunicación sobre el riesgo es el proceso en el cual se recaba información y opiniones de partes potencialmente afectadas o interesadas acerca de los peligros y riesgos durante un análisis de riesgo.

Basado en la información que se recabó con la aplicación de encuestas durante el presente estudio, es posible señalar que los potenciales afectados señalaron como

factor principal un aumento en la cantidad de “*fouling*” durante las estaciones más cálidas.

En este sentido las medidas contempladas deberían considerar la estacionalidad como un factor de mayor nivel de riesgo. En este contexto, el RAMA ya establece frecuencias de lavado *in situ* distintas para los periodos octubre-marzo y abril-septiembre, medida considerada como adecuada para disminuir el nivel de riesgo.

8.9.5 Ranking de los sistemas comparados

De la comparación de los 2 sistemas es posible concluir el mayor riesgo ambiental que implica el lavado insitu con una total de materia orgánica una magnitud superior. Siendo la presencia de patógenos no concluyendo para ambos sistemas y además con mucha influencia estacional se tiene entonces que el análisis de riesgo depende básicamente de la materia orgánica.

9 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La industria acuícola nacional ha logrado establecerse y consolidarse en el transcurso de las últimas décadas, alcanzando una biomasa total que superó los 2 millones de toneladas al año 2014 (SUBPESCA, 2016). Estos volúmenes de producción enfatizan la necesidad de incorporar procesos productivos que incorporen la responsabilidad ambiental como uno de los ejes, con el fin de minimizar potenciales impactos.

La adherencia de “*fouling*” en las estructuras sumergidas constituye uno de los principales problemas de la industria acuícola nacional, ya que su crecimiento sin la aplicación de medidas de control tiene el potencial de dificultar el intercambio de agua y gaseoso desde y hacia el interior de la jaula, disminuye la calidad del agua disponible para la especie cultivada, aumenta el riesgo de enfermedades ya que puede ser portador de agentes patógenos y produce deformación de las estructuras (Lovegrove, 1979; Núñez et al., 2006; Braithwaite et al., 2007; Fitridge et al. 2012). Estos impactos afectan de forma significativa al proceso productivo de la industria, generando costos que según estimaciones de CRAB (2006) alcanzan entre un 5 y un 10% de la industria europea, además y debido a su constante reaparición y crecimiento toman un rol importante dentro de las actividades en los centros de cultivo.

El control del “*fouling*” puede ser abordado principalmente por estrategias que buscan evitar su asentamiento inicial (repeliendo o eliminando a los organismos), prevenir su desarrollo aplicando inhibidores de crecimiento a las estructuras afectadas y finalmente estrategias para remover el material mediante procesos de limpieza.

Actualmente entre las técnicas de prevención y eliminación del “*fouling*” más utilizadas destacan la impregnación de redes con pinturas anti-incrustantes, el retiro de redes para posterior lavado fuera del agua y el lavado *in situ* de redes (SUBPESCA, 2013; Yebra, 2004; deNys & Guenther, 2009; Dürr & Watson 2010). Los últimos años, de acuerdo a lo señalado por (IFOP, 2013), se ha avanzado en el control biológico del “*fouling*” utilizando peces o invertebrados herbívoros que ramoneen bio-incrustantes de la superficie de las redes.

Una de las medidas de control de “*fouling*” más utilizadas ha sido la impregnación de redes con biocidas que durante varios años utilizaron el tributil-estaños (TBT) (Ernst et al., 1991; Thomas, 2001). Este componente se utilizó hasta ser prohibido en varios países europeos por sus impactos en el ecosistema, dando paso a nuevas alternativas utilizadas en la actualidad en base a óxido de cobre. Sin embargo, estas nuevas pinturas utilizan metales pesados y por lo tanto tienen el potencial de producir efectos perjudiciales sobre la supervivencia y el crecimiento de moluscos y peces (Paul & Davies, 1986 revisado por Fent, 2006; Lee, 1985; Short & Thrower, 1986; Bruno & Ellis, 1988). Es posible identificar una tendencia en la industria para renovar estas técnicas que tienen el potencial de ser perjudiciales para el ambiente, y se han desarrollado algunas alternativas que buscan evitar las impregnaciones tóxicas utilizando cubiertas de baja toxicidad, desarrollando redes con materiales de baja adherencia o incorporando en la estructura de las redes materiales que eviten futuras impregnaciones con pinturas tóxicas.

La técnica de cambio de redes involucra una sucesión de operaciones como el retiro, traslado a tierra, secado, limpieza y tratamiento de los residuos, aumentando considerablemente los costos para controlar el “*fouling*”.

El uso de sistemas limpiadores de redes *in situ* es cada vez más utilizado, como lo evidencia el caso de Tasmania (Hodson et al., 1997) y Noruega (Olafsen, 2006; Guenther et al., 2009). En Chile la legislación también permite el lavado *in situ*, regulando básicamente la frecuencia de lavado de acuerdo a la técnica utilizada. Sin embargo, el lavado *in situ* sin retención de sólidos tiene como efecto adverso la incorporación al ambiente de la materia orgánica desprendida, que producto del agua a alta presión utilizada se dispersan con facilidad, El punto de vista de las asociaciones de talleres de redes sostienen que la práctica del lavado *in situ* “debe considerarse excepcional y además ha de cumplir con la normativa ambiental aplicable al lavado de redes terrestre. De otra forma, se estarán traspasando costos operacionales al ambiente” (ATARED, 2008). En este contexto es cierto que el lavado *in situ* de redes es ampliamente aceptado en otros países con industria acuícola, sin embargo, a diferencia del caso chileno la productividad primaria de los mares es baja.

