



FACULTAD DE RECURSOS NATURALES

ESCUELA DE CIENCIAS, AMBIENTALES

Laboratorio de Limnología y Recursos Hídricos

INFORME FINAL

***EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS POSIBLES
PARÁMETROS AMBIENTALES A SER
INCORPORADOS EN LAS NORMAS DE EMISIÓN
Y/O DE CALIDAD DE AGUAS FLUVIALES Y
LACUSTRES, DESTINADOS A CENTROS DE
CULTIVO UBICADOS EN TIERRA***

Temuco, Abril de 2017

Informe Final
**Evaluación y análisis de los
posibles parámetros
ambientales a ser incorporados
en las normas de emisión y/o
de calidad de aguas fluviales y
lacustres, destinados a centros
de cultivo ubicados en tierra**

Requirente

Subsecretaría de Pesca

Ejecutor

Laboratorio de Limnología & Recursos Hídricos
Universidad Católica de Temuco

Director

David Figueroa Hernández¹

Autores

David Figueroa Hernández, PhD¹
Ing. Carlos Aguayo Arias¹
Dra. Gladys Lara Cardenas¹
Dr. Francisco Encina Montoya¹
Jorge Nimptsch, PhD²
Dr. Carlos Esse Herrera¹
Ing. María Fernanda Aguayo Molina¹
Ing. César Hodgges Chandía¹

¹Laboratorio de Limnología & Recursos Hídricos. Escuela de Ciencias Ambientales. Facultad de Recursos Naturales.
Universidad Católica de Temuco.

²Universidad Austral de Chile.

I. RESUMEN EJECUTIVO

La norma chilena de emisión en el D.S. N° 90 (MINSEGPRES 2000), establece que los centros de cultivo ubicados en tierra, dado su carácter de fuente emisora, tienen la obligación de realizar mediciones periódicas de un conjunto de parámetros ambientales, asociados a los límites máximos permitidos de contaminantes. En relación a esto surge la inquietud respecto a si los parámetros considerados en la evaluación de los impactos ambientales generados por la actividad y para la prevención de la contaminación en aguas continentales (parámetros contenidos en la norma de emisión) son suficientes para velar por la protección de los recursos hidrobiológicos presentes en los cuerpos de agua, en el entendido que en dichos sistemas habitan especies en diversos estados de conservación, según lo señalado en el D.S. N° 51 (MINSEGPRES 2008), el cual aprueba y oficializa la nómina para el tercer proceso de clasificación de especies según su estado de conservación.

Por lo anterior, este trabajo tiene por objetivo evaluar, caracterizar y analizar posibles parámetros y variables ambientales a ser incorporados en la norma de emisión y/o calidad de aguas fluviales y lacustres, destinados a centros de cultivos de recursos hidrobiológicos ubicados en tierra. Para el cumplimiento de este objetivo, en primera instancia se realizó una recopilación y comparación de la información disponible sobre parámetros ambientales exigidos a los centros de cultivo ubicados en tierra contenidos tanto en la normativa nacional como internacional. En esta aproximación se recogieron antecedentes tanto en el contexto latinoamericano y de países Europeos. Se entrega una descripción de las razones técnicas y científicas del país de origen para exigir cada uno de los parámetros empleados en su propia normativa y las metodologías y periodicidad de muestreo establecidos para cada país.

Se propone y describe una metodología de muestreo para caracterizar los parámetros ambientales, identificados en el análisis de recopilación de antecedentes. Para la caracterización de los parámetros se desarrolló un plan de monitoreo que consideró seis centros de cultivos ubicados en la región del Bío-Bío. En el monitoreo de los parámetros físico-químicos, se encontró que la Conductividad, Salinidad y Sólidos Totales Disueltos destacaron sobre el resto y mostraron altos *peaks* en sus valores sobre todo en los sitios E2 (sitio de descarga efluente) y E3 (100 m aguas abajo del ducto de descarga). Los índices biológicos aplicados mostraron que la calidad del ecosistema fluvial fue mala entre los sitios E1 (100 m antes del ducto de descarga del efluente) al E3. La abundancia (densidad) fue por lo general más altas en los sitios E2

y E3, dominadas por especies tolerantes a los aportes significativos de materia orgánica y nutrientes por parte de los centros de cultivos. Las mediciones del Carbono Orgánico Total (COT) y degradación de la materia orgánica permitió aseverar que los efluentes de las pisciculturas prospectadas ocasionan un detrimento en la calidad fluvial.

Para la implementación de las metodologías descritas en el desarrollo del plan de monitoreo, se realizó una evaluación de la factibilidad técnica y económica. El análisis de la factibilidad técnica se desarrolló en base a tres aspectos: técnicas y protocolos, infraestructura y capital humano para la estimación de los nuevos parámetros. Los resultados más relevantes mostraron que el país cuenta con capacidad analítica en el área físico-químico, puesto que en la actualidad existen 42 laboratorios acreditados en esta área y distribuidos en las tres macrozonas (norte, centro y sur). Respecto a la evaluación económica se describe un proceso lógico de obtención de resultados intermedios para obtener la prefactibilidad técnica económica, lo que permitirá determinar los costos asociados para la implementación de los nuevos parámetros ambientales considerando la infraestructura y equipos requeridos, tanto de terreno (instrumental, equipo, personal técnico, entre otros) como de laboratorio. Por último se entrega una propuesta de normativa sectorial de calidad, la cual establece las metodologías de análisis para llevar a cabo programas de monitoreo en centros de cultivos ubicados en tierra, basándose en los resultados obtenidos en este estudio.

EXECUTIVE SUMMARY

Chilean emissions regulations laid out in Supreme Decree N° 90 (MINSEGPRES 2000) establish that inland cultivation centres, given their nature as a source of emissions, have an obligation to take periodic measurements of a range of environmental parameters relating to maximum allowable levels of contaminants. This calls into question whether the parameters addressed in the evaluation of the environmental impact of these activities and for the prevention of continental surface water contamination (parameters which are contained in the emissions regulations) are sufficient to ensure the protection of the hydrobiological resources present in bodies of water. These systems host species in varying states of conservation as specified in Supreme Decree N° 51 (MINSEGPRES 2008), which approves and makes official the third phase list of species classification according to conservation status.

Thus the aim of this study is to evaluate, define and analyse possible environmental parameters and variables for incorporation into emissions and/or lake and river water quality regulations applied to inland hydrobiological resource cultivation centres. To do this, there was an initial collection and assessment of the available information concerning the environmental parameters applicable to inland cultivation centres found in both national and international policy. Information from Latin American contexts as well as from European countries was taken into account. In each case, the originating country's technical and scientific grounds for requiring each of the parameters in their policies are presented, along with the methodologies and sample frequencies for each country.

A sampling methodology is proposed for defining the environmental parameters identified during the analysis of collected data. To this end, a monitoring programme was carried out covering six cultivation centres located in the Bío-Bío region. Through observation of physicochemical parameters it was discovered that Conductivity, Salinity and Total Dissolved Solids stood out from the rest, exhibiting peaks in their values particularly at sites E2 (the effluent discharge site) and E3 (100 m downstream of the discharge duct). The biological indices applied showed that the quality of the river ecosystem was poor between sites E1 (100 m upstream of the effluent discharge duct) and E3. Abundance (density) was generally higher at sites E2 and E3, dominated by species tolerant to the significant contribution of organic matter and nutrients by the cultivation centres. Measurements of Total Organic Carbon (TOC) and degradation

of organic material confirmed that effluent from the fish farms surveyed has a detrimental effect on river water quality.

In regard to the implementation of methodologies defined in the monitoring programme, a technical and economic viability evaluation was carried out. The technical viability evaluation considered three factors in the definition of the new parameters: techniques and protocols, infrastructure, and human capital. The most significant results demonstrated Chile's adequate analytical capacity in the physicochemical field, with 42 accredited laboratories currently in existence and distributed across the country's three macro zones (North, Central and South). The economic evaluation explored the logical process for obtaining interim results for a technical-economic pre-feasibility study which would help to establish the costs associated with the implementation of the new environmental parameters, taking into consideration the required infrastructure and equipment both on-site (instruments, equipment, technical personnel, etc.) and in terms of laboratory work. Finally, a proposal for sectoral legislation on quality is put forward based on the results obtained from this study, establishing the analysis methodologies required for the introduction of monitoring programmes at inland cultivation centres.

II. ÍNDICE GENERAL

	Página
I. RESUMEN EJECUTIVO.....	1
II. ÍNDICE GENERAL.....	5
III. ÍNDICE DE FIGURAS, TABLAS Y ANEXOS.....	6
IV. OBJETIVOS.....	16
1. Objetivo general.....	16
2. Objetivos específicos.....	16
V. ANTECEDENTES GENERALES.....	17
VI. METODOLOGÍA POR OBJETIVOS.....	19
3. Objetivo específico N° 2.1.....	19
3.1. Recopilación de información bibliográfica y/o de proyectos disponibles, tanto a nivel nacional como internacional.....	19
3.2. Descripción de razones técnicas y científicas del país de origen para exigir cada uno de los parámetros empleados en su propia normativa.....	20
3.3. Identificación de los principales componentes o sustancias contenidos en los RILES y/o sedimentos en el ambiente fluvial y/o lacustre.....	20
4. Objetivo específico N° 2.2.....	21
4.1. Degradación de materia orgánica.....	22
4.2. Bioensayos de toxicidad.....	22
4.3. Análisis biológico de calidad de aguas.....	28
5. Objetivo específico N° 2.3.....	33
5.1. Factibilidad técnica.....	33
6. Objetivo específico N° 2.4.....	34
7. Objetivo específico N° 2.5.....	36
VII. RESULTADOS.....	38
A. Objetivo específico N° 2.1.....	38
B. Objetivo específico N°2.2.....	79
C. Objetivo específico N°2.3.....	131
D. Objetivo específico N°2.4.....	167
E. Objetivo específico N°2.5.....	182

VIII.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	213
IX.	CONCLUSIONES.....	223
X.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA.....	226
XI.	ANEXOS.....	237

III. ÍNDICE DE TABLAS, FIGURAS Y ANEXOS

TABLAS

	Página
Tabla 1. Resumen de las fechas de campañas de los centros monitoreados en la VIII Región y análisis realizados hasta la entrega del informe final.....	21
Tabla 2. Resumen de las condiciones ambientales para la realización del bioensayo.....	25
Tabla 3. Concentraciones ensayadas en los bioensayos con <i>Daphnia pulex</i>	25
Tabla 4. Resumen de las condiciones que serán llevados a cabo los bioensayos.....	26
Tabla 5. Concentraciones ensayadas en los bioensayos con <i>Raphidocelis subcapitata</i> (<i>Selenastrum</i>).....	27
Tabla 6. Calidad de agua basada en los valores del IBF de Hilsenhoff.....	29
Tabla 7. Calidad de agua para Índice EPT.....	30
Tabla 8. Parámetros físico-químicos determinados en las estaciones de muestreo.....	31
Tabla 9. Parámetros exigidos a los centros de cultivo de salmonídeos en tierra por la normativa ambiental internacional con respecto a los exigidos a nivel nacional.....	40
Tabla 10. Parámetros exigidos en la normativa ambiental Norteamericana (USA) a los efluentes de pisciculturas.....	45
Tabla 11. Metodología y periodicidad de muestreo de parámetros exigidos en la normativa ambiental de Chile y Noruega.....	54
Tabla 12. Metodología y periodicidad de muestreo de parámetros exigidos en la normativa ambiental de Tailandia y países adscritos al convenio FTAD.....	61
Tabla 13. Metodología y periodicidad de muestreo de parámetros exigidos en la normativa ambiental de Escocia y Brasil.....	63
Tabla 14. Metodología y periodicidad de muestreo de parámetros exigidos en la normativa ambiental de Alemania y Dinamarca.....	68

Tabla 15. Impactos ambientales provocados por los centros de cultivos en ecosistemas acuáticos continentales.....	73
Tabla 16. Principales componentes contenidos en los RILES provenientes de la actividad de centros de cultivos ubicados en tierra que no se encuentran señalados en normas de emisión o de calidad nacionales.....	74
Tabla 17. Justificación científico-técnico de los principales componentes contenidos en los RILES provenientes de la actividad de centros de cultivos ubicados en tierra que no se encuentran señalados en normas de emisión o de calidad nacionales.....	75
Tabla 18. Tasa de degradación (gr/día) en sitio control (E1), efluente (E2) y aguas abajo (E3).....	79
Tabla 19. Resumen estimación de toxicidad en <i>Raphidocelis subcapitata</i> (Selenastrum).....	80
Tabla 20. Resultados ensayos ecotoxicológicos con <i>Daphnia pulex</i> en centros de cultivo considerando las tres primeras campañas de muestreo.....	80
Tabla 21. Estimación NOEC para cada centro de cultivo.....	81
Tabla 22. Resumen de indicadores de toxicidad crónica para la tasa de inhibición respiratoria expuesta a diferentes concentraciones de efluente para cada piscicultura (UCT 2014). S/T: Sin tratamiento.....	82
Tabla 23. Resumen parámetros comunitarios centro de cultivos Octava Región, 2 a 3 de diciembre 2015.....	89
Tabla 24. Resumen parámetros comunitarios centro de cultivos Octava Región, 6 a 7 de enero 2015.....	90
Tabla 25. Resumen parámetros comunitarios centro de cultivos Octava Región, 2 a 3 febrero de 2016.....	90
Tabla 26. Resumen parámetros comunitarios centro de cultivos Octava Región, 14 a 15 de marzo 2016.....	91
Tabla 27. Resumen parámetros comunitarios centro de cultivos Octava Región, 12 a 13 abril de 2016.....	91
Tabla 28. Resumen parámetros comunitarios centro de cultivos Octava Región, 12 a 13 mayo 2016.....	92
Tabla 29. Resumen de parámetros físico-químicos obtenidos <i>in-situ</i> en los centros de cultivos (primer a sexto monitoreo).....	93
Tabla 30. Resumen condiciones cromatográficas equipo HPLD-DAD.....	138
Tabla 31. Concentraciones Bioensayos Inhibición Respiratoria.....	150
Tabla 32. Concentraciones bioensayo <i>Daphnia pulex</i>	152
Tabla 33. Concentraciones bioensayos <i>Raphidocelis subcapitata</i>	152
Tabla 34. Laboratorios distribuidos a nivel nacional por zona geográfica.....	167
Tabla 35. Parámetros propuestos por UCT 2014.....	168

Tabla 36. Costos totales asociados a mejorar la capacidad instalada y aumento de oferta por parte de laboratorios de análisis.....	174
Tabla 37. Número de centros de cultivo piscícolas distribuidos a nivel nacional.....	175
Tabla 38. Cantidad y relación de pisciculturas/laboratorios por macrozona.....	177
Tabla 39. Empresas prestadoras de servicio de toma de muestras para los centros productivos acuícolas.....	179
Tabla 40. Descripción de ítems y costos necesarios para la implementación del servicio de toma de muestras.....	181
Tabla 41. Resumen de distribución probabilística de parámetros analizados en estación efuente (E2).....	187
Tabla 42. Nivel de complejidad (tier) de la evaluación de riesgo, objetivos, productos y factores de seguridad.....	189
Tabla 43. Valores propuestos por UCT considerando especies nativas y bajo determinado factor de seguridad.....	191
Tabla 44. Rangos de calidad para el parámetro carbono organico utilizados en Suiza para pisciculturas de flujo abierto.....	192
Tabla 45. Conclusiones conforme a los resultados de los parámetros propuestos que no están considerados en el D.S. N°90/2000 hasta la entrega del informe final.....	199
Tabla 46. Criterios de aceptabilidad y/o calidad para cada parámetro propuesto.....	202
Tabla 47. Parámetros físico-químicos determinados en las estaciones de muestreo.....	206
Tabla 48. Calidad del agua basada en los valores del IBF de Hilsenhoff 1988.....	209
Tabla 49. Calidad de agua para índice EPT.....	209
Tabla 50. Primer monitoreo pisciculturas presentes en la región del Bío-bío.....	243
Tabla 51. Segundo monitoreo pisciculturas presentes en la región del Bío-bío.....	244
Tabla 52. Tercer monitoreo pisciculturas presentes en la región del Bío-bío.....	245
Tabla 53. Cuarto monitoreo pisciculturas presentes en la región del Bío-bío.....	246
Tabla 54. Quinto monitoreo pisciculturas presentes en la región del Bío-bío.....	247
Tabla 55. Sexto monitoreo pisciculturas presentes en la región del Bío-bío.....	248
Tabla 56. Análisis de antibióticos (oxitetraciclina y florfenicol) en laboratorio para las seis campañas de terreno.....	249

Tabla 57.	Orden evolutivo macroinvertebrados bentónicos centro Coreo.....	250
Tabla 58.	Orden evolutivo macroinvertebrados bentónicos centro El Peral.....	251
Tabla 59.	Orden evolutivo macroinvertebrados bentónicos centro Kudiñam.....	252
Tabla 60.	Orden evolutivo macroinvertebrados bentónicos centro Polcura.....	253
Tabla 61.	Orden evolutivo macroinvertebrados bentónicos centro Polcura.....	254
Tabla 62.	Laboratorios de ensayos acreditados en el área físico-química para aguas y aguas residuales (RILES y aguas servidas).....	255
Tabla 63.	Laboratorios de ensayos acreditados en el área de Taxonomía y muestreo para sedimentos acuáticos.....	257
Tabla 64.	Laboratorios de ensayos acreditados en el área de taxonomía para sedimentos acuáticos.....	257
Tabla 65.	Laboratorios de ensayos acreditados en el área Físico-química y muestreo para sedimentos y medios acuáticos.....	258
Tabla 66.	Laboratorios de ensayos acreditados en el área de Taxonomía para fitoplancton en sistemas acuáticos.....	258
Tabla 67.	Laboratorios del área de Limnología y Ecotoxicología en Chile.....	259
Tabla 68.	Entidades Técnicas de Fiscalización Ambiental autorizadas en el área Físico-química de aguas.....	260
Tabla 69.	Resumen normativa ambiental internacional.....	261

FIGURAS

Figura 1.	Diagrama de operaciones unitarias para la obtención de contenidos (Fuente: Elaboración propia).....	35
Figura 2.	Flujo metodológico propuesta de normativa sectorial.....	37
Figura 3.	Trampa de sedimento en suspensión.....	52
Figura 4.	Formato de presentación de los resultados de cada análisis. (Fuente: Freshwater Trout Aquaculture Dialogue FTAD).....	57
Figura 5.	Riqueza total en los distintos sitios prospectados en función del período de muestreo, considerando todos los centros de cultivos como un conjunto de datos.....	83

Figura 6.	Densidad total en los distintos sitios prospectados en función del período de muestreo, considerando todos los centros de cultivos como un conjunto de datos.....	83
Figura 7.	Densidad promedio en los distintos sitios prospectados en función del período de muestreo, considerando todos los centros de cultivos como un conjunto de datos.....	84
Figura 8.	Índice Biótico de Familia (IBF) en los distintos sitios prospectados en función del transcurso del período de muestreo, considerando todos los centros de cultivos como un conjunto de datos.....	84
Figura 9.	Índice EPT (Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera) en los sitios prospectados en función del período de muestreo, considerando todos los centros de cultivos como un conjunto de datos.....	85
Figura 10.	Porcentaje de Ephemeroptera-Plecoptera-Trichoptera (EPT) versus Índice Biótico de Familias (IBF) (Izquierda). Índice de Equidad de Pielou versus IBF (Derecha). Muestreos Octava Región, 2 al 3 diciembre de 2015.....	86
Figura 11.	Porcentaje de Ephemeroptera-Plecoptera-Trichoptera (EPT) versus Índice Biótico de Familias (IBF) (Izquierda). Índice de Equidad de Pielou versus IBF (Derecha). Muestreos Octava Región, 6 al 7 enero de 2016.....	87
Figura 12.	Porcentaje de Ephemeroptera-Plecoptera-Trichoptera (EPT) versus Índice Biótico de Familias (IBF) (Izquierda). Índice de Equidad de Pielou versus IBF (Derecha). Muestreos Octava Región, 2 a 3 de febrero de 2016.....	87
Figura 13.	Porcentaje de Ephemeroptera-Plecoptera-Trichoptera (EPT) versus Índice Biótico de Familias (IBF) (Izquierda). Índice de Equidad de Pielou versus IBF (Derecha). Muestreos Octava Región, 14 a 15 de marzo de 2016.....	88
Figura 14.	Porcentaje de Ephemeroptera-Plecoptera-Trichoptera (EPT) versus Índice Biótico de Familias (IBF) (Izquierda). Índice de Equidad de Pielou versus IBF (Derecha). Muestreos Octava Región, 12 a 13 de abril de 2016.....	88
Figura 15.	Porcentaje de Ephemeroptera-Plecoptera-Trichoptera (EPT) versus Índice Biótico de Familias (IBF) (Izquierda). Índice de Equidad de Pielou versus IBF (Derecha). Muestreos Octava Región, 12 a 13 mayo de 2016.....	89
Figura 16.	Componente 1, gráfico de contorno.....	94
Figura 17.	Componente 1, gráfico de superficie.....	95
Figura 18.	Componente 2, gráfico de contorno.....	95
Figura 19.	Componente 2, gráfico de superficie.....	96
Figura 20.	Componente 3, gráfico de contorno.....	96
Figura 21.	Componente 3, gráfico de superficie.....	97

Figura 22. Componente 4, gráfico de contorno.....	97
Figura 23. Componente 4, gráfico de superficie.....	98
Figura 24. Gráfico FMax Piscicultura STH, primera salida.....	99
Figura 25. Gráfico FMax Piscicultura Kudiñam, primera salida.....	99
Figura 26. Gráfico FMax Piscicultura Ketrún Rayén, primera salida.....	99
Figura 27. Gráfico FMax Piscicultura Polcura, primera salida.....	99
Figura 28. Gráfico FMax Piscicultura El Peral, primera salida.....	100
Figura 29. Gráfico FMax Piscicultura Coreo, primera salida.....	100
Figura 30. Aporte porcentual de los componentes Piscicultura STH, primera salida.....	100
Figura 31. Aporte porcentual de los componentes Piscicultura Kudiñam, primera salida.....	100
Figura 32. Aporte porcentual de los componentes Piscicultura Ketrún Rayén, primera salida.....	101
Figura 33. Aporte porcentual de los componentes Piscicultura Polcura, primera salida.....	101
Figura 34. Aporte porcentual de los componentes Piscicultura El Peral, primera salida.....	101
Figura 35. Aporte porcentual de los componentes Piscicultura Coreo, primera salida.....	101
Figura 36. Gráfico FMax Piscicultura STH, segunda salida.....	103
Figura 37. Gráfico FMax Piscicultura Kudiñam, segunda salida.....	103
Figura 38. Gráfico FMax Piscicultura Ketrún Rayén, segunda salida.....	103
Figura 39. Gráfico FMax Piscicultura Polcura, segunda salida.....	103
Figura 40. Gráfico FMax Piscicultura El Peral, segunda salida.....	104
Figura 41. Gráfico FMax Piscicultura Coreo, segunda salida.....	104
Figura 42. Aporte porcentual de los componentes Piscicultura STH, segunda salida.....	104
Figura 43. Aporte porcentual de los componentes Piscicultura Kudiñam, segunda salida.....	104
Figura 44. Aporte porcentual de los componentes Piscicultura Ketrún Rayén, segunda salida.....	105
Figura 45. Aporte porcentual de los componentes Piscicultura Polcura, segunda salida.....	105
Figura 46. Aporte porcentual de los componentes Piscicultura El Peral, segunda salida.....	105
Figura 47. Gráfico Aporte porcentual de los componentes Piscicultura Coreo, segunda salida.....	105

Figura 48.	Gráfico FMax Piscicultura STH, tercera salida.....	107
Figura 49.	Gráfico FMax Piscicultura Kudiñam, tercera salida.....	107
Figura 50.	Gráfico FMax Piscicultura Ketrún Rayén, tercera salida.....	107
Figura 51.	Gráfico FMax Piscicultura Polcura, tercera salida.....	107
Figura 52.	Gráfico FMax Piscicultura El Peral, tercera salida.....	108
Figura 53.	Gráfico FMax Piscicultura Coreo, tercera salida.....	108
Figura 54.	Aporte porcentual de los componentes Piscicultura STH, tercera salida.....	108
Figura 55.	Aporte porcentual de los componentes Piscicultura Kudiñam, tercera salida.....	108
Figura 56.	Aporte porcentual de los componentes Piscicultura Ketrún Rayén, tercera salida.....	109
Figura 57.	Aporte porcentual de los componentes Piscicultura Polcura, tercera salida.....	109
Figura 58.	Aporte porcentual de los componentes Piscicultura El Peral, tercera salida.....	109
Figura 59.	Aporte porcentual de los componentes Piscicultura Coreo, tercera salida.....	109
Figura 60.	Gráfico FMax Piscicultura STH, cuarta salida.....	111
Figura 61.	Gráfico FMax Piscicultura Kudiñam, cuarta salida.....	111
Figura 62.	Gráfico FMax Piscicultura STH, cuarta salida.....	111
Figura 63.	Gráfico FMax Piscicultura Polcura, cuarta salida.....	111
Figura 64.	Gráfico FMax Piscicultura El Peral, cuarta salida.....	112
Figura 65.	Gráfico FMax Piscicultura Coreo, cuarta salida.....	112
Figura 66.	Aporte porcentual de los componentes piscicultura STH, cuarta salida.....	112
Figura 67.	Aporte porcentual de los componentes piscicultura Ketrún Rayén, cuarta salida.....	112
Figura 68.	Aporte porcentual de los componentes Piscicultura Kudiñam, cuarta salida.....	113
Figura 69.	Aporte porcentual de los componentes Piscicultura Polcura, cuarta salida.....	113
Figura 70.	Aporte porcentual de los componentes Piscicultura El Peral, cuarta salida.....	113
Figura 71.	Aporte porcentual de los componentes Piscicultura Coreo, cuarta salida.....	113
Figura 72.	Gráfico FMax Piscicultura STH, quinta salida.....	115
Figura 73.	Gráfico FMax Piscicultura Ketrún Rayén, quinta salida.....	115

Figura 74.	Gráfico FMax Piscicultura Kudiñam, quinta salida.....	115
Figura 75.	Gráfico FMax Piscicultura Polcura, quinta salida.....	115
Figura 76.	Gráfico FMax Piscicultura El Peral, quinta salida.....	116
Figura 77.	Gráfico FMax Piscicultura Coreo, quinta salida.....	116
Figura 78.	Aporte porcentual de los componentes Piscicultura STH, quinta salida.....	116
Figura 79.	Aporte porcentual de los componentes Piscicultura Ketrún Rayén, quinta salida.....	116
Figura 80.	Aporte porcentual de los componentes Piscicultura Kudiñam, quinta salida.....	117
Figura 81.	Aporte porcentual de los componentes Piscicultura Polcura, quinta salida.....	117
Figura 82.	Aporte porcentual de los componentes Piscicultura El Peral, quinta salida.....	117
Figura 83.	Aporte porcentual de los componentes Piscicultura Coreo, quinta salida.....	117
Figura 84.	Gráfico FMax Piscicultura STH, sexta salida.....	119
Figura 85.	Gráfico FMax Piscicultura Ketrún Rayén, sexta salida.....	119
Figura 86.	Gráfico FMax Piscicultura Kudiñam, sexta salida.....	119
Figura 87.	Gráfico FMax Piscicultura Polcura, sexta salida.....	119
Figura 88.	Gráfico FMax Piscicultura El Peral, sexta salida.....	120
Figura 89.	Gráfico FMax Piscicultura Coreo, sexta salida.....	120
Figura 90.	Aporte porcentual de los componentes Piscicultura STH, sexta salida.....	120
Figura 91.	Aporte porcentual de los componentes Piscicultura Ketrún Rayén, sexta salida.....	120
Figura 92.	Aporte porcentual de los componentes Piscicultura Kudiñam, sexta salida.....	121
Figura 93.	Aporte porcentual de los componentes Piscicultura Polcura, sexta salida.....	121
Figura 94.	Aporte porcentual de los componentes Piscicultura El Peral, sexta salida.....	121
Figura 95.	Aporte porcentual de los componentes Piscicultura Coreo, sexta salida.....	121
Figura 96.	Concentraciones de carbono orgánico disuelto primera salida.....	123
Figura 97.	Concentraciones de carbono orgánico disuelto segunda salida.....	124
Figura 98.	Concentraciones de carbono orgánico disuelto tercera salida.....	124
Figura 99.	Concentraciones de carbono orgánico disuelto cuarta salida.....	125

Figura 100.	Concentraciones de carbono orgánico disuelto quinta salida.....	125
Figura 101.	Concentraciones de carbono orgánico disuelto sexta salida.....	126
Figura 102.	Correlación entre el carbono orgánico disuelto y las intensidades de fluorescencia (FMax) de los componentes, primera salida (línea de tendencia similar a Triptófano).....	127
Figura 103.	Correlación entre el carbono orgánico disuelto y las intensidades de fluorescencia (FMax) de los componentes, segunda salida (línea de tendencia similar a Triptófano).....	127
Figura 104.	Correlación entre el carbono orgánico disuelto y las intensidades de fluorescencia (FMax) de los componentes, tercera salida (línea de tendencia similar a Triptófano).....	128
Figura 105.	Correlación entre el carbono orgánico disuelto y las intensidades de fluorescencia (FMax) de los componentes, cuarta salida (línea de tendencia similar a Triptófano).....	128
Figura 106.	Correlación entre el carbono orgánico disuelto y las intensidades de fluorescencia (FMax) de los componentes, quinta salida (línea de tendencia similar a Triptófano).....	129
Figura 107.	Correlación entre el carbono orgánico disuelto y las intensidades de fluorescencia (FMax) de los componentes, sexta salida (línea de tendencia similar a Triptófano).....	129
Figura 108.	Variabilidad temporal del carbono orgánico disuelto para las seis salida (90% percentiles con barras de error), eje Y (DOC) en formato autoescala. Destacan los valores de DOC en Ketrún Rayén (10) y STH (25) mg C/L.....	130
Figura 109.	Calidad del agua basada en los varoles del IBF de Hilsenhoff 1988....	145
Figura 110.	Calidad del agua para Índice EPT.....	146
Figura 111.	Porcentaje de laboratorios acreditados por macrozonas.....	161
Figura 112.	Laboratorios de ensayo acreditados por región.....	162
Figura 113.	Porcentaje de ETFA autorizados por macrozonas.....	166
Figura 114.	Costos de equipamiento e insumos para el análisis de conductividad.....	170
Figura 115.	Costos de equipamiento e insumos para el análisis Oxitetraciclina y Florfenicol.....	170
Figura 116.	Costos de equipamiento e insumos para el análisis Sólidos Suspendidos Totales.....	171
Figura 117.	Costos de equipamiento e insumos para el análisis de Salinidad.....	171
Figura 118.	Costos de equipamiento e insumos para el análisis de Indicadores biológicos.....	172
Figura 119.	Costos de equipamiento e insumos para el análisis de Carbono Orgánico Total COT.....	172

Figura 120. Costos de equipamiento e insumos para el análisis de Inhibición respiratoria.....	173
Figura 121. Costos de equipamiento e insumos para el análisis de Bioensayos de Toxicidad.....	173
Figura 122. Costos de equipamiento e insumos para el análisis de Degradación de materia orgánica.....	174
Figura 123. Porcentaje de centros de cultivo ubicados en tierra por macrozona.....	175
Figura 124. Regresión múltiple de parámetros químicos claves respecto a 2 componentes fluorométricos.....	193
Figura 125. Formulario de lugares de muestreo (Fuente: Norsk standard NS9410).....	241
Figura 126. Formulario para variables de control (Fuente: Norsk standard NS9410).....	241
Figura 127. Formulario de muestras (Fuente: Norsk standard NS9410).....	242

ANEXOS

Anexo 1. Ubicación de pisciculturas presentes en la Región del Bío-Bío.....	237
Anexo 2. Formularios b-investigación programa de monitoreo en centros de salmonicultura noruega MOM.....	241
Anexo 3. Análisis de parámetros físico-químicos (laboratorio) de centros de cultivos de la VIII Región del Bío-Bío, considerando los primeros tres monitoreos.....	243
Anexo 4. Resultados de los análisis de antibióticos en laboratorio de centros de cultivos de la VIII Región del Bío-Bío.....	249
Anexo 5. Orden evolutivo de macroinvertebrados bentónicos en los centros estudiados.....	250
Anexo 6. Catastro de laboratorios que se vinculan con la Acuicultura.....	255
Anexo 7. Base de datos normativa ambiental internacional.....	261
Anexo 8. Personal participante por actividad.....	263

IV. OBJETIVOS

1. Objetivo General

Evaluar, caracterizar y analizar posibles parámetros y variables ambientales a ser incorporados en norma de emisión y/o calidad de aguas fluviales y lacustres, destinados a centros de cultivos de recursos hidrobiológicos ubicados en tierra.

2. Objetivos Específicos

- 2.1. Recopilar, comparar y analizar la información disponible sobre parámetros y variables ambientales exigidos a centros de cultivo de recursos hidrobiológicos ubicados en tierra, su metodología, periodicidad de muestreo y requisitos para la toma de muestra, análisis y presentación de la información, tanto en la normativa ambiental nacional como internacional.
- 2.2. Proponer y describir una metodología de muestreo para caracterizar cada uno de los parámetros y variables ambientales, identificados en el análisis de la recopilación de antecedentes.
- 2.3. Realizar una evaluación de la factibilidad técnica e infraestructura en Chile para aplicar las metodologías descritas en el objetivo anterior.
- 2.4. Realizar una evaluación económica a nivel nacional para la implementación de infraestructura necesaria para realizar los análisis en laboratorio y terreno y determinar los costos asociados al cumplimiento de la metodología propuesta, por parte de los titulares de centros de cultivo.
- 2.5. Realizar una propuesta de normativa sectorial sobre la medición de parámetros y variables ambientales, periodicidad, infraestructura requerida y criterios de aceptabilidad, aplicadas a centros de cultivos de recursos hidrobiológicos ubicados en tierra.

V. ANTECEDENTES GENERALES

Los centros de cultivo de recursos hidrobiológicos ubicados en tierra, se caracterizan por el uso de productos dentro de sus procesos productivos como sal, antibióticos, antifúngicos, desinfectantes y anestésicos, elementos que actualmente no son contemplados en la norma de emisión o calidad. Estos productos podrían generar algún tipo de impacto ambiental negativo sobre los ecosistemas acuáticos, fundamentalmente lacustres y fluviales, debido a que las aguas descargadas no son sometidas a algún tipo de tratamiento que aborde estas sustancias (Universidad Católica de Temuco, 2014).

Durante la última revisión de la norma chilena de emisión D.S. N° 90 (MINSEGPRES 2000), procedimiento que se realiza cada 5 años, según la normativa vigente, el Ministerio del Medio Ambiente solicitó información a las distintas reparticiones del Estado, sobre antecedentes científicos, mediciones cuantitativas o cualquier clase de información adicional que justifiquen la modificación de los actuales parámetros o variables vigentes o la incorporación de nuevos parámetros en la norma de emisión, información prácticamente inexistente para la actividad de acuicultura que contempla centros en tierra. Adicionalmente se desarrolló durante los años 2013 y 2014 el proyecto "Evaluación de los impactos ambientales y caracterización de los riles generados por centros de cultivo de recursos hidrobiológicos emplazados en tierra y que descargan a cuerpos de agua fluviales y lacustres", el cual fue desarrollado por la Universidad Católica de Temuco.

La Ley General de Pesca y Acuicultura, específicamente su Artículo 87°, establece la disposición de reglamentar las medidas de protección del medio ambiente para que los establecimientos de acuicultura operen en niveles compatibles con las capacidades de los cuerpos de agua lacustres, fluviales y marítimos. El D.S. N° 320 (MINECON 2001) y sus modificaciones, Reglamento Ambiental para la Acuicultura, establece en su Artículo 8° que los centros de cultivos ubicados en tierra deberán cumplir con las normas de emisión dictadas en conformidad con el Artículo 40 de la Ley 19.300 de 1994 y sus modificaciones, sobre Bases Generales del Medio Ambiente. Adicionalmente, los centros de cultivo emplazados en tierra, considerados fuente emisora, según la norma chilena de emisión D.S. N° 90 (MINSEGPRES 2000), establece la obligación de realizar mediciones periódicas de una serie de parámetros y variables ambientales, asociadas a límites máximos permitidos de contaminantes. De ahí surge la interrogante si las

variables y parámetros ambientales actualmente aplicados a los centros de cultivo, son suficientes para velar por la protección de los recursos hidrobiológicos, en el entendido que en dichos cuerpos de agua se encuentran especies en diversos estados de conservación, según lo señalado en el D.S. N° 51 (MINSEGPRES 2008) el cual aprueba y oficializa la nómina para el proceso de clasificación de especies, según su estado de conservación.

Durante el año recién pasado, el Ministerio de Medio Ambiente revisó la norma de emisión, donde quedó de manifiesto la falta de información e iniciativas, por parte de los organismos del estado con competencia ambiental que permitan explorar, demostrar o aseverar que la utilización de productos químicos de distinta naturaleza, por ejemplo, los utilizados en centros de cultivo en tierra, pueden estar causando un impacto negativo sobre los recursos hidrobiológicos presentes en los cuerpos de agua fluvial y lacustre. Dichos cuerpos de agua constituyen ecosistemas particulares, los cuales pueden estar siendo afectados, por ejemplo, por la utilización de sal, antiparasitarios, antibióticos, antifúngicos, desinfectantes, anestésicos u otros.

El presente documento corresponde al informe final del proyecto FIP 2015-05 denominado "Evaluación de los posibles parámetros ambientales a ser incorporados en las normas de emisión y/o de calidad de aguas fluviales y lacustres, destinados a centros de cultivo ubicados en tierra". En él están contenidos los resultados comprometidos en la carta Gantt hasta la fecha, los cuales corresponden a los cinco objetivos específicos y sus actividades, además de incorporar las observaciones realizadas a los resultados en el informe anterior.

VI. METODOLOGÍA POR OBJETIVOS

1. Objetivo específico N° 2.1

Recopilar, comparar y analizar la información disponible sobre parámetros y variables ambientales exigidos a centros de cultivo de recursos hidrobiológicos ubicados en tierra, su metodología, periodicidad de muestreo y requisitos para la toma de muestra, análisis y presentación de la información, tanto en la normativa ambiental nacional como internacional.

1.1. Recopilación de información bibliográfica y/o de proyectos disponibles, tanto a nivel nacional como internacional, referida a la totalidad de parámetros y variables ambientales, tanto físicos, químicos y biológicos.

Para definir los parámetros de efluentes de pisciculturas que son controlados en la normativa chilena, se revisó el sitio web: www.SISS.cl, donde se identificaron los principales parámetros físico-químicos: Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5), Sólidos Suspendidos Totales (SST), Nitrógeno Total (NT), Nitrógeno Total Kjeldahl (NKT), Fósforo Total (PT), Sustancias activas al azul de metileno ($SAAM$), Poder Espumógeno, Aceites y Grasas, Cloruros, pH, Temperatura y Sólidos Sedimentables. Luego esta información fue validada en comunicación personal con la Superintendencia de Servicios Sanitarios de la Región de la Araucanía. En términos normativos los centros de cultivos ubicados en tierra deberán cumplir con las normas de emisión dictadas en conformidad con el artículo 40 de la ley 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente. Los efluentes son regulados según el lugar donde ocurra la descarga. Si se realiza a cuerpos de agua fluviales con o sin capacidad de dilución deberán ser inferiores a los valores señalados en las tablas 1 y 2, respectivamente, del DS N° 90. Si descargan a aguas subterráneas por infiltración deberán ceñirse a lo determinado por el DS 46/2002.

Para obtener antecedentes e información oficial de la normativa internacional, se realizó una revisión web o en el caso de información específica se solicitó vía mail a instituciones correspondientes.

1.2. Descripción razones técnicas y científicas del país de origen para exigir cada uno de los parámetros empleados en su propia normativa.

Se realizó una revisión de normativas ambientales internacionales desde bases de datos en línea como European Aquaculture Society (<http://www.easonline.org/>), Environmental Protection Agency (<http://www.epa.gov/eg/concentrated-aquatic-animal-production-effluent-guidelines>), Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (<http://www.fao.org/fishery/es>), Aquaculture Network for the Americas (<http://www.racua.org/>), Scottish Environment Protection Agency (<http://www.sepa.org.uk/>), World Aquaculture Society (<https://www.was.org/>), World Wildlife Fund (<http://www.worldwildlife.org/>), de las cuales se recopiló información científico-técnico de los parámetros exigidos en cada normativa según el país de origen.

1.3. Identificación de los principales componentes o sustancias contenidos en los riles y/o sedimentos en el ambiente fluvial y/o lacustre, producto de la descarga provenientes de la actividad de centros de cultivo ubicados en tierra y que no se encuentran señalados en normas de emisión o de calidad nacionales.

Recopilación bibliográfica de estudios de impacto ambiental asociados a pisciculturas, desde bases de datos nacionales e internacionales, realizando la búsqueda de información a través de portales de bases digitales (Scielo, WEB of Science, SCOPUS, Elsevier, Science-Direct, Springer) y de material proveniente de bibliotecas universitarias (Universidad Austral de Chile y Universidad Católica de Temuco).

2. Objetivo específico N° 2.2

Proponer y describir una metodología de muestreo para caracterizar cada uno de los parámetros y variables ambientales, identificados en el análisis de recopilación de antecedentes.

Tabla 1. Resumen de las fechas de campañas de los centros monitoreados en la VIII Región y análisis realizados hasta la entrega del informe final.

CENTRO	FECHA DE CAMPAÑAS 2015/2016						ANÁLISIS REALIZADOS HASTA LA FECHA				
	Dic	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	Degradación de M.O.	Bioensayos de toxicidad	Inhibición respiratoria en agua	Índices bióticos	COT
Coreo	2	6	2	14	13	12	✓	✓	✓	✓	✓
El Peral	2	6	2	14	13	12	✓	✓	✓	✓	✓
Ketrun Rayen	3	7	3	15	12	11	✓	✓	✓	*	✓
Kudiñam	3	7	3	15	12	11	✓	✓	✓	✓	✓
Polcura	3	7	3	15	13	11	✓	✓	*	✓	✓
STH	2	6	2	14	12	12	✓	✓	✓	✓	✓

OBS: * Para el centro Polcura no fue posible realizar los análisis de inhibición respiratoria, debido al aumento sustancial del caudal, lo cual no permitió mantener las muestras de algodón incubadas por un mes.

* Para el centro Ketrun Rayen no se obtuvieron resultados de índices bióticos, dadas las condiciones topográficas del cauce no permitieron realizar muestreos de macrofauna bentónica.

2.1. Degradación de materia orgánica

Para la obtención de muestras físico-químicas y biológicas, se muestrearon tres estaciones en el curso fluvial asociado a cada centro de cultivo (ver Anexo 1). La primera estación corresponde al sitio de control E1 y se ubicó 100 m antes de cada ducto de descarga de RILES. La segunda estación correspondió al sitio de descarga propiamente tal E2, mientras que la tercera estación se ubicó 100 m aguas abajo del ducto de descarga E3.

La estimación de las tasas de descomposición microbiana se realizó de acuerdo a Benfield, (1996) y Bärlocher, (2005), se utilizaron 5 bolsas por tratamiento de 120 cm² y abertura de malla 0,3 mm, en las cuales se colocaron 3g (peso seco) de algodón, (sitio de control E1, segunda estación sitio de descarga E2 y tercera estación E3), las que fueron mantenidas en el agua del río por 30 días. La velocidad de descomposición aproximada de las hojas se determinó en un estudio previo y se calculó el tiempo de exposición de las bolsas en la corriente para recuperar las bolsas después de una pérdida de masa de aproximadamente 50% en el sitio control. Posteriormente en laboratorio las bolsas fueron lavadas y secadas a 50°C hasta obtener un peso constante, los sustratos fueron calcinados por 40 minutos a 500°C para determinar el peso seco libre de cenizas (Benfield, 1996). Para la determinar el peso inicial del algodón, las muestras fueron procesadas de igual forma sin exponerlas en el río. Para la estimación de las tasas de descomposición (k), se utilizó un modelo de decaimiento exponencial $M_t = M_i e^{-k t}$, donde M_t = peso seco final (g) en el tiempo t (días); M_i = masa seca libre de cenizas inicial (g); k = coeficiente de decaimiento exponencial expresada en g día⁻¹; y t = tiempo transcurrido en días (Zar 1996; Young et al. 2003; Pascoal & Cássio 2004; Castela et al. 2007).

2.2. Bioensayos de toxicidad

➤ Elección de los organismos utilizados

Los organismos que se utilizaron en el desarrollo de cada uno de los bioensayos corresponden a *Raphidocelis subcapitata* (*Selenastrum*) y *Daphnia pulex*. *R. subcapitata* es una alga verde (clorófita) unicelular con forma de media luna y un volumen aproximado de entre 40 y 60 mm³, que puede encontrarse en sistemas

acuáticos epicontinentales eutróficos u oligotróficos. Cuando las células son expuestas a muestras que contienen contaminantes tóxicos, su reproducción se afecta alterando la tasa de crecimiento de la población de las algas.

Un segundo organismo utilizado correspondió a la especie *D. pulex*, organismos que han sido estandarizados debido a sus ventajas de sensibilidad y prolificidad respecto a otras especies, así también por ser considerada una especie cosmopolita.

➤ **Tratamiento de las muestras previo a los bioensayos**

Una vez en el laboratorio fue necesario tratar las muestras antes de la realización de los test, utilizando para ello un tóxico de referencia, el cual se preparó previamente mediante una solución madre a partir de la cual se hicieron las diferentes diluciones para obtener las concentraciones deseadas para el ensayo.

➤ **Validación Bioensayos.**

El control de la calidad es un aspecto muy importante en el desarrollo de los bioensayos de toxicidad, lo que permite evaluar el nivel de reproducibilidad frente a una sustancia química patrón, en este caso Dicromato de Potasio ($K_2Cr_2O_7$). El número de resultados consecutivos recomendados por USEPA (1993), para una correcta intracalibración corresponde a un mínimo de cinco (5) bioensayos triplicados consecutivos. De esta forma, el control de calidad se realiza principalmente mediante el cálculo de la precisión y exactitud. El coeficiente de variación (CV) indica el nivel de precisión de la calibración. En este sentido, el Servicio de Protección Ambiental de Canadá (EPS 1990) y la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA 1993) fijan un coeficiente de variación menor o igual a 30% ($CV < 30\%$) como la máxima variabilidad permitida entre los índices de toxicidad para el tóxico de referencia correspondientes a las réplicas de un mismo bioensayo entre los índices de toxicidad promedio para los n bioensayos consecutivos realizados con el tóxico de referencia.

➤ **Preparación de la solución madre del tóxico de referencia ($K_2Cr_2O_7$)**

Para preparar la solución madre, se llevó a peso constante cristales de $K_2Cr_2O_7$; para ello se colocaron 10 mg de éste en una placa Petri y se colocó durante una hora en estufa con campana a 100 °C. Luego de esto, los cristales fueron pesados hasta que se

comprobó que el peso fuera estable. Posteriormente, se tomaron 10 mg que fueron disueltos en 100 mL de agua desionizada. La solución stock resultante entonces fue de 10 mg/L, la que se mantuvo en refrigeración a 4 °C, en frasco oscuro y cubierto con papel aluminio. A partir de esta solución madre se preparan las diferentes concentraciones ensayadas en las pruebas toxicológicas con *D. pulex*.

Bioensayos de toxicidad con microcrustáceo *Daphnia pulex*

Los bioensayos que aparecen en este informe fueron realizados utilizando como organismos de prueba individuos pertenecientes a la especie *D. pulex*, los cultivos son mantenidos bajo condiciones controladas en el laboratorio de bioensayos de la Universidad Católica de Temuco, donde el desarrollo y mantenimiento de los cultivos son realizados de acuerdo a los protocolos de la APHA (1998) y NCh2083 (1999).

➤ Procedimiento general del ensayo

Agua de los cultivos: Los cultivos fueron mantenidos utilizando agua de lago la cual fue filtrada utilizando un filtro con un ancho de poro de 0,2 µm, con el fin de eliminar las impurezas que esta pudiera contener.

Alimentación de los cultivos: Los cultivos de *D. pulex* fueron alimentados con un alimento estandarizado basándose en un protocolo del APHA (1998). Este alimento es una mezcla de harina de pescado, alfalfa y levadura. Se agregó 1 ml de este alimento por cada 50 individuos en 1 L. de agua cada dos días.

Condiciones físico-químicas: Los cultivos fueron mantenidos en incubadora con fotoperiodo 16 horas luz – 8 horas oscuridad y a temperatura de 18±2 °C, las mismas condiciones en que se realizaron los bioensayos con esta especie (Tabla 2).

Para el desarrollo de los bioensayos de toxicidad aguda, se emplearon neonatos de *D. pulex* es decir, crías de hasta 24 horas de nacidas (US EPA, 1993), expuestos a diferentes concentraciones (Tabla 3) de muestras provenientes de pisciculturas, por un tiempo de exposición de 48 horas. La concentración determinada como control será aquella que no contenga agua del efluente, es decir solo contendrá relleno o agua de cultivo.

Se utilizó como agua de dilución para las pruebas, agua de lago filtrada, aireada vigorosamente 24 horas antes, previo a su utilización se comprobó que la concentración de oxígeno esté por encima de 6 mg/L (CIID, 2004), ya que en el momento de las pruebas toxicológicas no se ocupó sistema de aireación mecánica. No se suministró alimentación a los neonatos en el transcurso de los bioensayos.

Tabla 2. Resumen de las condiciones ambientales para la realización del bioensayo.

Tipo de ensayo	Estático
Tiempo de exposición	24 y 48 horas
Temperatura	18±2 °C
Calidad de la luz	Fluorescente, blanco-frío
Fotoperiodo	16hrs luz – 8hrs oscuridad
Volumen de las cámaras	10 mL
Edad de los organismos	Neonatos < 24 horas
Número de concentraciones	5
Número de réplicas por concentración	4
Número de organismos usados por cámara	5
Alimentación	Ninguna
Aireación	Agua previamente aireada por 24 h.
Tipo de agua del control y de dilución	Agua de lago filtrada
Respuesta	Mortalidad
Criterio de aceptabilidad	Hasta 10% de mortalidad en el control
Expresión de los resultados	LC50

Tabla 3. Concentraciones ensayadas en los bioensayos con *Daphnia pulex*.

% Dilución	Control	10%	25%	50%	75%	100%
Efluente (ml)	0	1	2.5	5	7.5	10
Relleno (ml)	10	9	7.5	5	2.5	0
Volumen Final (ml)	10	10	10	10	10	10
Nº neonatos	5	5	5	5	5	5

➤ Análisis microcrustáceos

Registro de los datos: Al finalizar el tiempo de duración de los bioensayos se procedió a verificar al efecto de las diferentes concentraciones sobre los organismos, teniendo

como juicio de signo de muerte, la inmovilidad de los individuos por un tiempo aproximado de 30 segundos.