En relación al caso chileno se identificaron dos sistemas de lavado *in situ*; lavados con retención y sin retención de sólidos. En su mayoría las empresas proveen del servicio de lavado *in situ* sin retención de sólidos. Este sistema no involucra medidas de control del “*fouling*” desprendido durante la limpieza, hecho preocupante si no se respeta la periodicidad entre lavados. Según IFOP (2013), “...no existen registros que comprueben la cantidad de sólidos que desprenden de los lavados, sino más bien apreciaciones; entre 1 a 3 toneladas por jaulas circulares de 30 m de diámetro cuando estas están muy sucias y 300 kilos cuando están levemente sucias (Com. Pers., Luis Toledo- SSIA)”. A pesar de lo anterior, este sistema es el más utilizado y ofertado ya que tiene mejores rendimientos de lavado y genera menores costos en comparación al lavado *in situ* con retención de sólidos. A pesar de lo anterior, hay un reconocimiento general a la hora de indicar que desde el punto de vista ambiental el lavado *in situ* con retención de sólidos es

mejor. Debido a lo anterior sería recomendable generar incentivos de investigación para el desarrollo de nuevas tecnologías que permitan aumentar el rendimiento de este tipo de lavado.

Entre los beneficios de realizar lavado *in situ* en cualquiera de sus técnicas se mencionan menores costos de operación en comparación al retiro de redes además de prolongar la permanencia de las redes en el agua. A esto se suma un bajo impacto si la materia orgánica es aspirada y depositada en contenedores. Si lo anterior no se realiza, el *fouling* desprendido puede contener patógenos y transmitir enfermedades, incrementar el volumen de nutrientes en el ambiente, generar condiciones de anoxia en el fondo marino por acumulación y efectos inmediatos sobre los peces cultivados.

Debido a lo anterior es importante controlar la periodicidad entre lavados *in situ*. El Reglamento Ambiental para la Acuicultura (RAMA) establece distintos períodos entre lavados para distintos períodos del año, diferenciado básicamente entre meses cálidos (período octubre-marzo) y meses fríos (período abril-septiembre). Lo anterior va en línea con lo mencionado por la Investigación Colectiva en Acuicultura y Biofouling (CRAB, 2006) que sugiere estrategias de lavado *in situ* diferenciados, de acuerdo a la acumulación de “fouling” por estacionalidad y ubicación de la concesión.

En relación a la normativa internacional de países en que la acuicultura corresponde a una actividad de relevancia en la economía local, es posible establecer que la actividad de lavado de redes *in situ* no corresponde a un mecanismo establecido y regulado por normativas, más bien las normativas establecen parámetros generales para la acuicultura en general. Algunos países como Canadá y Estados Unidos privilegian otro tipo de mecanismos para la

limpieza de redes, como el secado o lavado en tierra, derivando todos los residuos generados por la actividad a empresas capacitadas para su correcto manejo. Además, se observó una tendencia sobre el uso de productos químicos en redes, los que cada vez son menos utilizados, privilegiando en la actualidad la innovación en tecnologías que permitan el lavado de redes mediante hidrolavadoras.

Observando los costos asociados, se observa una estructura de costos de menor complejidad para el lavado *in situ*, ya que en rasgos generales involucra al equipo utilizado (tipo de hidrolavadora, tipo de bomba, etc.), cantidad de operarios, tiempo y rendimientos. Mientras que para retiro de redes involucra además del proceso mismo de retiro, un traslado a tierra, depositación en áreas dispuestas específicamente para aquello y posterior tratamiento de residuos líquidos y sólidos desprendidos de las redes. Se determinó como sistema más económico el lavado *in situ* sin retención de sólidos con hidrolavadoras pequeñas como las de dos discos, ya que al aumentar el tamaño de la hidrolavadora los costos se incrementan principalmente por los ítems traslados, operación y mantención de equipos.

Sobre la periodicidad de lavado, aunque no se obtuvo acceso a ellos las empresas salmoneras señalaron que si cuentan con programas de lavado definidos. En terreno, se pudo comprobar con una de las empresas colaboradoras de este Proyecto la programación de sus lavados utilizando un sistema continuo durante todo el año que se traduce en una frecuencia de lavado entre 9 y 12 días por cada red, mayor a la exigida por el RAMA. Por el contrario, las empresas prestadoras del servicio no mantienen programas de lavado establecidos de acuerdo a la temporalidad exigida en el RAMA, y por lo tanto tampoco estiman o conocen la periodicidad con la que los centros de cultivo ejecutan el lavado *in situ*.

Al analizar los perfiles de oxígeno disuelto y temperatura es posible observar que los centros de cultivos analizados posean diferentes características físicas y químicas entre sí, hecho esperable debido a que se encuentran en zonas geográficas distintas.

Las concentraciones de materia orgánica en centros de cultivo con el lavado *in situ* sólo fueron significativamente mayores en la campaña de invierno, en relación a las concentraciones en centros con retiro de redes. En las restantes campañas (primavera, verano y otoño) las concentraciones fueron levemente menores para dicho tratamiento. En relación al momento de la toma de muestras, es decir donde puede concretamente determinarse si existe un aporte significativo de materia orgánica al sistema por cada proceso realizado (lavado *in situ* o retiro de redes), sólo fue posible identificar diferencias durante la campaña de invierno identificando concentraciones mayores después del lavado *in situ* o retiro de redes, pero sin poder diferenciar entre ambos procesos.

Estas similitudes encontradas entre lavado *in situ* y retiro de redes, así como entre antes y durante el lavado/retiro, puede deberse a la frecuencia de lavado que utiliza la empresa monitoreada y que no permite la acumulación de grandes volúmenes de “fouling” en las redes. En efecto, como se mencionó anteriormente, su frecuencia de lavado es mayor a la exigida por el RAMA.

Tampoco se observaron diferencias significativas en cuanto a una variación en la concentración de materia orgánica por efecto de la profundidad, en ninguna campaña. Debe mencionarse que, en los centros con profundidades mayores a 100 m, las muestras obtenidas en profundidad cercana a fondo marino presentaron una condición que según observación visual presentaron mayor turbiedad a lo esperado. Lo anterior pudo deberse a mediciones inexactas en el ecosonda utilizada y por

consiguiente trampa de materia orgánica con una longitud mayor a la necesaria, generando resuspensión del fondo. Es probable que el hecho anterior significara una concentración de materia orgánica mayor a la esperada en la muestra.

En relación a las concentraciones de oxígeno disuelto, se ha documentado que en los canales de la décima y undécima región existe una oxiclina de unos 30 a 50 m de profundidad. Bajo esta profundidad el oxígeno disuelto comienza a disminuir su concentración (Carrasco & Silva 2010), lo cual a grandes rasgos se cumple en el muestreo realizado ya que se observó una disminución del oxígeno al aumentar la profundidad.

Durante las campañas de verano y otoño, fueron registradas concentraciones de oxígeno disuelto menores a lo establecido como apto para la vida acuática (5 mg/L), sin embargo, no fue una condición constante en la columna de agua, identificando tramos breves en la parte central de la columna durante verano y próximos al fondo marino durante el otoño. Estos eventos no pudieron ser atribuidos exclusivamente a un tipo de proceso (lavado *in situ* o retiro)

Estas bajas concentraciones de oxígeno disuelto pueden estar relacionadas con las mayores temperaturas en dichas campañas, ya que la temperatura es uno de los factores determinantes de la concentración de oxígeno disuelto de forma inversamente proporcional (Hajek y Boyd 1994). Otro factor que capaz de influenciar las concentraciones de oxígeno disuelto en el fondo puede ser la alta tasa de metabolismo microbial presente en los sedimentos costeros, que también puede influir en los sustratos supradycientes de la columna de agua (Libes, 1992 en Astorga & Silva 2004). Sin embargo, en el área de estudio no se han identificado zonas anóxicas en la columna de agua, debido a que la circulación estuarina del

sector permite una ventilación adecuada de las capas más profundas (Silva 1995, 1997 en Astorga & Silva 2004).

Tampoco se identificó una diferenciación de estos valores en función del lavado *in situ* o retiro de las redes, ya que con excepción a la campaña de invierno no presentaron diferencias significativas en las concentraciones de materia orgánica. Aumentos en la concentración de la materia orgánica pueden producir una disminución del oxígeno disuelto por procesos de descomposición.

Los centros de cultivo monitoreados presentaron una alta variabilidad en los factores analizados, lo que puede estar directamente relacionado con condiciones oceanográficas de los fiordos y con el clima en la décima y undécima región. Para ninguna de las variables muestreadas se observó un patrón de comportamiento en cuanto a distancia de la jaula (anillas), centros de cultivo y proceso realizado (lavado *in situ* o retiro).

Para identificar y cuantificar la presencia de los patógenos ISAv y *Piscirickettsia salmonis* en la columna de agua, fueron utilizadas dos metodologías diferentes; ADL Mag, que básicamente aísla los patógenos de interés en un concentrado con el cual se trabaja finalmente y RT-PCR, donde la determinación de los patógenos se realiza a través de la detección de una señal fluorescente. Es probable que la primera metodología al trabajar con un concentrado tenga una mayor sensibilidad para detectar patógenos. Sin embargo, en el presente monitoreo fueron obtenidos más resultados con el método RT-PCR, por lo que es probable que la detección esté relacionada también al estado en el cual se encuentre el patógeno.

La detección positiva de patógenos en la columna de agua se concentró en las dos campañas de monitoreo con menores temperaturas, invierno y otoño, característica que permitiría la sobrevivencia de los patógenos y que se encuentra bastante

documentado para ISAv (OIE, 2006). Los registros positivos encontrados son casos puntuales y aunque el mayor número de registros fue en centros de cultivo con lavado *in situ* no es posible establecer que sea una actividad que esté facilitando la presencia de los patógenos. Lo anterior se refuerza considerando que el real aporte de uno u otro proceso se determina con la muestra obtenida mientras se lavaba o retiraba la red en comparación con la muestra del día previo, y en este análisis no fue posible identificar diferencias en cuanto al momento de muestreo ya que los positivos fueron registrados antes y durante el lavado/retiro. De igual forma y complementando el estudio realizado por Salmón Chile e Intesal (2008), no fue posible encontrar una relación entre presencia de patógenos con mayores concentraciones de materia orgánica desprendida de las redes.