Análisis de los datos: Luego de finalizar las pruebas se procedió a calcular el valor del LC₅₀ de 48 horas y los límites de confianza al 95% utilizando el programa PROBIT ingresando los datos de mortalidad registrados para cada uno de los bioensayos en los cuales el control presentara un porcentaje de mortalidad inferior al 10% (US EPA 1993).

Bioensayos de toxicidad con microalgas *Raphidocelis subcapitata*

Los bioensayos han sido ejecutados con la microalga *R. subcapitata* las cuales son mantenidas bajo condiciones controladas en el laboratorio de bioensayos de la Universidad Católica de Temuco, donde el desarrollo y mantenimiento de los cultivos se realizó tomando como referencia los protocolos establecidos en la NCh 2706 (2002).

➤ **Condiciones de experimentación**

Condiciones físico-químicas: Los cultivos fueron mantenidos en incubadora con fotoperiodo 16 horas luz – 8 horas oscuridad y a temperatura de 20 °C - 23 °C ± °C, las mismas condiciones en que se realizaron los bioensayos con esta especie (Tabla 4).

Tabla 4. Resumen de las condiciones que serán llevados a cabo los bioensayos.

Tipo de ensayo	Estático
Tiempo de exposición	72 - 96 horas
Temperatura	20 °C -23 °C ±2 °C
Calidad de la luz	Blanca fría dada por tubos fluorescentes
Fotoperiodo	Iluminación continua
Volumen de las cámaras	30 ml
Número de concentraciones	5 más un control
Número de réplicas por concentración	4
Factor de dilución	0,3-0,5
Alimentación	Ninguna
Aireación	no
Duración del ensayo	96 horas
Respuesta	Densidad celular
Criterio de aceptabilidad	Hasta 10% de mortalidad en el control
Expresión de los resultados	EC ₅₀

➤ Procedimiento bioensayo

Para cada bioensayo se utilizaron cuatro réplicas, donde para cada una hubo 5 diferentes concentraciones más un control, es decir, agua de dilución sin presencia de tóxico alguno (Tabla 5). Por lo tanto, cada test implica el uso de 24 frascos de vidrio. El agua de dilución utilizada para las pruebas o en su defecto "relleno" corresponde al medio de cultivo de las algas, cuyo pH es de 7.5. El stock de algas con el que se comienza a trabajar corresponde a 500000 Cel/ml. La concentración determinada como control es aquella que no tenga tóxico, en este caso el efluente de los centros de cultivo, por lo tanto este solo contendrá médium y microalga.

Tabla 5. Concentraciones ensayadas en los bioensayos con *Raphidocelis subcapitata*.

% Dilución	Control	10%	25%	50%	75%	100%
Muestra (ml)	0	3	7,5	15	22,5	29,4
Relleno (ml)	29,4	26,4	21,9	14,4	6,9	0
Alícuota algas (ml)	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
Volumen Final (ml)	30	30	30	30	30	30
Concentración Algas cel/ml	10000	10000	10000	10000	10000	10000

➤ Registro de los datos.

Al concluir el tiempo de exposición de 96 h se inicia el conteo del número de algas en cada vial. Para el conteo se toman entre 20 y 50 μ L de la suspensión con ayuda de una pipeta automática, y se coloca en la celda de conteo o la cámara Neubauer. La cuantificación se efectúa siguiendo el método de manejo recomendado para este tipo de celdas.

➤ Análisis de los datos

Luego de finalizar las pruebas se procedió a calcular el valor del EC₅₀ de 96 horas y los límites de confianza del 95% utilizando el programa PROBALG, ingresando los datos de mortalidad registrados para cada uno de los bioensayos en los cuales el control presentara un porcentaje de mortalidad inferior al 10% (USEPA, 1990) y la densidad celular del control debe ser superior respecto a la concentración máxima, además de no existir una diferencia entre las réplicas superior al 20%.

2.3. Análisis biológico de calidad de aguas

Se tomaron tres réplicas de macroinvertebrados bentónicos de manera aleatoria en los tres puntos asociados al curso hídrico de cada piscicultura. El procedimiento de muestreo se realizó mediante el uso de muestreadores Surber de 2500 cm², con una abertura de malla de 250 µm. Las muestras fueron fijadas *in-situ* en alcohol al 97% y posteriormente transportadas al Laboratorio de Limnología y Recursos Hídricos de la Universidad Católica de Temuco para su análisis.

En laboratorio los organismos fueron separados del material orgánico e inorgánico (e.g.: hojas, detritus, arena) empleando una lupa binocular NIKON-SMZ660. Luego, los invertebrados contenidos en cada muestra fueron identificados hasta el nivel taxonómico de familia mediante claves y descripciones de Peters y Edmunds (1972), McCafferty (1983), Arenas (1993, 1995) y Fernández y Domínguez (2001). Las abundancias totales fueron estimadas mediante el conteo de individuos por taxa y expresadas en densidad (ind/m²).

Los parámetros comunitarios de riqueza de taxa fueron estimados mediante el conteo del número taxa, mientras la diversidad de especies fue estimada mediante el índice de Shannon-Wiener cuya fórmula es la siguiente:

$$H' = \sum_{i=1}^s (p_i)(\log_2 p_i)$$

Donde s = número de taxas y p_i = proporción de taxas del total de la muestra, de acuerdo a Krebs (1989).

Estimación de efectos de los efluentes sobre la tasa respiratoria

Se evaluó el modelo que relaciona el tiempo y pérdida de peso, con muestras de algodón incubadas en cada río por un mes, las cuales serán expuestas por aproximadamente por una hora a concentraciones del efluente y se medirá la tasa respiratoria en mg de OD por hora. Los valores finales serán estandarizados respecto a la tasa respiratoria de la estación control, expresándose como % de inhibición respiratoria respecto al control. La concentración determinada como control será aquella que solo contenga agua extraída de la estación determinada control, en este

caso el sitio E1 (100 metros aguas arriba de la descarga de efluentes proveniente de la piscicultura).

Índices Bióticos

Para estimar la calidad de las aguas en cada uno de los puntos asociados a las pisciculturas, se procedió a calcular los siguientes índices bióticos de calidad de aguas.

➤ Índice Biótico de Familia IBF de Hilsenhoff (1988)

Se determinó la taxonomía completa de los macroinvertebrados bentónicos a nivel de familia y se estimó el número de individuos en cada familia por punto de muestreo. Posteriormente se determinó el puntaje de tolerancia, en donde "0" representa el menos tolerante la contaminación orgánica y "10" corresponde al más tolerante a dicho tipo de contaminación. Estos valores de tolerancia para macroinvertebrados bentónicos fueron adaptados a la fauna local presente en el área de estudio. Los puntajes obtenidos fueron incluidos en la ficha de registro para calcular el IBF de Hilsenhoff (1988) según la siguiente ecuación:

$$IBF = 1 / N \sum ni ti.$$

Donde:

N = número total de individuos en el sitio de muestreo.

ni = número de individuos en una Familia

ti = puntaje de tolerancia de cada Familia.

Posteriormente los valores del IBF se expresan en 7 clases de calidad ambiental, correspondiente a una escala de condición biológica que fue desarrollada para determinar el grado de contaminación orgánica (Tabla 6).

Tabla 6. Calidad de agua basada en los valores del IBF de Hilsenhoff 1988.

Clase	IBF Hilsenhoff (1988)	Características Ambientales	Clases
I	0,00 - 3,75	Excelente	I Celeste
II	3,76 - 4,25	Muy bueno	II Azul
III	4,26 - 5,00	Bueno	III Verde
IV	5,01 - 5,75	Regular	IV Amarillo

V	5,76 - 6,50	Relativamente malo	V Café
VI	6,51 - 7,25	Malo	VI Naranja
VII	7,26 - 10,00	Muy malo	VII Rojo

➤ **Índice biótico de Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera (EPT)**

El índice EPT considera la utilización de estos tres grupos de macroinvertebrados bentónicos que son indicadores de la calidad de agua, debido a que presentan mayor sensibilidad a la contaminación. El índice de EPT fue estimado mediante la siguiente ecuación y sus resultados se llevaron a una tabla de calificación de calidad de agua que va de "muy buena" a "mala" calidad (Tabla 7):

$$EPT = (\Sigma EPT/N) \times 100$$

Donde:

EPT = suma del número de individuos pertenecientes a los Ordenes Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera

N = número total de individuos en el sitio de muestreo

Tabla 7. Calidad de agua para Índice EPT.

Clase	Índice EPT %	Calidad del agua
1	75-100	Muy buena
2	50-74	Buena
3	25 - 49	Regular
4	0 - 24	Mala

Análisis físico-químico de calidad de aguas

En la Tabla 8 se presenta un resumen de los parámetros físico-químicos estimados *in-situ*, en laboratorio y la metodología empleada según cada parámetro.

Tabla 8. Parámetros físico-químicos determinados en las estaciones de muestreo.

PARÁMETROS	UNIDAD	MÉTODO
Temperatura	°C	MULTI 340i/SET (INN Chile, 1995: NCh2313/1)
Oxígeno Disuelto	mg L ⁻¹	MULTI 340i/SET (INN Chile, 1995: NCh2313/1)
pH	pH	MULTI 340i/SET (INN Chile, 1995: NCh2313/1)
Conductividad	μS/cm ²	MULTI 340i/SET (INN Chile, 1995: NCh2313/1)
Salinidad	mg L ⁻¹	MULTI 340i/SET (INN Chile, 1995: NCh2313/1)
Sólidos Suspendidos Totales	ppm	MULTI 340i/SET (INN Chile, 1995: NCh2313/1)
Nitrógeno Total Kjeldahl	mg L ⁻¹	Macro-Kjeldahl método (INN Chile, 1995: NCh2313/28)
Amonio (N-NH ₄)	mg L ⁻¹	Titulación (INN Chile (1995) NCh2313/16)
Nitrato (N-NO ₃)	mg L ⁻¹	MULTI 340i/SET (APHA, 1995: SM 2510-conductivity)
Nitrito (N-NO ₂)	mg L ⁻¹	Colorimetría (APHA, 1995: 4500ONO2 F)
Sólidos Suspendidos	mg L ⁻¹	INN Chile, 1995: NCh 2313/4. NCh2313/3
Carbono Orgánico Total (COT)	mgL ⁻¹	Oxidación Húmeda
Oxitetraciclina	ppb (LD: 5 - LC: 10)	LC-MS/MS Antib-agua
Florfenicol	ppb (LD: 2 - LC: 5)	LC-MS/MS Antib-agua

OBS: LD Límite de detección, LC Límite de cuantificación.

Carbono Orgánico Total

Las muestras de agua utilizadas para efecto de la caracterización de la materia orgánica disuelta (DOM) y las mediciones de carbono orgánico disuelto (DOC) fueron recolectadas entre los días 2 y 3 de diciembre del 2015 (primera salida), 6 y 7 de enero (segunda salida) y 2 y 3 de febrero (tercera salida), 14 y 15 de marzo (cuarta

salida), 12 y 13 de abril (quinta salida) y 11 y 12 de mayo del 2016, en la región del Biobío, con un total de 6 pisciculturas. Los puntos de muestreo de agua se ubicaron antes de la descarga de la piscicultura E1 (Control), en el efluente de la piscicultura E2 y 100 metros después de la descarga (Estación 3).

Preparación de muestras para análisis óptico y fluorométrico de DOM: Las muestras recogidas se depuraron a través de filtros de jeringa Millex -GP Hydrophilic PES0,22 μM previamente acondicionado con 100 ml de agua (Desionizada) para obtener la fracción disuelta y eliminar los sólidos suspendidos, y luego guardadas en frascos de borosilicato ámbar I-Chem (Merck). Para cada muestra se generaron 3 replicados de 40 ml de muestra de agua filtrada y 3 replicados de 40 ml de muestra de agua filtrada adicionando 100 μl de HCl fumante (Merck). En la recolección de muestras se midió Oxígeno, Temperatura, conductividad, pH, sólidos totales disueltos y salinidad. El transporte de las muestras se efectuó a $T = 4 - 7 \text{ }^\circ\text{C}$ dentro de coolers con hielo. Todas las mediciones ópticas de DOM se hicieron dentro de 2 días, para evitar la degradación y subestimación de DOM.

Metodología de análisis óptico y fluorométrico de DOM: Previo a los análisis ópticos y fluorométricos de DOM, las muestras se aclimataron a temperatura ambiente ($25 \text{ }^\circ\text{C}$). Para el análisis fluorométrico y óptico de las muestras se utilizó un espectro – fluorómetro Perkin Elmer Luminescence Spectrometer LS50B para la identificación de fluoróforos característicos de los efluentes de las pisciculturas. Las longitudes de onda que se establecieron para generar la matriz de excitación y emisión fueron de 300 a 600 nm y de 240 a 450 nm. Posteriormente se realizó una normalización bajo el *peak* de dispersión Raman base de agua desionizada. La normalización Raman y los procedimientos de corrección espectral y de filtro interno, los cuales toman en cuenta las desviaciones en la salida espectral de la fuente luminosa y pequeñas imperfecciones en los componentes en la capacidad del instrumento para transmitir la luz, que son propios para cada instrumento, dan como resultado espectros estandarizados en unidades Raman (R.U.) y son directamente comparables a los espectros corregidos medidos en otras máquinas. Para la identificación cualitativa y cuantitativa se realizó un análisis PARAFAC mediante el DOM FluorTool box.

3. Objetivo específico N° 2.3

Realizar una evaluación de la factibilidad técnica e infraestructura en Chile para aplicar las metodologías descritas en el objetivo anterior.

Se realizó un levantamiento de información respecto a la totalidad de centros de investigación que actualmente prestan servicios en el ámbito ambiental en el país y que puedan tener relación con los parámetros y variables ambientales que se desean incorporar, considerando servicios públicos como empresas privadas, universidades, proveedores de servicio, laboratorios, figuras legales, entre otros.

Evaluación Técnica

Para la evaluación de la factibilidad se centró con especial énfasis en los siguientes aspectos:

- **Técnicas analíticas**, protocolos para la estimación de los parámetros solicitados.
- **Infraestructura**, contar con laboratorios o centros experimentales para el desarrollo de los análisis de los parámetros propuestos con énfasis en equipamiento y estándares actuales de certificación.
- **Profesionales calificados**, capital humano especializado en el análisis de los parámetros que se proponen y la implementación de estándares o protocolos.

4. Objetivo específico N° 2.4

Realizar una evaluación económica a nivel nacional para la implementación de infraestructura necesaria para realizar los análisis en laboratorio y terreno y determinar los costos asociados al cumplimiento de la metodología propuesta, por parte de los titulares de centros de cultivo.

Para la evaluación económica a nivel nacional, se efectuó una evaluación de prefactibilidad técnica económica considerando tres ejes esenciales, los cuales consisten en:

- Identificación de laboratorios por zona geográfica
- Identificación de centros productivos por zona geográfica
- Identificación de empresas para la toma de muestras

Esta metodología permitirá determinar los costos asociados para la implementación de los nuevos parámetros ambientales considerando la infraestructura y equipos requeridos, tanto de terreno (instrumental, equipo, personal técnico, entre otros) como los análisis de laboratorio. Asimismo considera el cruce de información respecto de la distribución geográfica de los centros de cultivo y el catastro de los laboratorios de ensayos que existen en la actualidad, cuya información se deriva de la factibilidad técnica, con el propósito de identificar las variables que puedan alterar los costos relacionados con la distribución espacial de cada uno de ellos.

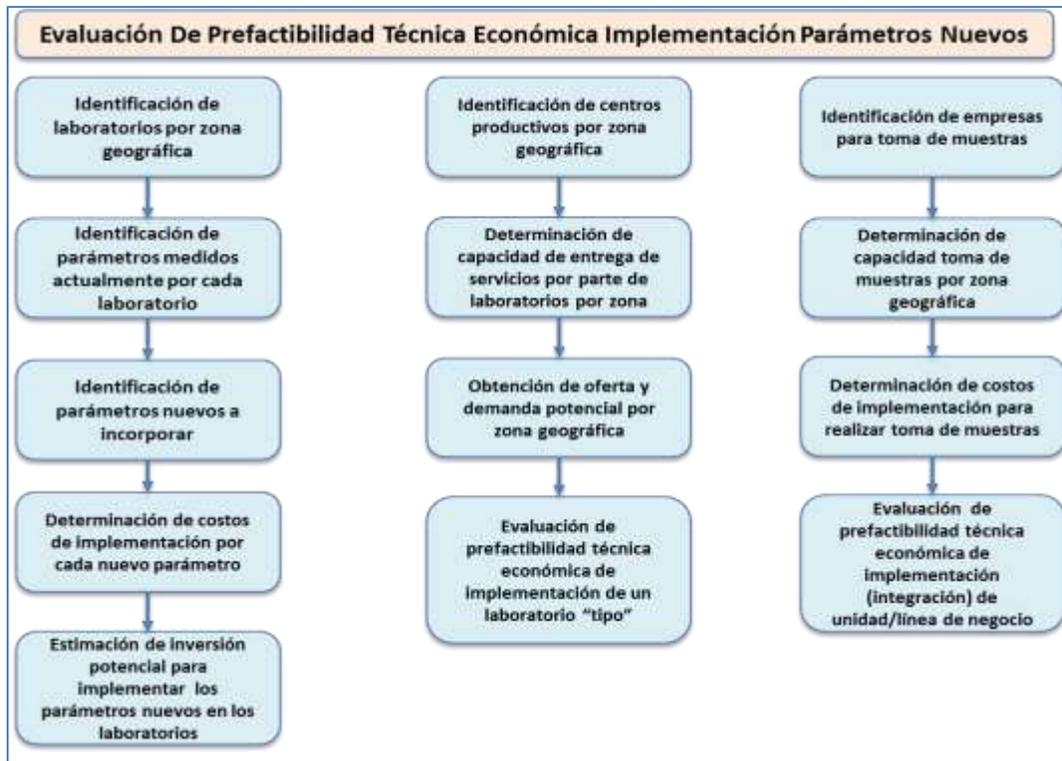


Figura 1. Diagrama de operaciones unitarias para la obtención de contenidos (Fuente: Elaboración propia).

5. Objetivo específico N° 2.5

Realizar una propuesta de normativa sectorial sobre la medición de parámetros y variables ambientales, periodicidad, infraestructura requerida y criterios de aceptabilidad, aplicadas a centros de cultivos de recursos hidrobiológicos ubicados en tierra.

La propuesta de normativa sectorial se enmarca dentro de distintos análisis de desarrollados en este estudio, junto con considerar aspectos legales, técnicos y operativos, lo cual permita ejecutar la medición de los parámetros y variables ambientales, periodicidad de muestreo, infraestructura requerida, criterios de aceptabilidad y requisitos de las entidades de análisis que realicen dichas mediciones y análisis, entre otros.

- Aspectos Legales: Ordenamientos jurídicos para la consolidación de normativas sectoriales. Revisión de normas de emisión o calidad vinculadas a la industria acuícola.
- Aspectos Técnicos: Evaluación de técnicas procedimentales para la estimación de variables ambientales relevantes, equipamiento e instrumental requerido, entre otros.
- Aspectos Operativos: Mecanismos jurídicos y administrativos requeridos para la formulación de la normativa sectorial. Definición de etapas del proceso formulativo.

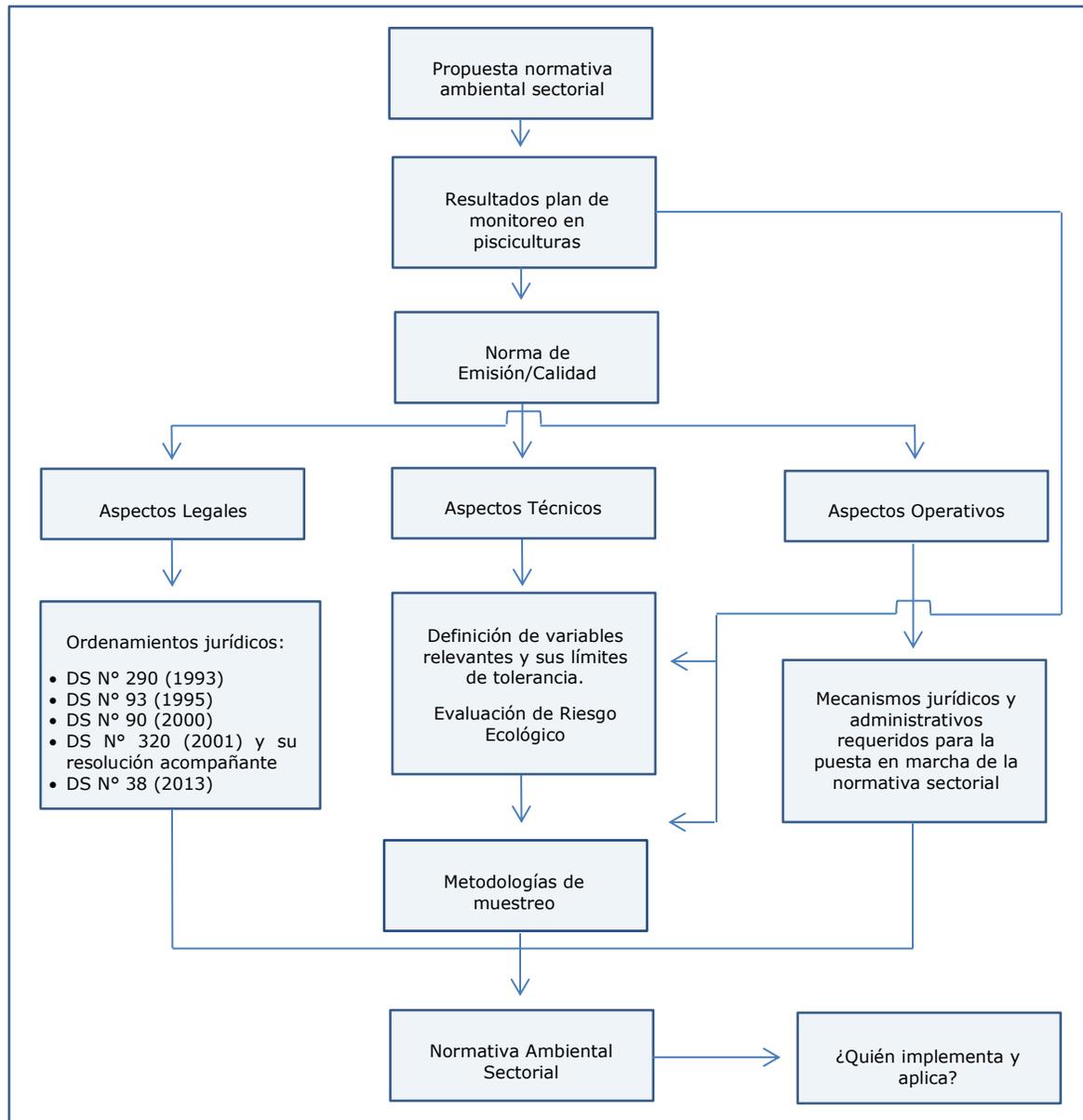


Figura 2. Flujo metodológico propuesta de normativa sectorial.

VII. RESULTADOS POR OBJETIVOS

A. Objetivo específico N° 2.1

Recopilar, comparar y analizar la información disponible sobre parámetros y variables ambientales exigidos a centros de cultivo de recursos hidrobiológicos ubicados en tierra, su metodología, periodicidad de muestreo y requisitos para la toma de muestra, análisis y presentación de la información, tanto en la normativa ambiental nacional como internacional.

- 1. Recopilación de información bibliográfica y/o de proyectos disponibles, tanto a nivel nacional como internacional, referida a la totalidad de parámetros y variables ambientales, tanto físicos, químicos y biológicos.**

En el contexto latinoamericano, Chile, Argentina, Nicaragua, Venezuela y Brasil tienen un sistema de control de riles de piscicultura que se basa mayoritariamente en indicadores físico-químicos, donde coinciden la mayoría de los parámetros de control: Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5), Sólidos Suspendidos Totales (SST), Nitrógeno Total Kjeldahl (NTK), Nitrógeno Total (NT), Fósforo Total (PT), Aceites y Grasas, Cloruro, pH, Temperatura y Sólidos Sedimentables. Existen sin embargo, parámetros que son propios de algunos países. Chile adicionalmente incorpora Poder Espumígeno y SAAM (Sustancias Activas al Azul de Metileno), manganeso, mercurio, entre otros, mientras que Nicaragua y Venezuela incorporan DQO y Color. En tanto Argentina considera Color, DQO y Sólidos gruesos. En el caso de Brasil es menor el número de parámetros exigidos en la normativa ambiental en comparación con Chile y además considera color y saturación de oxígeno. Las concentraciones de los diferentes parámetros son variadas, como puede observarse, según el color de las celdas, en la Tabla 9. En rojo aparecen las concentraciones superiores a Chile (sin dilución), en celeste las inferiores y en blanco las concentraciones que son iguales o muy parecidas en magnitud.

Si se comparan los parámetros de Chile (sin dilución) con países Europeos adscritos al convenio Freshwater Trout Aquaculture Dialogue (FTAD), se observa que solo hay coincidencia en dos de los 7 parámetros físico-químicos que se consideran en Europa,

estos son, pH donde la magnitud de este parámetro es muy similar al que se establece en Chile y fósforo total, en este parámetro la concentración de descarga es dependiente de los volúmenes y tiempos de producción. Adicionalmente en Europa y en el marco del convenio FTDA se consideran los parámetros de COD, Saturación de oxígeno, TAN, Nitrito (NO_2) y Nitrato (NO_3-N) (Tabla 2). Alemania también exige algunos de estos parámetros incorporando N orgánico e inorgánico y NH_4-N .

Noruega ha implementado en sus programas de monitoreo el sistema MOM, que no se encuentra orientado específicamente al seguimiento de parámetros ambientales, sino más bien a proteger el recurso hidrobiológico, cautelando las condiciones ambientales del recurso acuático. Entre los parámetros exigidos por Norwegian State Pollution Control Authority, sólo 3 coinciden con los exigidos en la normativa ambiental Chilena (NT, PT y pH) con magnitudes de concentración similar, incorporando además saturación de oxígeno.

Tabla 9. Parámetros exigidos a los centros de cultivo de salmonídeos en tierra por la normativa ambiental internacional con respecto a los exigidos a nivel nacional.

Parámetro	Chile			Argentina	Venezuela	Nicaragua	Brasil (19)	Países adscritos al FTAD (10)
	Cuerpos Fluviales		Lagos					
	Sin Dilución	Con Dilución						
DBO ₅ (mgO ₂ /L)	35	300	35	100	60	75	5	--
SST (mg/L)	80	300	80	100	80	75	--	--
NTK (mg/L)	50	75	-	15	--	30	--	--
NT (mg/L)	--	--	10	10	40	--	--	--
PT (mg/L)	10	15	2	10	10	8	--	5K/ton producción >12 meses 4k/ ton producción <12 meses
Poder Espumógeno (mm)	7	7	--	--	--	--	--	--
Aceites y grasas (mg/L)	20	50	20	0,3	20	10	50	--
Aluminio (mg/L)	5	10	1	--	--	--	--	--
Arsénico (mg/L)	0,5	1	0,1	--	--	--	--	--
Boro (mg/L)	0,75	3	--	--	--	--	--	--
Cadmio (mg/L)	0,01	0,3	0,02	--	--	--	--	--
Cianuro (mg/L)	0,20	1	0,5	--	--	--	--	--
Cloruro(mg/L)	400	2000	--	1000	1000	600	--	--
Cobre total mg/L	1	3	0,1	--	--	--	--	--
Índice de Fenol	0,5	1	0,5	--	--	--	--	--
Cromo Hexavalente (mg/L)	0,05	0,2	0,2	--	--	--	--	--
Fluoruro (mg/L)	1,5	5	1	--	--	--	--	--
Hidrocarburos fijos (mg/L)	10	50	5	--	--	--	--	--
Hierro disuelto (mg/L)	5	10	2	--	--	--	--	--
Manganeso (mg/L)	0,3	3	0,5	--	--	--	--	--
Mercurio (mg/L)	0,001	0,01	0,005	--	--	--	--	--
Molibdeno (mg/L)	1	2,5	0,07	--	--	--	--	--
Níquel (mg/L)	0,2	3	0,5	--	--	--	--	--
pH (unidad)	6-8.5	6-8.5	6-8.5	--	6-9	--	6-9	5,5-7,5
Pentaclorofenol (mg/L)	0,009	0,01	--	--	--	--	--	--
Plomo (mg/L)	0,05	0,5	0,2	--	--	--	--	--
Temperatura (°C)	<35	<40	--	<35	--	--	<40	--
Tetracloroetano (mg/L)	0,04	0,4	--	--	--	--	--	--
Triclorometano (mg/L)	0,2	0,5	--	--	--	--	--	--
Tolueno (mg/L)	0,7	7	--	--	--	--	--	--

Evaluación y análisis de los posibles parámetros ambientales a ser incorporados en las normas de emisión y/o calidad de aguas fluviales y lacustres, destinados a centro de cultivo ubicados en tierra.

Sólidos Sedimentables (ml/L/h)	--	--	5	--	1	1	1	--
SAAM (Sustancias Activas al Azul de Metileno) (mg/L)	--	--	10	--	--	--	--	--
Sólidos gruesos	--	--	--	Ausente	--	--	--	--
Selenio (mg/L)	0,01	--	0,01	--	--	--	--	--
DQO (mg/L)	--	--	--	250	350	150	--	--
Color (mg/L)	--	--	--	inapreciable	500 ⁽⁷⁾	--	<75	--
Sulfatos (mg/L)	1000	2000	--	1000	1000	400	--	--
Sulfuros (mg/L)	1	10	1	--	--	--	--	--
Xileno (mg/L)	0,5	5	--	--	--	--	--	--
Zinc (mg/L)	3	20	5	--	--	--	--	--
Conductividad (ds/m)	--	--	--	--	--	--	--	--
Bronopol (g/día)	--	--	--	--	--	--	--	--
Formaldehido (g/día)	--	--	--	--	--	--	--	--
Chloramine T (g/día)	--	--	--	--	--	--	--	--
COD (mg/L)	--	--	--	--	--	--	--	100-300
Saturación Oxígeno (%)	--	--	--	--	--	--	>6	60
Amonio (mg/L) TAN	--	--	--	--	--	--	--	1,5
NO ₂ (mg/L)	--	--	--	--	--	--	--	0,05-1,0
NO ₃ -N (mg/L)	--	--	--	--	--	--	--	100-200
Coliformes Fecales NMP/100 ml	1000	1000	1000-70	--	--	--	1000	--

Tabla 9. Parámetros exigidos a los centros de cultivo de salmonídeos en tierra por la normativa ambiental internacional con respecto a los exigidos a nivel nacional (continuación).

Parámetro	Chile			Dinamarca (11)	Thailandia			Noruega	Escocia (15)	Alemania	Suiza (8) (9)
	Cuerpos Fluviales		Lagos		(12)	(13)	(14)				
	Sin Dilución	Con Dilución									
DBO ₅ (mgO ₂ /L)	35	300	35	1,0	20	20	20	--	7,5-30	4,2-6,8	20
SST (mg/L)	80	300	80	--	80	70	70	--	--	--	20
NTK (mg/L)	50	75	-	3,0	--	--	--	--	-	--	--
NT (mg/L)	--	--	10	--	4	4	4	<295 ₍₂₀₎	--	5,7-7.5	--
N orgánico	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0,75-1,18	--
N inorgánico	--	--	--	--	--	--	--	--	--	4,62-7,06	--
PT (mg/L)	10	15	2	0,05	0,5	0,4	0,4	<21 ₍₂₀₎	--	0,35-0,39	0,8
Poder Espumogénico (mm)	7	7	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Aceites y grasas (mg/L)	20	50	20	--	--	--	--	--	--	--	--
Aluminio (mg/L)	5	10	1	--	--	--	--	--	--	--	--
Arsénico (mg/L)	0,5	1	0,1	--	--	--	--	--	--	--	--
Boro (mg/L)	0,75	3	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Cadmio (mg/L)	0,01	0,3	0,02	--	--	--	--	--	--	--	--
Cianuro (mg/L)	0,20	1	0,5	--	--	--	--	--	--	--	--
Cloruro(mg/L)	400	2000	--	--	--	--	--	--	500-1000	--	--
Cobre total mg/L	1	3	0,1	--	--	--	--	--	--	--	--
Índice de Fenol	0,5	1	0,5	--	--	--	--	--	--	--	--
Cromo Hexavalente (mg/L)	0,05	0,2	0,2	--	--	--	--	--	--	--	--
Fluoruro (mg/L)	1,5	5	1	--	--	--	--	--	--	--	--
Hidrocarburos fijos (mg/L)	10	50	5	--	--	--	--	--	--	--	--
Hierro disuelto (mg/L)	5	10	2	--	--	--	--	--	--	--	--
Manganeso (mg/L)	0,3	3	0,5	--	--	--	--	--	--	--	--
Mercurio (mg/L)	0,001	0,01	0,005	--	--	--	--	--	--	--	--
Molibdeno (mg/L)	1	2,5	0,07	--	--	--	--	--	--	--	--
Níquel (mg/L)	0,2	3	0,5	--	--	--	--	--	--	--	--
pH (unidad)	6-8.5	6-8.5	6-8.5	--	6,5-8,5	6,5-9,0	6,5-8,5	6-9	5-9	--	--

Evaluación y análisis de los posibles parámetros ambientales a ser incorporados en las normas de emisión y/o calidad de aguas fluviales y lacustres, destinados a centro de cultivo ubicados en tierra.

Pentaclorofenol (mg/L)	0,009	0,01	---	--	--	--	--	--	--	--	--
Plomo (mg/L)	0,05	0,5	0,2	--	--	--	--	--	--	--	--
Temperatura (°C)	<35	<40	--	--	--	--	--	--	--	--	<3°C ₍₂₎
Tetracloroetano (mg/L)	0,04	0,4	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Triclorometano (mg/L)	0,2	0,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Tolueno (mg/L)	0,7	7	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sólidos Sedimentables (ml/L/h)	--	--	5	--	--	--	--	--	10-25	--	--
SAAM (Sustancias Activas al Azul de Metileno) (mg/L)	--	--	10	--	--	--	--	--	--	--	--
Sólidos gruesos	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Selenio (mg/L)	0,01	--	0,01	--	--	--	--	--	--	--	--
DQO (mg/L)	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Color (mg/L)	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sulfatos (mg/L)	1000	2000	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sulfuros (mg/L)	1	10	1	--	--	--	--	--	--	--	--
Xileno (mg/L)	0,5	5	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Zinc (mg/L)	3	20	5	--	--	--	--	--	--	--	--
Conductividad (ds/m)	--	--	--	--	0,75	--	--	--	--	--	--
Bronopol (g/día)	--	--	--	--	--	--	--	--	70	--	--
Formaldehído (g/día)	--	--	--	--	--	--	--	--	50	--	--
Chloramine T (g/día)	--	--	--	--	--	--	--	--	300	--	--
COD (mg/L)	--	--	--	--	--	--	--	--	--	16 - 26	--
Saturación Oxígeno (%)	--	--	--	60	--	--	--	>4	--	--	--
Amonio (mg/L) TAN	--	--	--	0,6	1,1	1,1	1,1	--	0,65-2,6	--	2,0
NO ₂ (mg/L)	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0,039-0,185	0,3
NO ₃ -N (mg/L)	--	--	--	--	--	--	--	--	--	3,18-4,85	--
NO ₄ N (mg/L)	--	--	--	--	--	--	--	--	--	1,02-2,71	--
Coliformes Fecales NMP/100 ml	1000	70	100 0-70	--	--	--	--	<100	--	--	--

- (1) Reglamento de Dominio Público Hidráulico, RD 508/2007 y DIRECTIVA 2000/60/CE del Parlamento Europeo
- (2) En ríos, el incremento de temperatura media de una sección fluvial tras la zona de dispersión no superará los 3 °C.
- (3) Medido en mg/l

- (4) En disolución: 1/20
- (5) Medido como % de remoción
- (6) Medido como % de remoción
- (7) Unidades de Pt-Co.
- (8) SR 814.20 Federal Act on the Protection of Waters Swiss Confederation
- (9) Considerada por la naturaleza de sus componentes como vertido urbano superior a 200 habitantes equivalentes
- (10) Freshwater Trout Aquaculture Dialogue (FTAD). Final draft standards for environmentally and socially responsible trout farming. January 2012. (USA, Reino Unido, Dinamarca, Turkía, Italia, Holanda, España y otros)
- (11) Max. Incremento permitido entre agua de entrada y de salida. (Statutory Order of the Ministry of Environment Nº 358, June 1991 on freshwater fish farm).
- (12) Parámetros estándar de efluentes para pisciculturas de agua dulce en tierra
- (13) Parámetros estándar para efluentes de pisciculturas de agua dulce que evacúan en mar
- (14) Parámetros estándar para pisciculturas con agua de mar.
- (15) En base a una descarga de 500 L/s
- (16) Promedio límite mensual
- (17) Promedio límite mensual medido como effluent concentration – influent concentration.
- (18) Promedio límite mensual
- (19) Resolution (CONAMA) No. 20 of 1986 Brazil
- (20) Medido en $\mu\text{g l}^{-1}$ invierno

Al comparar los criterios normativos que se aplican en el control de efluentes de pisciculturas de Chile y EE.UU, se observa que en este último prevalece la aplicación obligatoria de buenas prácticas productivas que aseguran la protección ambiental. Del mismo modo, se observa que los límites de concentración para la mayoría de los parámetros físicos y químicos no son uniformes en el país, sino que depende de las condiciones productivas de la piscicultura y de las características y del cuerpo de agua receptor (Tabla 10).

Tabla 10. Parámetros exigidos en la normativa ambiental Norteamericana (USA) a los efluentes de pisciculturas.

	EEUU		
Parámetro / Variable ambiental	Pisciculturas de 45.359 – 215.455 kilos de producción anual (1)	Pisciculturas mayores a 215.455 kilos de producción anual (1)	Para pisciculturas en general (2)
DBO (mgO₂/L)	No hay acuerdos para este parámetro	No hay acuerdos para este parámetro	COD Disuelto: 100-300 mg/l ¹
SST (mg/L) flujo abierto	6 mg/l como promedio mes 11mg/l máx promedio diario	6 mg/l como promedio mes 10mg/l máx promedio diario	No hay acuerdos para este parámetro
SST (mg/L) con sedimentador OLSB	67 mg/l como promedio mes 87mg/l máx promedio diario	55 mg/l como promedio mes 69 mg/l máx promedio diario	No hay acuerdos para este parámetro
SST (mg/L) con recirculación	30 mg/l como promedio mes 50mg/l máx promedio diario	55 mg/l como promedio mes 69 mg/l máx promedio diario	No hay acuerdos para este parámetro
NTK (mg/L)	Depende las condiciones y características de la piscicultura y del cuerpo de agua receptor. Se exige aplicar manual de buenas prácticas	Depende las condiciones y características de la piscicultura y del cuerpo de agua receptor. Se exige aplicar manual de buenas prácticas	NO ₃ -N 100- 200
NT (mg/L)	Depende las condiciones y características de la piscicultura y del cuerpo de agua receptor. Se exige aplicar manual de buenas prácticas	Depende las condiciones y características de la piscicultura y del cuerpo de agua receptor. Se exige aplicar manual de buenas prácticas	No hay acuerdos para este parámetro
NO2	Depende las condiciones y características de la piscicultura y del cuerpo de agua receptor. Se exige aplicar manual de buenas prácticas	Depende las condiciones y características de la piscicultura y del cuerpo de agua receptor. Se exige aplicar manual de buenas prácticas	0,05 – 1,0
PT (mg/L)	Depende las condiciones y características de la piscicultura y del cuerpo de agua receptor. Se exige aplicar manual de buenas prácticas	Depende las condiciones y características de la piscicultura y del cuerpo de agua receptor. Se exige aplicar manual de buenas prácticas	> / = a 20 ug/l 5 kg/ton producción > 12 meses 4 kg/ton producción < 12 meses
Poder Espumogénico (mm)	Depende las condiciones y características de la piscicultura y del cuerpo de agua receptor. Se exige aplicar manual de buenas prácticas	Depende las condiciones y características de la piscicultura y del cuerpo de agua receptor. Se exige aplicar manual de buenas prácticas	No hay acuerdos para este parámetro
Aceites y grasas (mg/L)	Depende las condiciones y características de la piscicultura y del cuerpo de agua receptor. Se exige aplicar manual de buenas prácticas	Depende las condiciones y características de la piscicultura y del cuerpo de agua receptor. Se exige aplicar manual de buenas prácticas	No hay acuerdos para este parámetro
Cloruro(mg/L)	Depende las condiciones y características de la piscicultura y del cuerpo de agua receptor. Se exige aplicar manual de buenas prácticas	Depende las condiciones y características de la piscicultura y del cuerpo de agua receptor. Se exige aplicar manual de buenas prácticas	No hay acuerdos para este parámetro
pH (unidad)	Depende las condiciones y características de la piscicultura y del cuerpo de agua receptor. Se exige aplicar manual de buenas prácticas	Depende las condiciones y características de la piscicultura y del cuerpo de agua receptor. Se exige aplicar manual de buenas prácticas	5,5-7,5
Temperatura (°C)	Depende las condiciones y características de la piscicultura y del cuerpo de agua receptor. Se exige	Depende las condiciones y características de la piscicultura y del cuerpo de agua receptor. Se exige	No hay acuerdos para este parámetro

	aplicar manual de buenas prácticas	aplicar manual de buenas prácticas	
Sólidos Sedimentables(ml/L/h)	Depende las condiciones y características de la piscicultura y del cuerpo de agua receptor. Se exige aplicar manual de buenas prácticas	Depende las condiciones y características de la piscicultura y del cuerpo de agua receptor. Se exige aplicar manual de buenas prácticas	No hay acuerdos para este parámetro
SAAM (Sustancias Activas al Azul de Metileno) (mg/L)	Depende las condiciones y características de la piscicultura y del cuerpo de agua receptor. Se exige aplicar manual de buenas prácticas	Depende las condiciones y características de la piscicultura y del cuerpo de agua receptor. Se exige aplicar manual de buenas prácticas	No hay acuerdos para este parámetro
Sólidos gruesos	Depende las condiciones y características de la piscicultura y del cuerpo de agua receptor. Se exige aplicar manual de buenas prácticas	Depende las condiciones y características de la piscicultura y del cuerpo de agua receptor. Se exige aplicar manual de buenas prácticas	No hay acuerdos para este parámetro
DQO (mg/L)	Depende las condiciones y características de la piscicultura y del cuerpo de agua receptor. Se exige aplicar manual de buenas prácticas	Depende las condiciones y características de la piscicultura y del cuerpo de agua receptor. Se exige aplicar manual de buenas prácticas	No hay acuerdos para este parámetro
Sulfatos (mg/L)	Depende las condiciones y características de la piscicultura y del cuerpo de agua receptor. Se exige aplicar manual de buenas prácticas	Depende las condiciones y características de la piscicultura y del cuerpo de agua receptor. Se exige aplicar manual de buenas prácticas	No hay acuerdos para este parámetro
Amonio (mg/L) TAN	No hay acuerdos para este parámetro	No hay acuerdos para este parámetro	1,5
Saturación de O2 (%)	No hay acuerdos para este parámetro	No hay acuerdos para este parámetro	60

- (1) Basado en reglamentos establecidos por la Environmental Protection Agency (EPA), específicamente en el documento titulado "Authorization to Discharge under the National Pollutant Discharge Elimination System (NPDES)" firmado el 23 de junio de 2009.
- (2) Freshwater Trout Aquaculture Dialogue (FTAD). Final draft standards for environmentally and socially responsible trout farming. January 2012. Acordado por la Unión Europea y EE.UU.

2. Descripción razones técnicas y científicas del país de origen para exigir cada uno de los parámetros empleados en su propia normativa

Los estándares de calidad de agua diseñados para evitar que los efluentes puedan causar impactos negativos en las aguas receptoras difieren de país en país. Las directrices universales en cuanto a normas de efluentes son difíciles de formular debido a diferencias hidro-geográficas, climáticas y las condiciones ambientales locales de los países y regiones. Los criterios numéricos y cualitativos de las normas dependerán de la naturaleza de los efluentes y las características de las aguas receptoras. En algunos estados prevalece las normas de efluentes, en otros se imponen restricciones sobre la cantidad de alimento o agua que puede ser utilizada para la acuicultura (Boyd 2003). Por ejemplo, el decreto de Dinamarca (8th, noviembre 2002) fija una cantidad anual de alimentación máxima autorizada para granjas de agua dulce, reducirse o aumentarse dependiendo de la abundancia y cantidad de agua, también la composición de la alimentación (principalmente nitrógeno y fósforo). Un estudio realizado por Fundación Terram el año 2001, señala que Suecia por cada kilogramo de nitrógeno que descargue al medio, debe pagar al estado entre US\$ 6 y US\$ 12.8 y en el caso del fósforo, el costo ambiental que se debe pagar es entre US\$ 2.6 y US\$ 3.8 por cada kilo.

Los principales componentes de efluentes provenientes de centros de cultivo en tierra que pueden causar efectos adversos en los ecosistemas fluviales son: nutrientes (nitrógeno, fósforo, entre otros), la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), sólidos suspendidos (SS), patógenos y residuos químicos. Es por esta razón que en muchos países estos parámetros constituyen elementos básicos de medición (Tabla 9). La caracterización de los residuos y la cuantificación de estos, son claves para las operaciones de la piscicultura, en vista de ello agencias gubernamentales consideran las particularidades y origen de los residuos para establecer normas o estándares de calidad. Por lo general, los desechos de pescado se caracterizan por su alto nivel de dilución cuando se compara con otro tipo de producción animal o las aguas residuales industriales.

Los residuos se originan a partir de la ingesta parcial por los peces o la digestibilidad parcial de alimentación. Los residuos sólidos, que comprende la materia fecal, constituyen un material fraguable más o menos compacto. Su composición química (C, N, P) y las características físicas (tamaño, densidad, contenido de agua, entre otros)

dependen de la composición de la alimentación y el pez (especie, fase de desarrollo). Además de los sólidos, las heces contienen agua y sustancias disueltas, principalmente fósforo y calcio (Roque et al. 2008). Los peces también excretan compuestos solubles a través de las branquias y los riñones. Cuando la degradación de lípidos y carbohidratos producen CO_2 y agua, la degradación de proteínas produce principalmente amoníaco (NH_3 y NH_4) que representa 80 a 90% del nitrógeno soluble excretado, y el resto se excreta principalmente como urea. Para la mayoría de los peces, la excreción de nitrógeno representa 50 a 70% de la ingesta de nitrógeno (Dosdat 1992). El principal residuo de fósforo soluble es ortofosfato (PO_4^{3-}), lo que representa sólo aproximadamente el 20% de la ingesta de fósforo (Dosdat et al. 1996).

La diversidad de reglamentos y normas que controlan el cultivo de peces en Europa refleja las diferencias en las condiciones ambientales, la tecnología de cultivo, especies cultivadas y la cantidad y naturaleza de los residuos vertidos (Bergheim & Brinker 2003). La mayoría de los centros acuícolas en Noruega están situados a lo largo de la costa y descargan sus efluentes directamente al mar. Los centros ubicados en tierra utilizan los ríos y arroyos como destinatarios principales al igual que Alemania, donde utilizan manantiales o arroyos como fuentes de agua y receptoras. Por razones económicas y técnicas, el tratamiento mecánico para la eliminación de sólidos de efluentes es más común. Los dos procedimientos principales de tratamiento son la sedimentación y el cribado. La elección del tratamiento debe tener en cuenta ciertas condiciones, tales como la tasa de flujo, las concentraciones de sólidos, diseño del estanque, la disponibilidad de tierra, el capital, los costos operativos y las regulaciones ambientales existentes (Dumas & Bergheim 2001).

Las políticas ambientales en las naciones desarrolladas se orientan más bien a proteger el recurso hidrobiológico, cautelando las condiciones ambientales del recurso acuático. Dinamarca posee las regulaciones ambientales más estrictas en Europa. Los 14 consejos de los condados son los principales organismos de la administración del sistema de licencias para todas las actividades de la acuicultura (Stellwagen 1993). Las regulaciones ambientales danesas incluyen demandas sobre el incremento máximo de la DBO_5 , SS, fósforo total, amoníaco y nitrógeno total. También existen exigencias en cuanto al consumo máximo permisible de alimentación, que es modificado por una variedad de factores como la calidad del agua, centros acuícolas adicionales situados a

lo largo del curso de agua, el impacto observado de la carga de efluentes en el medio ambiente, entre otros.

Todos los intentos ambientales han llevado a cargas reducidas de los sólidos y los nutrientes de las pisciculturas danesas en la última década. Entre las regulaciones adicionales están:

- i. Limitación de la máxima extracción de agua del curso de agua.
- ii. La cantidad de agua máxima permitida de descarga de la piscicultura.
- iii. Los peces muertos deben ser removidos diariamente.
- iv. Sin influencias negativas en la conectividad longitudinal del curso de agua.
- v. El encargado del centro debe mantener un libro de registro anual de las operaciones, que incluya la siguiente información:
 - La producción del año
 - Los tipos de alimento
 - El consumo de alimento
 - El consumo de agua
 - La disposición final de lodos
 - El uso y la cantidad de medicamentos aplicados

Los países latinoamericanos además de establecer criterios numéricos en relación a la regulación de los efluentes de pisciculturas, también consideran criterios cualitativos como presencia de sólidos gruesos y color (Tabla 9). Estas normativas se basan principalmente en una clasificación de las aguas de acuerdo a sus usos predominantes, como es el caso de Brasil. En Chile, las regulaciones se centran más bien en el entorno, mediante la implementación de medidas tendientes a regular las actividades de la acuicultura para así evitar el deterioro de las condiciones ambientales (medidas curativas), las variables que se definen para monitorear el proceso y sus estándares de calidad. Sin embargo, no existe un mecanismo que asegure que una vez obtenido los permisos para que la actividad se desarrolle, el nuevo proyecto no afectará los estándares u objetivos de calidad ambiental, ya que aún no se encuentra definida la calidad objetivo para los cuerpos de agua, de acuerdo a su capacidad de carga para cada uno de los parámetros usados para caracterizar su estado de calidad ambiental (Nuñez 2009).

La acuicultura en Chile, en general es una actividad que se inició con normas de otros sectores, por lo que a medida que se ha ido desarrollando, se fueron creando e imponiendo normas específicas por parte de distintos servicios que vieron competencias en esta actividad. En países como Noruega y Canadá el reconocimiento de la importancia económica y social de la actividad acuícola y pesquera condujo a la creación de ministerios específicos para regular el sector y entregarle soporte necesario para su desarrollo futuro. Esta situación también ocurre en países que incluso poseen actividades de menor escala que Chile, como Brasil y Ecuador quienes han creado un Ministerio de Pesca y Acuicultura y una Subsecretaría de Acuicultura con facultades para establecer normas de emisión que puedan determinar la cantidad máxima de contaminantes permitidos en los efluentes de centros acuícolas.