En cuanto a la viabilidad de los patógenos, que resulto negativa, es importante considerar que las muestras obtenidas con la metodología empleada corresponden básicamente a muestras de agua con un contenido promedio de materia orgánica de sólo 11,6 mg/L, mientras que ha sido documentado que los mecanismos de transmisión de ISAv en ambientes marinos son a través de partículas virales en mucus, heces o material biológico contaminado de los peces, o por contacto directo entre peces susceptibles e infectados (Campalans, 2011), vía ectoparásitos transferidos entre individuos o por contaminación de aguas infectadas con materiales orgánicos (Nylund *et. al*, 1994), En consecuencia, aunque los centros de cultivo monitoreados presentaban condiciones sanitarias con diagnostico positivo para los patógenos ISAv y/o *P. salmonis*, es probable que los pocos registros positivos se deban a que las muestras contenían básicamente agua de mar con un bajo porcentaje de materia orgánica con el potencial de estar infectada.

En relación a la evaluación de riesgos se consideró lo establecido en el Código Sanitario para los Animales acuáticos de la Organización Mundial de la Sanidad

Animal (OIE). Sin embargo, esta metodología se encuentra asociada directamente a las importaciones de recursos hidrobiológicos, por lo que debió ser adaptada y modificada para realizar un análisis de riesgo que compare las actividades de lavado *in situ* versus el retiro de redes, desde el punto de vista ambiental y sanitario.

Las adaptaciones realizadas se hicieron considerando una evaluación conservadora de los riesgos y en ese contexto, los rangos de categorías definidas en la etapa de evaluación del riesgo consideran específicamente las actividades y resultados obtenidos en la elaboración del presente informe, ya que se adaptó pensando en comparar exclusivamente el lavado *in situ* y el retiro de redes a partir de los resultados aquí obtenidos.

La mayor frecuencia de lavados *in situ* que se estimó en 30,4 por año para la empresa donde se hicieron los estudios y que en todo caso no podría ser inferior a 21,3 lavados por año según RAMA al compararla con el retiro de redes que se hace 2 veces al año, conlleva una gran diferencia de riesgo ambiental por la carga de materia orgánica. Así el lavado *in situ* presenta un riesgo ambiental mayor que el retiro de redes. Para el riesgo sanitario no fue posible definir un mayor riesgo entre los dos sistemas.

10 CONCLUSIONES

Se identificaron dos sistemas de lavado *in situ* utilizados en el país; lavado *in situ* con retención de sólidos y sin retención de sólidos. En su mayoría las empresas proveen el servicio de lavado *in situ* sin retención de sólidos ya que es el más solicitado en la industria por tener menores costos de operación y mayores rendimientos de lavado en comparación al lavado *in situ* con retención de sólidos. A pesar de lo anterior, hay un reconocimiento general a la hora de indicar que desde el punto de vista ambiental el lavado *in situ* con retención de sólidos es mejor.

El lavado *in situ* sin retención de sólidos aumenta sus costos al utilizar hidrolavadoras de mayor tamaño, debido principalmente a mayores costos de traslados, operación y mantención de equipos. Mientras que el mismo sistema, empleado con hidrolavadoras de menor tamaño corresponde al sistema más económico. Por el contrario, el lavado *in situ* con retención de sólidos representa un aumento de costos por la técnica utilizada, ya que considera el trabajo de dos operarios y tratamiento de los residuos aspirados.

No se obtuvo acceso a los cronogramas de lavado de empresas salmoneras, aun cuando señalaron que cuentan con programas de lavado definidos. En terreno se observó la experiencia de una de las empresas colaboradoras de este Proyecto, la que mantiene una periodicidad de lavado superior a la establecida en la normativa. Por otra parte, las empresas prestadoras del servicio de lavado *in situ* no mantienen programas de lavado y por lo tanto tampoco estiman o conocen la periodicidad con la que los centros de cultivo ejecutan el lavado *in situ* en un centro determinado.

La revisión de la experiencia internacional, muestra que el lavado *in situ* de redes es ampliamente utilizado en otros países con industria acuícola, sin embargo, en ellos la frecuencia de lavado es esporádica ya que, a diferencia del caso chileno, la

productividad primaria de los mares es baja y significa un bajo impacto ambiental en comparación a otros sistemas, como el uso de redes impregnadas con productos químicos que cada vez es menos utilizado. Además, se identificó que la actividad de lavado de redes *in situ* no corresponde a un mecanismo establecido y regulado por normativas puntuales, ya que más bien las normativas establecen parámetros generales para la industria acuícola.

En relación a las campañas de terreno, en la campaña invernal las concentraciones de materia orgánica fueron significativamente más elevadas para lavado *in situ* que para retiro de redes. Además, la concentración de materia orgánica directamente atribuible al lavado *in situ*, es decir, al comparar entre las muestras de pre y post lavado también muestran diferencias significativas, por lo que sólo en la campaña invernal se logró identificar una diferenciación entre lavado *in situ* y retiro de redes en relación al aporte de materia orgánica a la columna de agua.