2.1. Metodologías y periodicidad de muestreo

En Chile la descarga de efluentes proveniente de la actividad acuícola es regulada por el Decreto Supremo N° 90, cuyo objetivo es prevenir o corregir la contaminación de las aguas superficiales, estableciendo límites a la cantidad de contaminantes emitidos que puedan descargar las instalaciones industriales a los cuerpos de agua. Este decreto también establece las condiciones específicas para la medición y control de los efluentes, como la periodicidad de muestreo y la metodología. En cuanto a la periodicidad, especifica que el número de días que se realice la toma de muestras debe ser representativo de las condiciones de descarga, en términos que corresponda a aquellos eventos en que se viertan los residuos líquidos generados en máxima producción o en máximo caudal de descarga. Por lo que el número de días de muestreo durante el año está determinado por el volumen de descarga de cada centro de cultivo (Tabla 11).

Respecto a los procedimientos o metodologías para la toma de muestra están contenidos en la Norma Chilena Oficial NCh 411/2 Of 96, Calidad del agua – Muestreo – Parte 2: Guía sobre técnicas de muestreo; NCh 411/3 Of 96, Calidad del agua – Muestreo – Parte 3: Guía sobre la preservación y manejo de muestras, y NCh 411/10 Of 97, Calidad del agua – Muestreo – Parte 10: Guía para el muestreo de aguas residuales. Asimismo el lugar de toma de muestra debe considerar una cámara o dispositivo de fácil acceso, especialmente habilitada para tal efecto, que no sea afectada por el cuerpo receptor.

En el caso de Noruega los permisos para la descarga de aguas residuales son otorgados o rechazados en base al estatus ambiental documentado del cuerpo de agua receptor. Se utiliza el Estándar Noruego "NS 9410 Monitoreo ambiental de granjas piscícolas marinas", cuando se monitorean los efectos sobre el ambiente después que la producción ha comenzado. El permiso indicará el nivel permitido de descarga de aguas residuales y químicos en el agua. Esta norma se basa en la relación directa que existe entre el efluente procedente de un centro acuícola y la respuesta del medio ambiente evaluado en las proximidades del centro.

El programa de monitoreo aplicado a los centros de cultivo en Noruega (MOM) se basa en tres tipos de investigaciones (A, B y C) según el grado de complejidad y la escala del impacto ambiental. La investigación A es una simple medición de la velocidad de sedimentación que se produce en las jaulas. La investigación B se realiza un seguimiento de las condiciones de los sedimentos y se evalúan tres grupos de parámetros; biológicos, químicos (pH y redox) y sensoriales (Ver Anexo 2 formularios B-investigación). Por último la investigación C se basa en un estudio exhaustivo de la estructura de las comunidades de macrofauna bentónica a lo largo de un transecto, donde se utilizan tres estaciones de muestreo y se debe realizar la medición parámetros físico-químicos (NT, PT, pH y OD), coliformes fecales y carbono orgánico total COT. Este tipo de investigación se realiza con menor frecuencia en comparación con las investigaciones A y B, las cuales evalúan la zona de impacto más local.

Para la investigación A, se requieren dos trampas de sedimentación para la recogida de los residuos provenientes de la alimentación y excrementos. El diámetro de la trampa debe ser como mínimo de 10 centímetros y la altura de 6 veces el diámetro (Figura 3). Las trampas deben estar a una distancia no superior a 5 metros de la boya submarina de la cual se suspenden y sumergidas a una profundidad de 2 metros. Una trampa de sedimento se suspende en una zona donde exista un régimen de alimentación más intensivo, la otra es suspendida en el borde la jaula donde exista una baja presencia de peces. Luego de 14 días se retiran los depósitos y luego se realiza una medición de la cantidad de residuos generados. Esta actividad puede ser llevada a cabo por personal de la propia piscicultura, ya que la normativa no exige profesionales expertos en el área.

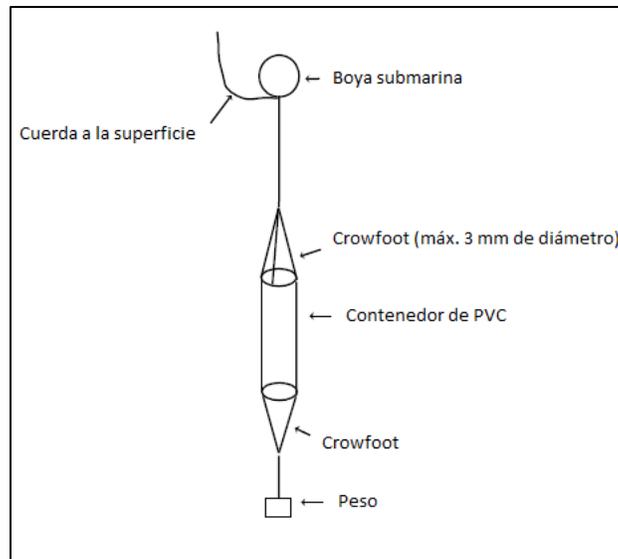


Figura 3. Trampa de sedimento en suspensión.

En cuanto a la investigación B y C es necesario que se lleve a cabo por personal con la formación y las competencias necesarias, que será determinado por la Dirección de Pesca. Para ambos monitoreos es necesario contar con instrumental adecuado para mediciones *in situ*, tales como:

- Cabrestante: portátil o fijo para arrastrar y recuperar muestras suspendidas.
- Draga: Con un área de muestreo de al menos 200 cm².
- Equipo de medición de pH: Solución Buffer a pH 4,0 y 7,0 y agua destilada.
- Otros: Tamiz de malla con agujeros redondos de 1 mm de diámetro, cilindros de Plexi-glass de submuestreo, lupa (5x ampliación), porta electrodos, solución desinfectante y recipientes para desinfección.

Según lo especificado en las pautas de la toma de muestras para la investigación B se debe tomar como mínimo 10 muestras de tal manera que sean lo más representativas posible de las condiciones del fondo de la piscicultura. La investigación tipo C se deben tomar solo 2 muestras al azar para la caracterización de la macrofauna bentónica. Los índices de diversidad de fauna son poco adecuados para la determinación de la condición del medio ambiente en los casos en que hay relativamente pocas especies con una distribución uniforme de individuos, como lo es a menudo en zonas cercanas a pisciculturas. Por lo tanto, la evaluación se basa en el número de especies presentes y composición de la macrofauna.

Condición Ambiental 1:

- Al menos 20 especies de macrofauna (>1 mm) con exclusión de los nematodos dentro de un área de muestreo de 0,2 m.
- Ninguna de las especies contribuyen más de 65% del número total de individuos.

Condición Ambiental 2:

- 5 a 19 especies de macrofauna (>1 mm) con exclusión de los nematodos dentro de un área de muestreo de 0,2 m.
- Más de 20 individuos con exclusión de los nematodos dentro de un área de muestreo de 0,2 m.
- Ninguna de las especies contribuyen más de 90% del número total de individuos.

Condición Ambiental 3:

- 1 a 4 especies de macrofauna (>1 mm) con exclusión de los nematodos dentro de un área de muestreo de 0,2 m.

Condición Ambiental 4 (inaceptable)

- Sin macrofauna (>1 mm) con exclusión de los nematodos dentro de un área de muestreo de 0,2 m.

Se han establecido diferentes normativas de calidad ambiental que han sido desarrolladas por la autoridad Noruega para el control de la contaminación, las cuales describen diferentes metodologías de análisis, como; NS 9422:1998 Calidad de agua – Directrices para el muestreo de sedimentos en las zonas marinas (*Water quality - Guidelines for sediment sampling in marine areas*). NS 9423:1998 Calidad de agua – Directrices para el estudio cuantitativo de la fauna bentónica sublitoral de fondo en medio marino (*Water quality – Guidelines for quantitative investigations of sublittoral soft-bottom benthic fauna in the marine environment*). SFT Clasificación de la calidad ambiental en los fiordos y aguas costeras – Directrices (versión actual) (*Classification of environmental quality in fjords and coastal waters –Guidelines*).

Tabla 11. Metodología y periodicidad de muestreo de parámetros exigidos en la normativa ambiental de Chile y de Noruega.

CHILE			NORUEGA																									
Parámetro	Periodicidad de muestreo		Método	Periodicidad de muestreo (1)	Método																							
DBO ₅ (mgO ₂ /L)			INN Chile (1996) NCh 2313/5	Frecuencia de Monitoreo dependerá del grado de impacto ambiental (DEX) y el tipo de investigación (A: medición de la velocidad de sedimentación; B: seguimiento de las condiciones de sedimentación).	---																							
SST (mg/L)	El número mínimo de días del muestreo en el año calendario, se determinará, conforme se indica a continuación:		MULTI 340i/SET (INN Chile, 1995: NCh2313/1)		---																							
NTK (mg/L)	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Volumen de descarga m³ x 103/año</th> <th>Número mínimo de días monitoreo anual, N</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>< 5000</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>5000 a 20000</td> <td>24</td> </tr> <tr> <td>> 20000</td> <td>48</td> </tr> </tbody> </table>	Volumen de descarga m ³ x 103/año	Número mínimo de días monitoreo anual, N		< 5000	12	5000 a 20000	24	> 20000	48	Macro-Kjeldahl método (INN Chile, 1995: NCh2313/28)	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">Tipo de investigación</th> </tr> <tr> <th></th> <th>A</th> <th>B</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>DEX 1</td> <td>Cada 3 meses</td> <td>Cada 2 años</td> </tr> <tr> <td>DEX 2</td> <td>Cada 2 meses</td> <td>Cada año</td> </tr> <tr> <td>DEX 3</td> <td>Cada mes</td> <td>Dos veces al año (primavera y otoño)</td> </tr> </tbody> </table>		Tipo de investigación				A	B	DEX 1	Cada 3 meses	Cada 2 años	DEX 2	Cada 2 meses	Cada año	DEX 3	Cada mes	Dos veces al año (primavera y otoño)
Volumen de descarga m ³ x 103/año		Número mínimo de días monitoreo anual, N																										
< 5000		12																										
5000 a 20000	24																											
> 20000	48																											
Tipo de investigación																												
	A	B																										
DEX 1	Cada 3 meses	Cada 2 años																										
DEX 2	Cada 2 meses	Cada año																										
DEX 3	Cada mes	Dos veces al año (primavera y otoño)																										
NT (mg/L)			INN Chile (1995) NCh2313/16	Peroxodisulfate oxidation + spectroph. NS 9410.																								
PT (mg/L)			INN Chile (1997) NCh 2313/15	Spectrophotometry, automated. NS 9410																								
Poder Espumogénico (mm)			INN Chile (1997) NCh 2313/21	---																								
Aceites y grasas (mg/L)			INN Chile (1997) NCh 2313/6	---																								
Cloruro(mg/L)			Titulación (APHA, 1995: SM 4500-CI-B)	---																								
pH (unidad)			MULTI 340i/SET (INN Chile, 1995: NCh2313/1)	Electrometry. NS 9410.																								
Temperatura (°C)			MULTI 340i/SET (INN Chile, 1995: NCh2313/1)	---																								

Evaluación y análisis de los posibles parámetros ambientales a ser incorporados en las normas de emisión y/o calidad de aguas fluviales y lacustres, destinados a centro de cultivo ubicados en tierra.

Sólidos Sedimentables(ml/L/h)		INN Chile (1995) NCh 2313/4		---
SAAM (Sustancias Activas al Azul de Metileno) (mg/L)		INN Chile (1998) Nch 2313/27		---
Sólidos gruesos		---		---
DQO (mg/L)		---		---
Color (mg/L)		---		---
Sulfatos (mg/L)		---		---
Conductividad (ds/m)		MULTI 340i/SET (APHA, 1995: SM 45000-G)		---
Bronopol (g/día)		---		---
Formaldehido (g/día)		---		---
Chloramine T (g/día)		---		---
COD (mg/L)		---		Oxidation with KMnO ₄ , + titrimetry. NS 9410.
Saturación Oxígeno (%)		---		---
Amonio (mg/L) TAN		Titulación (INN Chile (1995) NCh2313/16)		---
NO ₂ (mg/L)		Colorimetría (APHA, 1995: 4500ONO ₂ F)		---
NO ₃ -N (mg/L)		MULTI 340i/SET (APHA, 1995: SM 2510-conductivity)		---

Evaluación y análisis de los posibles parámetros ambientales a ser incorporados en las normas de emisión y/o calidad de aguas fluviales y lacustres, destinados a centro de cultivo ubicados en tierra.

Coliformes Fecales NMP/100 ml		---		---
----------------------------------	--	-----	--	-----

- (1) Sistema MOM actualmente implementado a través del marco regulatorio de la acuicultura Noruega. The monitoring programme of the MOM system (Modelling-Ongrowing fish farms-Monitoring).

Los países adscritos al convenio Freshwater Trout Aquaculture Dialogue FTAD, deben cumplir con los principios de minimizar los efectos negativos sobre el recurso hídrico, para lo cual se han establecido normas que se centran en impactos ambientales y sociales. Los monitoreos de descarga de efluentes se deben llevar a cabo como parte de los requisitos reglamentarios y se han propuesto una serie de metodologías para el muestreo de la calidad del agua de centros ubicados en tierra. En estas metodologías se detallan los procedimientos para la toma de muestras en el efluente y la periodicidad, donde la gran mayoría de los parámetros físico-químicos exigidos poseen una frecuencia mensual a excepción de la medición de fósforo total (Tabla 12). Para cada monitoreo se debe mantener un registro de los análisis realizados, y por tanto se les exige utilizar la siguiente tabla para presentar los resultados de cada análisis (Figura 4).

Date	Analysis (TP, TN, BOD, TSS, etc.)	Location (Effluent, Inlet, etc.)	Method (Single grab, 24-hour bulk, etc.)	Sampling by Third Party? (Yes/No)	Analysis by Third Party? (Yes/No)	Result (including units)

Figura 4. Formato de presentación de los resultados de cada análisis. (Fuente: Freshwater Trout Aquaculture Dialogue FTAD).

Las normativas o estándares del convenio también exigen que se lleve a cabo análisis biológicos, como la toma de muestras de macroinvertebrados bentónicos en el cuerpo de agua receptor, estableciendo puntos de muestreo aguas abajo, aguas arriba y en el efluente. En cuanto a los requisitos mínimos exigidos para la obtención de muestras de macroinvertebrados, están:

Enfoque del estudio

- En el muestreo se debe detectar la composición, abundancia y diversidad de la fauna bentónica, centrándose en especies indicadoras claves.

¿Cuándo y con qué frecuencia?

- Las muestras deben tomarse una vez al año.

- Después de tres años de la demostración de resultados consistentes, se puede reducir el monitoreo a una vez cada dos años.

Número de muestras

- La toma de muestras se debe realizar en al menos tres transectos, con la obtención de cuatro muestras en cada transecto y deben ser tomadas aguas arriba y aguas abajo del punto de descarga de la piscicultura.

Análisis de las muestras y la forma de toma de la muestra

- Todas las muestras recogidas deben ser analizadas por un laboratorio acreditado y la metodología de muestreo debe ser aprobada por el laboratorio encargado del análisis.

Entre las diferentes metodologías de análisis para la toma de muestras están contenidos en los documentos del convenio FTAD, Estrategia común de aplicación de la Directiva de Marco del Agua (*Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC) Guidance document no. 7*). Monitoreo bajo la Directiva de Marco del Agua (*Monitoring under the Water Framework Directive; Guidance document no. 13. Overall approach to the classification of ecological status and ecological potential*).

Thailandia ha implementado ciertos requisitos en relación a la contaminación del agua, estipulados bajo el Acta de Mejoramiento y Preservación de la Calidad Ambiental Nacional (1992) (*Enhancement and Preservation of Natural Environmental Quality Act*) administrada por el Ministerio de Recursos Naturales y Ambiente, el cual dispone el establecimiento de estándares de calidad de agua para ríos, canales, lagos, embalses y otras fuentes de aguas continentales. El acta faculta al ministerio para prescribir estándares de emisión o efluentes para el control de las descargas en el ambiente de aguas residuales desde fuentes puntuales, para satisfacer los estándares de calidad ambiental establecidos bajo el acta. Además impone condiciones a los centros de acuicultura para controlar la calidad del efluente de aguas residuales. Del mismo modo estipula la frecuencias de monitoreo y las metodologías a emplear en la medición de los parámetros exigidos. Los métodos de análisis deben basarse en la Norma Métodos Estándar para el Análisis de Aguas y Aguas Residuales APHA-AWWA-WPCF y/o Manual para Aguas y Aguas residuales de la Asociación de Ingeniería Ambiental de Thailandia.

Brasil se rige bajo la Resolución (CONAMA) N° 20 de 1986 (*Resolution (CONAMA) No. 20 of 1986*) que provee una clasificación de las aguas dulces, salobres y marinas,

estableciendo estándares de calidad según el uso al que se destinan. El uso de las aguas para la acuicultura se clasifican en dos clases para aguas dulces, cinco clases para aguas marinas y siete clases para aguas salobres. La resolución propone a las autoridades competentes para la definición de los programas de control de la contaminación y determina estándares de calidad para los efluentes descargados al agua. También señala que los organismos de control ambiental pueden incorporar otros parámetros a medir o hacer más restrictivos los establecidos en la resolución, teniendo en cuenta las condiciones locales. Respecto a los métodos de análisis de efluentes provenientes de centros de cultivo, se determinan de acuerdo a las normas adoptadas por el Instituto Nacional de Metrología, Normalización y Calidad Industrial INMETRO o en su defecto, los Métodos Estándar para el Análisis de Aguas y Aguas Residuales APHA-AWWA-WPCF, última edición (Tabla 13).

En Escocia, conforme a la Ley de Control de Contaminación (1974), cualquier productor acuícola que desee descargar aguas residuales provenientes de un centro productivo deberá disponer previamente de una autorización otorgada por la Agencia Escocesa de Protección al Ambiente (SEPA). Esta agencia deberá monitorear la calidad del agua en el área de influencia de las zonas en que se descargan efluentes, con el fin de determinar la conformidad con los parámetros de calidad ambiental así como para desarrollar e implementar programas de reducción de la contaminación. Los criterios de muestreos se encuentran establecidos en las Regulaciones de Aguas Superficiales (1997) (*Animals and Animal Products; Examination for Residues and Maximun Residue Limits 1997*) y métodos de análisis sobre calidad de agua se rigen bajo Council Directive 79/923/EEC; Commission Decision 93/256/EEC y 93/257/EEC. Cuando los registros de la SEPA muestran que la calidad de las aguas cumplen con los requisitos propuestos por las regulaciones de aguas superficiales y son sensiblemente superiores para cualquier parámetro que el mínimo requerido por la regulación, la agencia puede reducir la frecuencia de muestreo para ese parámetro, como así también cuando el muestreo demuestra que no se están cumpliendo los requisitos de calidad, la SEPA determinará si esta situación es producto de la casualidad, un fenómeno natural o de la contaminación y adoptará las medidas adecuadas.

Las descargas de aguas residuales y la calidad de agua en Estados Unidos, están controladas tanto por instancias federales como estatales. La Agencia para la Protección Ambiental (EPA) es el principal organismo que regula la calidad del agua, y el Departamento de Recursos Hídricos es la principal dependencia del estado. Las

atribuciones de la EPA incluyen un Programa de Monitoreo de la Calidad de las Aguas, que mide la calidad del ecosistema a nivel nacional mediante la obtención y análisis de información científica. Entre otras cosas, el programa identifica y analiza las fuentes de deterioro, acumulación de residuos flotantes y analiza las tendencias de la calidad ambiental al corto y largo plazo. El año 2004, el EPA concluyó los Lineamientos de Límites a las descargas y Normas de Desempeño de Nuevas Fuentes para los puntos de producción concentrada de animales acuáticos. Esta norma establece los lineamientos para limitar las descargas para aquellas instalaciones que descargan aguas residuales de manera directa y producen más de 100.000 libras (45.359 kilos) de peces por año, y utilizan sistemas de flujos, de recirculación o sistemas de cultivo de corrales o jaulas. Los lineamientos procuran ayudar a reducir las descarga de contaminantes comunes (sólidos suspendidos) y reducir los contaminantes no convencionales.

Tabla 12. Metodología y periodicidad de muestreo de parámetros exigidos en la normativa ambiental de Tailandia y países adscritos al convenio FTAD.

Países adscritos al FTAD			THAILANDIA	
Parámetro	Periodicidad de muestreo	Método	Periodicidad de muestreo	Método
DBO ₅ (mgO ₂ /L)	---	---	2 muestreos mensuales	Azide modification by synthetic seawater
SST (mg/L)	---	---	2 muestreos mensuales	Glass fibre filter disc
NTK (mg/L)	---	---	---	---
NT (mg/L)	---	---	2 muestreos mensuales	1) persulfate digestion (2) nitrogen analyser
PT (mg/L)	Muestreos cada 3 meses	Peroxodisulfate oxidation, Spectrophotometry, FIA	2 muestreos mensuales	Ascorbic acid
Poder Espumogénico (mm)	---	---	---	---
Aceites y grasas (mg/L)	---	---	---	---
Cloruro(mg/L)	---	---	---	---
pH (unidad)	Muestreos mensuales	Electrometry	2 muestreos mensuales	pH meter
Temperatura (°C)	---	---	---	---
Sólidos Sedimentables(ml/L/h)	---	---	---	---
SAAM (Sustancias Activas al Azul de Metileno) (mg/L)	---	---	---	---
Sólidos gruesos	---	---	---	---
DQO (mg/L)	---	---	---	---
Color (mg/L)	---	---	---	---

Evaluación y análisis de los posibles parámetros ambientales a ser incorporados en las normas de emisión y/o calidad de aguas fluviales y lacustres, destinados a centro de cultivo ubicados en tierra.

Sulfatos (mg/L)	---	---	---	---
Conductividad (ds/m)	---	---	2 muestreos mensuales	Electrometry
Bronopol (g/día)	---	---	---	---
Formaldehido (g/día)	---	---	---	---
Chloramine T (g/día)	---	---	---	---
COD (mg/L)	Muestreos mensuales	Oxidation with KMnO ₄ , + titrimetry	---	---
Saturación Oxígeno (%)	Muestreos mensuales	Redox titration (Winkeler)	---	---
Amonio (mg/L) TAN	Muestreos mensuales	Spectrophotometry	2 muestreos mensuales	Modified idophenol blue
NO ₂ (mg/L)	Muestreos mensuales	Ion chromatography	---	---
NO ₃ -N (mg/L)	Muestreos mensuales	Ion chromatography	---	---
Coliformes Fecales NMP/100 ml	---	---	---	---

Tabla 13. Metodología y periodicidad de muestreo de parámetros exigidos en la normativa ambiental de Escocia y Brasil.

ESCOCIA			BRASIL	
Parámetro	Periodicidad de muestreo	Método (1)	Periodicidad de muestreo	Método
DBO ₅ (mgO ₂ /L)	Muestreo mensual	79/923/EEC; 93/256/EEC; 93/257/EEC	Muestreo mensual	Standard Methods for the Examination of Water and Water APHA – AWWA - WPCF
SST (mg/L)	---	---	---	---
NTK (mg/L)	---	---	---	---
NT (mg/L)	---	---	---	---
PT (mg/L)	---	---	---	---
Poder Espumogénico (mm)	---	---	---	---
Aceites y grasas (mg/L)	---	---	Muestreo mensual	Standard Methods for the Examination of Water and Water APHA – AWWA - WPCF
Cloruro(mg/L)	Muestreo trimestral	79/923/EEC; 93/256/EEC; 93/257/EEC	---	---
pH (unidad)	Muestreo trimestral	79/923/EEC; 93/256/EEC; 93/257/EEC	Muestreo mensual	Standard Methods for the Examination of Water and Water APHA – AWWA - WPCF
Temperatura (°C)	---	---	Muestreo mensual	Standard Methods for the Examination of Water and Water APHA – AWWA - WPCF
Sólidos Sedimentables (ml/L/h)	Muestreo trimestral	79/923/EEC; 93/256/EEC; 93/257/EEC	Muestreo mensual	Standard Methods for the Examination of Water and Water APHA – AWWA - WPCF

Evaluación y análisis de los posibles parámetros ambientales a ser incorporados en las normas de emisión y/o calidad de aguas fluviales y lacustres, destinados a centro de cultivo ubicados en tierra.

SAAM (Sustancias Activas al Azul de Metileno) (mg/L)	---	---	---	---
Sólidos gruesos	---	---	---	---
DQO (mg/L)	---	---	---	---
Color (mg/L)	---	---	Muestreo mensual	Standard Methods for the Examination of Water and Water APHA – AWWA - WPCF
Sulfatos (mg/L)	---	---	---	---
Conductividad (ds/m)	---	---	---	---
Bronopol (g/día)	Monitoreo semestral	79/923/EEC; 93/256/EEC; 93/257/EEC	---	---
Formaldehido (g/día)	Monitoreo semestral	79/923/EEC; 93/256/EEC; 93/257/EEC	---	---
Chloramine T (g/día)	Monitoreo semestral	79/923/EEC; 93/256/EEC; 93/257/EEC	---	---
COD (mg/L)	---	---	---	---
Saturación Oxígeno (%)	---	---	---	---
Amonio (mg/L) TAN	Monitoreo semestral	79/923/EEC; 93/256/EEC; 93/257/EEC	---	---
NO ₂ (mg/L)	---	---	---	---
NO ₃ -N (mg/L)	---	---	---	---
Coliformes Fecales NMP/100 ml	---	---	Muestreo mensual	Standard Methods for the Examination of Water and Water APHA – AWWA - WPCF

- (1) Council Directive 79/923/EEC of 30 October 1979 on the quality required of shellfish waters. Commission Decision 93/256/EEC of 14 April 1993 laying down the methods to be used for detecting residues of substances having a hormonal or a thyrostatic action. Commission Decision 93/257/EEC of 15 April 1993 laying down the reference method and the list of national reference laboratories for detecting residues.

Alemania se rige bajo la Ordenanza de Aguas Residuales y el Marco de Instrucción Administrativa sobre Aguas Residuales (*Abwasser- Verwaltungsvorschriften- AbwVwV*) que regulan las descargas directas hacia cuerpos acuáticos así como los requisitos y reglamentos generales de análisis y medidas. En los diferentes estados pueden encontrarse otras ordenanzas referentes a la acuicultura, como la Ordenanza de Aguas Dulces para Peces (*Fischgewässerverordnung- FGVO*), la cual implementa la Directriz 78/659/EC sobre la calidad de agua dulce que necesita protección o mejora para mantener la vida de los peces, y la directriz 79/923/EC sobre la calidad requerida de agua para moluscos. Los procedimientos de medición y análisis se encuentran descritos en el Reglamento sobre los requisitos para la descarga de aguas residuales (2001).

Las instalaciones de acuicultura que están emplazados en tierra en Dinamarca, están sujetos a variadas regulaciones ambientales que apuntan a asegurar la calidad del agua de ríos y lagos. Una de ellas es la Regulación relativa a las pisciculturas de agua dulce (1998) (*Regulation relative to fresh water fish farms*) adoptada bajo el Acta de Protección Ambiental, que determina disposiciones referentes a los niveles máximos de aguas residuales, los niveles permitidos de químicos en el efluente de la piscicultura y los requisitos referentes a la instalación y diseño de los sistemas de limpieza. En cuanto a los requisitos de muestreo y análisis están descritos en la orden relativa a la autorización medioambiental de pisciculturas de agua dulce, en la cual se establece que tanto los muestreo y análisis deben seguir las instrucciones del informe industrial N° 260 del Instituto Nacional de Investigación Medio Ambiental (1998)(*Afløbskontrol af ferskvandsdambrug. Statistiske aspekter og kontrolprogrammer*) (Tabla 14). En éste se menciona que la toma de muestras para la caracterización físico-químico debe ser realizada a la entrada del flujo de agua hacia la piscicultura (afluente) y a la salida (efluente). También establece que las muestras deben ser tomadas y analizadas por un laboratorio acreditado para los parámetros exigidos. Como información suplementaria en cada muestreo, se deberá indicar los siguientes datos:

- a) Flujo de agua en la entrada general de la piscifactoría (l/s) y un archivo de registro de todas las mediciones desde el último muestreo.
- b) Flujo de agua en la salida general de la piscifactoría (l/s) y un archivo de registro de todas las mediciones desde el último muestreo.
- c) Temperatura del agua (°C) en cada punto de medición.
- d) pH en cada punto de medición.

- e) Saturación de oxígeno (%) en cada punto de medición.
- f) Stock (toneladas) el día de muestreo y el día anterior.
- g) La cantidad total de nitrógeno y fósforo en la alimentación utilizada en producción durante el periodo de 48 horas previo al comienzo del muestreo.
- h) Fecha de inicio y de finalización del muestreo.

Tabla 14. Metodología y periodicidad de muestreo de parámetros exigidos en la normativa ambiental de Alemania y Dinamarca.

ALEMANIA			DINAMARCA	
Parámetro	Periodicidad de muestreo	Método (1)	Periodicidad de muestreo	Método
DBO ₅ (mgO ₂ /L)	Muestreo mensual	DIN EN 1899-1 (1998)	2 muestreos mensuales	Directive 98/48/EC
SST (mg/L)	---	---	---	---
NTK (mg/L)	---	---	2 muestreos mensuales	Directive 98/48/EC
NT (mg/L)	Muestreo mensual	DIN EN 12260 (2003)	---	---
N orgánico	Muestreo mensual	DIN EN ISO 10304-1 (2009)	---	---
N inorgánico	Muestreo mensual	DIN EN ISO 10304-1 (2009)	---	---
PT (mg/L)	Muestreo mensual	DIN EN ISO 6878 (2004)	2 muestreos mensuales	Directive 98/48/EC
Poder Espumogénico (mm)	---	---	---	---
Aceites y grasas (mg/L)	---	---	---	---
Cloruro(mg/L)	---	---	---	---
pH (unidad)	---	---	---	---
Temperatura (°C)	---	---	---	---
Sólidos Sedimentables (ml/L/h)	---	---	---	---
SAAM (Sustancias Activas al Azul de Metileno) (mg/L)	---	---	---	---

Evaluación y análisis de los posibles parámetros ambientales a ser incorporados en las normas de emisión y/o calidad de aguas fluviales y lacustres, destinados a centro de cultivo ubicados en tierra.

Sólidos gruesos	---	---	---	---
DQO (mg/L)	---	---	---	---
Color (mg/L)	---	---	---	---
Sulfatos (mg/L)	---	---	---	---
Conductividad (ds/m)	---	---	---	---
Bronopol (g/día)	---	---	---	---
Formaldehído (g/día)	---	---	---	---
Chloramine T (g/día)	---	---	---	---
COD (mg/L)	Muestreo mensual	DIN EN 1484 (1997)	---	---
Saturación Oxígeno (%)	---	---	2 muestreos mensuales	Directive 98/48/EC
Amonio (mg/L) TAN	---	---	2 muestreos mensuales	Directive 98/48/EC
NO ₂ (mg/L)	Muestreo mensual	DIN EN 26777 (1993)	---	---
NO ₃ -N (mg/L)	Muestreo mensual	DIN EN ISO 10304-1 (2009)	---	---
NO ₄ N (mg/L)	Muestreo mensual	DIN EN ISO 11732 (2005)	---	---
Coliformes Fecales NMP/100 ml	---	---	---	---

- (1) Ordenanza sobre los requisitos para la descarga de aguas residuales (Ordinance on Requirements for the Discharge of Wastewater into Waters, February 2001 (Wastewater Ordinance, Abwasserverordnung AbwV)).

3. Identificación de los principales componentes o sustancias contenidos en los riles y/o sedimentos en el ambiente fluvial y/o lacustre, producto de la descarga provenientes de la actividad de centros de cultivo ubicados en tierra y que no se encuentran señalados en normas de emisión o de calidad nacionales.

3.1 Contaminación Acuática

Aporte de nutrientes

Las actividades de cultivo asociadas a invertebrados o peces producen una acumulación de materia orgánica en la columna de agua y sustrato, compuesta por los restos de alimentos y materias fecales de los organismos en cultivo (Ervik et al. 1997; McGhie et al. 2000; Hansen et al. 2001). Investigaciones estiman que la producción de una tonelada de salmón produce incrementos en las concentraciones de nitrógeno y fósforo, equivalentes a las realizadas por 9 a 20 personas (Ellis & Associates 1996). Alrededor de un 75% de nitrógeno, fósforo y carbono ingresado al sistema por medio del alimento, se pierde como alimento no capturado, fecas no digeridas y otros productos de excreción. Solo un 25% se recupera al cosechar los peces (Folke & Kautky 1989; Buschmann et al. 2009). De estos elementos, el fósforo se acumula principalmente en los sedimentos y que se utiliza como indicador de contaminación (Soto & Norambuena 2004). Estos mismos autores concluyeron que el depósito de materia orgánica en los sedimentos produce un efecto significativamente negativo sobre la biodiversidad. El nitrógeno, a diferencia del fósforo, permanece en mayor proporción disuelto en la columna de agua. Se ha demostrado que el aumento de las concentraciones de amonio (compuesto nitrogenado producto de la excreción de los peces) se traduce en un mayor crecimiento de microalgas (Troell et al. 1997). En consecuencia, los antecedentes indican que la incorporación de nutrientes al medio y la producción del fenómeno de eutrofización causan cambios en la diversidad; desequilibrio de las relaciones tróficas en el medio por pérdida del control que ejercen los organismos consumidores; desbalances metabólicos en los ecosistemas afectados (asociado a pérdidas de biodiversidad y anoxia) e interrupciones de funciones ecosistémicas (Lotze et al. 1999). En Chile, investigaciones científicas vinculadas a la interacción entre la salmonicultura y el medioambiente, señalan que los principales impactos de los procesos de alimentación de la actividad salmonera son las perturbaciones físicas, químicas y biológicas de los sedimentos de los sitios de cultivo

(Niklitschek et al. 2006) describiéndose en algunos sectores un incremento del amonio en la columna de agua próxima a los centros de cultivo y áreas colindantes, y un decrecimiento de la riqueza de especies, del orden del 50% (Soto & Norambuena 2004). Considerando el alimento asociado a las 488 mil toneladas de salmónidos producidos en Chile durante el año 2003, Niklitschek et al. (2006) estimó una descarga anual de nutrientes a los sistemas acuáticos correspondiente a 36 mil 600 toneladas de nitrógeno y 4 mil 600 ton de fósforo.

Durante los últimos años, las empresas salmoneras a nivel mundial han concentrado gran parte de sus esfuerzos en disminuir la porción de alimento no consumido, logrando que este porcentaje varíe desde un 30% durante los años ochentas, a valores inferiores al 5% a partir del año 2000 (Nash 2001).

La industria salmonera mundial y nacional, en respuesta a los antecedentes anteriores y en base al aumento de los precios de la harina de pescado, responsable del 40% de las proteínas que constituye el alimento clásico de un salmón de cultivo, ha tendido a la substitución progresiva de las proteínas de origen animal por otras fuentes vegetales, como lo son la soya, el trigo y la harina de lupino. A esta ventaja económica se suma que la utilización de proteína vegetal podría reducir los aportes de nitrógeno y fósforo al medio ambiente (Cho & Bureau 2001; Green et al. 2002). El ingreso de nutrientes por pérdida de alimento no sólo depende de las tecnologías de alimentación utilizadas, sino que también se encuentra asociada fuertemente a las características propias de las zonas de cultivo. Así, la magnitud de los aportes orgánicos es modelada por la combinación de características tales como la batimetría, sistemas de microcirculación, volúmenes y sistemas de producción, características físicas y nutritivas del alimento, tecnología y eficacia del proceso de alimentación (Niklitschek et al. 2006).

Enfermedades y fármacos de uso acuícola

Cuando los peces son cultivados en altas densidades y de forma intensiva, sufren estrés debido a la manipulación, lo que hace que se deprima su sistema inmunológico, volviéndose más vulnerables a sufrir problemas de salud. Debido a esto, para poder alcanzar las tallas de cosecha con bajas tasas de mortalidad, son tratados con diversos productos, entre ellos los antibióticos (Buschmann & Fortt 2005).

Entre las patologías de mayor diseminación en nuestro país prevalecen las enfermedades microbianas como la Bacteriana del Riñón (BKD) y el Síndrome

Rickettsial del Salmón (SRS), responsable del 80% del uso de antibióticos en la salmonicultura chilena (OCDE & CEPAL 2005), estas enfermedades son secundadas, en impactos, por el virus de la Necrosis Pancreática Infecciosa (IPN) y la parasitosis causada por *Caligus*. Desde un visión productiva, los principales efectos de estas patologías son: el aumento significativo de las mortalidades (González & Carvajal 2000); incrementos en los costos de producción, asociados fundamentalmente a la aplicación de tratamientos quimioterápicos y a inversión en mano de obra para la desparasitación en plantas de procesos (Lobos 1998); y disminución en la calidad del producto final (Bravo 2003). Un ejemplo global de estos efectos lo constituye la proliferación de infecciones por ectoparásitos (Mancilla 2005). En Chile se han descrito dos especies de este género *Caligus teres* y *Caligus rogercresseyi* (Reyes & Bravo 1983), las cuales afectan respectivamente al salmón Coho (*Oncorhynchus kisutch*), trucha Arco Iris (*Oncorhynchus mykiss*) y salmón Atlántico (*Salmo salar*). En específico, estos ectoparásitos al alimentarse del mucus, piel y sangre del hospedador (González & Carvajal 2000) producen estrés osmótico, que en algunos casos extremos derivan en la muerte del hospedador (Grimnes & Jakobsen 1996; Mancilla 2005). Bajo este escenario la industria salmonera chilena, con el fin de mitigar los efectos negativos de estas y otras patologías, ha utilizado diversos antibióticos. Los métodos empleados en el suministro de fármacos han sido la aplicación a través de baños de inmersión y la inclusión de éstos en las dietas de los peces. Investigaciones a nivel mundial señalan que entre un 75 y 93% de los antibióticos suministrados en salmonicultura, no son consumidos o defecados” (Burd 1995). No obstante, evidencia científica señala que la pérdida de antibióticos, por no consumo, es mucho menor en tratamientos ocasionales de magnitud moderada y aplicados en mangas plásticas u otro sistema que no requiera suministro directo al cuerpo receptor (Stephen & Iwama 1995). En este contexto la aplicación por vía indirecta (baños) se asocia a diversos impactos ambientales negativos (Collier & Pinn 1998) especialmente en áreas ribereñas y costeras (Carvajal et al. 1998) donde las condiciones climáticas provocan un estrés adicional a los peces (Stone et al. 2000). Así, la fracción de antibióticos no asimilados se vuelve biodisponible para la fauna nativa que se desarrolla en la columna de agua y los sedimentos, los que pueden acumular antibióticos (Bjorklund et al. 1990), y que a su vez, favorece el desarrollo de patógenos resistentes (Niklitschek et al. 2006). Investigaciones realizadas en centros acuícolas tratados con antibióticos, muestran que las bacterias ubicadas bajo los módulos de cultivo presentan un

aumento en la resistencia a los antibióticos, incluso un año después del tratamiento (Montesinos 1999; Hastings & McKay 1987). De forma similar, se han descrito efectos significativos en las comunidades bentónicas (Collier & Pinn 1998), donde en macroinvertebrados se ha llegado a medir el efecto de los antibióticos usados en centros de cultivo (Jones 1990). Otra variable con un fuerte grado de influencia sobre el medioambiente es la introducción o ingreso de patógenos y estados microscópicos de especies invasoras (Clugston 1990), las que podrían estar relacionándose con la flora y fauna local. La abundancia de patógenos asociada a los monocultivos como la salmonicultura y sus efectos sobre los organismos silvestres, es una de las temáticas relevantes de ser estudiadas, dada la falta de evidencia científica que explique sus mecanismos de interacción (Buschmann & Fortt 2005).

Tabla 15. Impactos ambientales provocados por los centros de cultivos en ecosistemas acuáticos continentales.

Categoría Impacto	Impacto específico	Componente ambiental
Contaminación acuática	Contaminación por desechos químicos (antibióticos, fungicidas). Aumento explosivo de comunidades bacterianas.	Flora y Fauna nativa (bentos, peces), Recurso Hídrico. Microorganismos bentónicos (algas, zoobentos) y plantónicos (rotíferos)
	Contaminación por desechos de material orgánico (fecas, restos de alimento). Eutrofización por fósforo y nitrógeno. Desequilibrio trófico. Generación de olores.	Flora y Fauna nativa (bentos, peces), Recurso Hídrico. Sedimento. Microorganismos bentónicos (algas, zoobentos).

3.2 Identificación de principales componentes o sustancias que no se encuentran señalados en norma de emisión

Las descargas de efluentes generados por la actividad acuícola, si bien cumplen con las normas de emisión (D.S. 90), se caracterizan principalmente por altas concentraciones de materia orgánica, amonio, fosfato, sólidos suspendidos y eventualmente cloruros, antibióticos y desinfectantes (Green et al. 2002; Brinker et al. 2005), modificando la calidad físico-química del agua, estructura y funciones del sistema lótico (Buschmann &

Pizarro 2001). Para la evaluación de la integridad ecológica se utiliza la composición de macroinvertebrados bentónicos y adicionalmente indicadores funcionales como la medición de tasas de deriva, metabólicas y descomposición (Lecerf et al. 2006).

A continuación, se presenta un resumen de los principales componentes o sustancias contenidos en los riles y/o sedimentos en el ambiente fluvial y/o lacustre, producto de la descarga proveniente de la actividad de centros de cultivos ubicados en tierra y que no se encuentran señalados en normas de emisión o de calidad nacionales, junto con la descripción de los efectos sobre el medio ambiente de los diversos contaminantes y su justificación científico-técnico para su selección (Tablas 16 y 17).

Tabla 16. Principales componentes contenidos en los RILES provenientes de la actividad de centros de cultivos ubicados en tierra que no se encuentran señalados en normas de emisión o de calidad nacionales.

PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN
Amonio (N-NH ₄)	Su presencia en las aguas es tóxico para algunos peces.
Carbono orgánico total COT	Altos contenidos de carbono orgánico en efluentes puede generar una distrofia funcional en el ecosistema acuático. Este parámetro permite establecer una distinción clara entre los aportes de materia orgánica de origen natural de aquellos que provienen de pisciculturas asociados a procesos productivos internos.
Conductividad	La importancia de medir sus valores, en particular para la salinidad, se vincula con el efecto fisiológico que provoca las sales disueltas en el agua sobre los organismos acuáticos (algas, plantas acuáticas, invertebrados, peces, entre otros). Específicamente, constituye uno de los compuestos químicos que más afecta la sobrevivencia de las especies en el ecosistema fluvial, especialmente la alteración del balance iónico y osmótico a nivel celular de dichos organismos.
Salinidad	
Color	Los efectos del color en la vida acuática se centra en la disminución de la transparencia, que provoca un efecto barrera a la luz solar, traducido en la reducción de los procesos fotosintéticos.
Degradación de materia orgánica	Este parámetro constituye un buen indicador del efecto del efluente sobre el ecosistema acuático, particularmente de la mayor disponibilidad de nutrientes o materia orgánica y su efecto en el aumento de la actividad microbiana.
Demanda química de oxígeno (DQO)	Es la cantidad de oxígeno que se necesitará para oxidar toda la materia orgánica presente en el agua.
Indicadores biológicos	Medida indirecta de la calidad del hábitat para las especies, basándose en la cuantificación de especies tolerantes e intolerantes al aporte de material orgánico.

Inhibición respiratoria en agua	Este parámetro refleja la respuesta fisiológica de la biota acuática frente a la acción de una fuente contaminante. Por tanto constituye un buen indicador del efecto del efluente sobre el ecosistema acuático.
Nitrato (NO ₃) Nitrito (NO ₂)	Compuestos nitrogenados en concentraciones elevadas pueden producir eutrofización del ecosistema acuático. Entre las consecuencias más importantes de la incorporación de estos nutrientes al medio acuático se encuentra la proliferación masiva de algas y cambio de la estructura trófica local del cuerpo de agua.
Oxígeno disuelto	Este es uno de los parámetros por excelencia claves para la subsistencia y normal funcionamiento de las especies.
Oxitetraciclina Florfenicol	Es un parámetro de gran relevancia, ya que permite la medición de las concentraciones de antibióticos utilizados en la acuicultura, debido a que su aplicación extensiva incrementa la resistencia de cepas bacterianas, y por ende, puede alterar el funcionamiento de la estructura trófica basal y la proliferación de enfermedades potencialmente dañinas para la salud humana.
Salinidad	Constituye uno de los compuestos químicos que más afecta la sobrevivencia de las especies en el ecosistema fluvial, especialmente la alteración del balance iónico y osmótico a nivel celular de dichos organismos.

Tabla 17. Justificación científico-técnico de los principales componentes contenidos en los RILES provenientes de la actividad de centros de cultivos ubicados en tierra que no se encuentran señalados en normas de emisión o de calidad nacionales.

Parámetro	Método Medición	Justificación
Degradación de materia orgánica	Gravimétrico	El aumento de la oferta de material orgánico generado por pisciculturas, promueve un cambio significativo en los grupos funcionales de alimentación de las comunidades bentónicas, favoreciendo a especies colectoras por sobre los raspadores, detritívoros y trituradores. Estos últimos, constituyen un nivel trófico relevante en los sistemas fluviales ya que son responsables de la transformación de la materia orgánica gruesa y contribuyen a los flujos energéticos aguas abajo. La afectación de este nivel trófico está determinado por cambios en la concentración y calidad del detrito, nutrientes, procesos fotoquímicos, temperatura, productos farmacéuticos, metales y acondicionamiento microbiano, este último (comunidades microbianas) es el que presentaría los mayores efectos negativos de los efluentes de pisciculturas. Además, en pisciculturas se utilizan baños de sal (NaCl) para la prevención y control de hongos, sin embargo el aumento de estos baños afectan directamente la estructura y función de comunidades microbianas del ecosistema de agua dulce, afectando su capacidad para procesar o degradar materia orgánica. El aumento de materia orgánica por el aporte del efluente, ocasiona un incremento de la demanda biológica de oxígeno (DBO) y una consecuente disminución de la concentración de oxígeno en la columna de agua. Además, el aumento del aporte de material orgánico origina cambios en la composición química de sedimentos, alteración de los ciclos de
Inhibición respiratoria en agua	Variación de oxígeno	

		<p>nutrientes y/o biogeoquímicos. Además, se producen efectos en la turbidez, coloración y producción de olores.</p> <p>La tasa de respiración microbiana se refiere a la capacidad de los organismos para tomar oxígeno del agua. La contaminación por aguas contaminadas o por componentes químicos específicos como sales o metales, puede afectar la tasa respiratoria de las comunidades microbianas, cuya tasa es una medida indirecta de la capacidad de estas comunidades para procesar materia orgánica en sistemas fluviales.</p>
Carbono orgánico Total COT	Oxidación Húmeda	<p>Es una medida general de la presencia de materia orgánica en cuerpos de agua. Específicamente es la suma de la concentración de todos los átomos de carbono unidos en moléculas orgánicas de una muestra de agua determinada. El COT no identifica la presencia de contaminantes orgánicos específicos, sin embargo detecta la presencia general de moléculas orgánicas. Permite estimar diferencias entre materia orgánica de origen natural y de carácter antropogénico. La composición bioquímica de la materia orgánica disuelta en términos de reactividad química y efecto biológico tiene gran influencia sobre la biogeoquímica de los ecosistemas de agua dulce. En los últimos años el contenido de carbono orgánico se ha incorporado como un parámetro para evaluar la calidad de las aguas superficiales. Los contenidos de carbono y nitrógeno en el agua se han medido para recopilar información sobre los ciclos de la materia orgánica disuelta en los sistemas acuáticos.</p>
Indicadores biológicos	IBH, EPT	<p>Los programas de biomonitorio de la contaminación de las aguas, incluyen la utilización de organismos de monitoreo o centinelas así como los bioindicadores o indicadores ecológicos. Los primeros corresponden a la utilización de organismos, los cuales bioacumulan los contaminantes y permiten el seguimiento de las tendencias espaciales y temporales de la concentración, eliminando la necesidad de muestreos frecuentes como en el caso de análisis de agua. Los bioindicadores o indicadores ecológicos pueden corresponder a la presencia o ausencia de una determinada población debido contaminación, o bien representan cambios en la estructura, función y composición de los sistemas ecológicos. Los bioindicadores, corresponde a modificaciones inducidas por las condiciones ambientales a nivel poblacional que incluye cambios en las tasas de mortalidad, reclutamiento, crecimiento y reproducción; o el efecto sobre comunidades medido como modificaciones de la distribución, abundancia, diversidad, riqueza de especies y dominancia. Los bioindicadores por tanto pueden utilizarse para evaluar la condición del ambiente, proporcionar un signo de la advertencia temprano de cambios o diagnosticar la causa de un problema medioambiental. El concepto de bioindicador puede ser extendido más allá de la sola presencia o ausencia de una especie ya estos pueden ser organismos que continúan sobreviviendo en un ambiente contaminado. Si bien los organismos indicadores pueden corresponder a cualquier representante taxón de flora o fauna acuática, el grupo usado comúnmente corresponde a macroinvertebrados. En ambientes marinos se utiliza distribuciones de organismos planctónicos, peces, crustáceos y bentos, En el estudio de aguas continentales, los macroinvertebrados ofrecen numerosas ventajas, como encontrarse en todos los sistemas acuáticos, por lo que favorecen los estudios comparativos; su naturaleza sedentaria, que permite un efectivo análisis espacial de los efectos de las perturbaciones; presenta ventajas técnicas asociadas a los muestreos cuantitativos y análisis de las muestras; la taxonomía a niveles de familia de muchos grupos están bien estudiada y existen numerosos métodos para el análisis de datos, incluyendo índices bióticos y de diversidad, los cuales han sido utilizados ampliamente en biomonitoreos a nivel comunitario (Hellawell, 1986) y de</p>

		respuestas individuales.
Bioensayos toxicidad (LC50 <i>Daphnia</i> , LC50 <i>Selenastrum</i>)	NCh2083/1999 , NCh 2706/2002	Estas son pruebas de exposición de corta duración, donde la relación concentración-mortalidad entre el agente contaminante y el organismo es medida en un periodo no superior a 96h. En este tipo de estudio se mide mortalidad (o sobre vivencia) y los resultados se expresan como la concentración letal media (CL ₅₀). Ésta corresponde a la concentración en que el 50% de la población estudiada muere luego de un determinado periodo de tiempo. Aunque el concepto de CL ₅₀ es ampliamente aceptado, el Umbral CL ₅₀ es también utilizado. Éste corresponde al valor de CL ₅₀ en el cual la curva se vuelve asintótica al tiempo de exposición. Este valor indica la concentración a la cual el 50% de la población estudiada vive por tiempo indefinido. Este es el criterio más importante a ser evaluado en pruebas agudas ya que permite una comparación verdadera entre la toxicidad de diferentes agentes tóxicos. Un aspecto importante a considerar en la elaboración de pruebas de toxicidad aguda, es la diferencia de sensibilidad que existe entre especies. Con relación a lo anterior, La sensibilidad y representatividad de este tipo de pruebas son también incrementadas al incluir en el diseño experimental el estado de desarrollo o sexo más sensible de la especie.
Amonios (Nitrógeno Total Kjeldahl, Amonio, N-NH ₄ , Nitrato N-NO ₃ , Nitrito N-NO ₂)	AMONIO: Titulación (INN Chile (1995) NCh2313/16); NITRATO: MULTI 340i/SET (APHA, 1995: SM 2510-conductivity); NITRITO: Colorimetría (APHA, 1995: 4500NO ₂ F).	Se ha demostrado que el aumento de las concentraciones de nitrógeno en cuerpos de agua se traduce en un mayor crecimiento de microalgas. Estudios realizados en otras latitudes han correlacionado la abundancia de fitoplancton tóxico con la presencia de sistemas de cultivo. Por otra parte, en Chile se ha demostrado que existe una relación directa entre el aumento de pulsos de dinoflagelados y la presencia de centros de cultivo de peces. En consecuencia, los antecedentes indican que la incorporación de nutrientes al medio y la producción del fenómeno de eutrofización causan cambios en la diversidad; desequilibrio de las relaciones tróficas en el medio por pérdida del control que ejercen los organismos consumidores; incremento en la intensidad y frecuencia de floraciones algales; y disrupciones de funciones ecosistémicas.
Oxígeno Disuelto	MULTI 340i/SET (APHA, 1995: SM 45000-G)	Tanto el oxígeno, conductividad y temperatura representan parámetros de rutina que permiten establecer relaciones con otros parámetros de análisis. La temperatura y oxígeno disuelto son por excelencia variables claves para el funcionamiento de la biota acuática. La conductividad es una medida indirecta de los sólidos suspendidos.
Conductividad	MULTI 340i/SET (APHA, 1995: SM 45000-G)	
T°	MULTI 340i/SET (APHA, 1995: SM 45000-G)	

<p>Oxitetraciclina Florfenicol</p>	<p>HPTLC- Densitómetro</p>	<p>El uso de antibióticos en la acuicultura tiene por objetivo prevenir o evitar infecciones en organismos debidas a perturbaciones inmunológicas producidas por el hacinamiento, la manipulación y los problemas dietéticos generados por la crianza en un sistema industrial. Los fármacos son utilizados como estabilizadores de la flora bacteriana y como bloqueadores de procesos metabólicos microbianos.</p> <p>Uno de los mayores problemas asociados al uso de antibióticos se vincula con la generación de resistencia por parte de los microorganismos, cuya resistencia es heredada en el material genético de generaciones consecutivas de microorganismos en el agua, y de estas traspasadas a otras cepas bacterianas que pueden provocar daños en la salud de las personas.</p> <p>Estimar la concentración de antibióticos en cuerpos de agua se constituye como la primera etapa de la estimación de la presencia y/o persistencia de estos compuestos en ecosistemas hídricos, y su posible efecto en la salud ecosistémica y humana.</p>
<p>Salinidad</p>	<p>Potenciometría</p>	<p>La salinidad es considerada como uno de los factores claves que afectan el crecimiento y consumo de oxígeno por parte de especies acuáticas, y además controla la disponibilidad de nutrientes como vitaminas, aminoácidos y ácidos grasos. La osmorregulación de los individuos (regulación de concentración de sales en fluidos extra-intra celulares) se ve afectada por la mayor o menor presencia de electrolitos en el medio circundante. Esencialmente, el desbalance producido por la concentración de sales fuera de rangos normales para organismos acuáticos como los peces, conlleva a un impacto en la tasa de crecimiento de las especies. Esto se debe a que el gasto en mantener un balance adecuado de sales dentro del organismo (gasto activo en el transporte de iones para mantener el estado interno) ocasiona un detrimento en el crecimiento de las especies. Una concentración anormal de sales en el medio acuático generará estos efectos indeseados en las especies nativas, especialmente del macrozoobentos y especies ícticas, afectando la estructura y funcionamiento de las comunidades acuáticas.</p>

B. Objetivo específico N° 2.2

Proponer y describir una metodología de muestreo para caracterizar cada uno de los parámetros y variables ambientales, identificados en el análisis de recopilación de antecedentes.