Por otro lado, durante las campañas de primavera, verano y otoño no existen diferencias significativas entre las situaciones pre y post tratamiento en ninguno de los dos procedimientos analizados (lavado *in situ*/retiro de redes) y por lo tanto no se identificó un aporte realmente significativo de materia orgánica atribuible a esas actividades. Tampoco se observaron diferencias entre lavado *in situ* y retiro de redes para la concentración de materia orgánica desprendida.

Se identificaron concentraciones de oxígeno disuelto bajo 5 mg/L en las campañas de verano y otoño. Esta condición correspondió a eventos puntuales durante los monitoreos y no fueron constantes en la columna de agua, identificando tramos breves en la parte central de la columna durante verano y próximos al fondo marino durante el otoño, además no pudo ser atribuida exclusivamente a un tipo de tratamiento (lavado *in situ* o retiro).

En relación al trabajo desarrollado en terreno, cabe mencionar que los monitoreos presentaron una alta variabilidad en los factores analizados. Para ninguna de las variables muestreadas se observó un patrón de comportamiento en cuanto a distancia de la jaula, centros de cultivo o proceso realizado (lavado *in situ* o retiro).

Así también, las muestras positivas para *Piscirickettsia salmonis* e ISAv corresponden respectivamente a sólo a un 9 y 2,8 % del total de muestras analizadas. Estos registros positivos fueron casos puntuales y aunque el mayor número de registros fue en centros de cultivo con lavado *in situ*, no es posible determinar que sea una actividad que esté facilitando la presencia de los patógenos analizados.

Las muestras obtenidas con la metodología empleada corresponden a muestras de agua con un contenido promedio de materia orgánica de sólo 11,6 mg/L. Por lo tanto, estas bajas concentraciones influyen el potencial hallazgo de patógenos ya que los principales mecanismos de transmisión en ambientes marinos son a través de partículas virales en mucus, heces o material biológico contaminado de los peces, o por contacto directo entre peces susceptibles e infectados.

Las bajas concentraciones de materia orgánica obtenida en las muestras de agua colectadas durante el lavado *in situ* y retiro de redes, utilizando la metodología descrita, disminuyen la probabilidad de hallazgo de patógenos.

Finalmente, la evaluación de riesgos se basó en una adaptación a lo establecido en el Código Sanitario para los Animales acuáticos de la Organización Mundial de la Sanidad Animal (OIE), para poder ser aplicado a la información obtenida en este estudio. Al respecto, se establecieron diferencias de importancia en los niveles de riesgo ambiental entre lavado *in situ* y retiro de redes no así para riesgo sanitario.

11 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AQUA, 2007a. Presentan innovador sistema para lavado de redes *in situ*. Disponible en WWW: <http://www.aqua.cl/2007/04/09/presentan-innovador-sistema-para-lavado-de-redes-in-situ/>.
- AQUA, 2007b. IDEMAqua Chile: Soluciones para el fotoperiodo y lavado *in situ*. Disponible en WWW: <http://www.aqua.cl/2007/05/28/idemaqua-chile-soluciones-para-el-fotoperiodo-y-lavado-in-situ/>.
- AQUA, 2014. Limpieza y mantenimiento: Redes en óptimas condiciones. (<http://www.aqua.cl/informes-tecnicos/limpieza-y-mantenimiento-redes-en-optimas-condiciones/>)
- Aquaculture and Fisheries (Scotland) Act 2007. Disponible en formato PDF en WWW: http://www.legislation.gov.uk/asp/2007/12/pdfs/asp_20070012_en.pdf.
- Asociación de Talleres de Redes (ATARED), 2008. El Lavado de redes *in situ* y en plataformas flotantes, la perspectiva de ATARED A.G. Puerto Montt. 38 pp.
- Asociación de Talleres de Redes (ATARED), 2009. Boletín N°5 Buenas prácticas para el lavado de redes salmoneras en el mar – Octubre 2009.
- Astorga, M. y N. Silva. (2004). Textura, Materia Orgánica, Carbono Orgánico y Nitrógeno Total, en Sedimentos Marinos Superficiales de la X Región (CONA-C10F 04-17). Crucero CIMAR 10: 203-2016.
- Bravo, S. (2003). Respiración y Demanda de Oxígeno en los Peces. Rev. Chile Acuícola N°14: 31-34.
- Bravo, S., H. Dölz, M.T. Silva, C. Lagos, A. Millanao y M. Urbina, 2005. Proyecto N° 2003 – 28 “Diagnóstico del uso de fármacos y otros productos químicos en la

acuicultura”. Puerto Montt, Chile. Facultad de Pesquerías y Oceanografía, Universidad Austral de Chile. 256p.