1. Tasa de degradación

Se estimó la tasa de degradación de algodón incubadas en cada río por un mes, midiendo la pérdida de peso considerando las tres estaciones de muestreo, las cuales corresponden a, 100 m antes de la descarga del RIL E1, la segunda correspondió al sitio de descarga E2 y la tercera estación se ubicó 100 m aguas abajo del ducto de descarga E3.

Los resultados mostraron que sólo en el centro STH hubo diferencias significativas ($vp < 0.01$) entre las estaciones (Tabla 18). Para los centros Kudiñam y El Peral no se registraron diferencias significativas en las tasas de degradación. La tasa de degradación es afectada por la presencia de materia orgánica, de microorganismos y de cloruros en el efluente. Los resultados concuerdan con los órdenes de magnitud de las tasas de degradación registrados en el estudio "Evaluación de los impactos ambientales y caracterización de los riles generados por centros de cultivo re recursos hidrobiológicos emplazados en tierra y que descargan a cuerpos de agua fluviales y lacustres" (UCT 2014), donde se registraron tasas de degradación en la estación control (E1) de 0.0216 ± 0.0116 gr/día y para el efluente (E2) de 0.0445 ± 0.0089 gr/día.

Tabla 18. Tasa de degradación (gr/día) en sitio control (E1), efluente (E2) y aguas abajo (E3).

Pisciculturas	Control E1	SD	Efluente E2	SD	E3	SD
Coreo	-0.02664	0.01339	-0.03206	0.00090	-0.03175	0.00202
Ketrun-Rayen	-0.02549	0.00861	-0.02862	0.00462	-0.03147	0.00417
Polcura	-0.02244	0.01494	-0.01571	0.01624	-0.01724	0.00663
STH	-0.02685	0.01202	-0.00744	0.00291	-0.03333	0.00001
Total general	-0.02550	0.01156	-0.02109	0.01288	-0.02896	0.00743

SD: Desviación estándar.

2. Bioensayos de Toxicidad

Toxicidad *Raphidocelis subcapitata* (*Selenastrum*)

Se realizaron ensayos de toxicidad aguda en 6 pisciculturas para las seis campañas (Tabla 19), encontrándose toxicidad en un 23% de los ensayos, con valores entre 52% y el 85% del efluente. En el primer monitoreo para las pisciculturas Coreo y Kudiñam, se registraron EC₅₀ superiores a 70% de dilución del efluente. Para el segundo monitoreo sólo se encontró toxicidad en el centro Polcura con un EC₅₀ de 50% de dilución del efluente. La piscicultura el Peral, solo registró toxicidad en la 5 campaña. Por su parte la piscicultura Kudiñam, presentó toxicidad en 5 de los seis monitoreos. Las posibles causas de toxicidad asociadas a efluentes de pisciculturas se relacionan con la presencia de cloruros

Tabla 19. Resumen estimación de toxicidad en *Raphidocelis subcapitata* (*Selenastrum*).

		1. Monitoreo	2. Monitoreo	3. Monitoreo	4. Monitoreo	5. Monitoreo	6. Monitoreo
Piscicultura	Indicador toxicidad	Concentración (%)					
Coreo	EC ₅₀	70.84	Sin Efecto				
Ketrun Rayen	EC ₅₀	Sin Efecto					
Polcura	EC ₅₀	Sin Efecto	51.96	Sin Efecto	Sin Efecto	Sin Efecto	Sin Efecto
El Peral	EC ₅₀	Sin Efecto	Sin Efecto	Sin Efecto	Sin Efecto	80	Sin Efecto
Kudiñam	EC ₅₀	85.33	Sin Efecto	66.3	42.11	95	81
STH	EC ₅₀	Sin Efecto					

Toxicidad *Daphnia pulex*

Se realizaron ensayos de toxicidad aguda en 6 pisciculturas para las seis campañas de monitoreo (Tabla 20), encontrándose toxicidad sólo en la piscicultura Polcura con un LC₅₀ 51.9, lo cual puede estar relacionado a la presencia de cloruros.

Tabla 20. Resultados ensayos ecotoxicológicos con *Daphnia pulex* en centros de cultivo para las seis campañas de muestreo.

		1. Monitoreo	2. Monitoreo	3. Monitoreo	4. Monitoreo	5. Monitoreo	6. Monitoreo
Piscicultura	Indicador toxicidad	Concentración (%)					
Coreo	LC50	Sin Efecto					

Ketrun Rayen	LC50	Sin Efecto					
Polcura	LC50	51.9	Sin Efecto				
El Peral	LC50	Sin Efecto					
Kudiñam	LC50	Sin Efecto					
STH	LC50	Sin Efecto					

3. Estimación de efectos de los efluentes sobre la tasa respiratoria

Se evaluó el modelo que relaciona el tiempo y pérdida de peso, con muestras de algodón incubadas en cada río por un mes, las cuales fueron expuestas por aproximadamente por una hora a concentraciones del efluente y se midió la tasa respiratoria en mg de OD por hora. Se estimó el indicador de toxicidad crónica NOEC, que corresponde a la concentración más alta donde no se observan efectos sobre las tasas respiratorias. Se observa que solo en tres de los seis centros, el efluente presenta toxicidad crónica (NOEC) entre un 10 y 20% de dilución (Tabla 21). Los centros Coreo y Kudiñam no se encontraron diferencias significativas. Para el centro Polcura no se pudo estimar la tasa respiratoria durante todo el periodo de muestreo (diciembre-mayo), debido a que el montaje del experimento no se pudo instalar correctamente en el río, principalmente por: a) Es un canal de tipo artificial, b) Sus aguas son utilizadas para fines de riego que cubren una superficie de 21.000 hectáreas (canal Laja-Diguillin), c) Aumento sustancial del caudal (compuertas se abren en verano alterando la velocidad y altura de agua), y d) Los sitios de muestreo se encuentran a 400 metros distantes de las compuertas con las consecuentes alteraciones que estos provocan.

Los valores encontrados son comparables a los registrados en estudio realizado el 2014 para pisciculturas de la región de La Araucanía y región de Los Ríos (Tabla 22).

Tabla 21. Estimación NOEC para cada centro de cultivo.

Centro	NOEC
Ketrun-Rayen	10%
STH	10%
El Peral	20%

Tabla 22. Resumen de indicadores de toxicidad crónica para la tasa de inhibición respiratoria expuesta a diferentes concentraciones de efluente para cada piscicultura (UCT 2014).

	LOEC (% efluente)	NOEC (% efluente)	LC10 (% efluente)
Molco	S/T	S/T	S/T
Los Chilcos	0.8	0.6	0.15
Confluencia	0.4	0.2	0.66
Caburgua II	0.6	0.4	0.27
Copihue	S/T	S/T	S/T
Cuyamco	0.2	0.1	S/T
Chaqueihua	S/T	S/T	S/T
Lago Verde	S/T	S/T	S/T
Hornohuinco	1	0.9	S/T

S/T: Sin tratamiento.

4. Análisis Global de parámetros comunitarios

Los resultados descritos a continuación, abarcan un total de seis monitoreos de invertebrados bentónicos. El análisis se focaliza en establecer comparaciones entre los sitios control (100 m antes del efluente), E2 (Efluente) y E3 (100 m después del efluente) en función de parámetros comunitarios. En esta etapa los resultados incluyen los datos de todos los centros de cultivo en estudio de la Octava Región desde el mes de Diciembre a Mayo (2016).

Dinámica temporal de parámetros comunitarios

En general, en todos los sitios de muestreo se observó una tendencia de disminución de los valores para los parámetros comunitarios durante el período de muestreo. Particularmente parámetros de Riqueza Total, Densidad Total y Densidad Promedio, mientras que el Índice Biótico de Familias y EPT presentó una disminución de manera moderada. Las relaciones los parámetros se muestran en las Figuras 5 a 9.

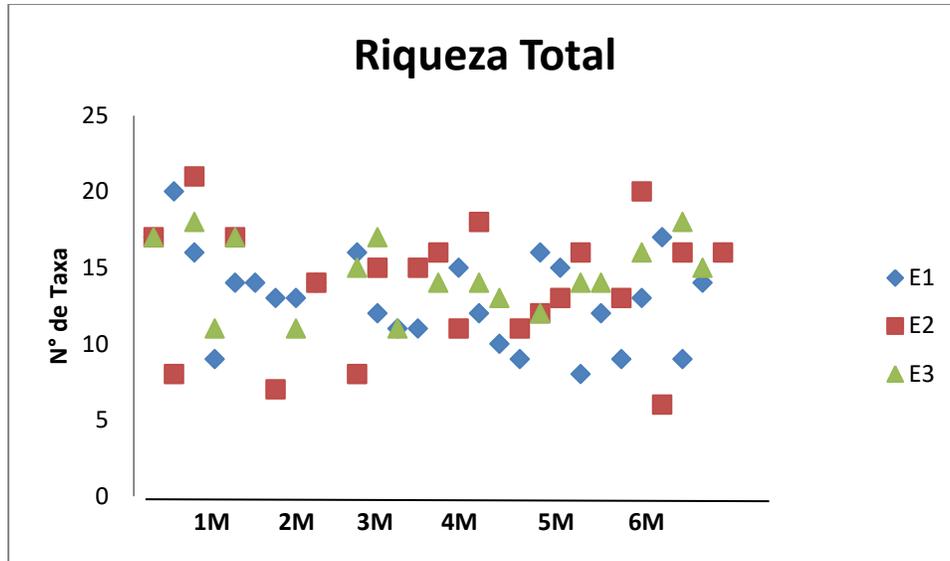


Figura 5. Riqueza total en los distintos sitios prospectados en función del período de muestreo, considerando todos los centros de cultivos como un conjunto de datos, 1M: Primer Monitoreo; 2M: Segundo Monitoreo; 3M: Tercer Monitoreo; 4M: Cuarto Monitoreo; 5M: Quinto Monitoreo; 6M: Sexto Monitoreo.

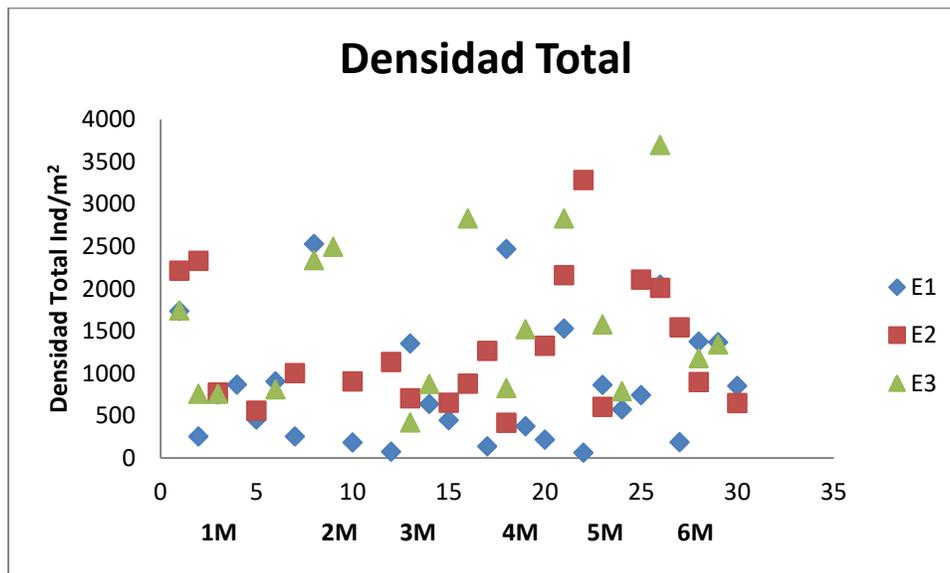


Figura 6. Densidad total en los distintos sitios prospectados en función del período de muestreo, considerando todos los centros de cultivos como un conjunto de datos, 1M: Primer Monitoreo; 2M: Segundo Monitoreo; 3M: Tercer Monitoreo; 4M: Cuarto Monitoreo; 5M: Quinto Monitoreo; 6M: Sexto Monitoreo.

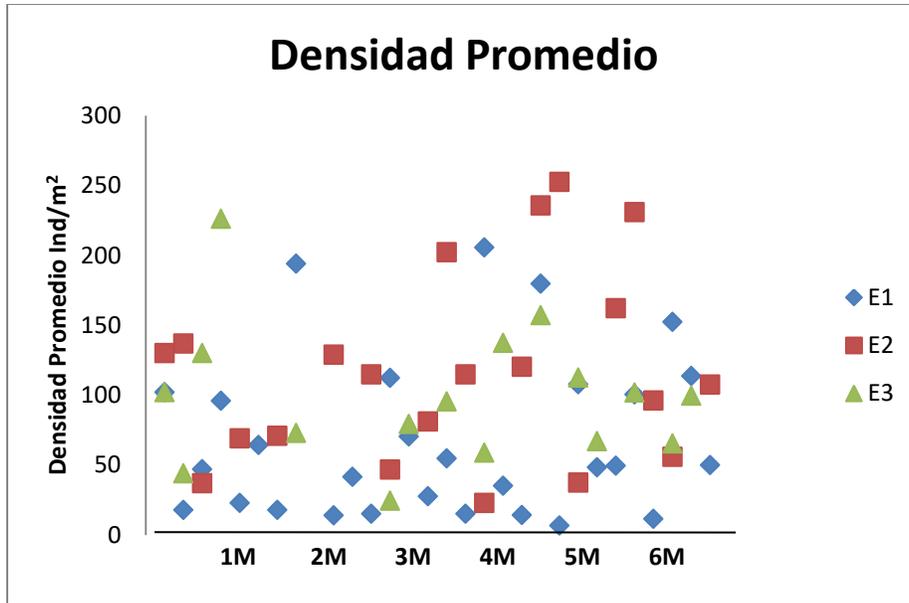


Figura 7. Densidad Promedio en los distintos sitios prospectados en función del período de muestreo, considerando todos los centros de cultivos como un conjunto de datos, 1M: Primer Monitoreo; 2M: Segundo Monitoreo; 3M: Tercer Monitoreo; 4M: Cuarto Monitoreo; 5M: Quinto Monitoreo; 6M: Sexto Monitoreo.

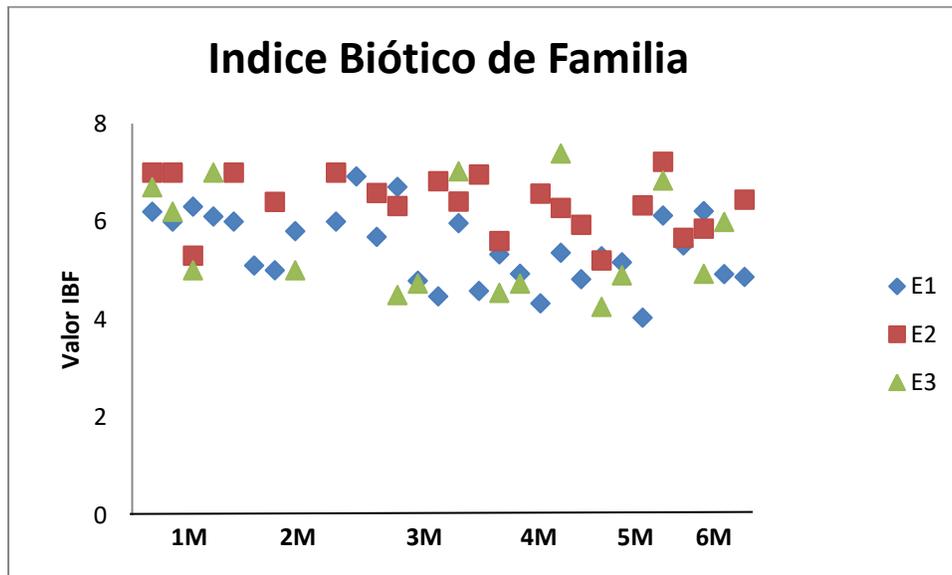


Figura 8. Índice Biótico de Familia (IBF) en los distintos sitios prospectados en función del transcurso del período de muestreo, considerando todos los centros de cultivos como un conjunto de datos, 1M: Primer Monitoreo; 2M: Segundo Monitoreo; 3M: Tercer Monitoreo; 4M: Cuarto Monitoreo; 5M: Quinto Monitoreo; 6M: Sexto Monitoreo.

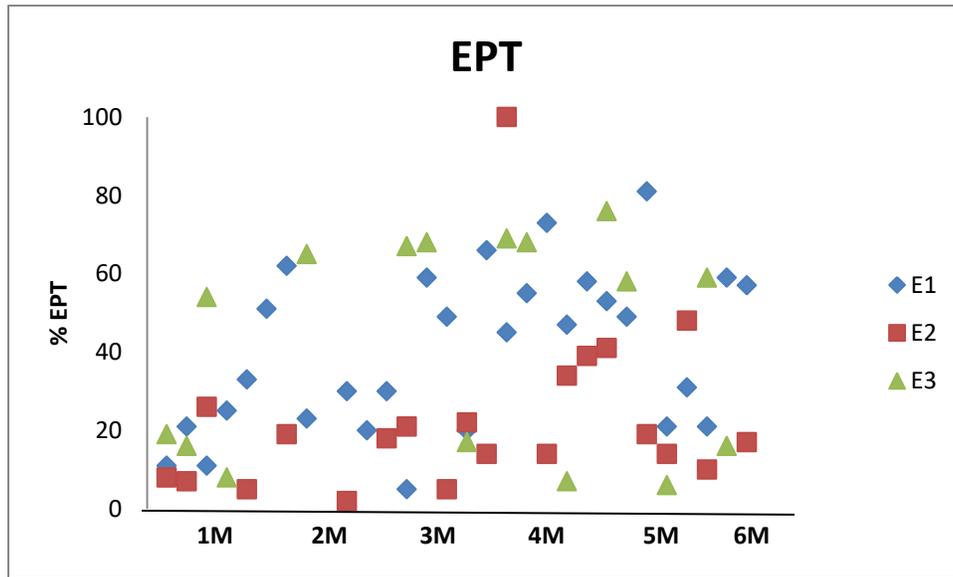


Figura 9. Índice EPT (Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera) en los sitios prospectados en función del período de muestreo, considerando todos los centros de cultivos como un conjunto de datos, 1M: Primer Monitoreo; 2M: Segundo Monitoreo; 3M: Tercer Monitoreo; 4M: Cuarto Monitoreo; 5M: Quinto Monitoreo; 6M: Sexto Monitoreo.

Índices Bióticos

Los índices bióticos mostraron que la calidad del ecosistema fluvial se mantuvo constante entre los sitios E1 al E3 (Tabla 23 a 28). La abundancia (densidad) fue por lo general más alta en los sitios E2 y/o E3, la cual estuvo principalmente determinada por la presencia de organismos de las Familias Hyalellidae y Chironomidae, cuyas especies son tolerantes a los aportes de materia orgánica y nutrientes (Dudgeon 1994, Armitage 1995). El índice de Equidad de Pielou presentó para todos los sitios prospectados una tendencia a la baja dominancia de especies con un valor cercano a 1, es decir, se trata de comunidades con densidades similares entre los taxones (Tabla 23 a 28).

Por otro lado, el Índice Biótico de Familia (IBF) mostró que la mayoría de las pisciculturas y eventos de muestreo para todos los sitios prospectados (E1, E2 y E3), una calidad similar variando entre los valores 6 a 7, categorizado como una calidad Regular a Relativamente Malo. El centro Kudiñam, Polcura y STH mostraron una tendencia diferente a la descrita previamente, ya que a partir del tercer monitoreo evidenciaron una leve mejora en su calidad de Regular a Buena en los sitios E1 y E3

(Tablas 23 a 28). El Índice EPT fue congruente con el Índice IBF, en el sentido de que se mantuvo una baja densidad de estos órdenes a excepción del centro Kudiñam, polcura y STH, que al igual que en el Índice IBF mantuvo un Índice EPT Regular a Bueno para los sitios E2 y E3 desde el tercer monitoreo (Figura 10 a 15).

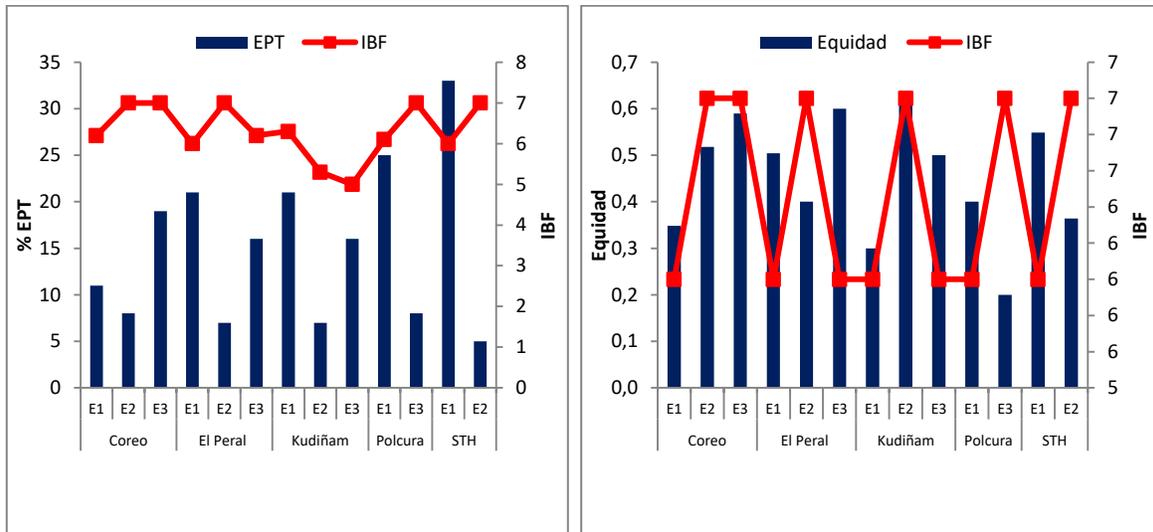


Figura 10. Porcentaje de Ephemeroptera-Plecoptera-Trichoptera (EPT) versus Índice Biótico de Familias (IBF) (Izquierda). Índice de Equidad de Pielou versus IBF (Derecha). Muestréos Octava Región, 2 al 3 de Diciembre de 2015.

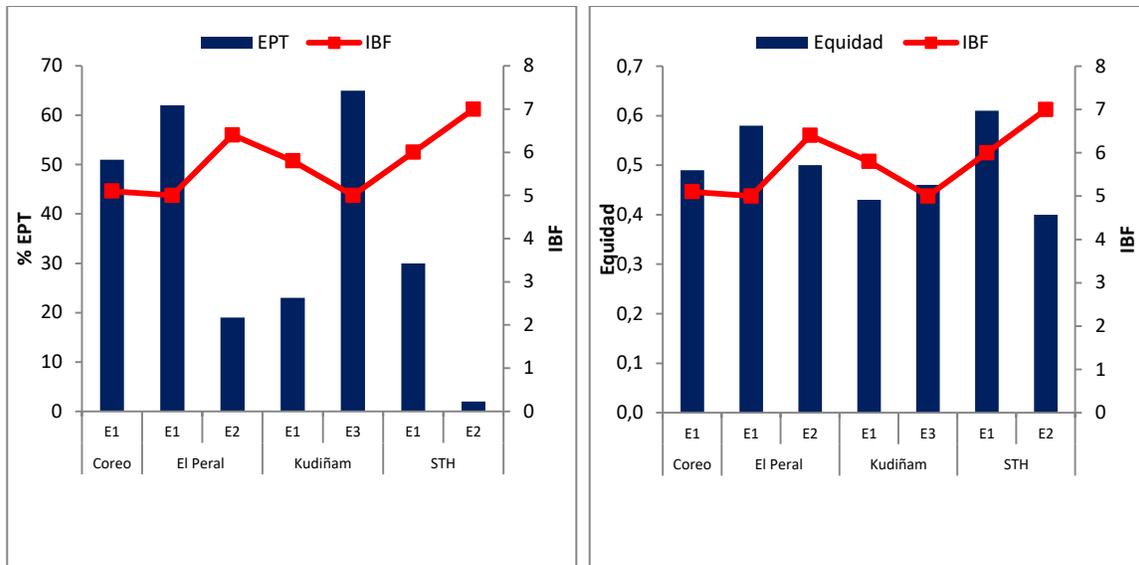


Figura 11. Porcentaje de Ephemeroptera-Plecoptera-Trichoptera (EPT) versus Índice Biótico de Familias (IBF) (Izquierda). Índice de Equidad de Pielou versus IBF (Derecha). Muestréos Octava Región, 6 al 7 de Enero de 2016.

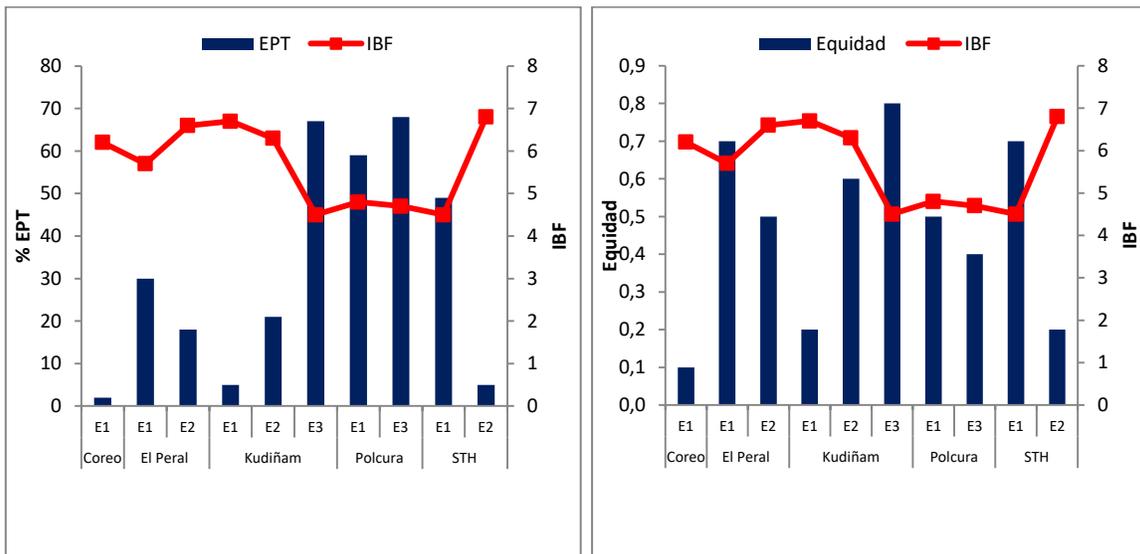


Figura 12. Porcentaje de Ephemeroptera-Plecoptera-Trichoptera (EPT) versus Índice Biótico de Familias (IBF) (Izquierda). Índice de Equidad de Pielou versus IBF (Derecha). Muestréos Octava Región, 2 a 3 de Febrero de 2016.

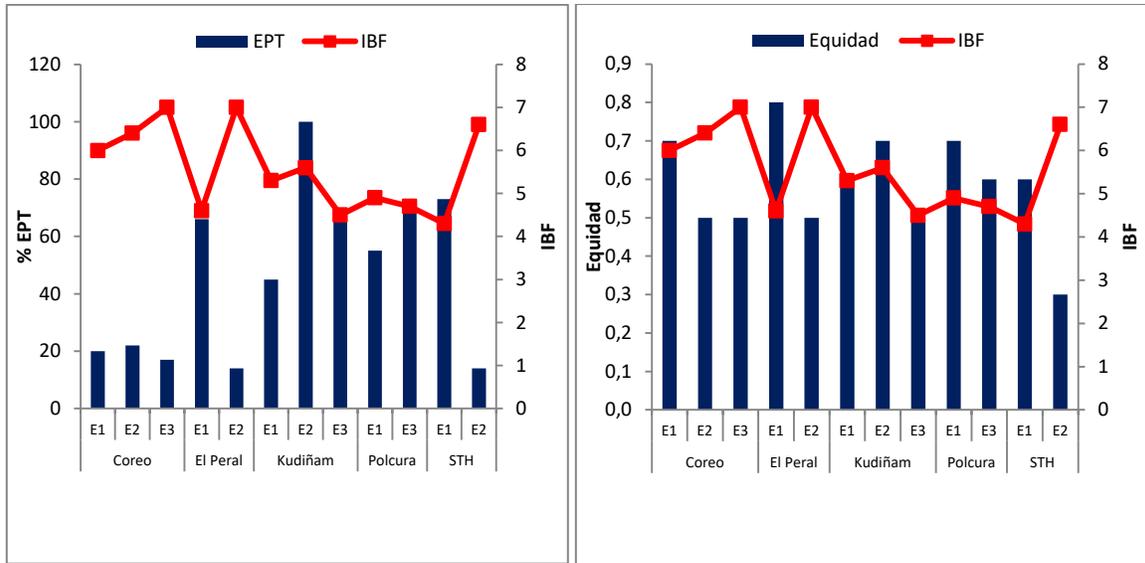


Figura 13. Porcentaje de Ephemeroptera-Plecoptera-Trichoptera (EPT) versus Índice Biótico de Familias (IBF) (Izquierda). Índice de Equidad de Pielou versus IBF (Derecha). Muestras Octava Región, 14 a 15 de Marzo 2016.

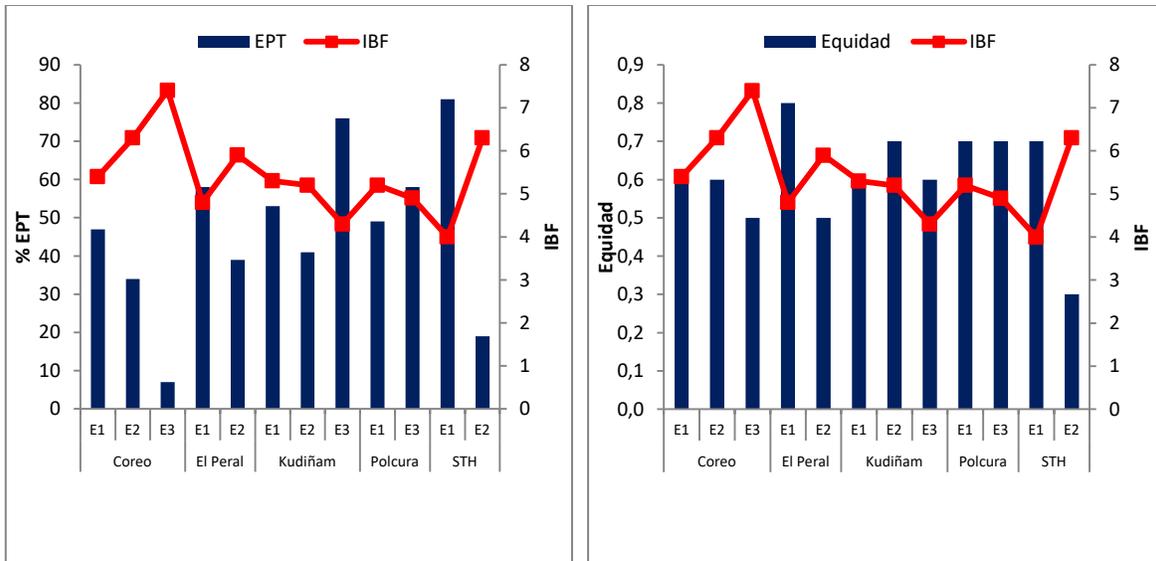


Figura 14. Porcentaje de Ephemeroptera-Plecoptera-Trichoptera (EPT) versus Índice Biótico de Familias (IBF) (Izquierda). Índice de Equidad de Pielou versus IBF (Derecha). Muestras Octava Región, 12 a 13 de Abril 2016.

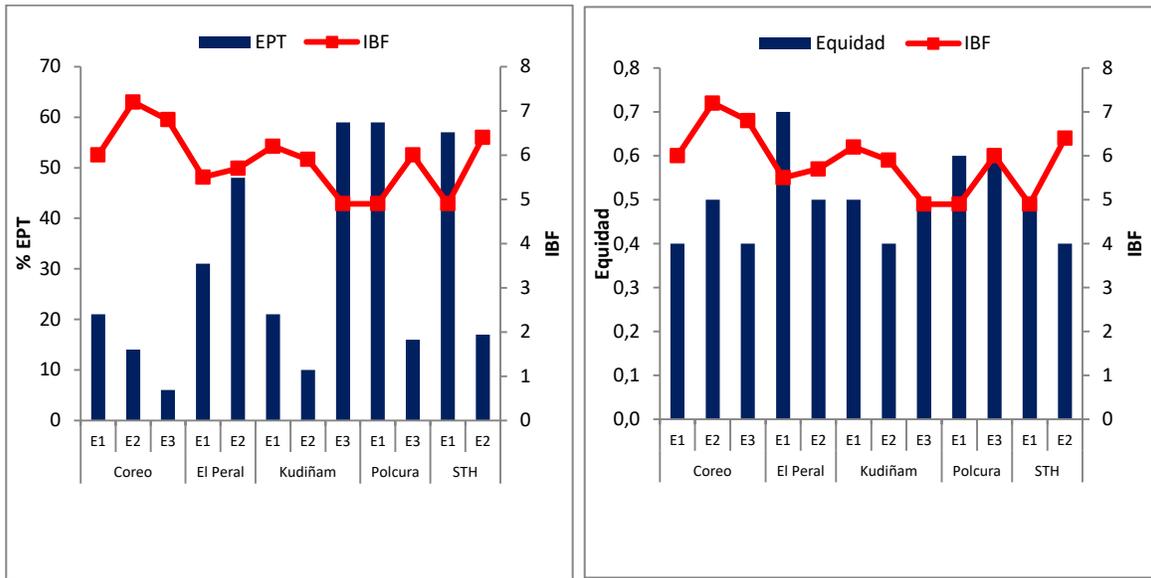


Figura 15. Porcentaje de Ephemeroptera-Plecoptera-Trichoptera (EPT) versus Índice Biótico de Familias (IBF) (Izquierda). Índice de Equidad de Pielou versus IBF (Derecha). Muestras Octava Región, 12 a 13 de Mayo 2016.

Tabla 23. Resumen parámetros comunitarios centro de cultivos Octava Región, 2 a 3 Diciembre de 2015.

Centro	Sitio	Riqueza (N° Taxa)	Densidad Total (Ind/m ²)	Densidad Promedio (Ind/m ²)	Equidad	EPT (%)	IBF (Numérico)	IBF (Nominal)
Coreo	E1	17	1735	102	0,3	11%	6,2	R. Malo
	E2	17	2211	130	0,5	8%	7	Malo
	E3	17	1740	102	0,6	19%	7	Malo
El Peral	E1	14	253	18	0,5	21%	6	R. Malo
	E2	17	2329	137	0,4	7%	7	Malo
	E3	17	757	45	0,6	16%	6,2	R. Malo
Kudiñam	E1	16	749	47	0,3	11%	6,3	R. Malo
	E2	21	772	47	0,6	26%	5,3	Regular
	E3	18	2335	130	0,5	54%	5	Bueno
Polcura	E1	9	865	96	0,4	25%	6,1	R. Malo
	E2	Sin condición para muestreo						
	E3	11	2491	226	0,2	8%	7	Malo
STH	E1	20	452	23	0,5	57%	6	R. Malo
	E2	8	555	69	0,4	17%	7	Malo
	E3	Sin condición para muestreo						

Tabla 24. Resumen parámetros comunitarios centro de cultivos Octava Región, 6 a 7 Enero de 2016.

Centro	Sitio	Riqueza (N° Taxa)	Densidad Total (Ind/m ²)	Densidad Promedio (Ind/m ²)	Equidad	EPT (%)	IBF (Numérico)	IBF (Nominal)
Coreo	E1	14	903	64	0,7	51%	5,1	Regular
	E2	Sin condición para muestreo						
	E3	Sin condición para muestreo						
El Peral	E1	14	253	18	0,7	62%	5	Bueno
	E2	14	1002	72	0,4	19%	6,4	R. Malo
	E3	Sin condición para muestreo						
Kudiñam	E1	13	2525	194	0,5	23%	5,8	R. Malo
	E2	Sin condición para muestreo						
	E3	11	806	73	0,7	65%	5	Bueno
Polcura	E1	Sin condición para muestreo						
	E2	Sin condición para muestreo						
	E3	Sin condición para muestreo						
STH	E1	13	179	14	0,5	30%	6	R. Malo
	E2	7	902	129	0,4	2%	7	Malo
	E3	Sin condición para muestreo						

Tabla 25. Resumen parámetros comunitarios centro de cultivos Octava Región, 2 a 3 Febrero de 2016.

Centro	Sitio	Riqueza (N° Taxa)	Densidad Total (Ind/m ²)	Densidad Promedio (Ind/m ²)	Equidad	EPT (%)	IBF (Numérico)	IBF (Nominal)
Coreo	E1	4	167	42	0,13	2%	6,2	Malo
	E2	Sin condición para muestreo						
	E3	Sin condición para muestreo						
El Peral	E1	11	72	7	0,75	30%	5,7	Regular
	E2	15	1132	75	0,46	18%	6,6	Malo
	E3	Sin condición para muestreo						
Kudiñam	E1	12	1348	112	0,17	5%	6,7	Malo
	E2	15	703	47	0,55	21%	6,3	R. Malo
	E3	17	416	24	0,76	67%	4,5	Bueno
Polcura	E1	11	636	70	0,5	59%	4,8	Bueno
	E2	Sin condición para muestreo						
	E3	11	872	79	0,4	68%	4,7	Bueno
STH	E1	16	443	28	0,73	49%	4,5	Bueno
	E2	8	649	81	0,17	5%	6,8	Malo
	E3	Sin condición para muestreo						

Tabla 26. Resumen parámetros comunitarios centro de cultivos Octava Región, 14 a 15 Marzo de 2016.

Centro	Sitio	Riqueza (N° Taxa)	Densidad Total (Ind/m ²)	Densidad Promedio (Ind/m ²)	Equidad	EPT (%)	IBF (Numérico)	IBF (Nominal)
Coreo	E1	16	875,3	54,7	0,7	20%	6,0	R. Malo
	E2	14	2829,3	202,1	0,5	22%	6,4	R. Malo
	E3	16	1528,0	95,5	0,5	17%	7,0	Malo
El Peral	E1	9	136,0	15,1	0,8	66%	4,6	Buena
	E2	11	1262,7	114,8	0,5	14%	7,0	Malo
	E3	Sin condición para muestreo						
Kudiñam	E1	12	2466,7	205,6	0,6	45%	5,3	Regular
	E2	18	414,0	23,0	0,7	100%	5,6	Regular
	E3	14	825,3	59,0	0,5	69%	4,5	Buena
Polcura	E1	10	370,7	137,5	0,7	55%	4,9	Buena
	E2	Sin condición para muestreo						
	E3	13	1518,7	48,3	0,6	68%	4,7	Buena
STH	E1	15	213,3	14,2	0,6	73%	4,3	Buena
	E2	11	1322,7	120,2	0,3	14%	6,6	Malo
	E3	Sin condición para muestreo						

Tabla 27. Resumen parámetros comunitarios centro de cultivos Octava Región, 12 a 13 Abril de 2016.

Centro	Sitio	Riqueza (N° Taxa)	Densidad Total (Ind/m ²)	Densidad Promedio (Ind/m ²)	Equidad	EPT (%)	IBF (Numérico)	IBF (Nominal)
Coreo	E1	16	1528,0	179,8	0,6	47%	5,4	Regular
	E2	12	2157,3	235,7	0,0	34%	6,3	R. Malo
	E3	12	2828,0	157,2	0,5	7%	7,4	Muy Malo
El Peral	E1	9	60,0	6,7	0,8	58%	4,8	Bueno
	E2	13	3281,3	252,4	0,5	39%	5,9	R. Malo
	E3	Sin condición para muestreo						
Kudiñam	E1	8	862,7	107,8	0,6	53%	5,3	Regular
	E2	16	600,0	37,5	0,7	41%	5,2	Regular
	E3	14	1576,0	112,6	0,6	76%	4,3	Bueno
Polcura	E1	12	573,3	48,3	0,7	49%	5,2	Regular
	E2	Sin condición para muestreo						
	E3	14	785,3	67,0	0,7	58%	4,9	Bueno
STH	E1	15	742,7	49,5	0,7	81%	4,0	Muy Bueno
	E2	13	2106,7	162,1	0,3	19%	6,3	R. Malo
	E3	Sin condición para muestreo						

Tabla 28. Resumen parámetros comunitarios centro de cultivos Octava Región, 12 a 13 Mayo de 2016.

Centro	Sitio	Riqueza (N° Taxa)	Densidad Total (Ind/m ²)	Densidad Promedio (Ind/m ²)	Equidad	EPT (%)	IBF (Numérico)	IBF (Nominal)
Coreo	E1	20	2009,3	100,5	0,4	21%	6,1	R. Malo
	E2	16	3694,7	230,9	0,5	14%	7,2	Malo
	E3	16	1629,3	101,8	0,4	6%	6,8	Malo
El Peral	E1	16	184,7	11,5	0,7	31%	5,5	Regular
	E2	16	1540,0	96,3	0,5	48%	5,7	Regular
	E3	Sin condición para muestreo						
Kudiñam	E1	9	1372,0	152,4	0,5	21%	6,2	R. Malo
	E2	16	894,7	55,9	0,4	10%	5,9	R. Malo
	E3	18	1178,0	65,4	0,5	59%	4,9	Bueno
Polcura	E1	14	1366,7	113,8	1,6	59%	4,9	Bueno
	E2	Sin condición para muestreo						
	E3	15	1338,7	99,6	1,7	16%	6,0	R. Malo
STH	E1	17	848,0	49,9	0,5	57%	4,9	Bueno
	E2	6	645,3	107,6	0,4	17%	6,4	R. Malo
	E3	Sin condición para muestreo						

5. Análisis físico-químico de la calidad de aguas

• Parámetros físico-químicos *in-situ*

A continuación se detallan los resultados del análisis físico-químico *in-situ* de los centros de cultivos de la región del Bío-bío (Tabla 29).

Al respecto cabe resaltar que los parámetros Conductividad, Salinidad y Sólidos Totales Disueltos se destacaron sobre el resto y mostraron altos *peaks* en sus valores en los sitios E2 y E3 en todos los centros de cultivos monitoreados.

Tabla 29. Resumen de parámetros físico-químicos obtenidos *in-situ* en los centros de cultivo (primer a sexto monitoreo).

	Fecha	T			OD			C			STD			SAL			pH		
		E1	E2	E3	E1	E2	E3	E1	E2	E3	E1	E2	E3	E1	E2	E3	E1	E2	E3
Coreo	2-Dic-15	13,95	14,2	15,7	9,7	9,2	9,6	80,5	90	116,3	65,65	73,45	92,3	0,05	0,05	0,07	7,14	6,8	6,7
El Peral	2-Dic-15	15	15,4	15,5	9,3	9,1	9,1	87,9	91,1	90,9	70,85	72,15	72,15	0,05	0,05	0,05	6,9	6,9	6,89
Ketrun - Rayen	3-Dic-15	13,5	13,6	13,4	9,8	9,96	10,24	54,2	52,9	54,5	44,85	44,85	45,5	0,03	0,03	0,03	6,71	6,69	6,74
Kudiñam	3-Dic-15	14,3	14,9	15,1	10	9,9	10	60,7	292,6	78	49,4	237,25	62,4	0,04	0,18	0,04	6,95	6,86	6,71
Polcura	3-Dic-15	11,5	13	12,2	12,07	10,02	11,6	50,1	46,1	49,5	43,55	39	42,9	0,03	0,03	0,03	7,19	7,13	7,6
STH	2-Dic-15	15,3	15,3	15	9,1	8,8	9,13	54,4	57,7	54,9	43,55	46,15	44,2	0,03	0,03	0,03	6,75	6,5	7,03
Coreo	6-Ene-16	15,6	--	16,3	9,8	--	10,35	90,2	--	92,2	71,5	--	72,15	0,05	--	0,05	7,2	--	7,26
El Peral	6-Ene-16	15	15,7	15,5	9,35	7,96	9,08	89,3	93,7	92,4	71,5	74,1	73,45	0,05	0,05	0,05	7	6,8	7,1
Ketrun - Rayen	7-Ene-16	16,2	16,3	16	9,93	9,23	9,83	61,1	64,1	61,6	47,45	50,05	48,1	0,03	0,04	0,03	6,7	6,6	6,7
Kudiñam	7-Ene-16	16	17	17,4	9,6	9,56	8,6	65,9	70,5	71,4	50,05	53,95	54,6	0,04	0,04	0,04	6,66	6,7	7,1
Polcura	7-Ene-16	11	11,8	11	11,7	9,62	11,93	49	48,6	48,7	43,55	42,25	42,9	0,03	0,03	0,03	6,9	7,2	7,45
STH	6-Ene-16	14,9	15,2	15,2	8,94	9,2	9,54	55	55,3	58,8	44,2	44,2	46,8	0,03	0,03	0,03	7,25	6,3	6,8
Coreo	2-Feb-16	16,6	16,9	18,3	9,85	8,82	9,5	94,2	97	112,3	72,8	74,75	83,85	0,05	0,05	0,06	7,27	6,94	7,08
El Peral	2-Feb-16	14,2	14,6	16,1	9,17	9,98	7,37	88	91	91	72,15	73,45	72,8	0,05	0,05	0,05	7	7,2	7,3
Ketrun - Rayen	3-Feb-16	17,7	17,7	17,4	9,45	9	9,17	64,1	70	65	48,1	53,6	49,4	0,03	0,04	0,03	6,71	6,55	6,44
Kudiñam	3-Feb-16	17,7	18,1	18,1	9,38	7,38	8,75	67,8	71,7	69,7	51,35	53,95	52	0,04	0,04	0,04	6,79	6,78	7,02
Polcura	3-Feb-16	12,8	13,1	12,7	11,07	8,21	10,95	52,4	53,1	52,1	44,2	44,2	44,2	0,03	0,03	0,03	6,94	6,87	7,4
STH	2-Feb-16	16,4	16,7	16,6	8,8	8,61	8,95	60,8	66,2	61,9	47,45	51,35	48,1	0,03	0,04	0,03	6,69	6,13	6,49
Coreo	14-Mar-16	13,8	14	15,1	10,4	8,74	9,93	90,8	267,2	93,6	74,75	219,05	80,15	0,05	0,16	0,03	7,37	7,06	7,13
El Peral	14-Mar-16	14,6	14,8	14,8	9,01	8,91	8,24	89,3	91,4	89,9	72,15	74,1	72,8	0,05	0,05	0,05	6,79	6,78	7,13
Ketrun - Rayen	15-Mar-16	15,3	15,2	15,1	9,68	10,03	8,44	65,1	70,6	65,9	52	56,55	52,65	0,04	0,04	0,04	7,24	6,37	6,38
Kudiñam	15-Mar-16	16,2	16,8	16,4	9,6	9,18	9,27	71	72,8	73,1	55,25	55,9	56,55	0,04	0,04	0,04	6,92	6,82	7,13
Polcura	15-Mar-16	12,3	12,3	12,3	11,18	8,46	10,57	57,8	58,5	57,7	49,4	50,05	49,4	0,04	0,04	0,04	7,41	7,13	7,38
STH	14-Mar-16	14,7	14,8	14,8	8,92	8,43	9,28	63,1	67,5	63,8	51,78	54,6	51,35	0,04	0,04	0,04	6,49	6,37	6,88
Coreo	13-Abr-16	13,2	13,2	13,7	9,31	9,15	9,56	81,5	82,1	83	68,25	68,9	69,55	0,05	0,05	0,05	7,37	7,25	7,34
El Peral	13-Abr-16	13,2	13,2	13,3	8,17	8,4	8,99	82,6	83,9	82,8	69,55	70,2	68,9	0,05	0,05	0,05	7,34	7,19	7,19
Ketrun - Rayen	12-Abr-16	12,9	13,1	13	8,65	9,57	9,67	57,8	60,6	58,8	48,7	50,7	49,4	0,03	0,04	0,04	7,17	6,61	6,95
Kudiñam	12-Abr-16	13,2	--	13,2	9,8	--	9,82	59,8	--	60,8	50,05	--	50,7	0,04	--	0,04	7,29	--	7,25
Polcura	13-Abr-16	13,1	13,2	13,1	10,2	7,79	9,9	49,8	51,8	50	42,25	43,55	42,25	0,03	0,03	0,03	7,45	6,88	7,4
STH	12-Abr-16	12,9	12,9	13	8,94	9,43	9,26	56,9	58,3	57,8	48,1	49,4	48,75	0,03	0,04	0,02	7,26	6,82	7,13
Coreo	12-Mayo-16	13,3	13,3	13,8	9,5	8,45	9,34	82,3	175,8	255,7	68,9	146,9	215,25	0,05	0,01	0,16	7,22	7,08	7,1
El Peral	12-May-16	12,9	13	13,1	8,29	9,49	9,13	82,6	82,7	82,9	69,5	69,5	69,5	0,05	0,05	0,05	6,99	7,0	7,0
Ketrun - Rayen	11-May-16	12,7	12,7	12,7	8,79	9,27	9,5	65,7	69,1	67,3	55,9	58,5	57,2	0,04	0,04	0,04	6,7	6,49	6,74
Kudiñam	11-May-16	12	12,1	12,2	10,25	9,16	9,7	62,7	63,8	63,9	53,9	55,25	53,25	0,04	0,04	0,04	7,16	6,88	7,01
Polcura	11-Mayo-16	10,7	10,9	10,8	10,8	9,05	10,2	50,7	50,5	50,6	45,5	44,8	45,5	0,03	0,03	0,03	7,21	7,02	7,6
STH	12-May-16	12,2	12,2	12,3	8,39	9,2	8,98	61,8	63,9	63,8	53,3	55,25	54,6	0,04	0,04	0,04	6,53	6,41	6,66

5. Carbono Orgánico

Materia Orgánica Disuelta (DOM)

El modelo validado por PARAFAC, mediante el análisis *split-half* y el análisis de residuos y loadings identificó 4 componentes fluorescentes. Estos representan diferentes grupos de fluoróforos presentes en las muestras, exhibiendo peak redondeados, múltiples máximos de excitación y un máximo individual de emisión.