- Blöcher, N. 2013. Biofouling in the Norwegian Salmon Farming Industry. Thesis for the degree of Philosophiae Doctor. Faculty of Natural Sciences and Technology Department of Biology, Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, Norway. 31 p.
- Braithwaite, R.A. & LA. McEvoy, 2005. Marine biofouling on fish farms and its remediation. *Adv. Mar. Biol.* 47:215-252.
- Braithwaite, R.A., M.C.C. Carrascosa and LA. McEvoy, 2007. Biofouling of salmon cage netting and the efficacy of a typical copper-based antifoulant. *Aquaculture*. 262:219-226.
- Bruno, DW. & Ellis, AE. 1988. Histopathological effects in Atlantic salmon, *Salmosalar L.*, attributed to the use of tributyltin antifoulant. *Aquaculture* 72:15–20.
- Burridge, L., J. Weis, F. Cabello, J. Pizarro & K. Bostick. 2010. Chemical use in salmon aquaculture: a review of current practices and possible environmental effects. *Aquaculture*, 306: 7-23.
- Campalans, M. (2011). Determinación de patógenos de importancia en la salmonicultura, en Caligus y moluscos bivalvos. PROYECTO FIP N° 2008-66. Informe Final. Escuela de Ciencias del mar, Facultad de Recursos Naturales, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso 238 pp.
- Campbell, B.C., 2016. New net cleaning methods contribute to sustainability certification. Disponible en el WWW: <http://www.marineharvest.ca/about/news-and-media/container2016/net-cleaning-helps-certification/>.

- Carl C, Guenther J, Sunde LM. 2011. Larval release and attachment modes of the hydroid *Ectopleura larynx* on aquaculture nets in Norway. *Aquacult Res* 42:1056–1060.
- Carrasco, C. y N. Silva, (2010). Comparación de las características oceanográficas físicas y químicas presentes en la Zona de Puerto Montt a la Boca Del Guafo entre el invierno y la primavera de 2004 y entre las primaveras de 1995 y 2004 (Proyecto CONA-C10F 04-17) *Revista Ciencia y Tecnología del Mar*, 33 (2): 17-44.
- Christen, K. 1999. IMO will ban use of a popular biocide. *Environ. Sci. Technol.* 33(1):11.
- CORFO, 2003. Proyecto FDI PT-04 “Tratamiento y Manejo de Residuos en Talleres de Lavado de Redes: Una estrategia competitiva y sustentable para la salmonicultura chilena”. Chile. 520 p.
- CRAB. 2006. Mejores prácticas europeas en acuicultura y “biofouling”. Investigación colectiva en “biofouling” de acuicultura. http://www.crabproject.com/client/files/CRAB_Best_Practice_Guidelines-Spanish.pdf. 01/04/2011 Colectiva” bajo contrato COLL-CT-2003-500536
- Cronin, ER., Cheshire, AC., Clarke, SM. & Melville, AJ. 1999. An investigation into the composition, biomass and oxygen budget of the fouling community on tuna aquaculture farm. *Biofouling* 13:279–299.
- Decreto Supremo N° 90/2001. Chile. Establece Norma de Emisión para la Regulación de Contaminantes Asociados a las Descargas de Residuos Líquidos a Aguas Marinas y Continentales Superficiales. Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Santiago, Chile. Diario oficial. 30 de mayo de 2001.

- Decreto Supremo N° 168/2011. Chile. Modifica D.S. N° 320-2001 Reglamento Ambiental para la Acuicultura. Ministerio de Economía, Fomento y Turismo. Santiago, Chile. Diario oficial. 27 de febrero de 2012.
- Decreto Supremo N° 319/2001. Chile. Reglamento de Medidas de Protección, Control y Erradicación de Enfermedades de Alto Riesgo para las Especies Hidrobiológicas (Última modificación por D.S. N° 214-2014). Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción. Santiago, Chile. Diario oficial. 14 de enero de 2015.
- Decreto Supremo N° 320/2001. Chile. Reglamento Ambiental para la Acuicultura. Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción. Santiago, Chile. Diario oficial. 14 de diciembre de 2001.
- deNys, R. & J. Guenther. J, 2009. The impact and control of biofouling in marine finfish aquaculture. In: Hellio C, Yebra D, editors. Advances in marine antifouling coatings and technologies. Cambridge (UK): Woodhead Publishing Ltd. p. 177–221.
- Department of Fisheries and Oceans Canada (DFO), 2015. Laws, Regulations and Policies for Aquaculture. Disponible en WWW: <http://www.dfo-mpo.gc.ca/aquaculture/management-gestion/regs-eng.htm>.
- Department of Fisheries and Oceans Canada (DFO), 2016. Aquaculture Regulatory Reform. Disponible en WWW: <http://www.dfo-mpo.gc.ca/aquaculture/management-gestion/regs-reform-eng.htm>.
- Dive Works, 2014. Aquaculture Net Cleaning. Disponible en WWW: http://www.diveworks.com.au/aquaculture_net_cleaning.
- Dürr. S. & D. Watson. 2010. Biofouling and antifouling in aquaculture. In: Dürr S, Thomason JC, editors. Biofouling. Oxford (UK): Wiley-Blackwell. p. 267–287.