El modelo generado dio como resultado 4 componentes de los cuales los componentes 1 y 2 presentan características similares a los peaks asociados a sustancias húmicas. Mientras que los componente 3 y 4 presentan peaks similares al material del tipo proteico.

Componente 1, similar a Ácidos Húmicos UVC

Ex 240, Em 470.5 - Rangos máximos de excitación y emisión para similar a Ácidos Húmicos UVC, según Fellman et al. (2010): ex <260, em 448-480

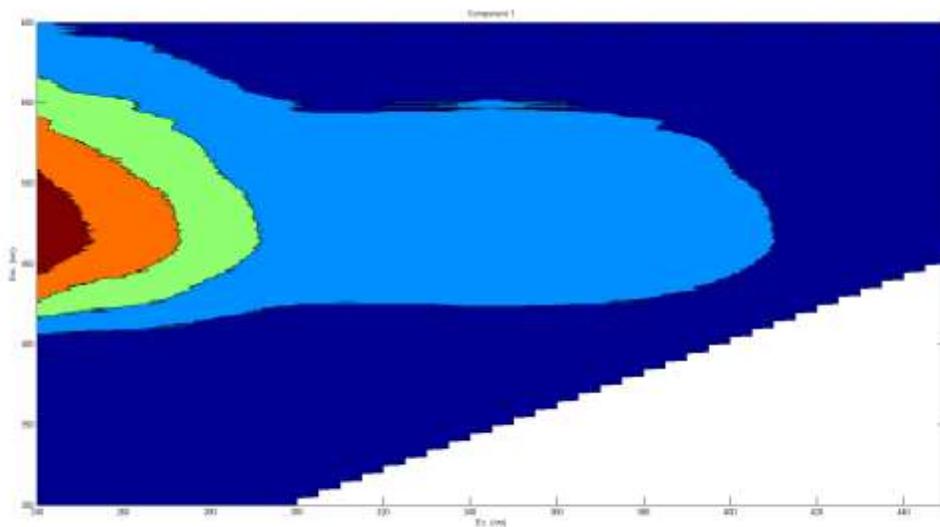


Figura 16. Componente 1, gráfico de contorno.

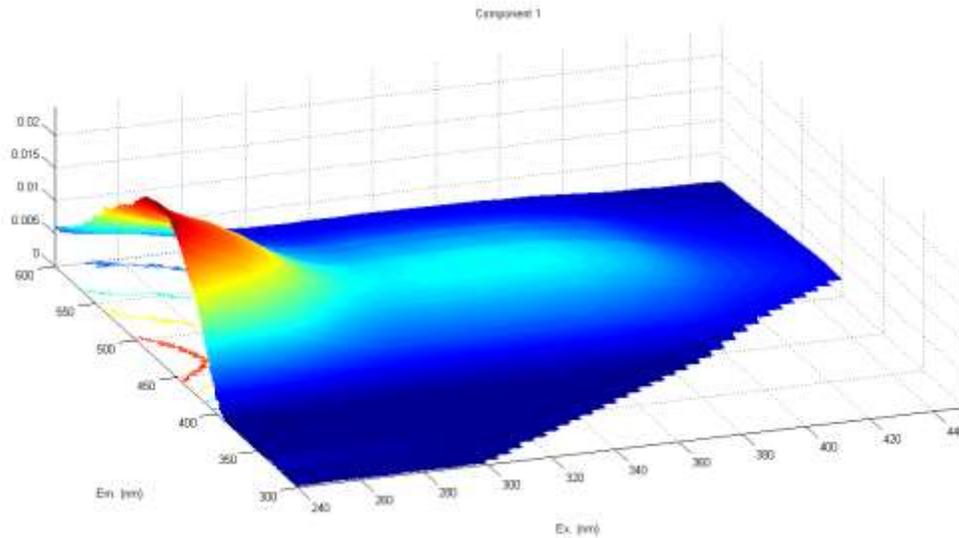


Figura 17. Componente 1, gráfico de superficie.

Componente 2, similar a Ácidos Húmicos

Ex 240, Em 400 - Rangos máximos de excitación y emisión para similar a Ácidos Húmicos, según Fellman et al. (2010): ex <250, em 388–425

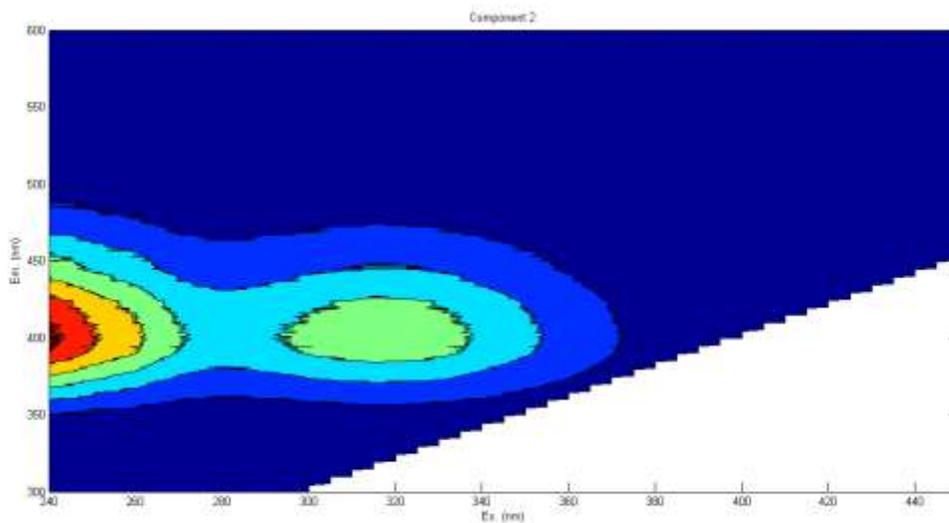


Figura 18. Componente 2, gráfico de contorno.

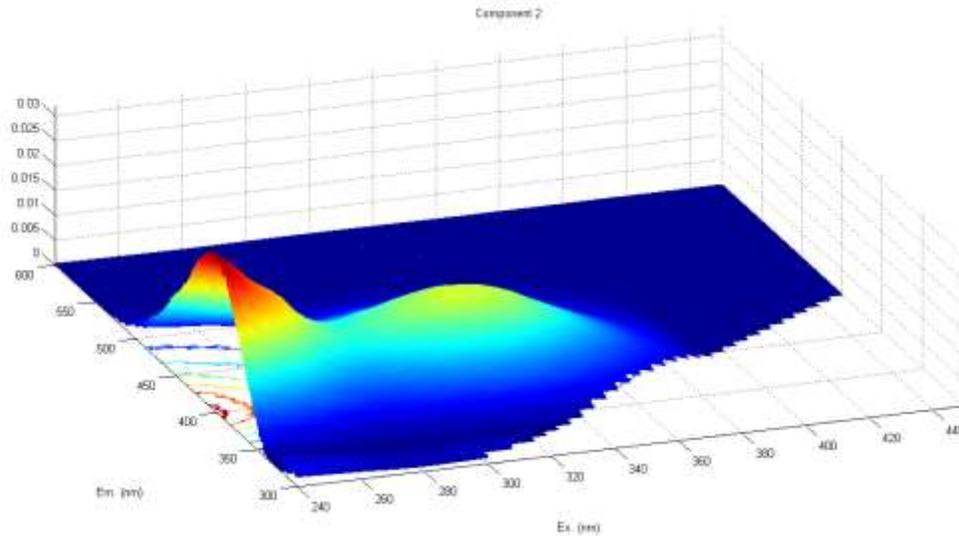


Figura 19. Componente 2, gráfico de superficie.

Componente 3, similar a Triptófano

Ex 280, Em 341 - Rangos máximos de excitación y emisión para similar a Triptófano, según Fellman et al. (2010): ex 270–280 (<240), em 330–368

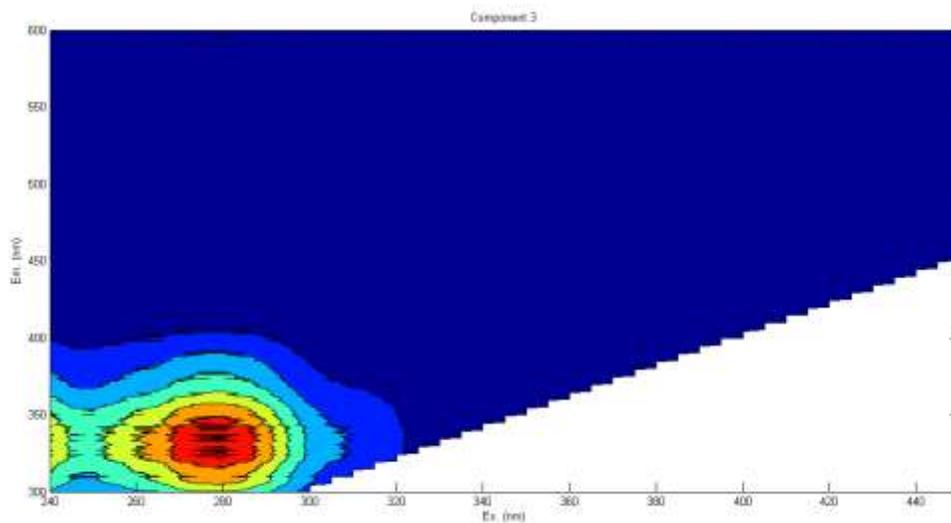


Figura 20. Componente 3, gráfico de contorno.

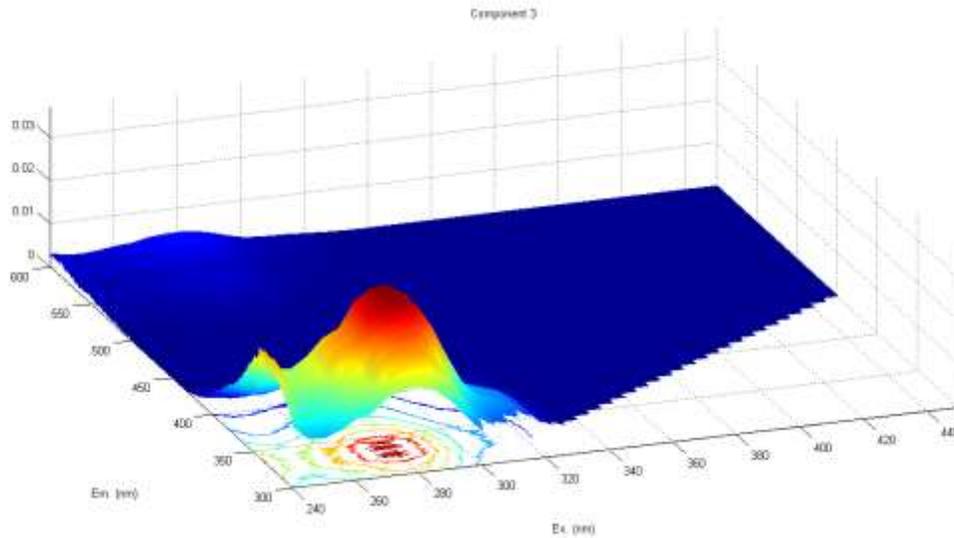


Figura 21. Componente 3, gráfico de superficie.

Componente 4, similar a Proteína

Ex 240, Em 337.5 - Rangos máximos de excitación y emisión para similar a Proteína, según Fellman et al. (2010): ex 240 (300), em 338

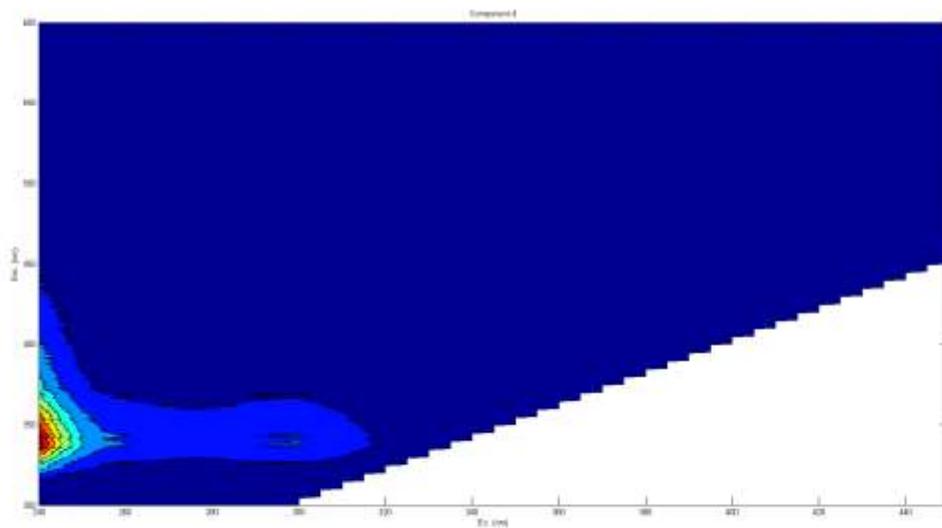


Figura 22. Componente 4, gráfico de contorno.

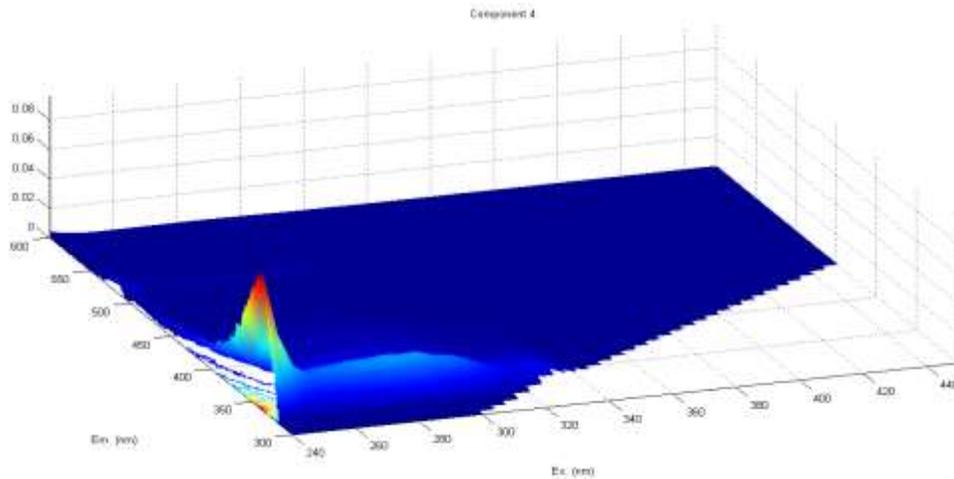


Figura 23. Componente 4, gráfico de superficie.

El análisis PARAFAC, además de entregar información cualitativa, nos proporciona estimaciones de la contribución relativa de cada componente de fluorescencia (FMax) en la reserva total de DOM. Una visión sobre las características de DOM y su variabilidad dentro de las diferentes cuencas se pueden observar desde la figura 24 a la 95. Además se puede obtener una noción sobre el comportamiento de DOM y la influencia que tienen las distintas fuentes sobre las intensidades de fluorescencia de los componentes, permitiendo trazar y caracterizar la huella digital de DOM en sistemas loticos que sustentan descargas de pisciculturas.

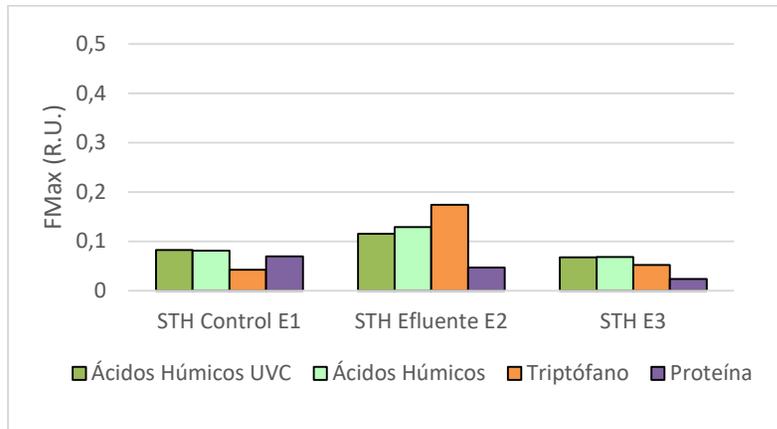


Figura 24. Gráfico FMax Piscicultura STH, primera salida.

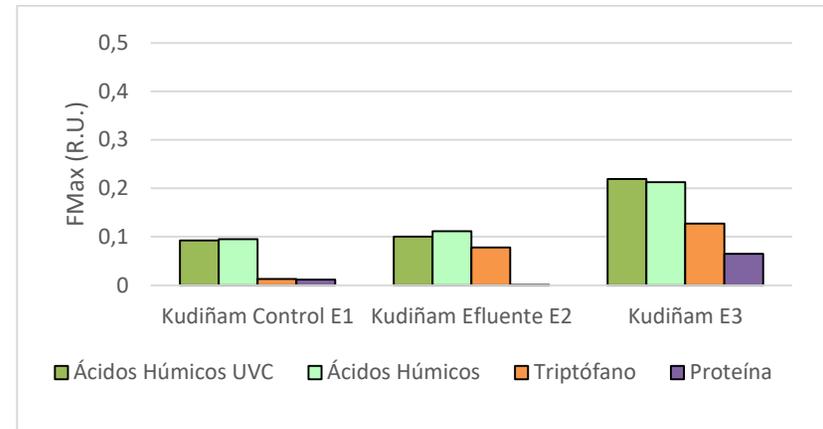


Figura 25. Gráfico FMax Piscicultura Kudiñam, primera salida.

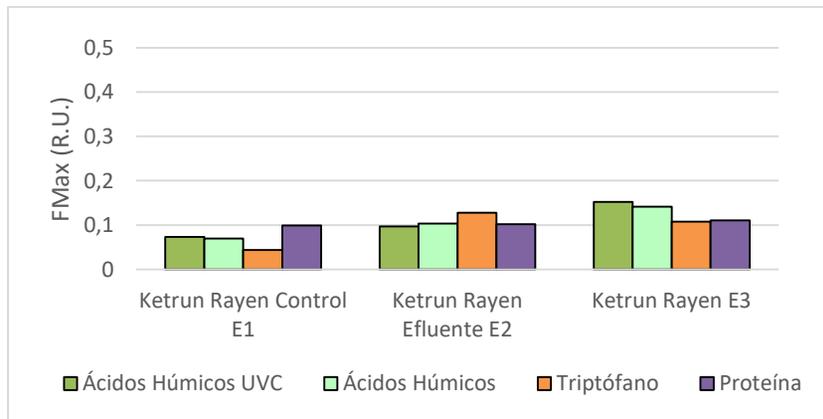


Figura 26. Gráfico FMax Piscicultura Ketrún Rayén, primera salida.

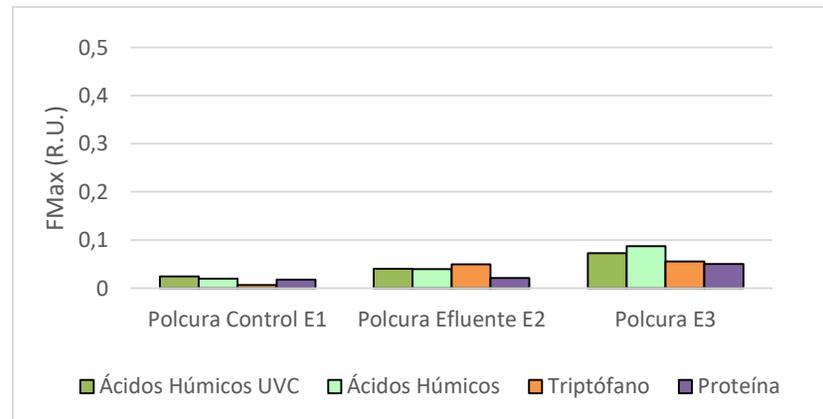


Figura 27. Gráfico FMax Piscicultura Polcura, primera salida.

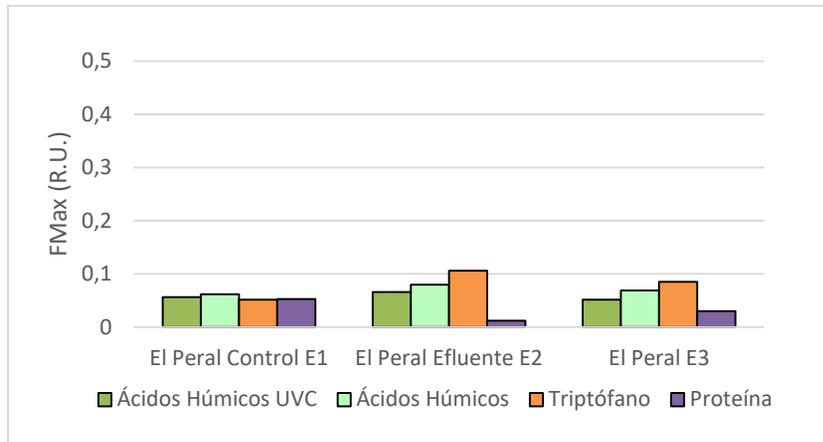


Figura 28. Gráfico FMax Piscicultura El Peral, primera salida.

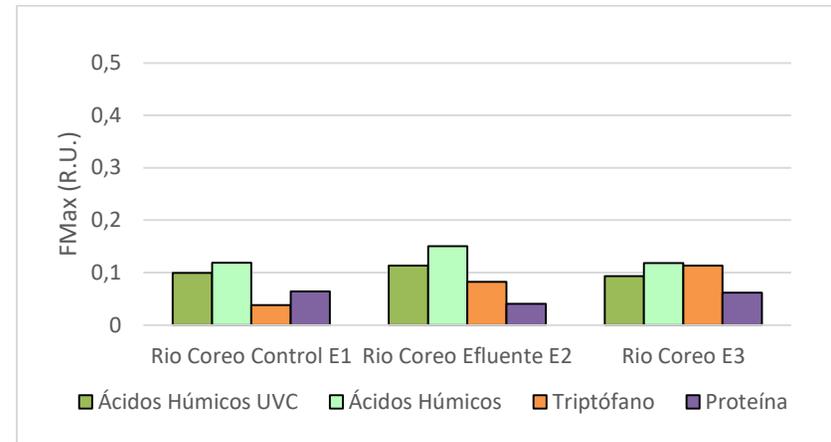


Figura 29. Gráfico FMax Piscicultura Coreo, primera salida.

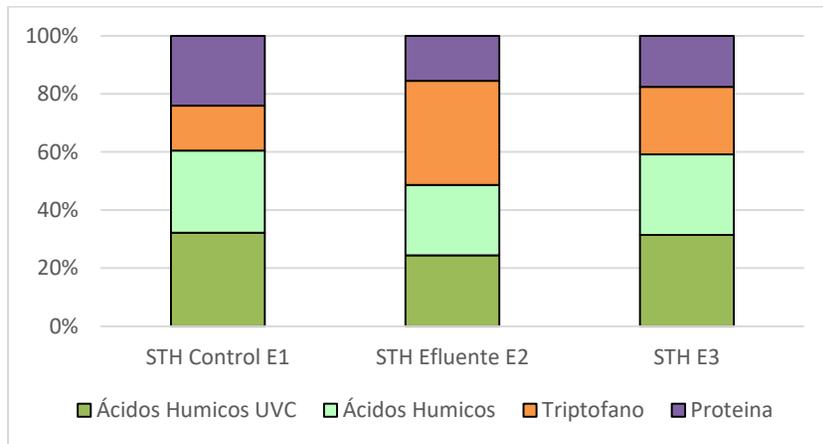


Figura 30. Aporte porcentual de los componentes Piscicultura STH, primera salida.

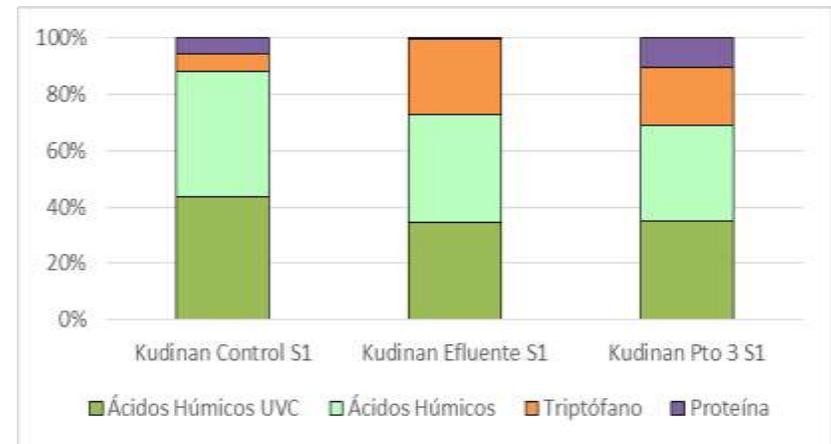


Figura 31. Aporte porcentual de los componentes Piscicultura Kudíñam, primera salida.

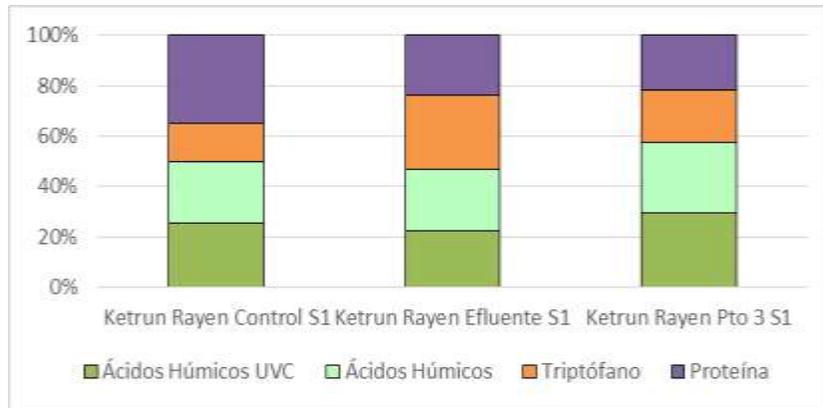


Figura 32. Aporte porcentual de los componentes Piscicultura Ketrun Rayen, primera salida.

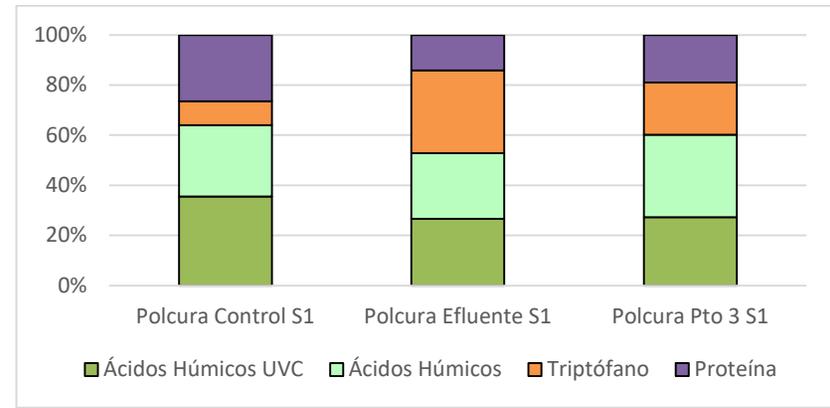


Figura 33. Aporte porcentual de los componentes Piscicultura Polcura, primera salida.

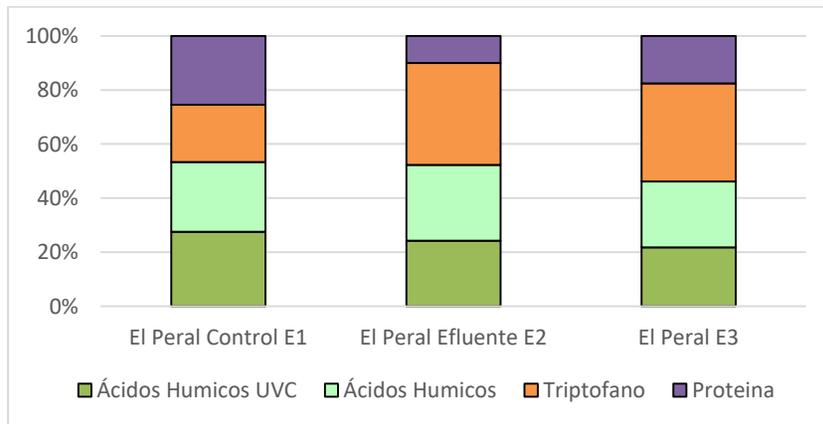


Figura 34. Aporte porcentual de los componentes Piscicultura El Peral, primera salida.

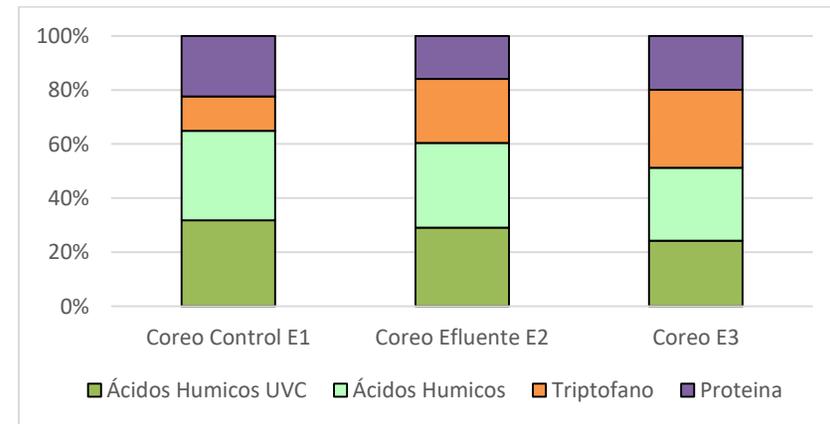


Figura 35. Aporte porcentual de los componentes Piscicultura Coreo, primera salida.

Los resultados del modelo de factores paralelos expresado en fluorescencias máximas en unidades raman (R.U.) muestran un claro aumento de materia orgánica disuelta lábil (componente Triptófano) en las estaciones efluente (E2) y Punto 3 (E3) de las 6 pisciculturas estudiadas respecto a su control (E1). Se observan valores máximos de este componente tanto en el efluente (El Peral, Ketrún Rayén y STH) mientras que para las pisciculturas Coreo, Kudiñam y Polcura, los máximos de triptófano se observan en la estación E3. Las mayores intensidades de fluorescencia de los componentes refractarios (similares a Ácidos húmicos) se encontraron en la estación E3 de la piscicultura Kudiñam. Mientras que la intensidad máxima para el componente similar a Proteína se encontró en la estación E3 de la piscicultura Ketrún Rayén. En los gráficos de aporte porcentual se puede observar claramente el predominio de los componentes similares a ácidos húmicos que solo en el efluente de la piscicultura Ketrún Rayén es bajo al 50% de la composición total de la reserva de DOM.

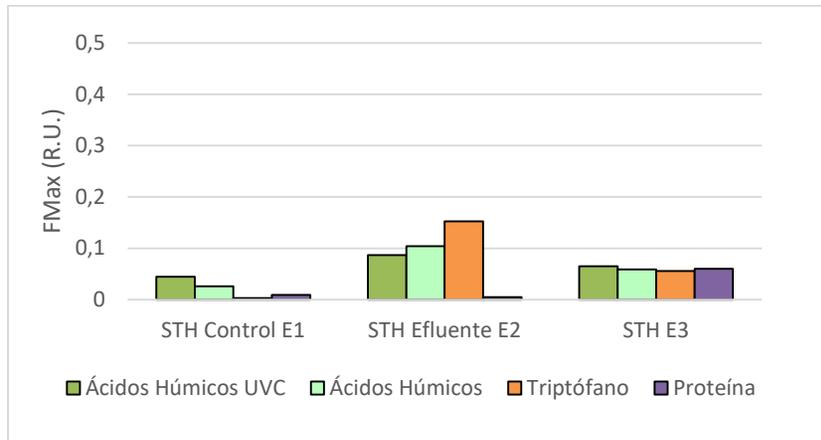


Figura 36. Gráfico FMax Piscicultura STH, segunda salida.

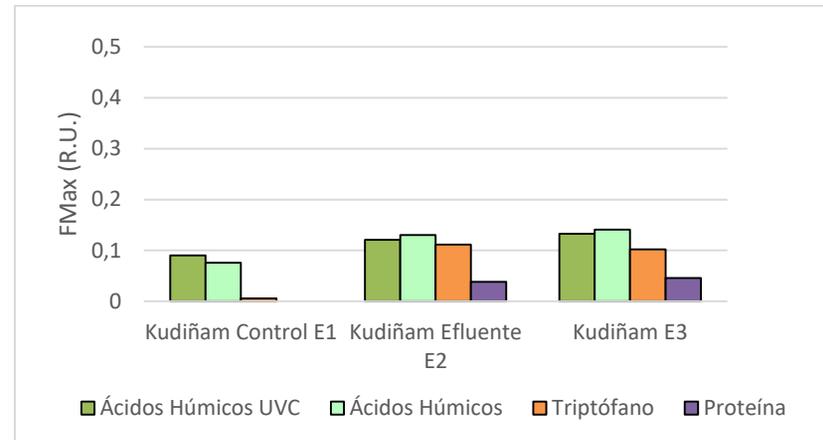


Figura 37. Gráfico FMax Piscicultura Kudiñam, segunda salida.

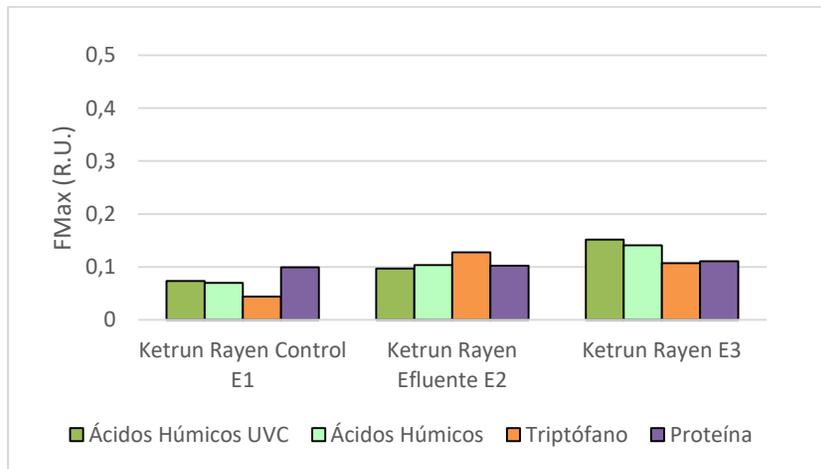


Figura 38. Gráfico FMax Piscicultura Ketrun Rayen, segunda salida.

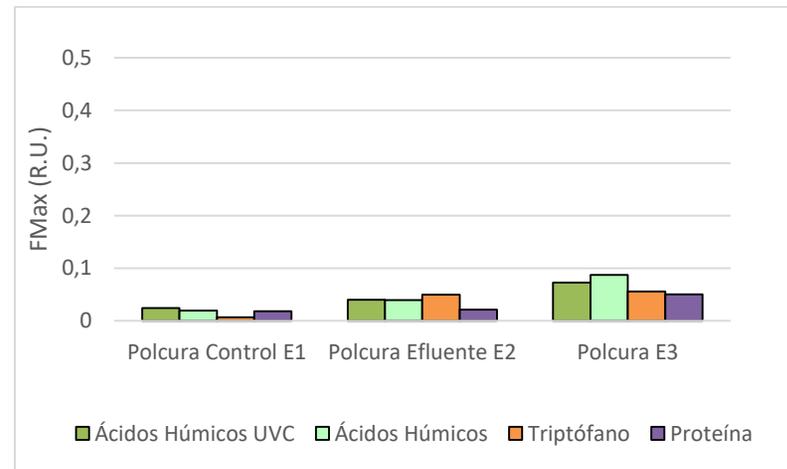


Figura 39. Gráfico FMax Piscicultura Polcura, segunda salida.

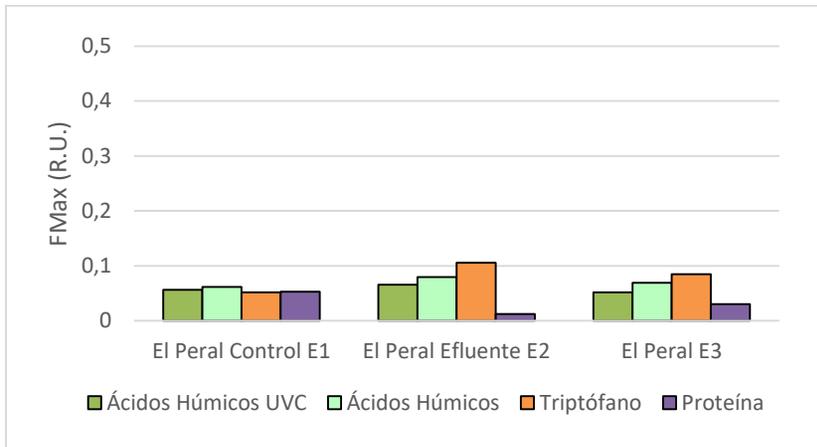


Figura 40. Gráfico FMax Piscicultura El Peral, segunda salida.

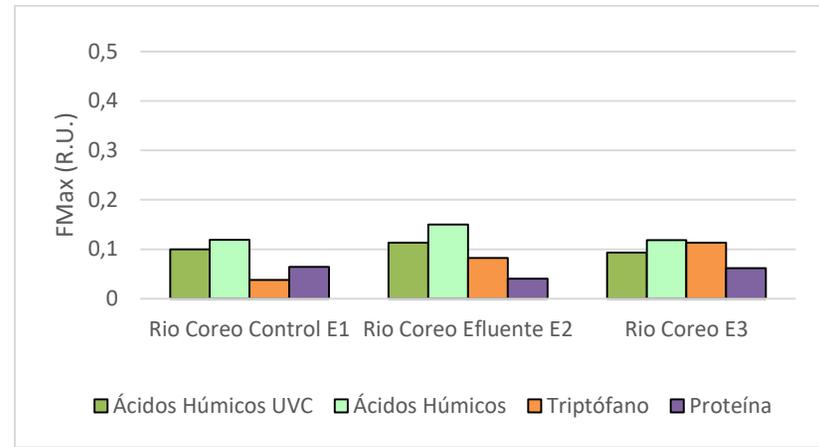


Figura 41. Gráfico FMax Piscicultura Coreo, segunda salida.

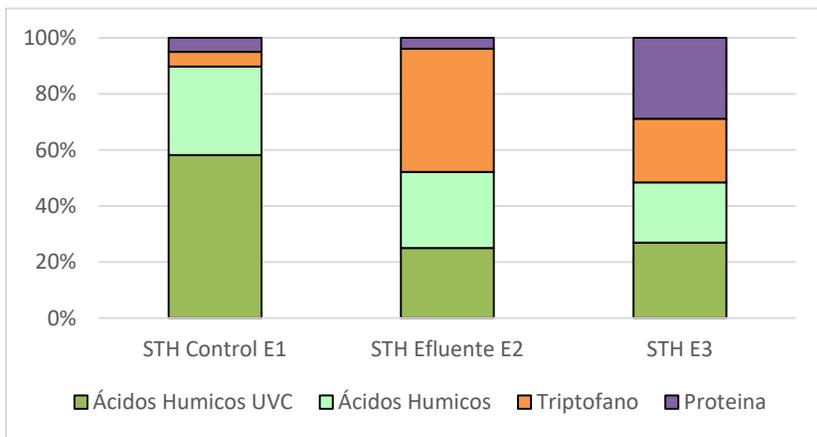


Figura 42. Aporte porcentual de los componentes Piscicultura STH, segunda salida.

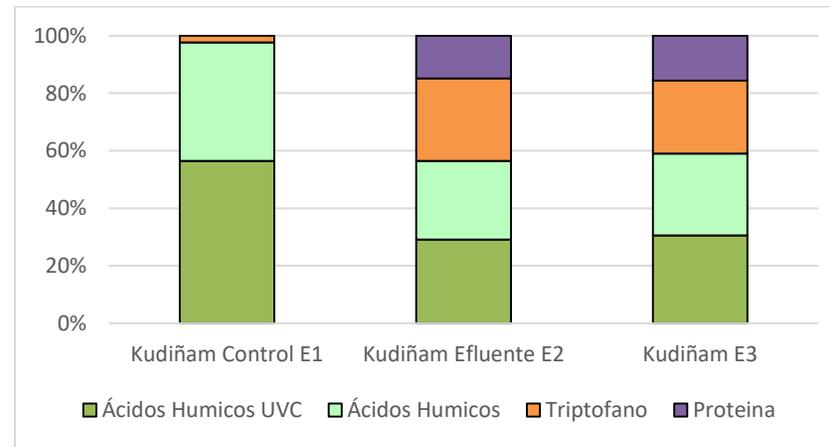


Figura 43. Aporte porcentual de los componentes Piscicultura Kudiñam, segunda salida.

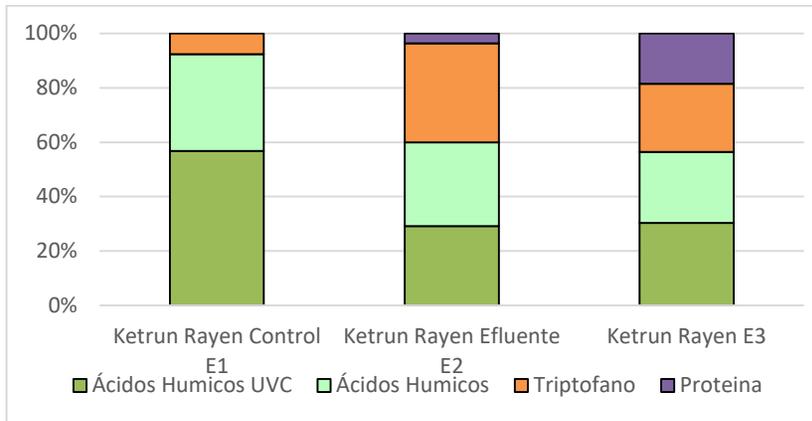


Figura 44. Aporte porcentual de los componentes Piscicultura Ketrún Rayén, segunda salida.

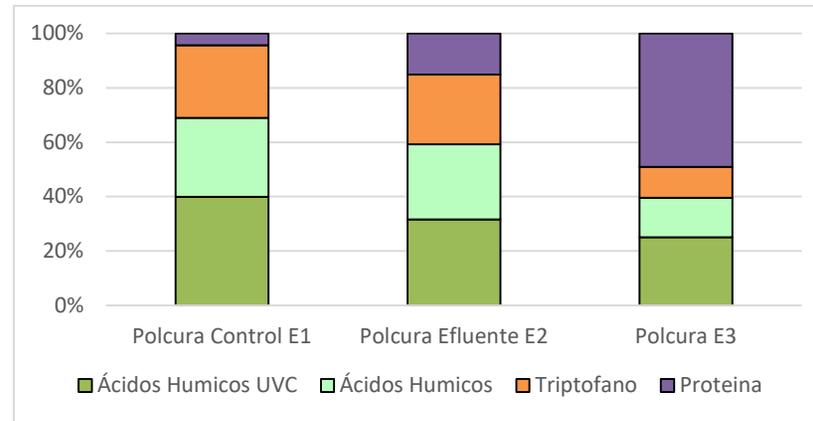


Figura 45. Aporte porcentual de los componentes Piscicultura Polcura, segunda salida.

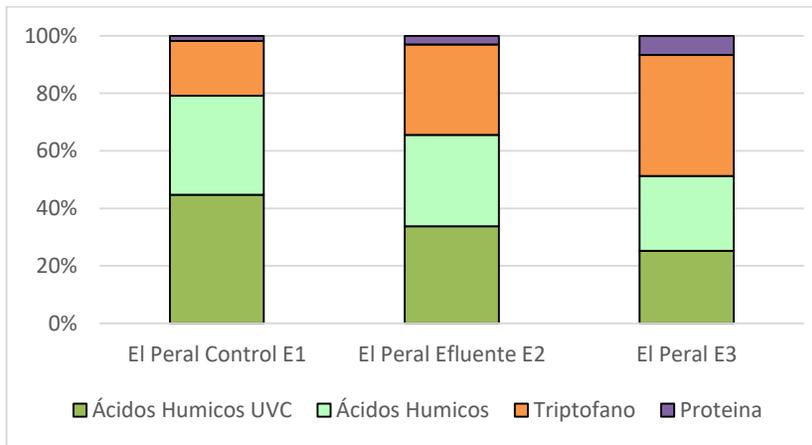


Figura 46. Aporte porcentual de los componentes Piscicultura El Peral, segunda salida.

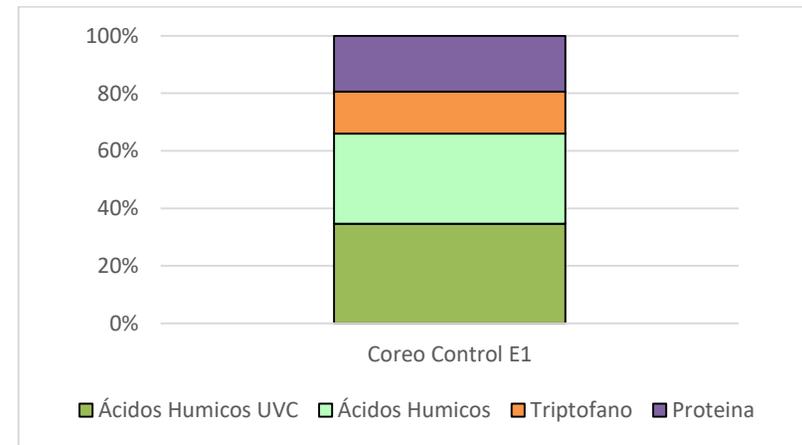


Figura 47. Aporte porcentual de los componentes Piscicultura Coreo, segunda salida.

Los resultados del modelo de factores paralelos expresado en fluorescencias máximas en unidades raman (R.U.) correspondientes a la segunda campaña de muestreo, muestran un claro aumento de materia orgánica disuelta lábil (componente Triptófano) en las estaciones efluente E2 y E3 de las pisciculturas estudiadas respecto a su control (E1) excepto para la piscicultura Coreo donde no hubo muestras, mientras que en la piscicultura Polcura el aumento solo fue leve. Se observan valores máximos de este componente en la estación efluente (Kudiñam, Ketrún Rayén, Polcura y STH) mientras que para la piscicultura El Peral, los máximos de triptófano se observan en la estación E3. Las mayores intensidades de fluorescencia de los componentes refractarios (similares a Ácidos húmicos) y del componente similar a Proteína se encontraron nuevamente en la estación E3 de la piscicultura Kudiñam. En los gráficos de aporte porcentual se puede observar claramente el predominio de los componentes similares a ácidos húmicos que solo en la estación E3 de la piscicultura Polcura es bajo al 50% de la composición total de la reserva de DOM.

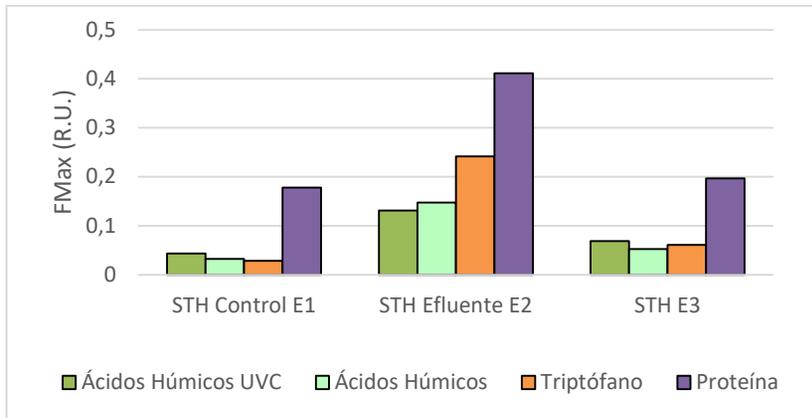


Figura 48. Gráfico FMax Piscicultura STH, tercera salida.

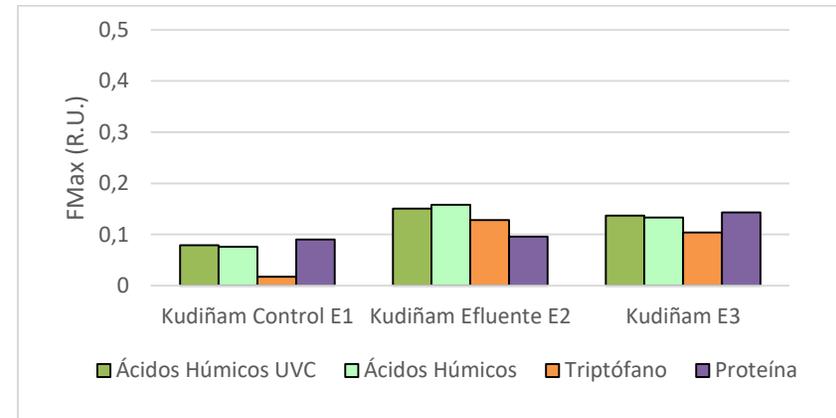


Figura 49. Gráfico FMax Piscicultura Kudiñam, tercera salida.

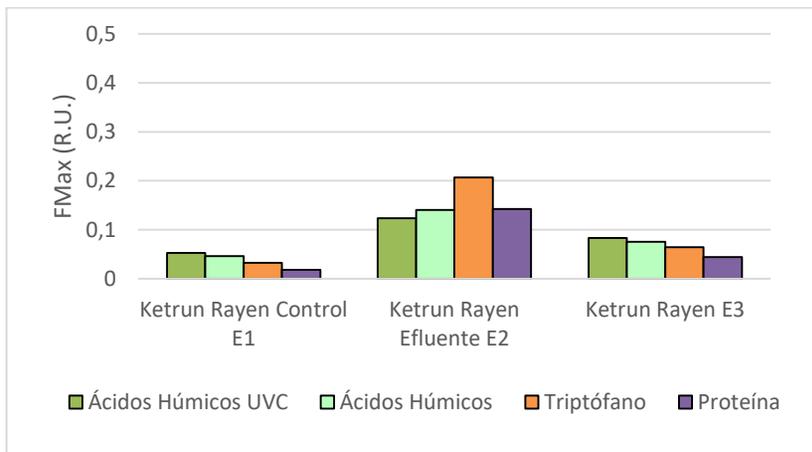


Figura 50. Gráfico FMax Piscicultura Ketrún Rayén, tercera salida.

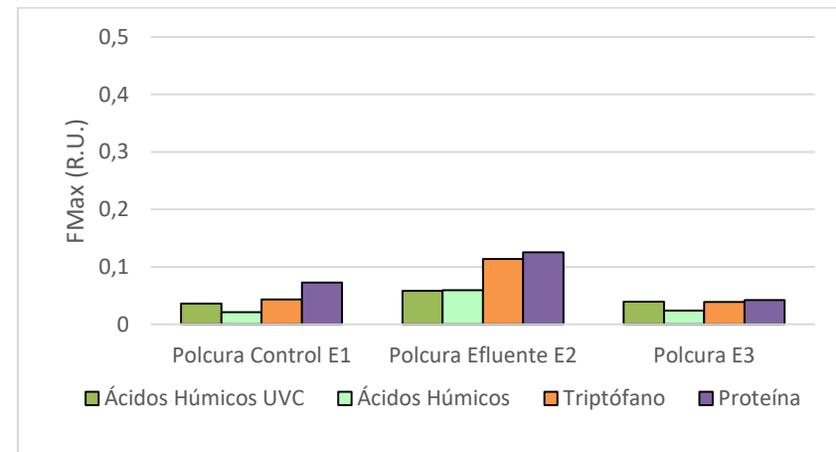


Figura 51. Gráfico FMax Piscicultura Polcura, tercera salida.

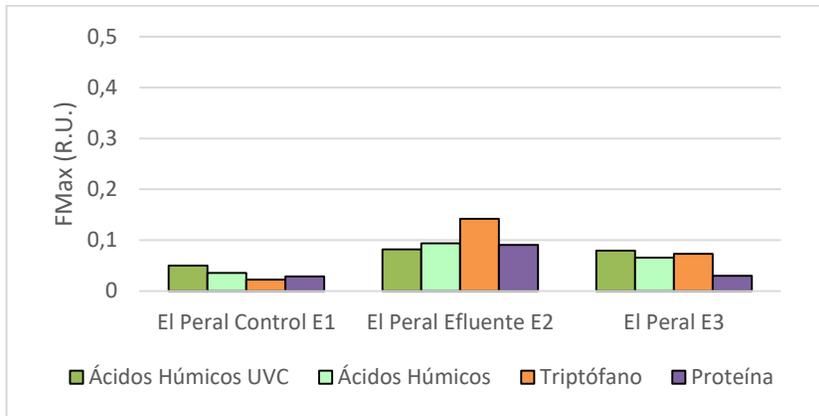


Figura 52. Gráfico FMax Piscicultura El Peral, tercera salida.

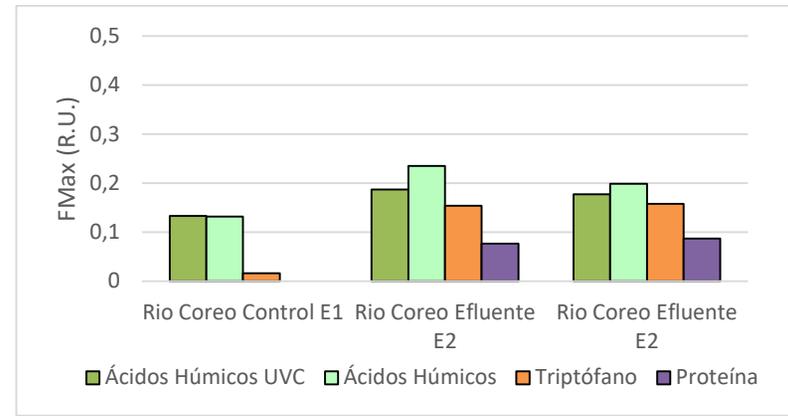


Figura 53. Gráfico FMax Piscicultura Coreo, tercera salida.

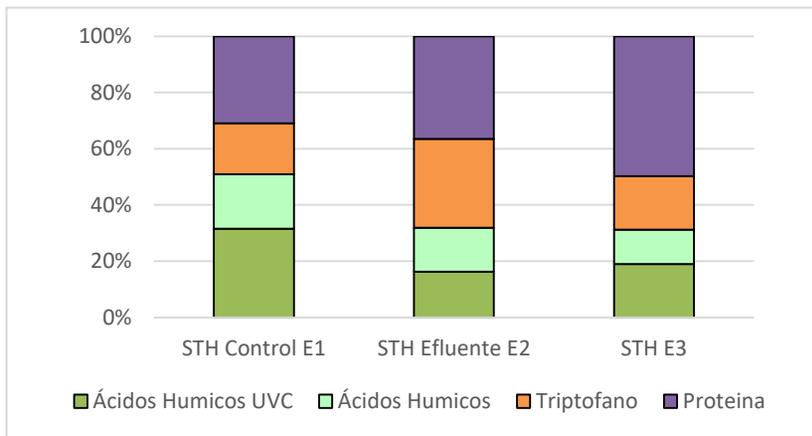


Figura 54. Aporte porcentual de los componentes Piscicultura STH, tercera salida.

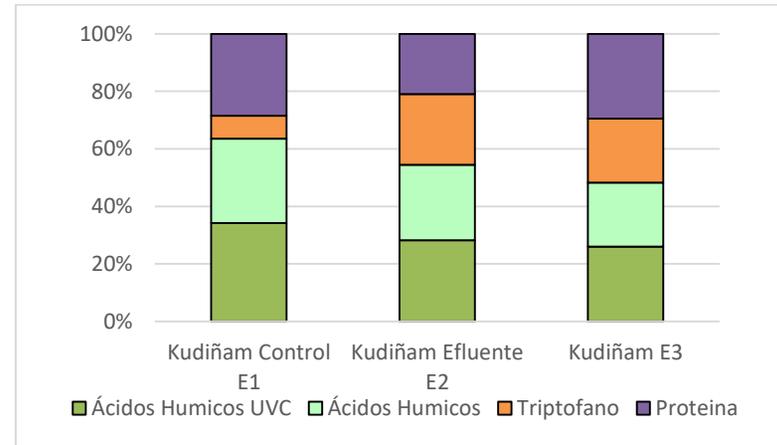


Figura 55. Aporte porcentual de los componentes Piscicultura Kudiñam, tercera salida.

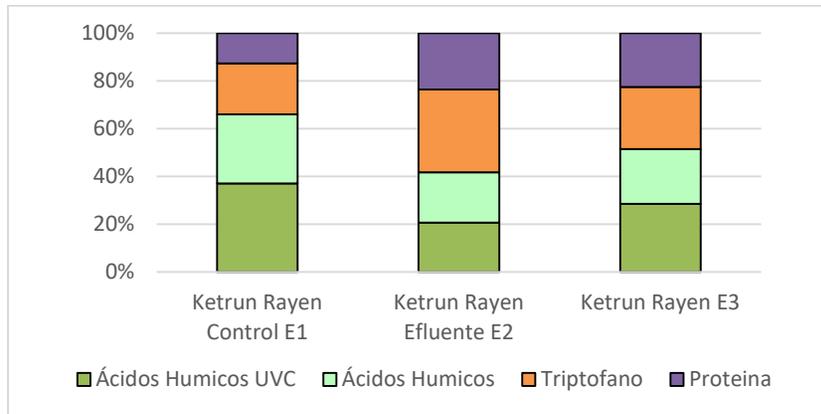


Figura 56. Aporte porcentual de los componentes Piscicultura Ketrun Rayen, tercera salida.

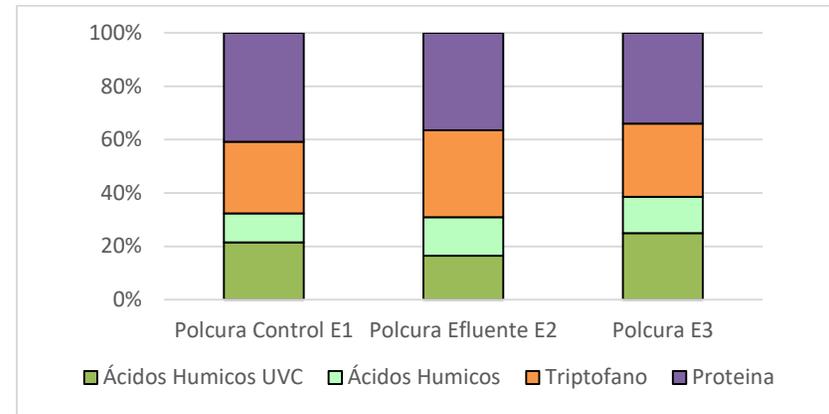


Figura 57. Aporte porcentual de los componentes Piscicultura Polcura, tercera salida.

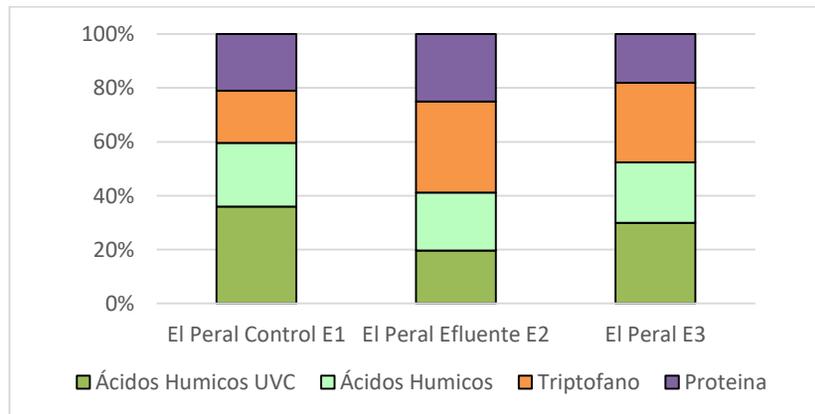


Figura 58. Aporte porcentual de los componentes Piscicultura El Peral, tercera salida.

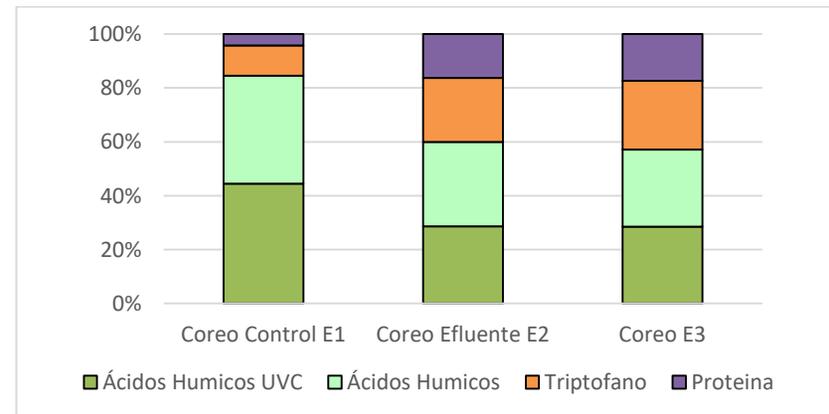


Figura 59. Aporte porcentual de los componentes Piscicultura Coreo, tercera salida.

Los resultados del modelo de factores paralelos expresado en fluorescencias máximas en unidades raman (R.U.) correspondientes a la tercera campaña de muestreo muestran un claro aumento de materia orgánica disuelta lábil (componente Triptófano) en las estaciones efluente E2 y E3 de las 6 pisciculturas estudiadas respecto a su control. Se observan valores máximos de este componente en el efluente de las pisciculturas El Peral, Ketrún Rayén, Kudiñam, Polcura y STH, mientras que para la piscicultura Coreo los máximos de triptófano se observan en la estación E3. Resalta un aumento en las fluorescencias correspondientes a la cantidad relativa de la materia orgánica disuelta durante la tercera campaña en relación a las dos campañas de muestreo precedentes. Las mayores intensidades de fluorescencia de los componentes refractarios (similares a Ácidos húmicos) se encontraron en el efluente de la piscicultura Coreo. Mientras que la intensidad máxima para el componente similar a Proteína se encontró en el efluente de la piscicultura STH. En los gráficos de aporte porcentual el predominio de los componentes similares a ácidos húmicos no es tan notorio como en las salidas anteriores, ya que solo en 10 de las 18 estaciones muestreadas, supera el 50% de la composición total de la reserva de DOM. La piscicultura Polcura, presentan un predominio de la fracción proteica (similar a Triptófano y Proteína) en las 3 estaciones muestreadas (Control E1, Efluente E2 y E3).

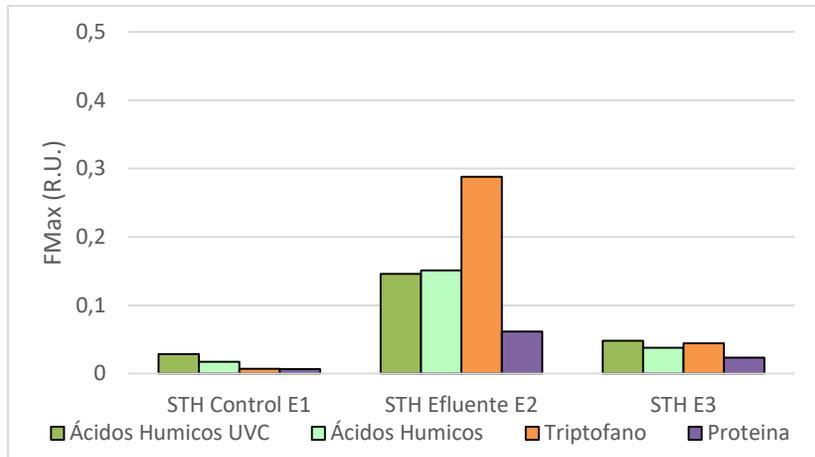


Figura 60. Gráfico FMax Piscicultura STH, cuarta salida.

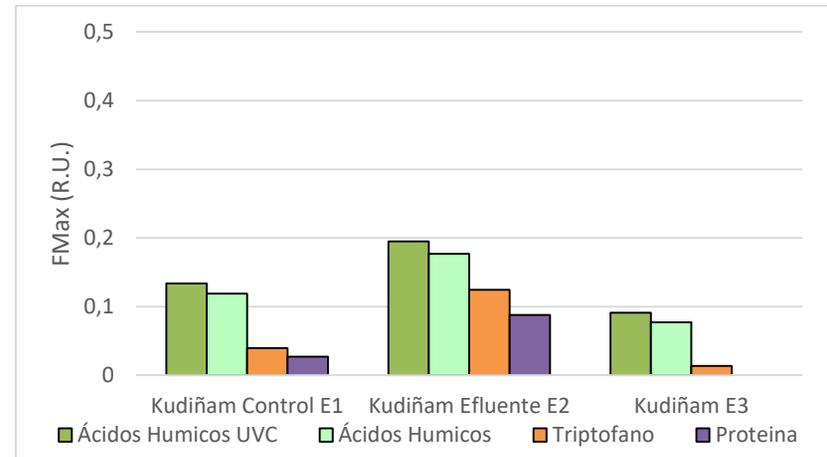


Figura 61. Gráfico FMax Piscicultura Kudiñam, cuarta salida.

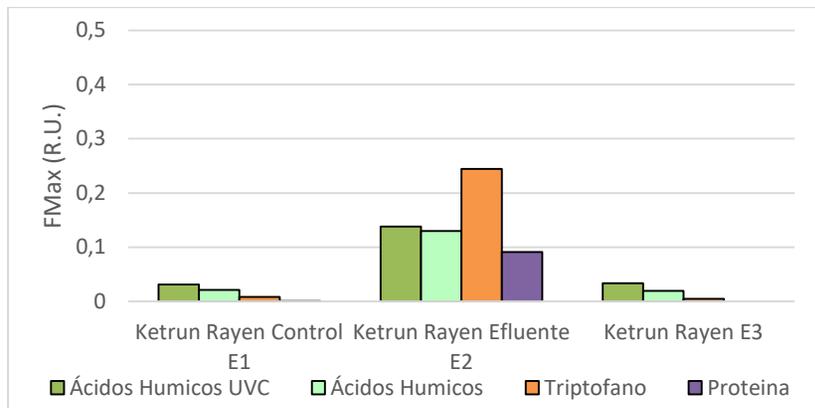


Figura 62. Gráfico FMax Piscicultura STH, cuarta salida.

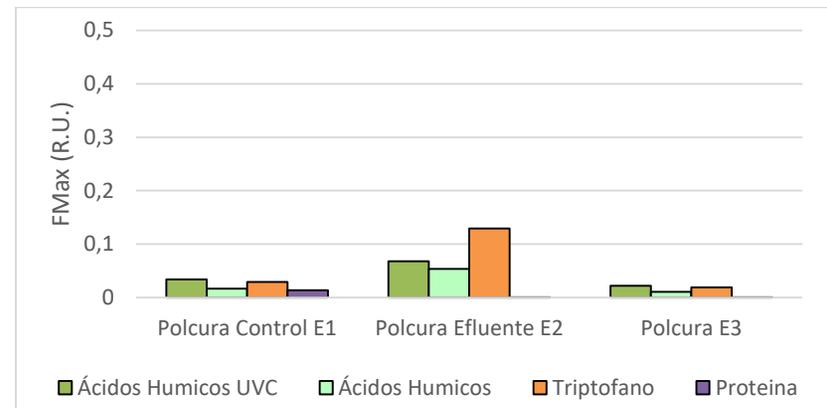


Figura 63. Gráfico FMax Piscicultura Polcura, cuarta salida.

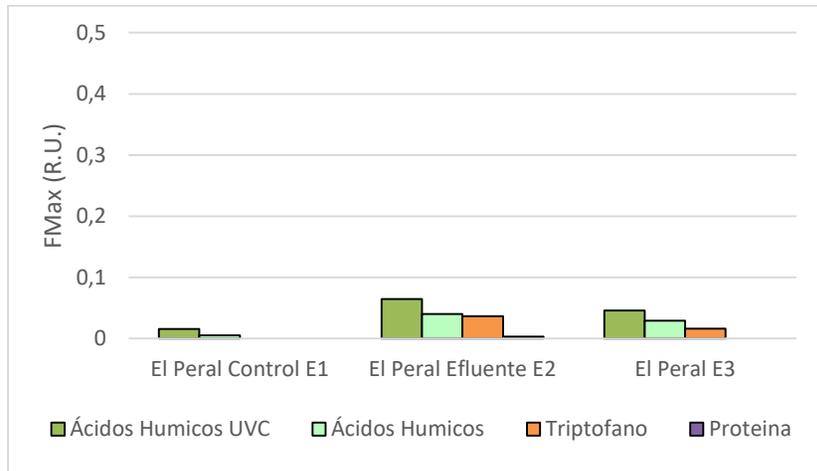


Figura 64. Gráfico FMax Piscicultura El Peral, cuarta salida.

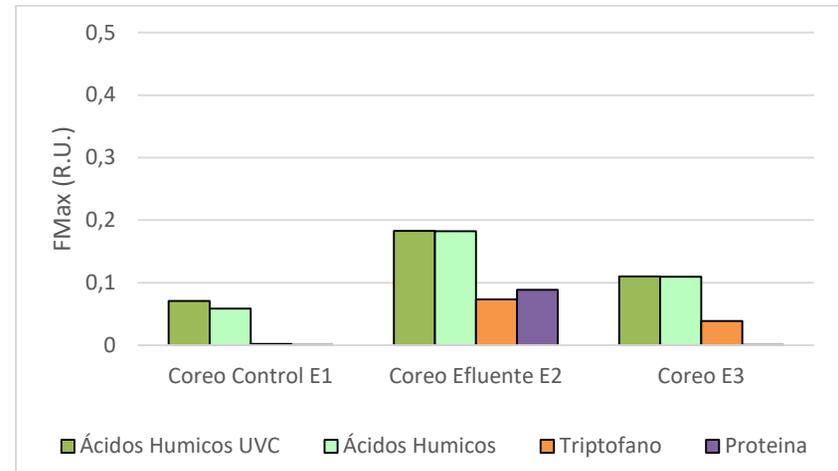


Figura 65. Gráfico FMax Piscicultura Coreo, cuarta salida.

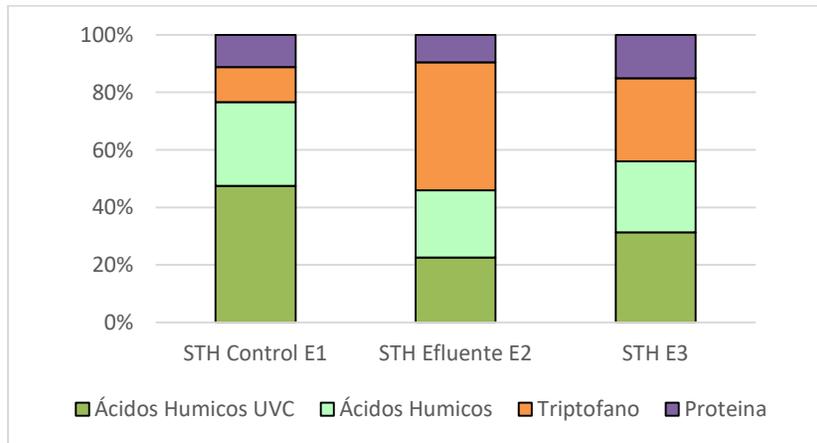


Figura 66. Aporte porcentual de los componentes piscicultura STH, cuarta salida.

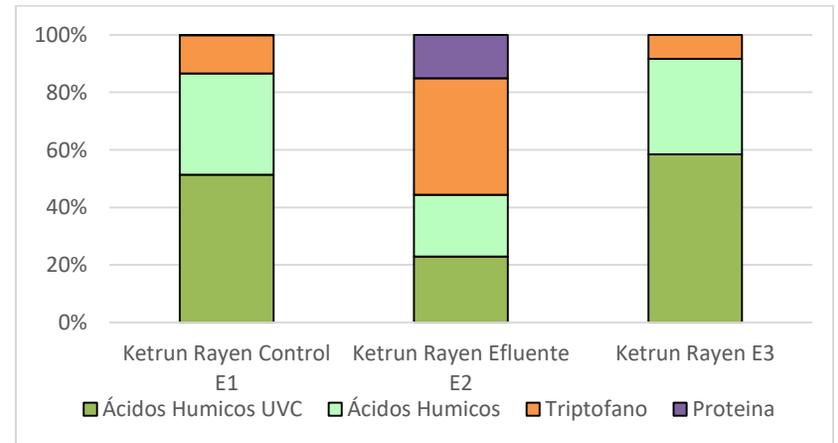


Figura 67. Aporte porcentual de los componentes piscicultura Ketrún Rayén, cuarta salida.

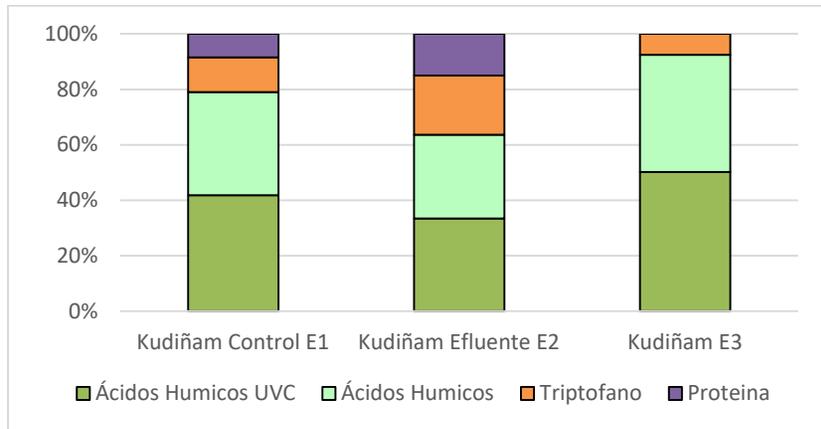


Figura 68. Aporte porcentual de los componentes Piscicultura Kudiñam, cuarta salida.

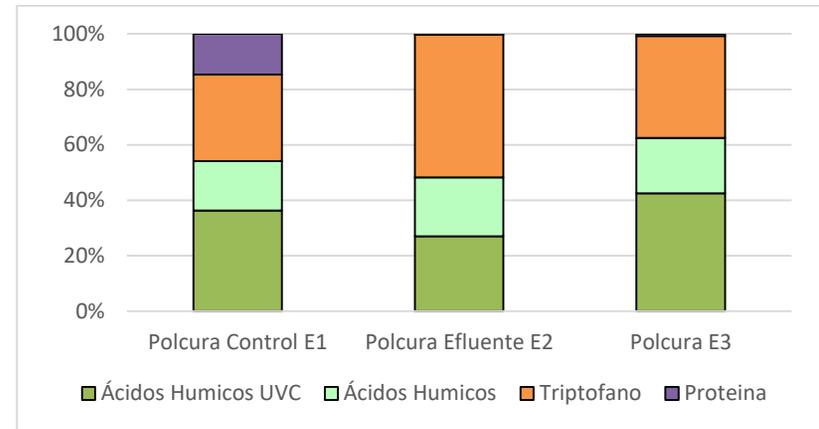


Figura 69. Aporte porcentual de los componentes Piscicultura Polcura, cuarta salida.

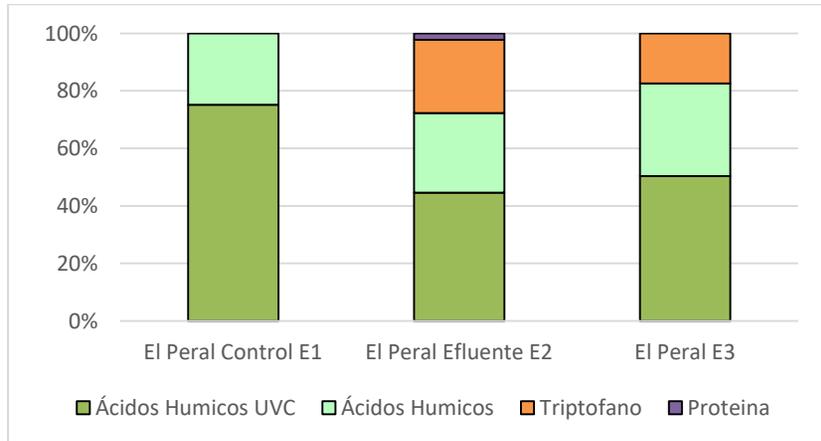


Figura 70. Aporte porcentual de los componentes Piscicultura El Peral, cuarta salida.

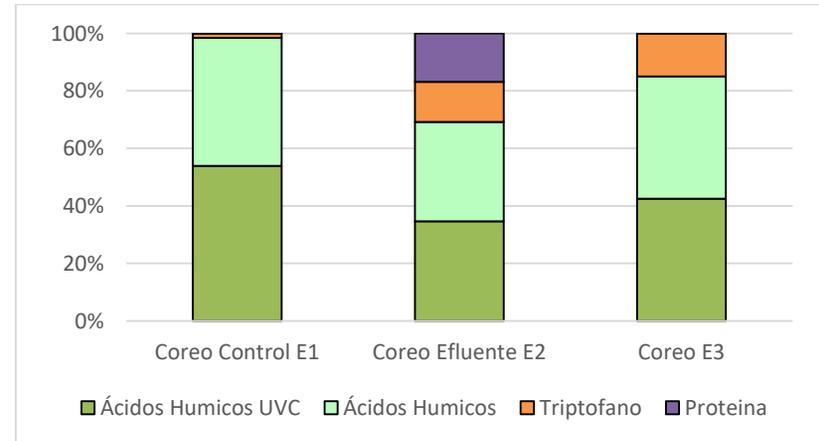


Figura 71. Aporte porcentual de los componentes Piscicultura Coreo, cuarta salida.

Los resultados del modelo de factores paralelos expresado en fluorescencias máximas en unidades raman (R.U.) correspondientes a la cuarta campaña de muestreo, muestran un claro aumento de materia orgánica disuelta lábil (componente Triptófano) en las estaciones efluente E2 y E3 de las pisciculturas estudiadas respecto a su control, a excepción de las pisciculturas Ketrún Rayén y Kudiñam, en donde la estación control (E1) presenta intensidades de fluorescencia levemente mayor con respecto a la estación E3. Se observan valores máximos del componente similar a Triptófano en la estación efluente de todas las pisciculturas muestreadas. Las mayores intensidades de fluorescencia del componente similar a Ácidos Húmicos UVC se ubicaron en el efluente de la piscicultura Kudiñam, mientras que para el componente similar Ácidos Húmicos se ubicó en el efluente de la piscicultura Coreo. Por otra parte el Componente similar a Proteína presentó las mayores intensidades de fluorescencia en el efluente de la piscicultura Ketrún Rayén. En los gráficos de aporte porcentual se puede observar claramente el predominio de los componentes refractarios (similares a Ácidos Húmicos) a lo largo de las estaciones muestreadas, no obstante en los efluentes de las pisciculturas Ketrún Rayén, Polcura y STH se encuentran bajo el 50% de la composición total de la reserva de DOM.

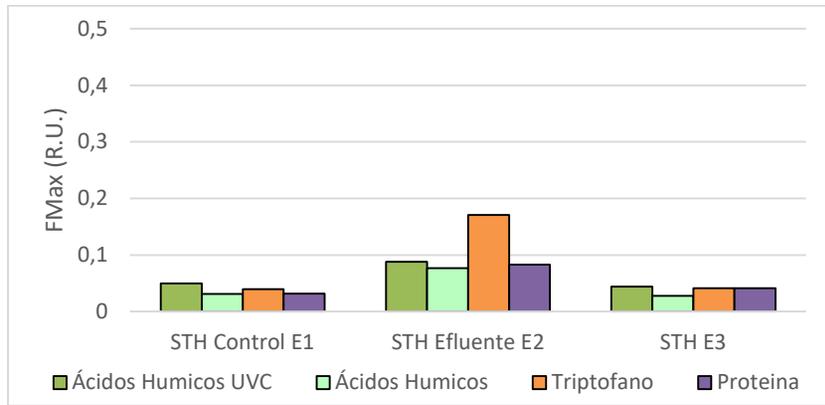


Figura 72. Gráfico FMax Piscicultura STH, quinta salida.

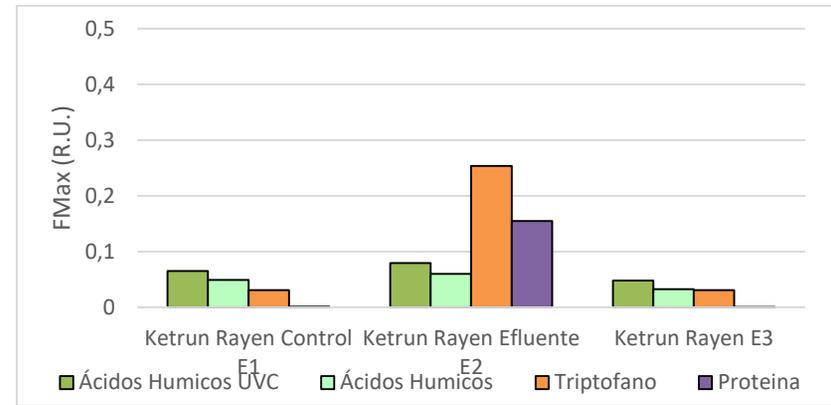


Figura 73. Gráfico FMax Piscicultura Ketrún Rayén, quinta salida.

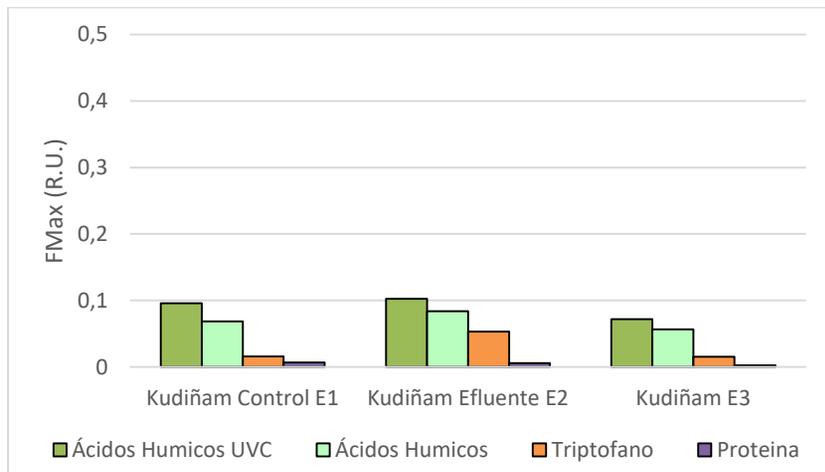


Figura 74. Gráfico FMax Piscicultura Kudiñam, quinta salida.

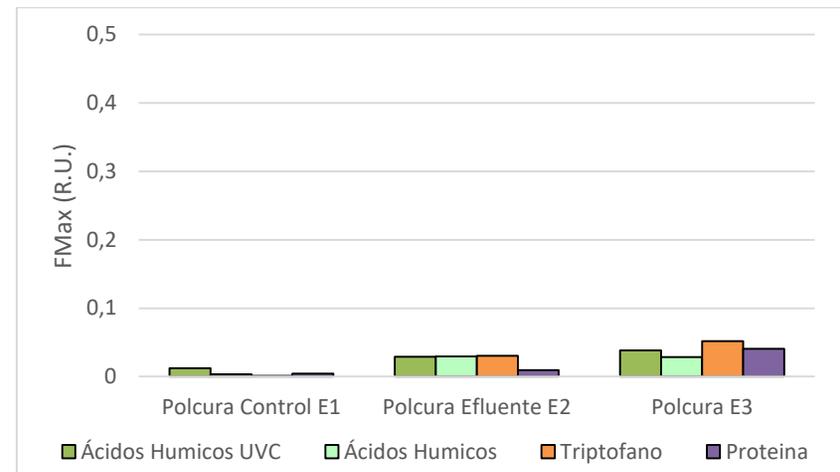


Figura 75. Gráfico FMax Piscicultura Polcura, quinta salida.

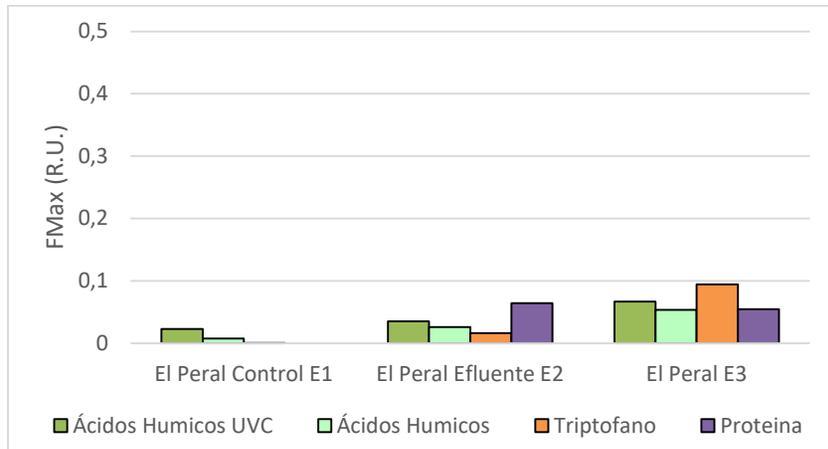


Figura 76. Gráfico FMax Piscicultura El Peral, quinta salida.

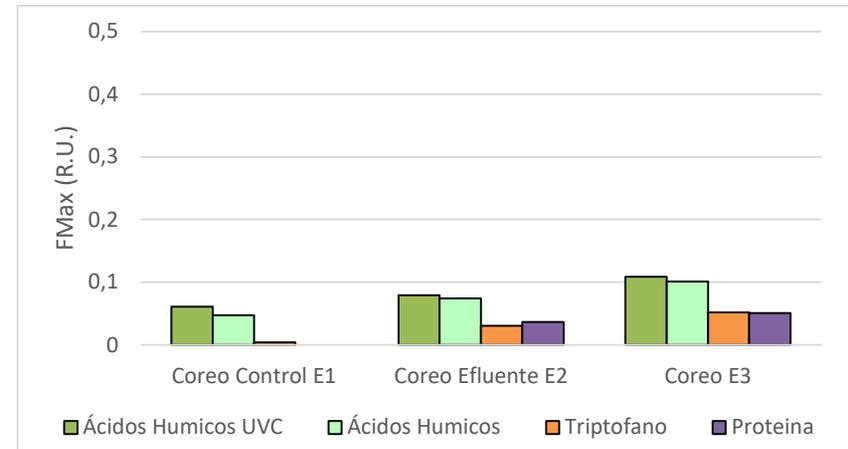


Figura 77. Gráfico FMax Piscicultura Coreo, quinta salida.

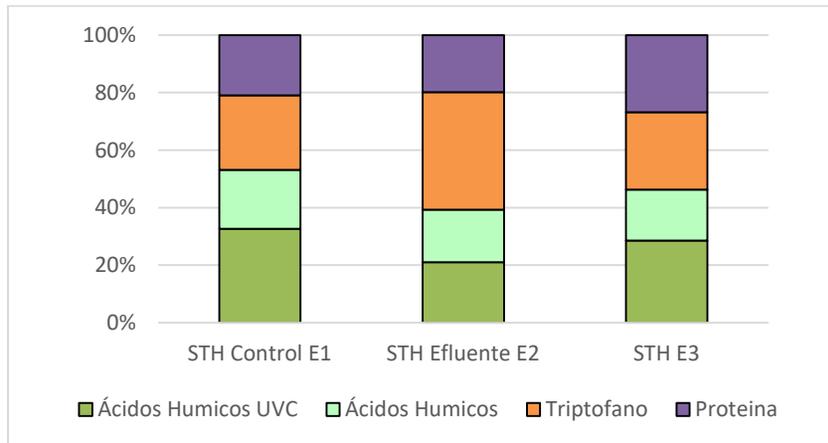


Figura 78. Aporte porcentual de los componentes Piscicultura STH, quinta salida.

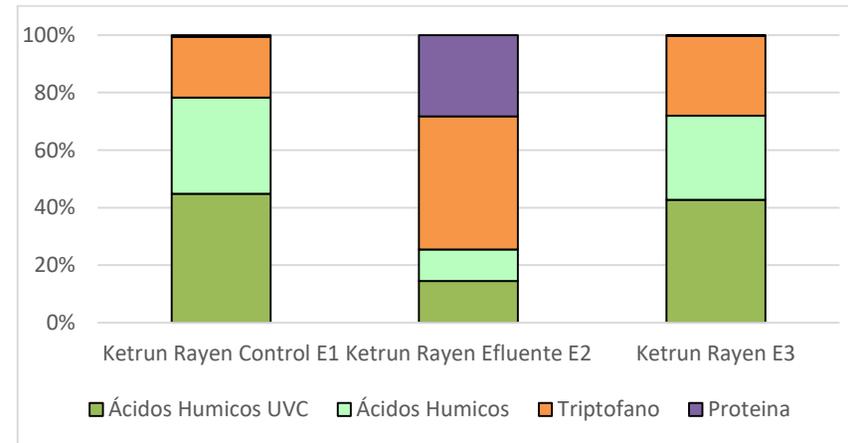


Figura 79. Aporte porcentual de los componentes Piscicultura Ketrún Rayén, quinta salida.

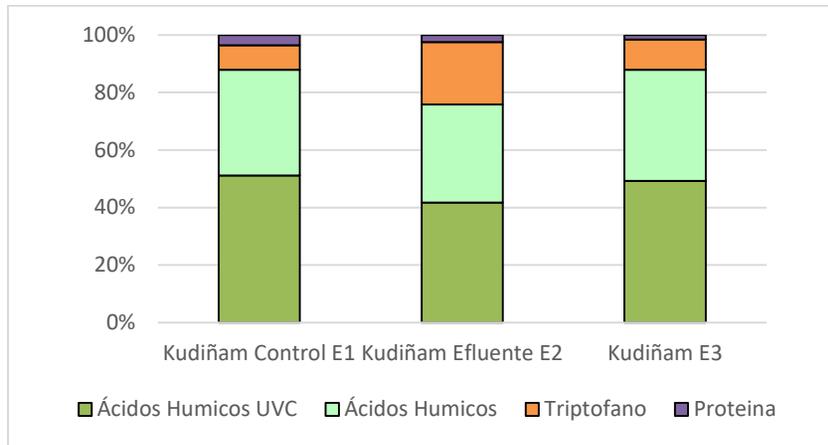


Figura 80. Aporte porcentual de los componentes Piscicultura Kudiñam, quinta salida.

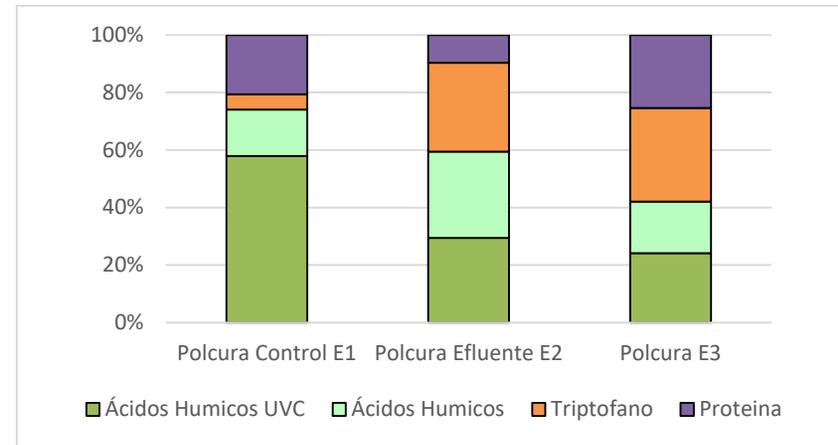


Figura 81. Aporte porcentual de los componentes Piscicultura Polcura, quinta salida.

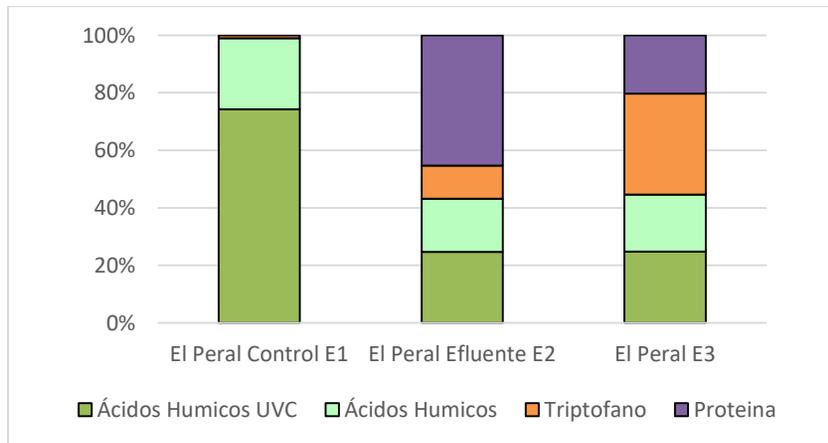


Figura 82. Aporte porcentual de los componentes Piscicultura El Peral, quinta salida.

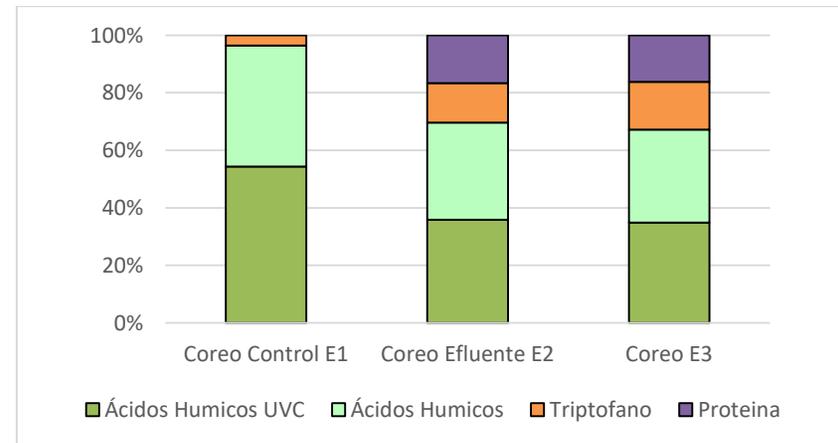


Figura 83. Aporte porcentual de los componentes Piscicultura Coreo, quinta salida.

Los resultados del modelo de factores paralelos expresado en fluorescencias máximas en unidades raman (R.U.) correspondientes a la quinta campaña de muestreo, muestran un claro aumento de materia orgánica disuelta lábil (componente Triptófano) en las estaciones efluente E2 y E3 de todas las pisciculturas estudiadas respecto a su control E1. Se observan valores máximos del componente similar a Triptófano en el efluente de las pisciculturas Ketrún Rayén, Kudiñam y STH, mientras que para las pisciculturas El Peral, Polcura y Coreo los máximos de este componente se observan en la estación E3.

Las mayores intensidades de fluorescencia de los componentes refractarios (similares a Ácidos Húmicos) se encontraron en la estación E3 de la piscicultura Coreo. El Componente similar a Proteína presentó las mayores intensidades de fluorescencia en el efluente de la piscicultura Ketrún Rayén, del mismo modo que en la cuarta salida. En los gráficos de aporte porcentual se puede observar un predominio de los componentes refractarios (similares a Ácidos Húmicos) a lo largo de las estaciones muestreadas, por el contrario en los efluentes de las pisciculturas Ketrún Rayén, El Peral y STH y la estación E3 de las pisciculturas El Peral, Polcura y STH se encuentran bajo el 50% de la composición total de la reserva de DOM, presentando un predominio de la fracción proteica (similar a Triptófano y Proteína).

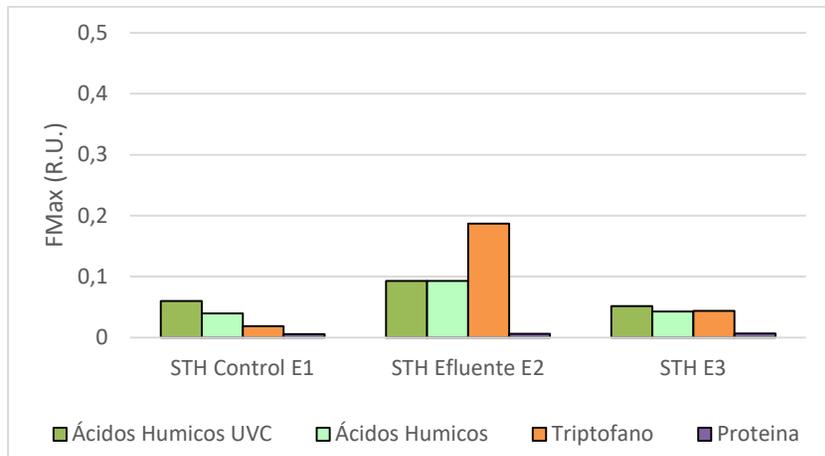


Figura 84. Gráfico FMax Piscicultura STH, sexta salida.

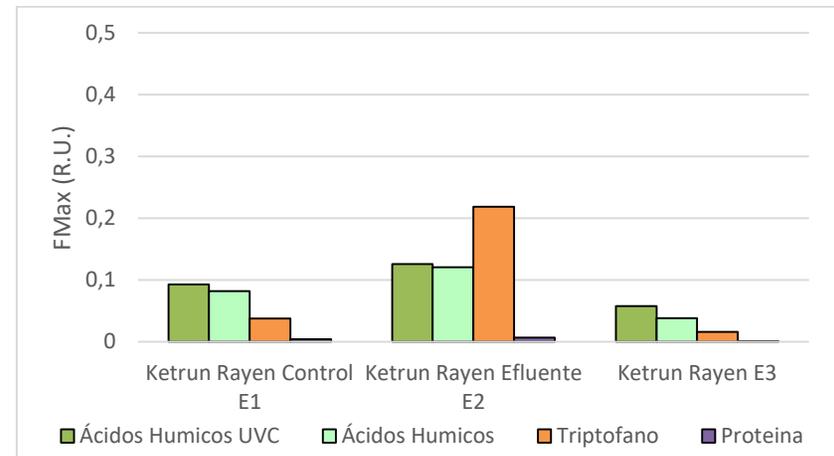


Figura 85. Gráfico FMax Piscicultura Ketrún Rayén, sexta salida.