- Ernst, W., K. Doe, P. Jonah, J. Young, G. Julien & P. Hennigar. 1991. The toxicity of chlorothalonil to aquatic fauna and the impact of its operational use on a pond ecosystem. Arch. Environ. Contam. Toxicol., 21: 1-9.
- FAO, 2005a. Visión general de la legislación acuícola nacional. Irlanda. Disponible en el WWW: http://www.fao.org/fishery/legalframework/nalo_ireland/es.
- FAO, 2005b. National Aquaculture Sector Overview. Australia. Disponible en el WWW: http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_australia/en.
- FAO Fisheries and Aquaculture Department. 2012. The state of the world fisheries and aquaculture – 2012. Food and aquaculture organization of the United Nations, Rome.
- FAO, 2015a. National Aquaculture Sector Overview - Norway. Disponible en el WWW: http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_norway/en.
- FAO, 2015b. National Aquaculture Legislation Overview – Norway. Disponible en el WWW: http://www.fao.org/fishery/legalframework/nalo_norway/en.
- FAO, 2015c. National Aquaculture Legislation Overview – United States of America. Disponible en WWW: http://www.fao.org/fishery/legalframework/nalo_usa/en.
- Fent, K. 1996. Ecotoxicology of organotin compounds. Crit. Rev. Toxicol. 26: 1–117.
- Fent, K. 2006. Worldwide occurrence of organotins from antifouling paints and effects in the aquatic environment. In: Konstantinou I, editor. Antifouling paint biocides. The Handbook of Environmental Chemistry 5.0. Berlin (Germany): Springer-Verlag. p. 71–100.

- Fish Info & Services (FIS), 2011. Rápida, segura y rentable hidrolavadora para redes de acuicultura. Disponible en WWW: <http://fis.com/fis/techno/newtechno.asp?l=s&id=45740>
- Fitridge, I., Dempster, T., Guenther, J. & R. De Nys. 2012. The impact and control of biofouling in marine aquaculture: a review. *Biofouling*. 28(7): 649–669.
- Greene, JK., Grizzle RE. 2007. Successional development of fouling communities on open ocean aquaculture fishcages in the western Gulf of Maine, USA. *Aquaculture* 262:289–301.
- Gallardo, F. (2013). Evaluación de las causas de mortalidad en salmón coho (*Oncorhynchus kisutch*) en un centro de engorda en la Comuna de Hualaihue, Región de los Lagos. Memoria de Título presentada como parte de los requisitos para optar al Título de Médico Veterinario. Facultad de Ciencias Veterinarias Universidad Austral de Chile. Valdivia 39 p.
- González, H., D. Hebbeln, J. Iriarte & M. Marchant. 2004. Downward fluxes of faecal material and microplankton at 2300m depth in the oceanic area off Coquimbo (30°S), Chile, during 1993–1995. *Deep-Sea Res. II*. 51: 2457-2474.
- Guenther, J., Carl, C. & Sunde, LM. 2009. The effects of colour and copper on the settlement of the hydroid *Ectopleuralarynx* on aquaculture nets in Norway. *Aquaculture* 292:252–255.
- Hajek, B. & C. Boyd, (1994). Rating soil and water information for aquaculture. *Aquacultural Engineering* 13, 115-128.
- Hartl, M., D. Watson & J. Davenport, 2006. Biofouling in the Marine Aquaculture Industry, with Particular Reference to Finfish – Current Status and Future Challenges, Final Technical Report. Department of Zoology, Ecology and Plant Science, University College Cork, Distillery Fields, North Mall Cork, Ireland. 47 p.

- Hodson, SL., Lewis, TE. & Burke, CM. 1997. Biofouling of fishcagenetting: efficacy and problems of in situ cleaning. *Aquaculture* 152:77–90.
- IFOP, 2013. Evaluación ambiental de las actividades de lavado in situ en la acuicultura – Informe Final. Chile. 196 p.
- Lee, HB., Lim, LC. & Cheong, L. 1985. Observations on the use of antifouling paint in netcage fish farming in Singapore. *Singapore J Primary Ind* 13:1–12.
- Lovegrove, T. 1979. Control of fouling in farm cages. *Fish Farm. Int.*, 6(1): 33-37.
- Ministry of Agriculture and Lands and Ministry of Environment, 2007. Regulatory Compliance of British Columbia's Marine Finfish Aquaculture Facilities: 2007. British Columbia, Canadá. 137 p.
- Muñoz, 2009. Aguas arriba: la transformación socioeconómica del ecosistema Llanquihue-Chiloé, Chile, durante los años 90. Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales - CLACSO, 2009. 176 p.
- Norwegian Ministry of Fisheries and Coastal Affairs, 2005. The Aquaculture Act. Disponible en formato PDF en WWW: https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/kilde/fkd/reg/2005/0001/ddd/pdfv/255327-l-0525_akvakulturloveneng.pdf
- Núñez, J., F. Moledla y J. Lara. 2006. El control del biofouling en las instalaciones offshore de Acuicultura marina. En: XVI Sesiones Técnicas de Ingeniería Naval: 4 y 5 de octubre de 2006. Madrid.
- Nylund, A., T. Hovland, D.K. Hodnelan, F. Nilsen and P. Lovik. 1994. Mechanisms for transmission of infectious salmon anaemia (ISA). *Dis. Aquat. Org.* 19: 95-100.

- Olafsen, T. 2006. Cost analysis of different antifouling strategies (in Norwegian) SINTEF Fisheries and Aquaculture. 23 p.
- Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE), 2006. Manual de pruebas de diagnóstico para los animales acuáticos. Disponible en el WWW: <http://www.oie.int/es/normas-internacionales/manual-acuatico/>.
- Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE), 2016. Código Sanitario para los Animales Acuáticos. Disponible en el WWW: <http://www.oie.int/es/normas-internacionales/codigo-acuatico/>.
- Pavez, M., L. Bustos, S. Figueroa, P. González, P. Torres, C. Espinoza y D. Arcos. 2014. EL PROBLEMA DEL ANTIFOULING (AF) EN LA ACUICULTURA: Estudio in situ en sedimentos marinos en X Región de Los Lagos, revisión de nuevas tecnologías y protocolo de regulación para el uso de las pinturas.
- PowerEquipment, 2014. “SENSUI-KUN”. Disponible en WWW: <http://www.powerequipment.com.au/products/yanmar-net-cleaner/sensui-kun/>
- PowerEquipment, 2014. YANMAR NET CLEANER. Disponible en WWW: <http://www.powerequipment.com.au/products/yanmar-net-cleaner/>
- Regulation (EC) N° 782/2003 of the European Parliament and of the Council, on the prohibition of organotin compounds on ship. Disponible en formato PDF en WWW: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32003R0782&from=ES>.
- Ress EE, R Ibarra, M Medina, J Sancheza, E Jakoba, R Vanderstichela & S St-Hilairea (2014) Transmission of *Piscirickettsia salmonis* among salt water salmonid farms in Chile. *Aquaculture* 428–429, Pages 189–194.

- Rodríguez M & W Rodríguez (2006) Métodos físico-químicos en Biotecnología (2006-II). IBT-UNAM. 55 páginas
- RSA and WWF, 2012. Installing & Maintaining nets in Aquaculture, a Best Practice Guide. Disponible en formato PDF en WWW: <http://www.wfrsapartners.com/publications/installing-and-maintaining-nets-aquaculture/>.
- SEPA, 2003. Regulation and monitoring of marine cage fish farming in Scotland- a procedures manual. 14pp.
- SEPA, 2016. Regulations: Water-Aquaculture. Disponible en el WWW: <http://www.sepa.org.uk/regulations/water/aquaculture>.
- Scottish Executive Central Research Unit, 2002. Review and synthesis of the environmental impacts of aquaculture. 42 pp.
- SERNAPESCA, 1995. Anuario estadístico de pesca 1995. Chile. 239 p.
- SERNAPESCA, 2014a. Anuario estadístico de pesca. Disponible en formato PDF en WWW: http://www.sernapesca.cl/index.php?option=com_remository&Itemid=246&func=select&id=2
- SERNAPESCA, 2014b. Informe “Índices Descriptivos del Estado del Registro Nacional de Acuicultura”. Chile. 9 p.
- SERNAPESCA, 2014c. Informe “Actividades de Fiscalización Efectuadas en Materia de Pesca y Acuicultura en el año 2013”. Chile. 46 p.
- Short, JW., & Thrower, FP. 1986. Accumulation of butyltin in mussel of Chinook salmon reared in sea pens treated with tri-n-butyltin. Mar Pollut Bull 17:542–545.

- SUBPESCA, 2008. Informe Ambiental de la Acuicultura (2005-2006). Chile. 71p. Disponible en formato PDF en WWW: http://www.subpesca.cl/publicaciones/606/articles-60014_recurso_1.pdf
- SUBPESCA, 2013. Proyecto 4728-46-LP12 “Determinación y evaluación de los componentes presentes en las pinturas anti-incrustantes utilizadas en la acuicultura, sus efectos y la acumulación en sedimentos marinos de la región de Los Lagos (Primera etapa)”. Chile. 257 p.
- SUBPESCA, 2016. Informe Ambiental de la Acuicultura Período 2009 a 2014. Chile. 129p. Disponible en formato PDF en WWW: http://www.subpesca.cl/publicaciones/606/articles-93034_documento.pdf
- Tasmanian Salmonid Growers Association (TSGA), 2013. Environmental Best Management Practice Guideline for in situ Net Cleaning of Salmon Cages using Marine Inspector Cleaner (MIC). Disponible en formato PDF en el WWW: <http://dpiwwe.tas.gov.au/Documents/Appendix%20%20-%20Environmental%20Best%20Management%20Practice%20guidelines%20for%20In%20situ%20Net%20Cleaning.pdf>
- Thomas, K. 2001. The environmental fate and behavior of antifouling paint booster biocides: a review. *Biofouling*, 17(1): 73-86.
- Vera, R., C. Duarte, E. Pinilla, V. Murillo, M. Oyarzún y G. Arcoa, 2015. Determinación y evaluación de los componentes presentes en las pinturas anti-incrustantes utilizadas en la acuicultura y sus posibles efectos en sedimentos marinos en el sur de Chile. “Proceedings of the 4th National Conference of Aquaculture, Chile”. *Lat. Am. J. Aquat. Res.*, 43(2): 351-366.

- Willoughby, S. 1999. Environment Requirements and Consequences of Fish Farming, in: Manual of Salmonid Farming. Fishing New Books. Great Britain 61-66 p.
- Yebra DM, Kiil S, Dam-Johansen K. 2004. Antifouling technology – past, present and future steps towards efficient and environmentally friendly antifouling coatings. Prog Org Coat 50:75–104.
- ZEREGA, 2015. Características & Beneficios Hidrolaser Serie LRD. Disponible en formato PDF en WWW: <http://www.zerega.cl/archivos/Serie-LRD-1408455269.pdf>.