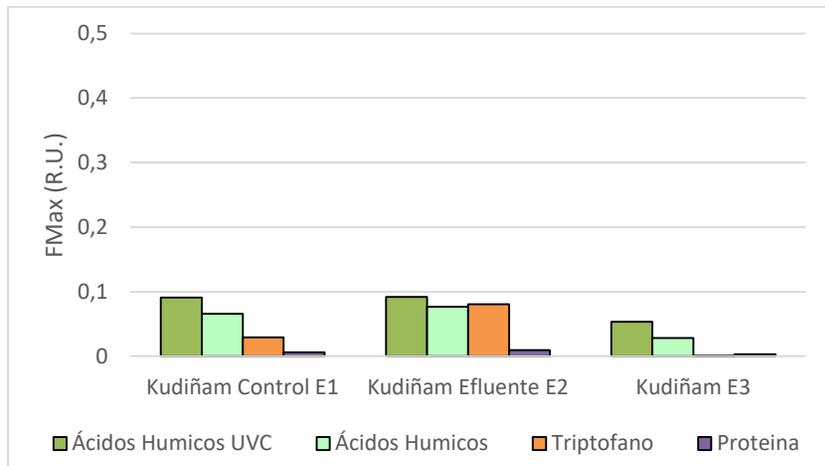


Figura 86. Gráfico FMax Piscicultura Kudiñam, sexta salida.

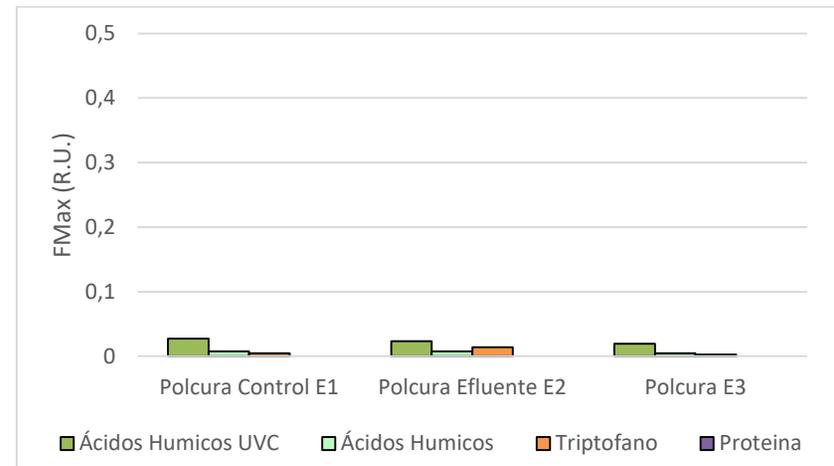


Figura 87. Gráfico FMax Piscicultura Polcura, sexta salida.

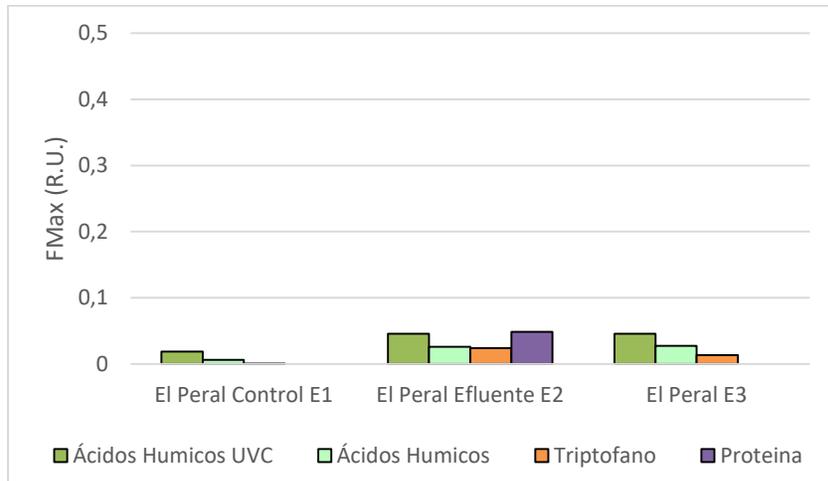


Figura 88. Gráfico FMax Piscicultura El Peral, sexta salida.

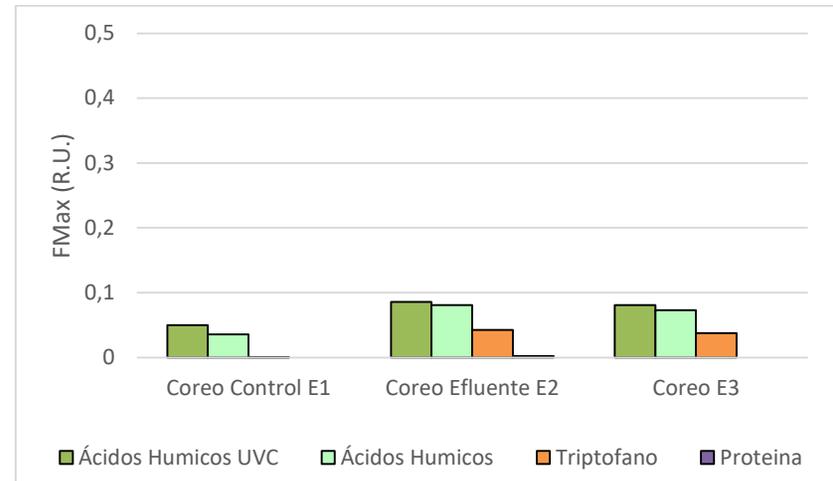


Figura 89. Gráfico FMax Piscicultura Coreo, sexta salida.

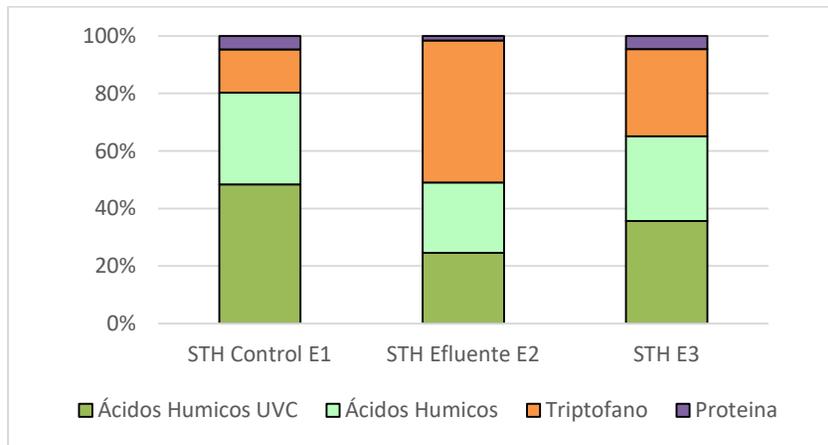


Figura 90. Aporte porcentual de los componentes Piscicultura STH, sexta salida.

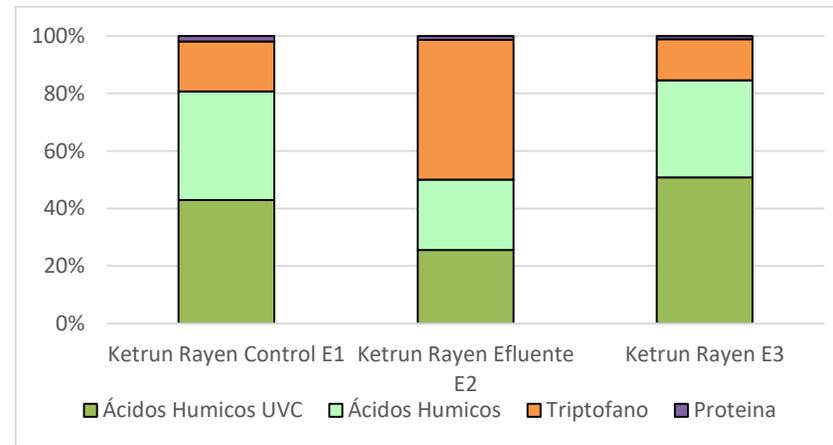


Figura 91. Aporte porcentual de los componentes Piscicultura Ketrún Rayén, sexta salida.

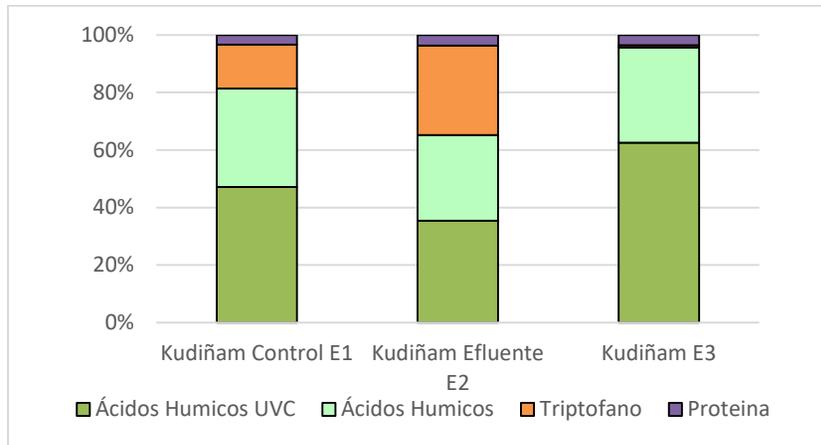


Figura 92. Aporte porcentual de los componentes Piscicultura Kudiñam, sexta salida.

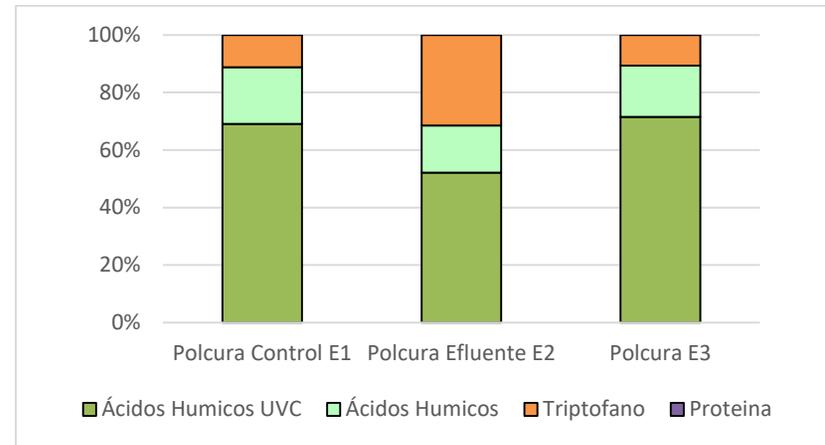


Figura 93. Aporte porcentual de los componentes Piscicultura Polcura, sexta salida.

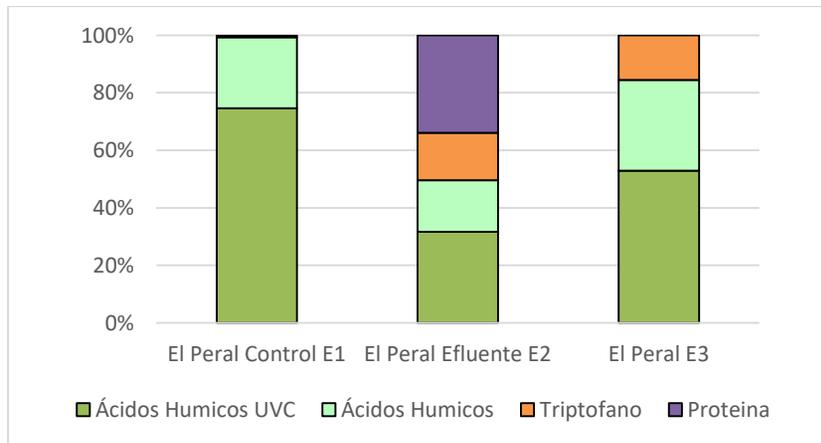


Figura 94. Aporte porcentual de los componentes Piscicultura El Peral, sexta salida.

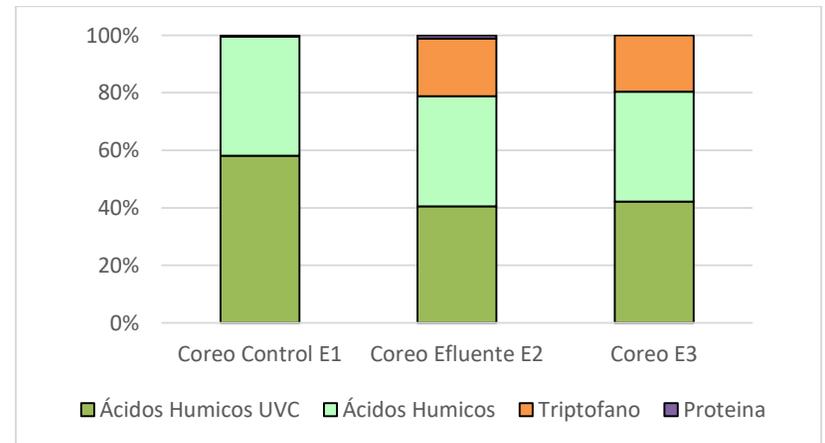


Figura 95. Aporte porcentual de los componentes Piscicultura Coreo, sexta salida.

Los resultados del modelo de factores paralelos expresado en fluorescencias máximas en unidades raman (R.U.) correspondientes a la sexta campaña de muestreo, muestran un claro aumento de materia orgánica disuelta lábil (componente Triptófano) en las estaciones efluente E2 y E3 de las pisciculturas estudiadas respecto a su control (E1), a excepción de las pisciculturas Ketrún Rayén y Kudiñam, en donde la estación control presenta intensidades de fluorescencia levemente mayor con respecto a la estación E3, del mismo modo que en la cuarta salida. Se observan valores máximos del componente similar a Triptófano en la estación efluente de todas las pisciculturas muestreadas. Las mayores intensidades de fluorescencia de los componentes refractarios (similares a Ácidos Húmicos) se encontraron en el efluente de la piscicultura Ketrún Rayén. El Componente similar a Proteína presentó las mayores intensidades de fluorescencia en el efluente de la piscicultura El Peral. En los gráficos de aporte porcentual se puede observar un predominio de los componentes refractarios (similares a Ácidos Húmicos) a lo largo de las estaciones muestreadas, por el contrario en los efluentes de las pisciculturas El Peral y STH se encuentran bajo el 50% de la composición total de la reserva de DOM, pero de manera leve.

Carbono Orgánico Disuelto (COD)

Las Figuras 96-101 muestran los resultados de la cuantificación de carbono orgánico disuelto (DOC) en las seis pisciculturas muestreadas para el período diciembre 2015-junio 2016. Los valores muestran una clara tendencia, generalmente bajos valores de DOC en los controles. Las concentraciones más altas de DOC se registraron para los efluentes (E2) de las pisciculturas STH durante la 4ta y 5ta salida (26,5 y 6,6 mg C/L respectivamente), Ketrún Rayén 4ta salida (10,0 mg C/L). Hubo ocasiones que se observaron mayores valores de DOC en la estación E3 (STH 6ta salida, 6,6 mg C/L), lo cual sugiere que los datos obtenidos son altamente variable dependiendo del momento de la toma de muestra. La Figura 108 muestra la variabilidad temporal de los efluentes en relación a las concentraciones de DOC. Según los datos obtenidos esta variabilidad no corresponde a variaciones sistemáticas e indican que los contenidos de DOC en los efluentes pueden variar de acuerdo a la producción (volúmenes y cantidades de peces en cultivo), actividades de operación (e.g.: limpiezas de estanques) de las propias pisciculturas y las variaciones en los caudales de los propios ríos. En las estaciones post-efluente (Estación 3) generalmente las concentraciones de DOC bajan.

Se muestra un patrón de aumento de carbono orgánico disuelto en los efluentes de las pisciculturas respecto a las estaciones control.

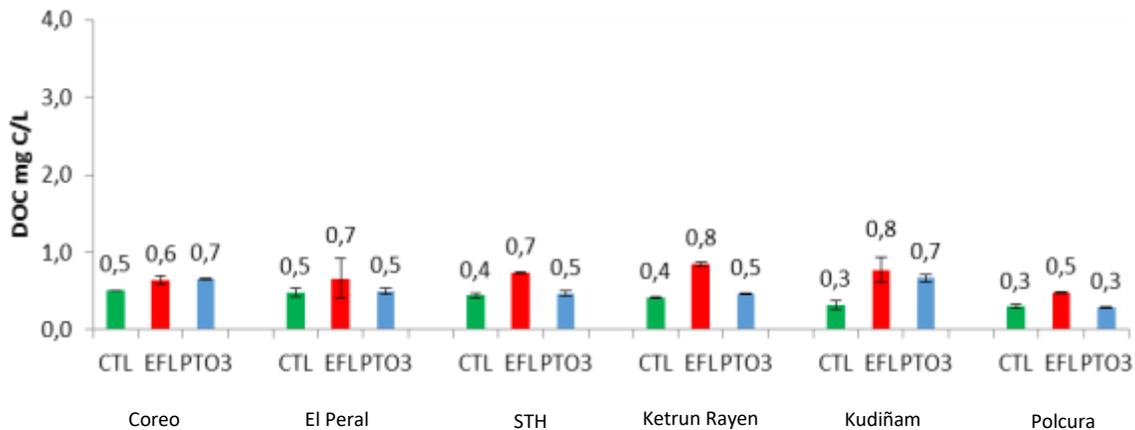


Figura 96. Concentraciones de carbono orgánico disuelto primera salida.

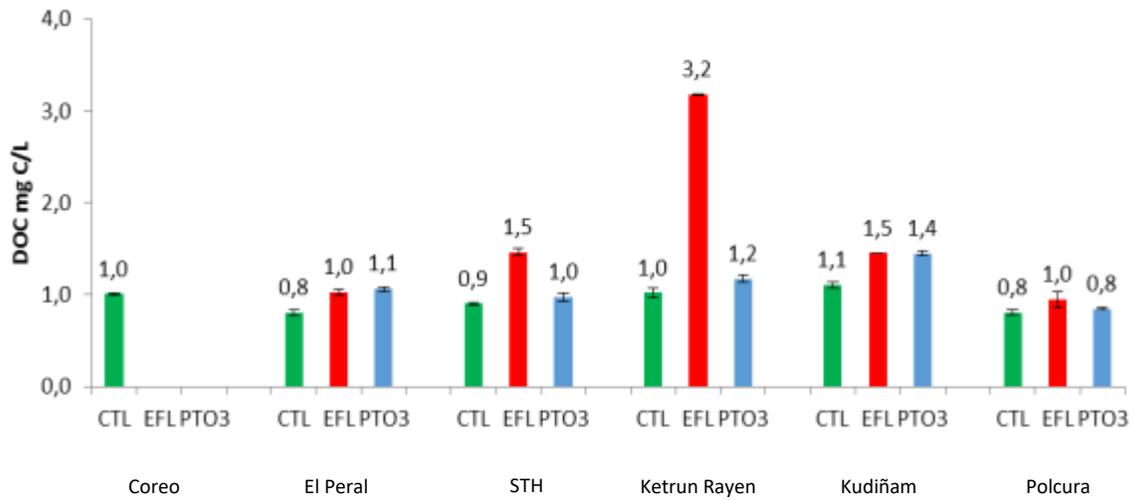


Figura 97. Concentraciones de carbono orgánico disuelto segunda salida.

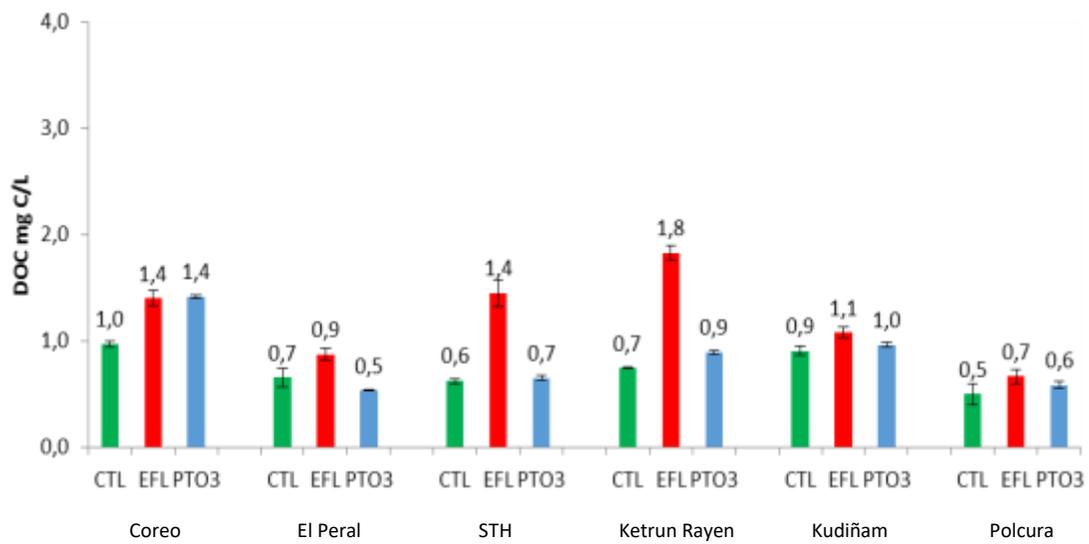


Figura 98. Concentraciones de carbono orgánico disuelto tercera salida.

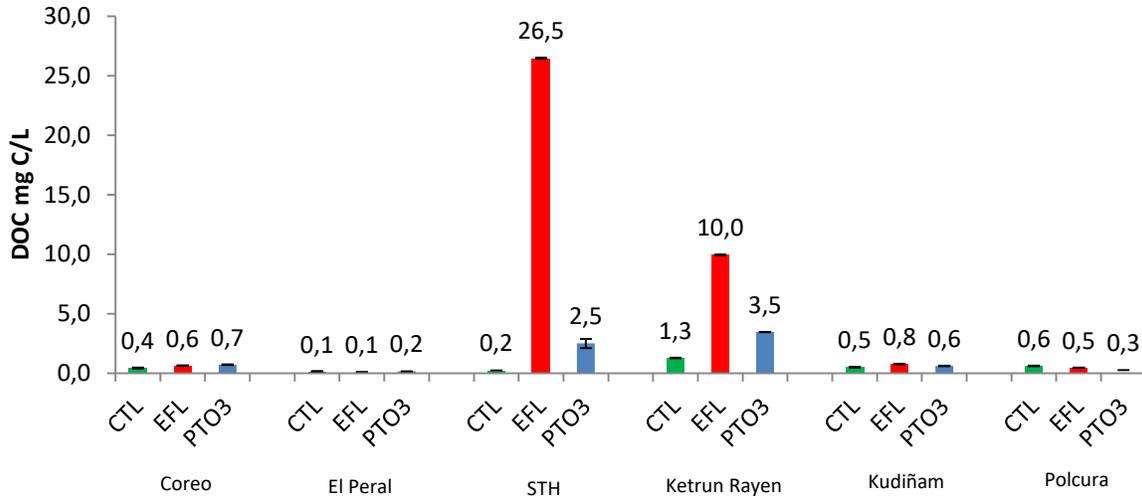


Figura 99. Concentraciones de carbono orgánico disuelto cuarta salida.

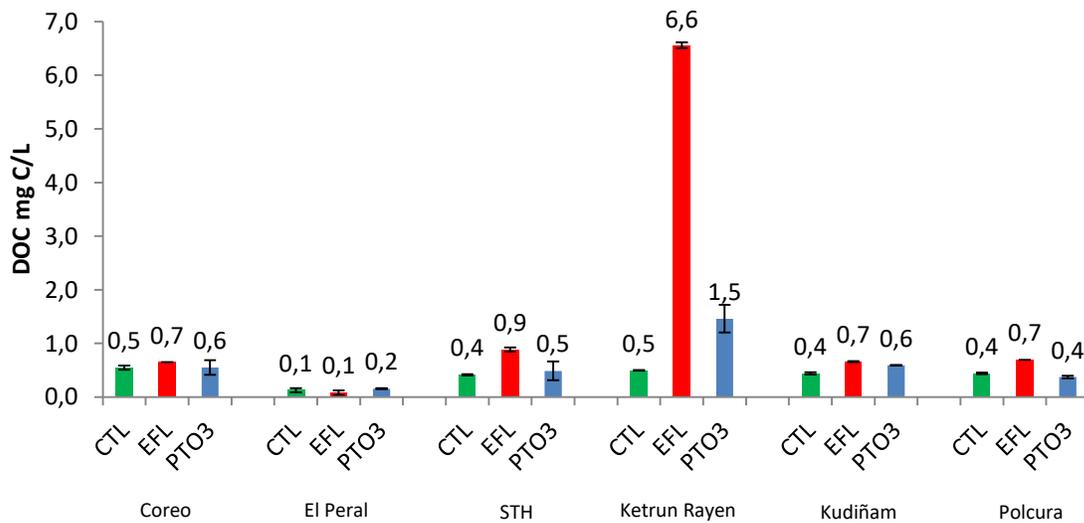


Figura 100. Concentraciones de carbono orgánico disuelto quinta salida.

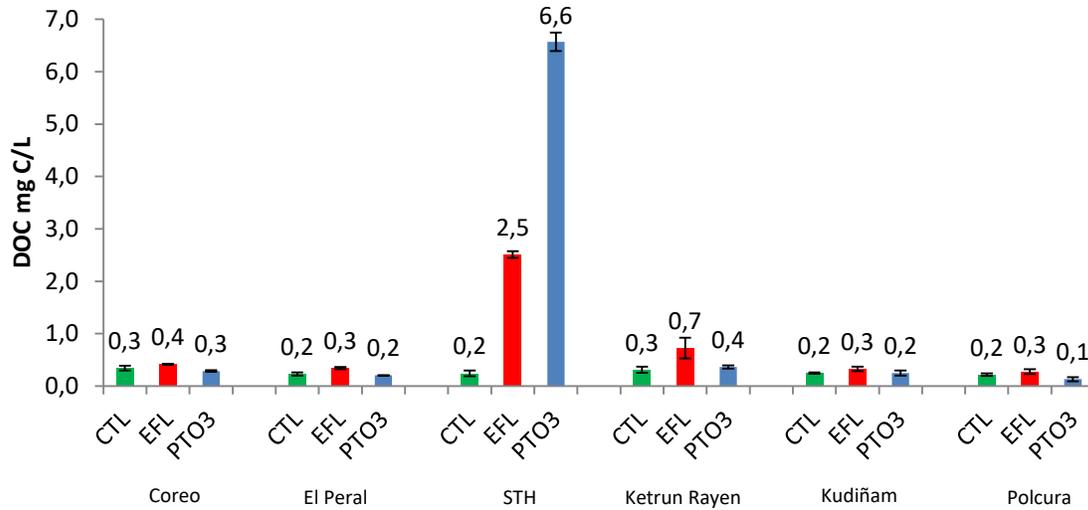


Figura 101. Concentraciones de carbono orgánico disuelto sexta salida.

Las figuras 102 – 107 muestran las correlaciones de DOC con los Fmax componentes fluorescentes identificados mediante el análisis de factores paralelos. Las regresiones lineales del DOC respecto a la intensidad de fluorescencia del componente tipo triptófano muestran una correlación positiva entre estos dos parámetros demostrando que la intensidad de fluorescencia de este componente explica sobre el 50% de la concentración de DOC respectiva.

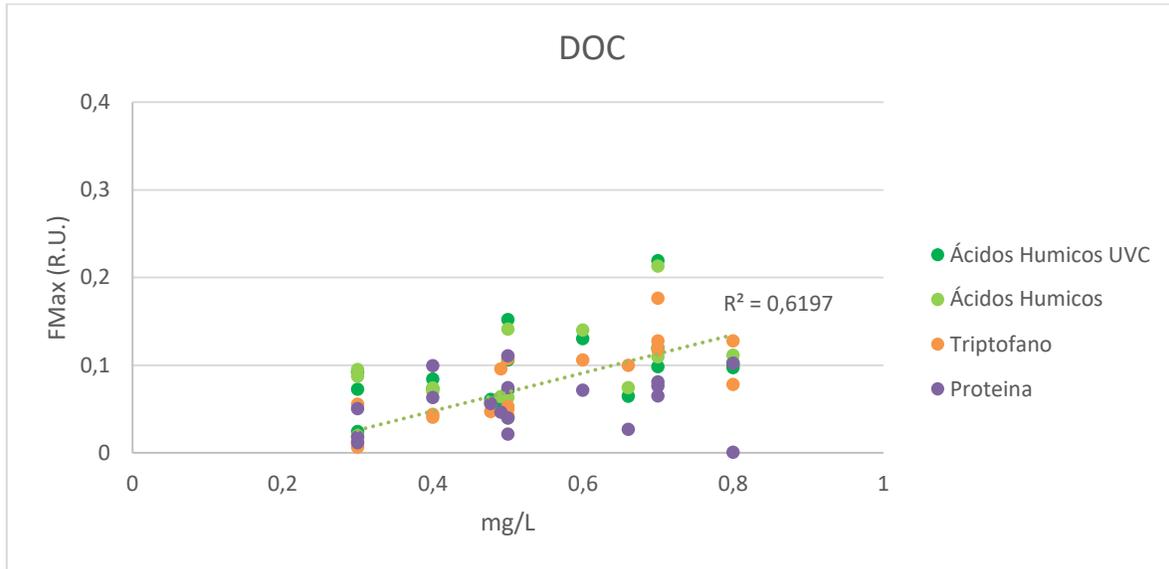


Figura 102. Correlación entre el carbono orgánico disuelto y las intensidades de fluorescencia (FMax) de los componentes, primera salida (línea de tendencia similar a Triptófano).

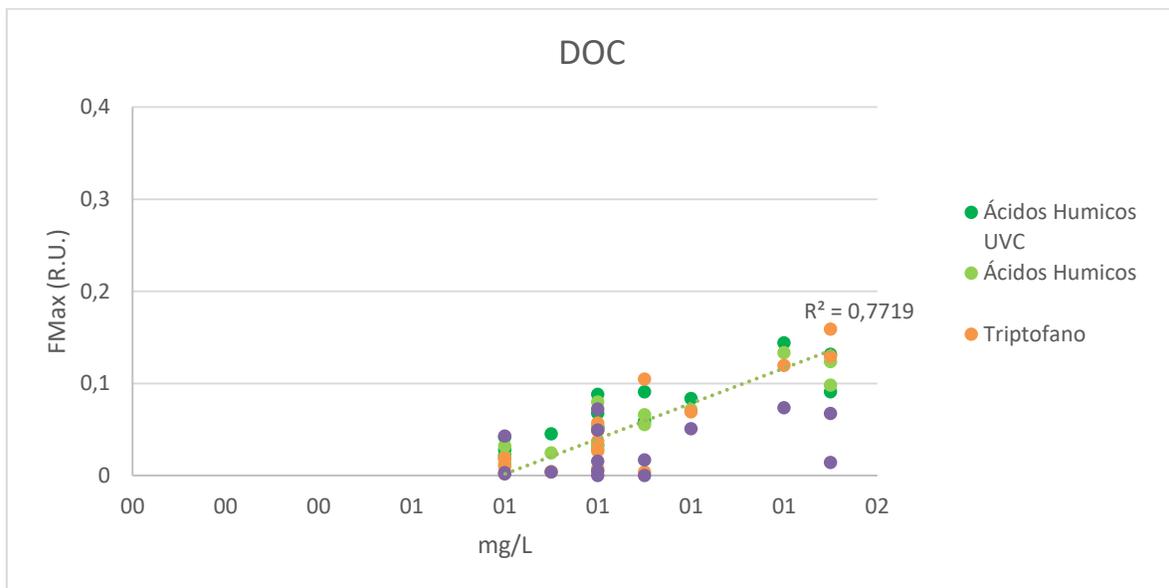


Figura 103. Correlación entre el carbono orgánico disuelto y las intensidades de fluorescencia (FMax) de los componentes, segunda salida (línea de tendencia similar a Triptófano).

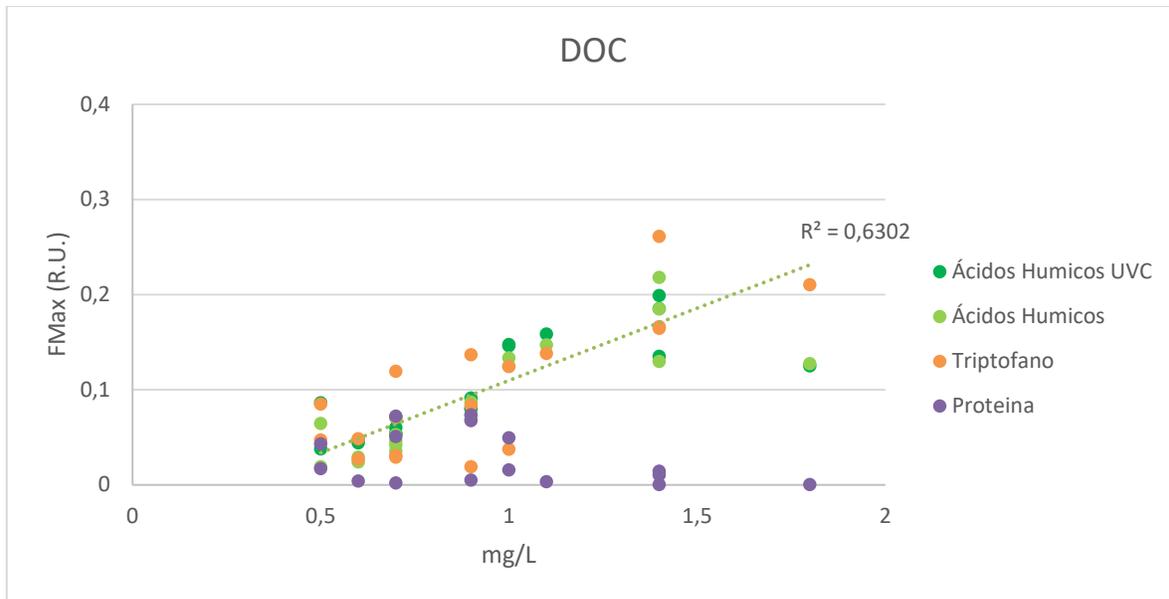


Figura 104. Correlación entre el carbono orgánico disuelto y las intensidades de fluorescencia (FMax) de los componentes, tercera salida (línea de tendencia similar a Triptófano).

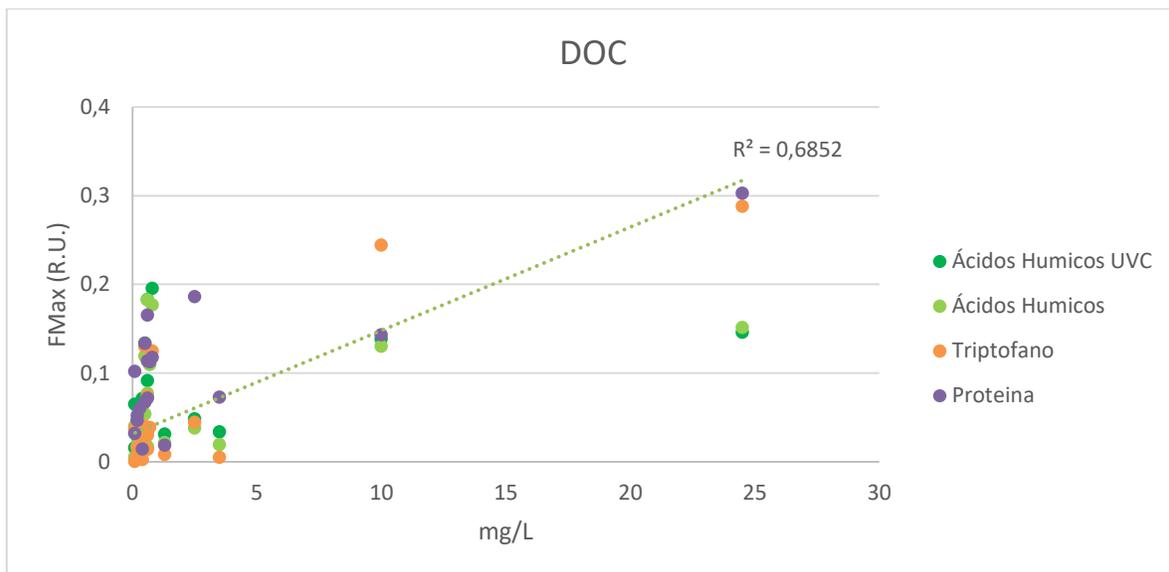


Figura 105. Correlación entre el carbono orgánico disuelto y las intensidades de fluorescencia (FMax) de los componentes, cuarta salida (línea de tendencia similar a Triptófano).

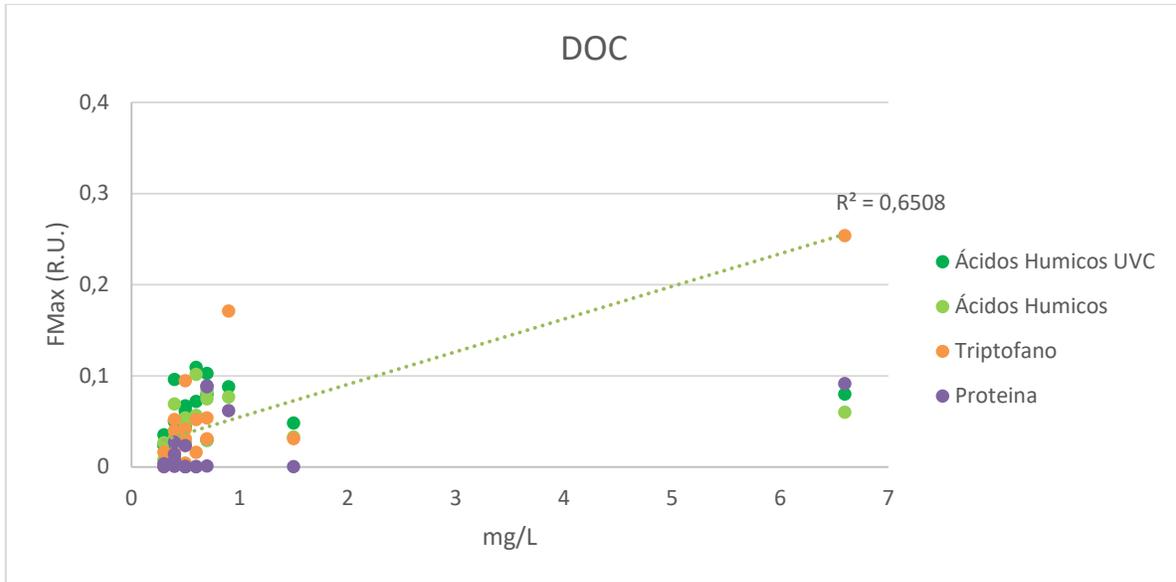


Figura 106. Correlación entre el carbono orgánico disuelto y las intensidades de fluorescencia (FMax) de los componentes, quinta salida (línea de tendencia similar a Triptófano).

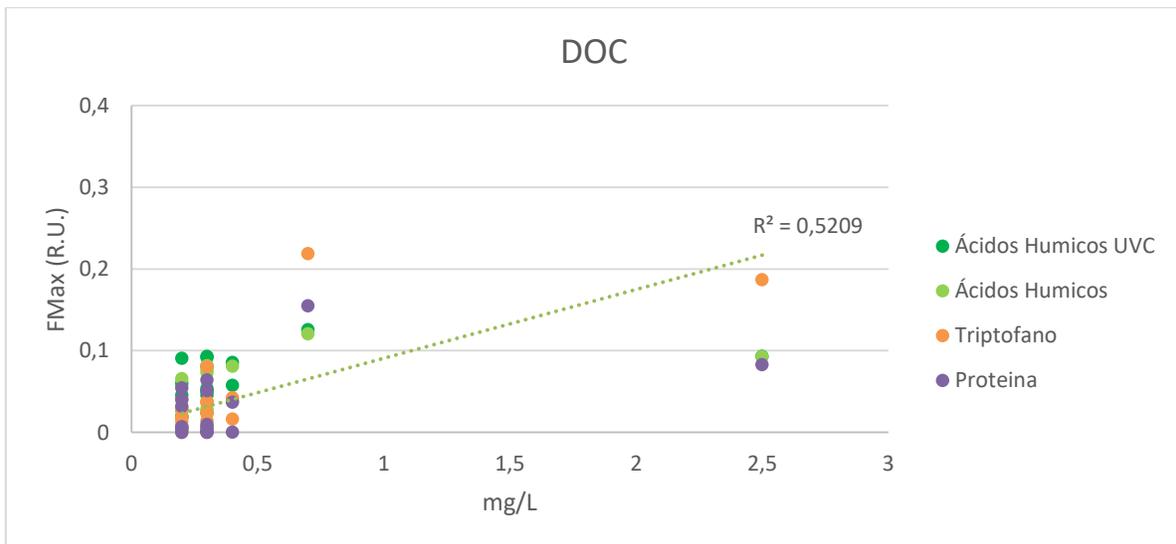


Figura 107. Correlación entre el carbono orgánico disuelto y las intensidades de fluorescencia (FMax) de los componentes, sexta salida (línea de tendencia similar a Triptófano).

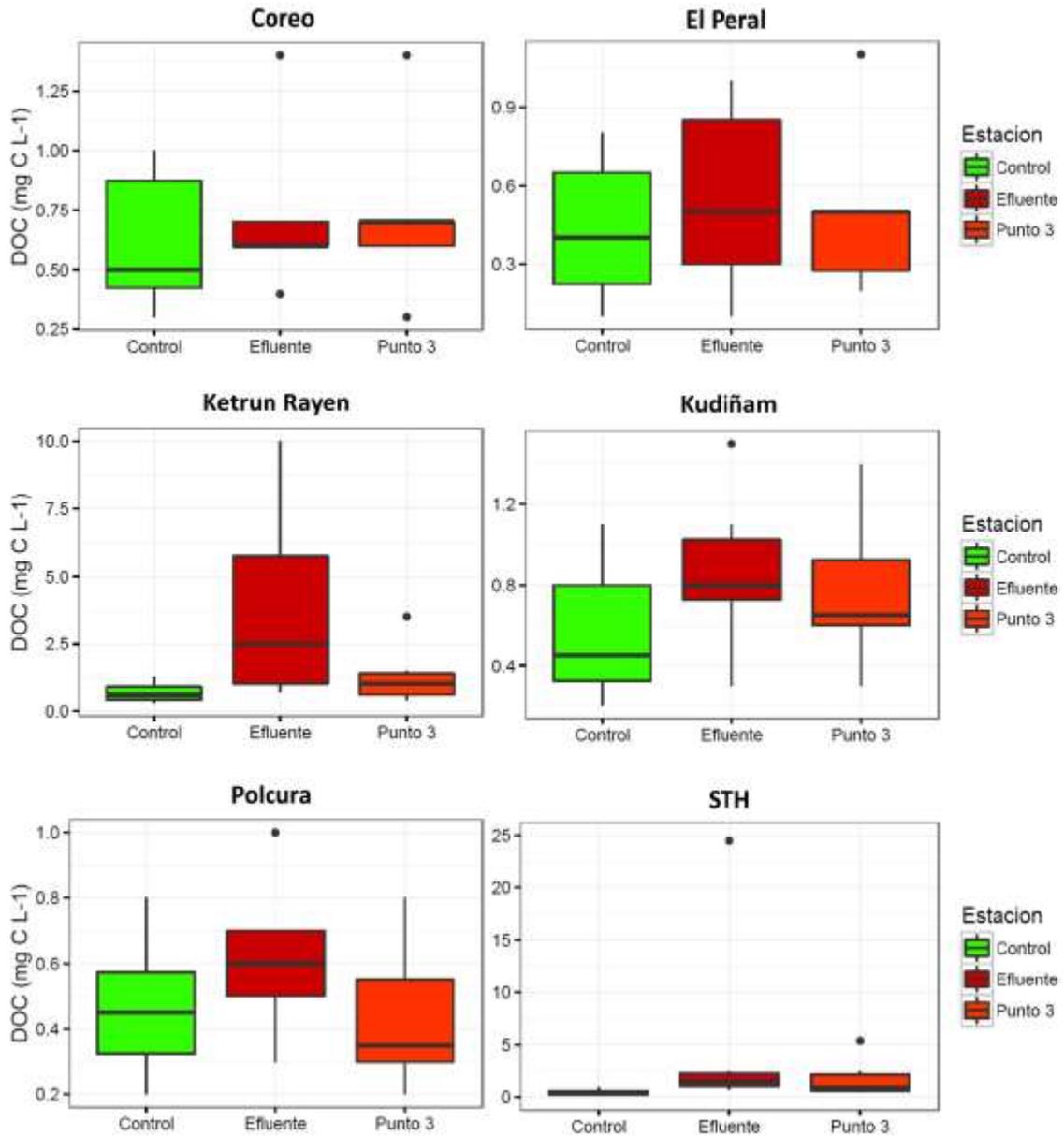


Figura 108. Variabilidad temporal del carbono orgánico disuelto para las seis salidas (90% percentiles con barras de error), eje Y (DOC) en formato autoescala. Destacan los valores de DOC en Ketrún Rayen (10), y STH (25) mg C/L.

C. Objetivo específico N° 2.3

Realizar una evaluación de la factibilidad técnica e infraestructura en Chile para aplicar las metodologías descritas en el objetivo anterior.

I. FACTIBILIDAD TÉCNICA

La factibilidad técnica se estima a partir de tres dimensiones las cuales corresponden a las técnicas, infraestructura y capital humano. El propósito de levantar esta información, es conocer si el país cuenta con las capacidades humanas y de equipos e infraestructura para la determinación de los parámetros que se proponen en este trabajo, lo que permitirá brindar información para la valorización económica. Asimismo se entrega una descripción analítica de cada uno de ellos para su evaluación en laboratorio y terreno.

- Técnicas analíticas

Se detalla las técnicas y protocolos para la determinación experimental de los parámetros propuestos en el presente informe, dicha información es fundamental para identificar y cuantificar la composición química de una sustancia, es por esto que se debe conocer los conceptos de exactitud, precisión y las metodologías empleadas.

- Infraestructura

Se entrega una descripción de infraestructura y equipos necesaria para llevar a cabo los análisis, tanto en laboratorio como terreno, de los nuevos parámetros. El desarrollo de cualquier tipo de análisis requiere de infraestructura, materiales específicos y de un espacio físico adecuado que mantenga las medidas de seguridad y de control de calidad apropiados.

- Capital humano

Es importante contar con personal que posea las capacidades suficientes para el desarrollo analítico de las técnicas propuestas. Se describe la formación específica que debe tener cada profesional a cargo del desarrollo de los parámetros, ya que es fundamental contar con conocimientos óptimos que den confiabilidad al desarrollo de los resultados.

II. DESCRIPCIÓN DE TÉCNICAS ANALÍTICAS PARÁMETROS PROPUESTOS

A. Determinación de Conductividad

1. Técnicas y Protocolos

Muestreo y preservación

El análisis puede ser realizado en tanto *in situ* como en laboratorio. Si el análisis no es realizado durante las 24 horas de recolectada la muestra, ésta debe ser filtrada con un filtro de 0.45 micras y preservada a 4 °C hasta 28 días luego de su recolección. El filtro y el equipo de filtración deben ser enjuagados con agua destilada y desionizada, y previo a su uso, enjuagarlos con la muestra a filtrar.

Procedimiento

Se sugiere que la medida sea realizada a 25 °C, en caso contrario se deben realizar las correcciones necesarias para la temperatura de trabajo y el resultado final debe ser informado a 25 °C.

- Seguir las instrucciones del medidor de conductividad utilizado.
- Determinación de la constante de la celda:
Enjuagar la celda de conductividad con al menos tres porciones de la solución de KCl 0.01 M. Ajustar la temperatura de la cuarta porción a 25.0 ± 0.1 °C o realizar las correcciones necesarias para que el valor quede determinado a 25 °C y medir.
Si el medidor de conductividad lee resistencia (R) en ohms, medir la resistencia de esta cuarta porción y la temperatura. Calcular la constante de la celda, C, como:

$$C, \text{ cm}^{-1} = 0.001412 \text{ RKCl}[1 + 0.019(T-25)]$$

Donde:

KCl = resistencia medida en ohms.

T = temperatura en °C.

- Medida de la conductividad
 - Enjuagar la celda de conductividad con una o más porciones de la muestra a medir.

- Ubicar la celda en la muestra de tal manera que no queden retenidas burbujas de aire.
- Ajustar la temperatura de la muestra a 25.0 ± 0.1 °C o realizar las correcciones necesarias para que el valor quede determinado a 25 °C. Medir la resistencia o la conductividad de la muestra.

Cálculo y expresiones de resultados

- Cuando se mide resistencia de la muestra, la conductividad a 25 °C es:

$$k, \mu\text{mhos/cm} = 1.000.000 \times C/R_m [1 + 0.019(T-25)]$$

Donde:

k = conductividad

C = constante de la celda en cm^{-1}

R_m = resistencia medida de la muestra en ohms.

T = temperatura de medida en °C.

- Cuando se mide conductividad de la muestra sin compensación de temperatura, la conductividad a 25 °C se calcula como:

$$k, \text{mmho/cm} = (k_m)/[1+0.0191(T-25)]$$

Donde:

k_m = conductividad medida en mmho/cm a T °C

T = temperatura de medida en °C.

- Ciertos instrumentos poseen compensación de temperatura y leen la conductividad en unidades de mmho/cm, en dicho caso la lectura es corregida automáticamente a 25 °C, y se reporta directamente el valor medido.

Tabla de equivalencias:

$$S/m = (\text{ohms}\cdot\text{m})^{-1}$$

$$\text{mho/cm} = (\text{ohms}\cdot\text{cm})^{-1}$$

$$\mu\text{S/cm} = \mu\text{mho/cm}$$

2. Infraestructura

Equipos y materiales

- Medidor de conductividad
- Termómetro con precisión de 0.1 °C, en el rango de 20-30 °C, o sensor de temperatura en el equipo.
- Matraz aforado de 1 L.
- Vasos de bohemia.

Reactivos

- Agua destilada y desionizada
- Solución estándar de KCl 0.01 M:
Disolver 0.7456 g de cloruro de potasio (KCl) secado previamente 2 horas a 105 °C en agua destilada y diluir a 1 L en matraz aforado a 25 °C. Esta solución estándar de referencia tiene, a 25 °C, una conductividad de 1412 mmhos/cm. Preservar dicha solución en un frasco de vidrio de borosilicato.

3. Profesionales calificados

Requisito Profesional: Título profesional otorgado por Universidades o Institutos Profesionales para carreras con especialidad en química, bioquímica, microbiología según corresponda, con 2 años mínimo de duración.

Experiencia Profesional: Se considera recomendable, que tenga una experiencia mínima de un año en Laboratorios de Ensayos.

B. Determinación de sólidos suspendidos totales SST

1. Técnicas y protocolos

Muestreo y preservación de la muestra

La muestra se debe recolectar en botellas de vidrio o plástico de 1 L de capacidad. Refrigerar las muestras a 4 °C. Analizar antes de 24 horas de preferencia, como máximo 7 días de realizado el muestreo.

Procedimiento

- Preparación del papel de filtro:
Colocar el filtro en el embudo de filtración. Aplicar vacío y enjuagar con tres porciones de 20 mL de agua destilada. Continuar la succión hasta eliminar totalmente el agua. Secar en estufa 103-105 °C por 1 hora en un soporte de porcelana o similar. Si se va a determinar volátiles muflar por 15 min. a 550 °C, enfriar en desecador y pesar. Repetir el ciclo de muflado, enfriado y pesado hasta peso constante.
- Determinación:
 - Una vez que se obtuvo el peso constante del filtro, pesarlo inmediatamente antes de usarlo.
 - Colocar el filtro en el embudo de filtración, mojar el filtro con una pequeña cantidad de agua destilada.
 - Tomar un volumen de muestra homogeneizada que de un residuo seco entre 2.5 y 200 mg. Verter el volumen medido en el embudo de filtración. Comenzar la succión. Lavar 3 veces sucesivas con 10 ml de agua destilada cada vez, permitiendo un completo drenaje en los lavados. Continuar la succión por 3 minutos hasta que la filtración sea completa.
 - Remover el filtro y colocarlo sobre un soporte de porcelana. Secar por 1 hora a 103-105 °C en estufa, enfriar en desecador hasta temperatura ambiente y pesar. Repetir el ciclo de secado, enfriado, y pesado hasta peso constante o hasta que la pérdida de peso sea menor que el 4% del peso previo o 0.5 mg.

- Colocar el filtro anterior en la mufla a 550 ± 50 °C durante 1 hora. Enfriar en desecador y pesar. Repetir la secuencia hasta obtener peso constante o hasta que la pérdida de peso sea menor que el 4% del peso previo o 0.5 mg.
- Cálculos y expresión de resultados

$$\text{SST, mg/L} = (P2-P1) \times 1000/V$$

$$\text{SSF, mg/L} = (P3-P1) \times 1000/V$$

$$\text{SSV, mg/L} = \text{SST} - \text{SSF}$$

Donde:

SST = sólidos suspendidos totales en mg/L.

SSF = sólidos suspendidos fijos en mg/L.

SSV = sólidos suspendidos volátiles en mg/L.

P1 = peso del filtro preparado en mg.

P2 = peso del filtro más el residuo seco a 103-105 °C en mg.

P3 = peso del filtro más el residuo calcinado a 550 °C en mg.

V = volumen de muestra tomado en mL.

2. Infraestructura

Equipos y materiales

- Filtros de fibra de vidrio: Whatman 934 AH o Gelman A/E o Milipore AP 40. Preferentemente de 4,7 cm de diámetro.
- Equipo de filtración por vacío:
Embudo de membrana filtrante, preferentemente de 4,7 cm de diámetro, frasco de succión de suficiente capacidad para la muestra, trampa de agua, bomba de vacío.
- Estufa para operar a 103-105 °C.
- Mufla para operar a 550 ± 50 °C.
- Desecador conteniendo un desecante con indicador coloreado de humedad.
- Balanza analítica de precisión 0.1 mg.
- Probetas

3. Profesionales calificados

Requisito Profesional: Título profesional otorgado por Universidades o Institutos Profesionales para carreras con especialidad en química, bioquímica, microbiología según corresponda, con 5 años mínimo de duración.

Experiencia Profesional: Se considera recomendable, que tenga una experiencia mínima de un año en Laboratorios de Ensayos.

C. Determinación Oxitetraciclina y Florfenicol

1. Técnicas y protocolos

Oxitetraciclina

Durante los años 50, a partir de cultivos de *Streptomyces rimosus* se aisló la Oxitetraciclina (terramicina), perteneciente al grupo de las tetraciclinas. Su mecanismo de acción se basa en la inhibición de la síntesis proteica, al unirse sobre la sub unidad ribosomal 30 S, también es bacteriostático, posee actividad frente a bacterias Gram positivas y Gram negativas, incluyendo algunas especies de micoplasmas y rickettsias (Morejón et al. 2003).

Florfenicol

Es de origen sintético, un análogo fluorado del cloranfenicol, fue usado inicialmente en Asia en la acuicultura desde los años 80, cerca de 1996 fue aprobada una formulación inyectable del fármaco, destinada a combatir enfermedades respiratorias bovinas en los Estados Unidos (Keyes et al. 2000). Miembro del grupo de los anfenicoles, su mecanismo de acción se basa en la inhibición de la peptidil transferasa y la síntesis proteica, uniéndose reversiblemente a la sub unidad ribosomal 50 S, y finalmente se debe agregar que su actividad es bacteriostática. Se absorbe rápidamente y se distribuye sumamente bien en varios tejidos y fluidos corporales. De amplio espectro Gram positivos y Gram negativos, además de anaerobios. Su vía de administración es preferentemente oral, sin embargo, también puede ser intraperitoneal.

Técnica Oxitetraciclina y Florfenicol en Laboratorio

La técnica de análisis más habitual corresponde a la cromatografía. Se utiliza un equipo de alta eficiencia que combina la cromatografía líquida (LC) con la espectrometría de multi-masa (MS/MS).

Condiciones cromatográficas

Las condiciones cromatográficas utilizadas en el equipo HPLD-DAD son presentadas en la siguiente tabla:

Tabla 30. Resumen condiciones cromatográficas equipo HPLD-DAD.

Columna analítica	Waters, modelo XTerra RP18
Proporción de Fase móvil A (Acetonitrilo)	13%
Proporción de Fase móvil B (Ácido Oxálico 0,001 M)	87%
Flujo utilizado para fase móvil	0.7 ml/minuto
Temperatura de la columna analítica	35°C
Longitud de onda de Detección	360 nm

Para el registro de la información se utiliza el software EZ Chrom Elite.

2. Infraestructura

Equipos

- Refrigerador entre 2 °C y 8 °C.
- Balanza analítica, AS310/C/2 Radwag
- Balanza granataria, WTB 200 Radwag.
- Tubos de ensayo para centrifuga (Falcón) de 50 ml.
- Matraces volumétricos de 250, y 500 ml
- Tubos de ensayo de 12 ml.
- Jeringas desechables de 10 y 20 ml.
- Agitador vortex Multireax (Heidolph Instruments GmbH)
- Centrifuga de 4.000 rpm (Heidolph Instruments GmbH)
- Pipetas automáticas de 10 a 100 ul (Brand GmbH + CO)
- pHmetro (Merck KGaA, Darmstadt, Germany)
- Columnas Extracción Fase Sólida (SPE) Sep-Pak® C18 (Waters Corporation, Mildford, Ma, USA)
- HPLC con Detector DAD Elite LaChrom módulos: L-2200, L-2300, L-2130, L-2455, (Hitachi High Technologies América, Inc.).

- Columna analítica XTerra RP18 5µm, 4.6x250 mm (Waters Corporation, Milford, Ma, U.S.A).
- Espectrofotómetro de placas de Elisa, Biotek, modelo Synergy 2.

Reactivos y soluciones

- Ácido cítrico, grado PA (Merck KGaA, Darmstadt, Germany).
- Acido oxálico, grado PA (Merck KGaA, Darmstadt, Germany).
- Sulfato de Sodio anhidro, grado PA (Merck KGaA, Darmstadt, Germany).
- Acetonitrilo, grado HPLC (Merck KGaA, Darmstadt, Germany).
- Metanol, grado HPLC (Fisher Scientific, New Jersey, U.S.A)
- Agua, grado HPLC (Merck KGaA, Darmstadt, Germany).
- Tampón McIlvane/EDTA:
Solución A: 14,2 grs de fosfato di-sódico enrasados a 500 ml con agua HPLC
Solución B: 10,5 grs de ácido cítrico enrasados con 500 ml de agua HPLC
Mezcla de 500 ml de solución B más 312,5 ml de solución A, la solución final posee un pH de $4,0 \pm 0,1$
- Solución Ácido Oxálico 0,01 M en metanol:
0,63 gr de ácido oxálico dihidratado enrasado a 500 ml con metanol.
- Fase móvil (B) utilizada en el sistema cromatográfico:
Acido Oxálico 0,001 M (1,26gr de Acido Oxálico Dihidratado en 1000mL de H₂O grado HPLC)/ Acetonitrilo 200mL, la solución final posee un pH $2,2 \pm 0,2$.

3. Profesionales calificados

Requisito Profesional: Título profesional otorgado por Universidades o Institutos Profesionales para carreras con especialidad en química, bioquímica, microbiología según corresponda, con 5 años mínimo de duración.

Experiencia Profesional: Se considera recomendable, que tenga una experiencia mínima de un año en Laboratorios de Ensayos.

D. Determinación de salinidad

1. Técnicas y protocolos

Muestreo y preservación

Recolectar en frasco de polietileno de alta densidad de 1L de capacidad de cierre hermético. Ajustar a $\text{pH} < 2$ con ácido nítrico (7.1). Analizar antes de 6 meses.

Procedimiento

- Digestión de la muestra
 - a. Homogeneizar la muestra. Si se dispone de una estimación del contenido total de sal en la muestra realizar una toma con pipeta aforada tal que la solución final esté en el rango de medida. La toma mínima a realizar será de 5,00 mL, en el caso de muestras muy concentradas diluirlas luego de la digestión. En el caso de estimar un contenido de sal menor a 0,02 mg/L, y de ser necesario, concentrar la muestra durante la digestión. Transferir la toma a un Erlenmeyer de 100 - 125 mL. Paralelamente se realiza un blanco de digestión sustituyendo la muestra por agua destilada.
 - b. Agregar 5 mL de HNO_3 . Calentar en una plancha calefactora tal que se obtenga una ebullición leve, concentrar al menor volumen tal que no ocurra precipitación. Si es necesario agregar más ácido y seguir calentando hasta obtener una solución clara. No permitir que la solución se seque durante el calentamiento. Puede quedar un pequeño precipitado no soluble en agua que es luego filtrado. En caso de que la digestión con HNO_3 no sea suficiente, usar mezcla de ácidos (clorhídrico y/o sulfúrico). En este caso la medida se realizará por adiciones estándar.
 - c. Lavar el Erlenmeyer con agua, si es necesario filtrar con papel de filtro lavando abundantemente el precipitado, y recoger el filtrado en un matraz aforado. Dejar enfriar a temperatura ambiente y llevar a volumen con agua destilada, homogeneizar.

d. Agregar solución de cloruro de cesio (7.5) (antes de llevar a volumen en 8.1.c o a una alícuota de la solución obtenida en ese punto), tal que su concentración final sea del 1%.

- Curva de calibración

Preparar soluciones estándar entre 0,02 y 1,0 mg/L de sodio a partir de la solución 7.4, con el agregado de HNO₃ tal que su concentración final sea del 1%. Agregar también solución de cloruro de cesio 10% (7.5) tal que su concentración final sea del 1%.

- Determinación directa

- a. Parámetros instrumentales: Lámpara de cátodo hueco de sodio longitud de onda: 589,0 nm, Combustible: acetileno, Oxidante: aire, Tipo de llama: oxidante.

- b. Realizar la curva de calibración con los estándares de 0,02 a 1,0 mg/L.

- c. Medir las muestras y blancos.

- Determinación por adiciones estándar

- a. Parámetros instrumentales: Lámpara de cátodo hueco de sodio longitud de onda: 589,0 nm, Combustible: acetileno, oxidante: aire, Tipo de llama: oxidante.

- b. Realizar una medida aproximada del contenido de sodio en la muestra (x).

- c. Tomar 4 alícuotas iguales de la muestra con pipeta aforada en matraces aforados: A, B, C y D. Agregar a cada una solución de cloruro de cesio tal que su concentración final sea del 1%. En el matraz A aforar con agua destilada. Realizar en los 3 matraces restantes adiciones de solución estándar de sal tal que la concentración en el matraz B sea el doble que la concentración en A; en el matraz C el triple y en el D cuatro veces la concentración

de A. Tener en cuenta que la suma del contenido de sal de la muestra más la adición no supere los 1,0 mg/L.

Cálculos y expresión de resultados

- Se determina los límites de cuantificación (LC) y detección (LDM).
- Se determina la concentración de sodio en la digestión de la muestra y blanco (CM y CB) o en una dilución de los mismos a partir de la curva de calibración obtenida.
- Si CM es menor a LDM informar:

No detectable, Límite de detección = LDM * FC.

Donde FC es el factor de concentración de la muestra, obtenido según:

$$FC = V / T$$

Donde:

V = volumen del matraz aforado usado para recoger el filtrado de digestión en mL.

T = toma de la muestra en mL.

- Si CM es mayor a LDM pero menor a LC informar:
Se detecta, Na (mg/L) < LC * FC.
Donde FC es el factor de concentración de la muestra.
- Si CM es mayor a LC informar el valor obtenido según:

$$Na \text{ (mg/L)} = (CM * FDM - CB * FDB) * FC$$

Donde:

CM = concentración de Na en la digestión de la muestra en mg/L

FDM = factor de dilución de la muestra

CB = concentración de Na en la digestión del blanco en mg/L

FDB = factor de dilución del blanco

FC = factor de concentración de la muestra

2. Infraestructura

Equipo y materiales

- Espectrofotómetro de absorción atómica con llama.

- Plancha calefactora.
- Balanza analítica de precisión 10 mg.
- Balanza analítica de precisión 0,1 mg.
- Pipetas aforadas de 5 - 100 ml.
- Matraz Erlenmeyers de 100 - 125 ml.
- Papel de filtro libre de ceniza.
- Matraces aforados de 25 - 1000 ml.

Reactivos

- Ácido nítrico (HNO₃) 65 %, d= 1,40 g/mL, ppa.
- Ácido clorhídrico (HCl) 37 %, ppa.
- Ácido sulfúrico (H₂SO₄) 95-98 % w/V, ppa.
- Solución estándar de sodio de 1000 mg/L:
Disolver 2,5420 g de cloruro de sodio (NaCl, ppa para Absorción Atómica, secado a 140_C durante 1 hora) en agua. Diluir a 1L en matraz aforado, con HNO₃ 1% v/v. Almacenar en frasco de plástico. Es estable por 1 año. Pueden usarse soluciones estándar para Absorción Atómica comerciales.
- Solución de cloruro de cesio 10% (CsCl):
Disolver 12,67 g de CsCl (ppa para Absorción Atómica) en 1L de agua.
- Agua destilada.

3. Profesionales calificados

Requisito Profesional: Título profesional otorgado por Universidades o Institutos Profesionales para carreras con especialidad en química, bioquímica, microbiología según corresponda, con 5 años mínimo de duración.

Experiencia Profesional: Se considera recomendable, que tenga una experiencia mínima de un año en Laboratorios de Ensayos.

E. Determinación Indicadores Biológicos

1. Técnicas y protocolos

Muestreo

El muestreo comienza por la elección del sitio el cual debe ser una sección representativa de las características del río. El método más conocido de muestreo de los macroinvertebrados bentónicos es por medio de la utilización de la red surber que permite muestrear un área conocida de sustrato. En cada sitio se deben tomar como mínimo 3 réplicas.

Procedimiento

- Elección de sitio de muestreo.
- Fijar la red Surber en el sustrato. El marco se debe colocar sobre el fondo y en contra la corriente.
- Remover el material del fondo y lavado en su totalidad, con el propósito de que los organismos queden atrapados en la red.
- El material colectado se vacía en un recipiente de plástico previamente rotulado y posteriormente fijar con alcohol al 96%.
- En laboratorio limpiar el material, separando los macroinvertebrados bentónicos del resto de la muestra.
- Los macroinvertebrados contenidos en cada muestra deben ser identificados hasta el nivel taxonómico de familia mediante claves y descripciones.
- Estimar las abundancias totales mediante el conteo de individuos por taxa y expresadas en densidad (ind/m²).

Cálculos Índices Bióticos

- Índice Biótico de Familia IBF de Hilsenhoff (1998)

Se determinará la taxonomía completa de los macroinvertebrados bentónicos a nivel de familia y se estimó el número de individuos en cada familia por punto de muestreo. Posteriormente se determinará el puntaje de tolerancia, en donde "0" representa el menos tolerante la contaminación orgánica y "10" corresponde al más tolerante a dicho tipo de contaminación. Los puntajes obtenidos fueron incluidos en la ficha de

registro para calcular el IBF de Hilsenhoff (1988) según la siguiente ecuación:

$$IBF = 1/ N \sum ni ti.$$

Donde:

N = número total de individuos en el sitio de muestreo.

ni = número de individuos en una Familia

ti = puntaje de tolerancia de cada Familia.

Los valores IBF se expresan en 7 clases de calidad ambiental (Figura 109), correspondiente a una escala de condición biológica que fue desarrollada para determinar el grado de contaminación orgánica.

Clase	IBF Hilsenhoff (1988)	Características Ambientales	Clases
I	0,00 - 3,75	Excelente	I Celeste
II	3,76 - 4,25	Muy bueno	II Azul
III	4,26 - 5,00	Bueno	III Verde
IV	5,01 - 5,75	Regular	IV Amarillo
V	5,76 - 6,50	Relativamente malo	V Café
VI	6,51 - 7,25	Malo	VI Naranja
VII	7,26 - 10,00	Muy malo	VII Rojo

Figura 109. Calidad del agua basada en los valores del IBF de Hilsenhoff 1988.

- Índice Biótico de Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera (EPT)

El índice EPT considera la utilización de estos tres grupos de macroinvertebrados bentónicos que son indicadores de la calidad de agua, debido a que presentan mayor sensibilidad a la contaminación. El índice de EPT fue estimado mediante la siguiente ecuación y sus resultados se llevaron a una tabla de calificación de calidad de agua que va de "muy buena" a "mala" calidad (Figura 110).

$$EPT = (\sum EPT/N) \times 100$$

Donde:

EPT = suma del número de individuos pertenecientes a los Ordenes

Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera.

N = número total de individuos en el sitio de muestreo.

Clase	Índice EPT %	Calidad del agua
1	75-100	Muy buena
2	50-74	Buena
3	25 - 49	Regular
4	0 - 24	Mala

Figura 110. Calidad del agua para Índice EPT.

2. Infraestructura

Equipos y materiales

- Surber de 2500 cm² con una abertura de malla de 250 µm.
- Traje de agua Wader
- Frascos de plástico de 500 ml.
- Alcohol 96 %
- Lápiz, tijeras, cinta aislante para rotular muestras
- Cooler para traslado de muestras
- GPS para georreferenciar los puntos de muestreo
- Libreta de notas
- Lupa binocular NIKON-SMZ660
- Pinzas
- Estilete
- Placa Petri
- Frascos pequeños para separar los organismos
- Claves taxonómicas

3. Profesionales calificados

Requisito Profesional: Título profesional otorgado por Universidades o Institutos Profesionales para carreras con especialidad en ciencias ambientales, ecología fluvial según corresponda, con 5 años mínimo de duración.

Experiencia Profesional: Se considera recomendable, que tenga una experiencia mínima de un año en trabajos de campo en el área de

ecología acuática y conocimientos básicos de identificación de macroinvertebrados acuáticos.

F. Determinación Carbono Orgánico Total COT

1. Técnicas y protocolos

Preparación de muestras para cuantificación de carbono orgánico

- Todo el material a utilizar debe ser limpiado con HCl 4% y enjuagado con agua desionizada "low TOC".
- Las muestras recogidas se depuran a través de filtros de jeringa Millex - GP Hydrophilic PES 0,22 μM previamente acondicionado con 100 ml de agua (Desionizada low TOC) para obtener la fracción disuelta y eliminar los sólidos suspendidos, en el caso de la fracción total no se requiere de filtración. Luego las muestras son guardadas en frascos de borosilicato ámbar I-Chem (Merck). Para cada muestra se generan replicados de 40 ml de muestra de agua adicionando 100 μl de HCl fumante (Merck). La muestra debe ser guardada sin burbuja de aire en el envase de borosilicato.
- El transporte de las muestras se debe efectuar a $T = 4 - 7 \text{ }^\circ\text{C}$ dentro de coolers con hielo.

Cuantificación de carbono orgánico disuelto (DOC)

Las muestras previamente acidificadas a un pH entre 2-3, se analizan mediante combustión catalítica de alta temperatura y posterior detección infrarroja por medio de un autoanalizador HighTOC (Elementar Systems) utilizando aire sintético de alta pureza como gas de carga. Los análisis se realizaron a un flujo de aire sintético de 200 ml/min, con inyección de HCl clorhídrico al 0,8% (Merck) a temperatura de combustión de 1050 $^\circ\text{C}$ y utilizando agua ultrapura Lichrosolv® (Merck) como línea base referencia y ácido tartárico (Merck) como estándar de referencia para carbono orgánico.

Preparación de muestras para determinación de carbono orgánico disuelto, análisis óptico y fluorométrico de DOM

Las muestras recogidas se depuraron a través de filtros de jeringa Millex -GP Hydrophilic PES 0,22 μM previamente acondicionado con 100 ml de agua (Desionizada) para obtener la fracción disuelta y eliminar los sólidos suspendidos, y luego guardadas en frascos de borosilicato ámbar I-Chem (Merck). Para cada muestra se generaron 3 replicados de 40 ml de muestra de agua filtrada. El transporte de las muestras se efectuó a $T = 4 - 7 \text{ }^\circ\text{C}$ dentro de coolers con hielo. Todas las mediciones ópticas de DOM se deben realizar dentro de 2 días, para evitar la degradación y subestimación de DOM.

Metodología de análisis óptico y fluorométrico de DOM

Previo a los análisis ópticos y fluorométricos de DOM, las muestras se aclimataron a temperatura ambiente ($25 \text{ }^\circ\text{C}$). Para el análisis fluorométrico y óptico de las muestras se utiliza un espectro - fluorómetro (e.g.: Perkin Elmer Luminescence Spectrometer LS50B) para la identificación de fluoróforos característicos de los efluentes de las pisciculturas. Las longitudes de onda que se establecen para generar la matriz de excitación y emisión son de 300 a 600 nm y de 240 a 450 nm. Posteriormente se realiza una normalización bajo el peak de dispersión Raman a base de agua desionizada. La normalización Raman y los procedimientos de corrección espectral (esto se realiza mediante un espectrofotómetro realizando una scan entre 180–900nm) y de filtro interno, los cuales toman en cuenta las desviaciones en la salida espectral de la fuente luminosa y pequeñas imperfecciones en los componentes en la capacidad del instrumento para transmitir la luz, que son propios para cada instrumento, dan como resultado espectros estandarizados en unidades Raman (R.U.) y son directamente comparables a los espectros corregidos medidos en diferentes máquinas. Para la identificación cualitativa y cuantitativa se realiza un análisis de factores paralelos (PARAFAC).

2. Infraestructura

Equipos y materiales

- Filtros de jeringa Millex -GP Hydrophilic
- Frascos de borosilicato ámbar I-Chem (Merck)

- Autoanalizador HighTOC (Elementar Systems)
- Espectro - fluorómetro (ej: Perkin Elmer Luminescence Spectrometer LS50B)
- Espectrofotómetro
- pHmetro
- Balanza analítica
- Autoanalizador HighTOC (Elementar Systems)
- Cooler
- Ice pack

Reactivos

- Ácido Clorhídrico
- Agua ultrapura Lichrosolv® (Merck)
- Ácido tartárico (Merck)
- Agua desionizada

3. Profesionales calificados

Requisito Profesional: Título profesional otorgado por Universidades o Institutos Profesionales para carreras con especialidad en química, biología ambiental, ingeniería ambiental, según corresponda, con 5 años mínimo de duración.

Experiencia Profesional: Se considera recomendable, que tenga una experiencia mínima de un año en Laboratorios de Ensayos.

G. Inhibición Respiratoria en Agua

1. Técnicas y protocolos

Incubación

La incubación se realiza directamente en el agua en el punto que se selecciona como control (sin efecto de la piscicultura), durante un mes se fija mediante una estaca una bolsa de visillo con 250 gramos de algodón. Al transcurrir el mes la bolsa se retira y se toma una muestra de agua de 5L en el mismo punto y en el

efluente de la piscicultura, se debe mantener una cadena de frío para la bolsa incubada y las muestras de agua durante el trayecto del sitio de muestro y el laboratorio.

Procedimiento

Una vez en el laboratorio el análisis consiste en preparar 6 concentraciones y una muestra control (Tabla 31), con tres replicas cada una, para cada replica se pesan 3 gramos de algodón incubado, para este tipo de análisis se utilizan frascos Schott de 250 ml y parfilm para sellar, una vez teniendo las concentraciones y el algodón en el frasco Schott se introduce Tooxy jeulin durante 30 minutos, este equipo nos entrega una gráfica y tabla de valores de la tasa respiratoria (mg/l) y el tiempo de exposición (s).

Tabla 31. Concentraciones Bioensayos Inhibición Respiratoria.

Concentración	Control (ml)	Efluente (ml)
C0 (0%)	250	0
C1 (10%)	225	25
C2 (20%)	200	50
C3 (40%)	150	100
C4 (60%)	100	150
C5 (80%)	50	200
C6 (100%)	0	250

2. Infraestructura

Equipos

- Balanza analítica AS 310/C/2 Radwag
- Oxigenometro YSI
- Computador
- Refrigerador (Para mantener muestras de agua)
-

Reactivos e insumos

- Muestra de agua para poner a prueba (efluente de piscicultura)
- Algodón (2 kilos)
- 12 estacas
- 1 rollo de lienza
- Bolsas de visillo (6)

- Vasos Schott (250ml) (10)
- Parafilm (1 rollo)
- Probetas graduadas (50 y 250 ml)
- Vasos precipitados (100 ml)

3. Profesionales calificados

- Requisito Profesional: Título profesional otorgado por Universidades o Institutos Profesionales para carreras con especialidad en ciencias ambientales, Ingeniería ambiental, Ingeniería en RRNN, Biología, con 5 años mínimo de duración.
- Experiencia Profesional: Se considera recomendable, que tenga una experiencia mínima de un año en el área de la ecotoxicología.

H. Bioensayos de toxicidad (LC₅₀ *Daphnias*, LC₅₀ *Selenastrum*)

1. Técnicas y protocolos

Daphnia pulex

Agua de los cultivos:

Los cultivos se mantienen utilizando agua de lago filtrada utilizando un filtro con ancho de poro de 0,2 µm con el fin de eliminar las impurezas que esta pudiera contener.

Alimentación de los cultivos:

Los cultivos son alimentados con alimento estandarizado basado en el protocolo del APHA (1998), este alimento es una mezcla de harina de pescado, alfalfa y levadura.

Condiciones físico-químicas:

Los cultivos son mantenidos en incubadora con fotoperiodo 16 horas luz- 8 horas oscuridad y a temperatura de 18±20 °C.

Desarrollo bioensayo:

Se utilizan crías de *Daphnia pulex* de hasta 24 horas de nacidas (USA EPA, 1993), expuestas a diferentes concentraciones (Tabla 32) de muestras provenientes de piscicultura, durante 48 horas se controla la mortalidad.

Tabla 32. Concentraciones Bioensayo *Daphnia pulex*.

% Dilución	Control	10%	25%	50%	75%	100%
Efluente (ml)	0	1	2.5	5	7.5	10
Relleno (ml)	10	9	7.5	5	2.5	0
Volumen final (ml)	10	10	10	10	10	10
N° neonatos	5	5	5	5	5	5

Análisis de datos:

Luego de finalizar las pruebas se calcula el valor del LC₅₀ de 48 horas y los límites de confianza al 95% utilizando el programa PROBIT ingresando los datos de mortalidad registrados para cada uno de los bioensayos en los cuales el control presentará un porcentaje de mortalidad inferior al 10%.

Raphidocelis subcapitata (senastrum)

Procedimiento

La microagla *Raphidocelis subcapitata* es mantenida bajo condiciones controladas en el laboratorio de Bioensayos tomando como referencia los protocolos establecidos en la NCh 2706 (2002).

Se deben utilizar 5 concentraciones más un control con 4 réplicas cada uno (Tabla 33). El agua de dilución utilizada para las pruebas "relleno" corresponde al medio de cultivo de las algas, el stock de algas con el cual se comienza a trabajar corresponde a 500000 cel/ml.

Condiciones físico-químicas

Los cultivos son mantenidos en incubadora con fotoperiodo 16 horas luz-8 horas oscuridad y a temperatura de 18±20°C.

Tabla 33. Concentraciones Bioensayos *Raphidocelis subcapitata*.

% Dilución	Control	10%	25%	50%	75%	100%
Muestra (ml)	0	3	7.5	15	22.5	29.4
Relleno (ml)	29.4	26.4	21.9	14.4	6.9	0
Alícuota algas (ml)	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
Volumen Final (ml)	30	30	30	30	30	30

Registro de datos

Al transcurrir 96 horas de exposición se inicia el conteo del número de algas, para esto se utiliza entre 20 a 50 μl de la suspensión con ayuda de una pipeta automática y se coloca en una placa de Neubauer, la cuantificación se efectúa siguiendo el método de manejo recomendado para este tipo de celdas.

Análisis de datos

Luego de finalizar las pruebas se calcula el valor EC_{50} de 96 horas y los límites de confianza del 95% utilizando el programa PROBAL.

2. Infraestructura

Daphnia pulex

Equipos

- Incubadora con fotoperiodo 16 horas luz-8 horas oscuridad, temperatura 18 ± 20 °C.
- Refrigerador
- Horno de secado
- Micropipeta (1000 μL)
- Lupa binocular NIKON-SMZ660
- Bomba de vacío

Reactivos e insumos

- Dicromato de Potasio ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$)
- Agua desionizada
- Agua de Lago
- Bidones de transporte
- Papel aluminio
- Vasos precipitados
- Frasco Schott (5 L y 100ml)
- Matraz kitasato (5litros)
- Filtros 0,2 μm (1 caja)
- Preparación de alimento estandarizado basado en protocolo APHA (1998): Harina de pescado, alfalfa y levadura.
- Vasos precipitados (1000 ml) (5)

Raphidocelis subcapitata (senastrum)

Equipos

- Incubadora con fotoperiodo 16 horas luz-8 horas oscuridad, temperatura 20 ± 23 °C.
- pHmetro
- Horno de secado
- Microscopio óptico nikon
- Pipetas graduadas (25ml)
- Micropipeta (1000 μ L)
- Pipeta pasteur de plástico

Reactivos e insumos

- Microagla *Raphidocelis subcapitata* (senastrum)
- Dicromato de Potasio ($K_2Cr_2O_7$)
- Matraz Erlenmeyer (50ml)
- Cámara de Neubauer
- Pipeta automática (50 μ L)

3. Profesionales calificados

Requisito Profesional: Título profesional otorgado por Universidades o Institutos Profesionales para carreras con especialidad en ciencias ambientales, Ingeniería ambiental, Ingeniería en RRNN, Biología, con 5 años mínimo de duración.

Experiencia Profesional: Se considera recomendable, que tenga una experiencia mínima de un año en el área de la ecotoxicología.

I. Degradación de Materia Orgánica

1. Técnicas y protocolos

Incubación

Para determinar la degradación de materia orgánica se utilizan bolsas de visillo rellenas con 3 gramos de algodón, se seleccionan tres estaciones asociadas al

centro de cultivo, la primera estación corresponde al sitio de control (100m antes del ducto de descarga), la segunda estación corresponde a la descarga, mientras que el tercer punto se ubicó a 100m aguas abajo de la descarga, en cada uno de estos sitios se instalaron con la ayuda de un estaca 5 bolsas las cuales permanecieron durante 1 mes en el cuerpo de agua (Benfield 1996; Bärlocher 2005).

Procedimiento

Una vez transcurrido el mes de exposición las bolsas fueron retiradas y analizadas en laboratorio, donde fueron secadas durante 24horas a 100 °C y luego se registró su peso determinado como peso final y comparado con el peso inicial.

2. Infraestructura

Equipos

- Balanza analítica AS 310/C/2 Radwag
- Horno de secado

Reactivos e insumos

- Algodón (2 kilos)
- Bolsas de visillo (50)
- Estacas (12)
- 1 rollo de lienza

3. Profesionales calificados

Requisito Profesional: Título profesional otorgado por Universidades o Institutos Profesionales para carreras con especialidad en ciencias ambientales, Ingeniería ambiental, Ingeniería en RRNN, Biología, con 5 años mínimo de duración.

Experiencia Profesional: Se considera recomendable, que tenga una experiencia mínima de un año en el área de la ecotoxicología.

III. INFRAESTRUCTURA GENERAL DE UN LABORATORIO "TIPO" PARA MUESTRAS FÍSICAS, QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS

Para llevar a cabo las diferentes metodologías de los parámetros propuestos en este informe, se debe contar con la infraestructura necesaria que permita el óptimo desarrollo de las actividades analíticas consistentes en ensayos físicos, químicos y biológicos. A continuación se describe de forma general la distribución física de un laboratorio tipo considerando las características que este debe poseer para el análisis de los parámetros propuestos, basado en antecedentes que son exigidos por la Superintendencia de Servicios Sanitarios y otras entidades.

Distribución Física

Se debe disponer de las siguientes salas de trabajo:

A. Sala de ataque de Muestras

En esta sala de trabajo se realiza la etapa de la digestión o disolución de las muestras de ensayo y por lo tanto se debe mantener en condiciones apropiadas, para un trabajo seguro y libre de contaminación. Esta sala debe disponer de un sistema de extracción de gases y vapores tóxicos.

Las campanas deberán disponer de iluminación interior y como mínimo suministro de agua para el lavado interior (wash down) si se trabaja con ácido perclórico. Además debe disponerse de comandos eléctricos en el exterior y de puertas deslizantes que permitan una buena visión hacia el interior.

B. Sala de preparación de muestras

Se debe disponer de áreas de trabajo para las diferentes técnicas aplicadas en el laboratorio, tales como:

- Área de preparación de muestras

En esta área se desarrollarán las actividades de preparación de muestras para todos los métodos que así lo requieran.

- Área de métodos clásicos

Esta área está destinada a técnicas volumétricas, separaciones líquido-líquido, gravimetrías, destilaciones y por lo tanto debe disponer de un tamaño condiciones apropiadas.

- Área de métodos instrumentales

Equipamiento menor, tales como medidores de pH, tituladores automáticos, electrodos específicos y turbidímetro, y eventualmente el espectrofotómetro de absorción molecular, se podrán ubicar en esta área, teniendo la precaución de que estén libres de posibles daños y contaminación.

- Área de balanzas analíticas

Esta área debe ser un área independiente, libre de flujos de aire y disponer de un mesón que asegure no transmitir las vibraciones.

- Área de análisis de calidad de agua

Dispone de instrumental y espacio físico para el análisis de parámetros químicos, bacteriológicos y clorofila.

- Área de microscopía

Con microscopios de investigación con ocular graduado y con cámara digital para la captura de imágenes y lupas de investigación.

- Área de procesamiento de datos y montajes de experimentos

Debe disponer de espacio e instrumental para montaje de experimentos, estufas de secado, mufla, análisis granulométrico de sedimento, entre otros.

C. Sala Instrumental

El laboratorio debe disponer de una sala instrumental, en el que se dispondrá del equipamiento mayor, teniendo la precaución de que el área en que este equipamiento sea ubicado, esté libre de posibles riesgos de daño y contaminación.

Sobre la base de los procedimientos utilizados en la determinación de los distintos parámetros físicos y químicos, el siguiente instrumental debe disponerse en dicha sala:

- Espectrofotómetro de absorción atómica
- Espectrofotómetro de absorción molecular
- Cromatógrafo de gases

Para cada instrumento deben seguirse fielmente los requisitos de instalación exigidos por el fabricante y contenidos en los respectivos manuales del instrumento.

- Área de absorción atómica

Debe instalarse una campana de extracción de gases proveniente de mecheros del equipo.

Se debe disponer de sensores que aseguren el funcionamiento de los equipos (por ejemplo manómetros) y que permitan verificar el instante en que los gases deben ser intercambiados.

Debe instalarse un compresor de aire a distancia del instrumento, en lo posible en un área externa a la sala instrumental, a fin de evitar posible contaminación acústica.

- Área de absorción molecular

Esta debe constituir un área de trabajo donde debe ubicarse el o los espectrofotómetros de absorción molecular. El mesón debe ser de características robustas, fijo al piso a fin de minimizar los efectos de vibraciones.

- Área de cromatografía de gases

El equipamiento de cromatografía se debe operar en un área de trabajo exenta de vapores de combustión (como por ejemplo los que generan equipos de Absorción Atómica).

D. Sala de lavado

Se debe disponer de una sala de lavado para el material utilizado en el análisis químico. Esta sala debe disponer del espacio apropiado para realizar una operación segura de lavado del material.

Debe considerar lavatorios de tamaño adecuado y en lo posible de cubiertas de acero inoxidable. Además debe disponer de mesones, estanterías o carros metálicos, en los cuales se pueda recibir en forma segura el material que requiere servicio de lavado.

Condiciones para infraestructura de salas de trabajo

1. Revestimiento de pisos

Los revestimientos de los pisos no deben ser alfombrados ni resbaladizos. En aquellos lugares donde se manipulen productos tóxicos o corrosivos, los pisos deberán ser de

material resistentes a éstos, impermeables y no porosos, de tal manera que faciliten una limpieza oportuna y completa.

2. Paredes, cielos, puertas y ventanas

Las paredes interiores de los lugares de trabajo, los cielos rasos, puertas y ventanas, y demás elementos estructurales serán mantenidos en buen estado de limpieza y conservación, y serán pintados, cuando el caso lo requiera, de acuerdo a la naturaleza de las labores que se ejecutan.

3. Pasillos

Los pasillos de circulación así como los espacios entre las máquinas o equipos serán lo suficientemente amplios de modo que permitan el movimiento del personal ya sea en sus desplazamientos habituales o para el movimiento de material y sin exponerlos a accidentes.

4. Red gases

Las líneas de gases deberían ser conducidas mediante canaletas cerradas, con mangueras o cañerías especiales para el transporte de gases y debidamente identificadas de acuerdo a los criterios internacionales. En el laboratorio siempre debería existir una llave central de paso y llaves de paso sectorizadas, éstas deberán quedar visibles y con fácil acceso para que puedan utilizarse en caso de emergencias.

5. Red eléctrica

Las instalaciones eléctricas deben prevenir situaciones de riesgo por medio de las siguientes normas de seguridad previstas para áreas peligrosas:

- Situar los tableros de comandos fuera de las áreas de trabajo, en un lugar de fácil acceso y visible para el personal.
- Los tableros deben disponer de un interruptor general para todo el circuito eléctrico e interruptores individuales para cada circuito del laboratorio, todos debidamente identificados y de fácil acceso.
- Los enchufes no deberán estar cerca de fuentes de aguas o gas.
- Todos los enchufes (tomacorriente) deben contar con su conexión a tierra.
- Situar los equipos eléctricos fuera del área en que se utilizan reactivos corrosivos.

En la sala donde se ubiquen la mayoría de los equipos e instrumentos específicos para el control físico-químico cuyo funcionamiento se vea afectado por variación de voltaje o alteraciones en la red eléctrica, se debe contar con una estabilización de los circuitos que correspondan.

6. Duchas y lavaojos de emergencia

Se considera imprescindible disponer de una ducha de disparo rápido y una pila lavaojos, que debería instalarse en una zona de fácil acceso a todas las Salas de Trabajo.

7. Mesones y muebles

Todas las salas de trabajo deben disponer de mesones y muebles adecuados al trabajo que se realice en el laboratorio, con un espacio mínimo recomendable de 1,50 m. a 1,80 m. entre los mesones trabajo.

Las Salas de Trabajo deben estar equipadas con mesones de trabajo, otorgando un espacio mínimo de 1 metro lineal por persona. Esto además, es extensivo a las áreas específicas destinadas a actividades de apoyo, como por ejemplo preparación de reactivos y medios de cultivo, preparación de envases y material de vidrio, etc.

Para trabajo de pie las dimensiones típicas de los mesones son de 90 a 97 cm de alto por 70 a 76 cm de ancho. Para trabajo que se realiza sentado como por ejemplo microscopía y recuento de placas los mesones más cómodos son de 70 a 76 cm de alto.

IV. CATASTRO DE LABORATORIOS ACREDITADOS Y ANÁLISIS TERRITORIAL

Actualmente en el país existen 42 laboratorios de ensayo acreditados en el área físico-química para aguas y aguas residuales (RILES y aguas servidas), según consta en el directorio de acreditación del Instituto Nacional de Normalización INN (Ver anexo 6; Tabla 62). Estos laboratorios realizan una variedad de análisis de parámetros normados, por lo que existe en el país capacidad analítica instalada.

Análisis Territorial

Los laboratorios acreditados están presentes en las tres macrozonas de Chile, con una mayor presencia en la zona central, específicamente en la Región Metropolitana (Figura 111). En la zona norte existen 7 centros de investigación, localizado en las regiones de Arica y Parinacota, Tarapacá, Antofagasta, Atacama y Coquimbo. De los siete laboratorios, 3 están en la región de Antofagasta. En el resto de las otras regiones solo existe un centro certificado por región (Figura 112).

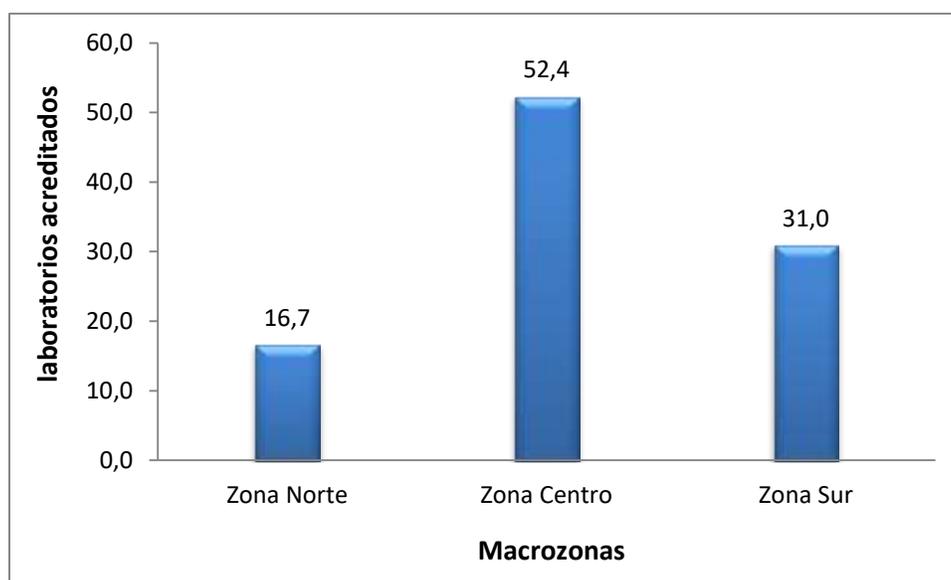


Figura 111. Porcentaje de laboratorios acreditados por macrozonas.

En la zona central existe una mayor disponibilidad de laboratorios, en las regiones Metropolitana y BíoBío es donde se encuentran la mayor cantidad con 13 y 6 respectivamente. La región de Valparaíso solo cuenta con 1 laboratorio y O'Higgins le

sigue con 2 (Figura 112). Cabe mencionar que en la región del Maule no cuenta con laboratorios de ensayos acreditados en el área físico-química de aguas.

La macrozona sur cuenta con 13 laboratorios acreditados, los cuales se distribuyen en las regiones de La Araucanía, Los Ríos, Los Lagos y Aysén. La mayor cantidad de laboratorios están localizados en la región de Los Lagos (8 laboratorios), en la Araucanía y Los ríos están acreditados solo 2 por cada región, mientras que en la región de Aysén se encuentra un centro acreditado (Figura 112). En la región de Magallanes no hay laboratorios que actualmente estén acreditados en el área físico-química de aguas y aguas residuales.

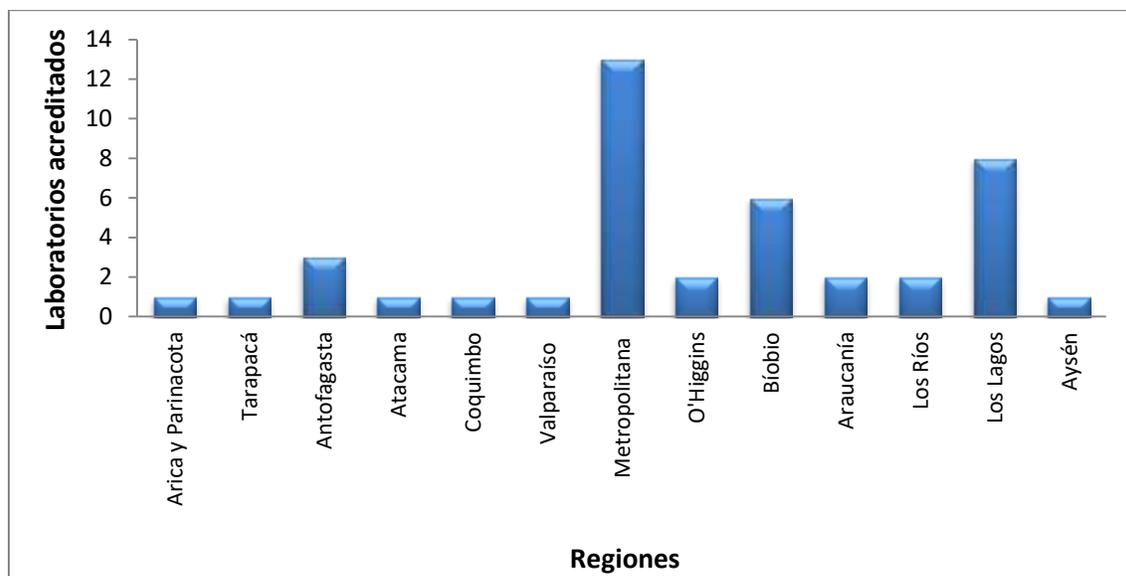


Figura 112. Laboratorios de ensayo acreditados por región.

V. CARACTERIZACIÓN DE LABORATORIOS ASOCIADOS A LA ACUICULTURA

Contexto Regulatorio

La acuicultura se regula por la Ley General de Pesca y Acuicultura (LGPA), la cual establece el marco legal para: importación de recursos hidrobiológicos, acceso a áreas preferentemente para la acuicultura, concesiones, condiciones ambientales y sanitarias para su ejercicio, entre otros. La nueva legislación implementada a partir del año 2009

opero a través de la Ley N° 20.434 del año 2010, en donde se realiza cambios en el modelo productivo con el propósito de hacerlo más sustentable.

Respecto a la descarga de aguas residuales, la Ley sobre Bases Generales del Medio Ambiente establece que las normas de emisión son las que determinan la cantidad máxima de contaminantes permitidos en los efluentes. El Decreto Supremo N° 90 (2001) tiene como objetivo de protección ambiental prevenir la contaminación de las aguas marinas y continentales superficiales, mediante el control de contaminantes asociados a los residuos líquidos que se descargan a estos cuerpos receptores, logrando así mejorar sustancialmente la calidad ambiental de las aguas, de manera que éstas mantengan o alcancen la condición de ambientes libres de contaminación. En él se decreta la concentración máxima de contaminantes permitida para residuos líquidos descargados por las fuentes emisoras.

En virtud del Reglamento ambiental para la acuicultura (RAMA), los titulares de todos los centros de cultivo deben entregar anualmente la Información Ambiental (INFA). El decreto supremo N° 320 y su resolución acompañante establece los contenidos y metodologías para elaborar la Caracterización Preliminar de Sitio (CPS) y la Información Ambiental (INFA) según la categoría de cada centro de cultivo, lo cual está determinado por su nivel de producción. Entre los contenidos de la CPS e INFA, se exige la entrega de información respecto de; macrofauna bentónica, materia orgánica total, potencial redox y pH del sedimento, Granulometría, oxígeno, temperatura, salinidad y conductividad en la columna de agua, entre otros.

Caracterización de Laboratorios

Los laboratorios acreditados por el Instituto Nacional de Normalización que se vinculan directamente con la Acuicultura en la realización de las INFA y CPS o Programas de Vigilancia Ambiental (PVA), se encuentran acreditados en cuatro áreas, las cuales corresponden a; taxonomía y muestreo para sedimentos acuáticos, taxonomía para sedimentos acuáticos y físico-química, muestreo para sedimentos y medios acuáticos y taxonomía para fitoplancton en sistemas acuáticos (Ver anexo 6). Casi la totalidad de laboratorios se encuentra en la zona sur, específicamente en la región de Los Lagos y solo un laboratorio se localiza en la región del Bío-bío.

En el área de taxonomía y muestreo para sedimentos acuáticos existen 11 centros de investigación acreditados, todos localizados en la zona sur. En el área de taxonomía para sedimentos acuáticos existen 3 centros de investigación ubicados en la zona sur,

región de Los Lagos. En el área físico-química y muestreo para sedimentos y medios acuáticos hay registro de 12 laboratorios, la gran mayoría de ellos presentes en la región de Los Lagos y uno en la región del BíoBío. Por último en el área de Taxonomía para fitoplancton en sistemas acuáticos, se encuentran acreditados 3 laboratorios presentes en la región de Los Lagos (Ver anexo 6). Es importante mencionar que muchos laboratorios cuentan con acreditación en dos o más áreas, según consta en el directorio de acreditados del Instituto Nacional de Normalización.

Los Programas de Vigilancia Ambiental deben entregar información sobre el comportamiento de aquellos parámetros ambientales que pueden sufrir alteraciones como resultado de la operación de las instalaciones involucradas y dependen de lo establecido en la Resolución de Calificación Ambiental. De este modo las metodologías de análisis puede variar según el caso, pero la mayor parte de este tipo de estudio consiste en, lo siguiente:

- Monitoreos de sedimento
- Monitoreos de RIL y aguas superficiales
- Otras variables (Bentos, bioensayos, estimación de clorofila, antibióticos, perifiton, entre otros)

Los estudios relacionados con el análisis de parámetros biológicos, son realizados en su mayoría por profesionales calificados pertenecientes a universidades con conocimientos en el área de Limnología, Ecotoxicología y Oceanografía. En Chile existen alrededor de 5 laboratorios que realizan investigación en la línea de Limnología y Ecotoxicología, adscritos a universidades. En la región Metropolitana se encuentran dos de los cinco laboratorios en área de Limnología, pertenecientes a las universidades de Chile y Metropolitana de Ciencias de la Educación. En la Universidad de Concepción funciona el Laboratorio de Bioindicadores de calidad ambiental inserto en centro EULA. En la región de la Araucanía se encuentra el Laboratorio de Limnología y recursos hídricos, el cual pertenece a la Universidad Católica de Temuco y por último en la región de Los Ríos está presente el Laboratorio de Limnología Aplicada de la Universidad Austral de Chile (Ver anexo 6; Tabla 67).

Entre los servicios que prestan, están; estudios de biodiversidad acuática, monitoreo ambiental en sistemas límnicos y acuicultura, estimaciones de capacidad de carga, análisis de carbono orgánico, análisis de materia orgánica disuelta, entre otros. Estos laboratorios permiten acciones de vinculación con los sectores público, privado y social

con el fin de desarrollar investigación ambiental y territorial de alto nivel, así como dar apoyo y soluciones a diversos problemas relacionados con la problemática ambiental y desarrollar herramientas e información útil para la toma de decisiones.

VI. Figuras Legales

Entidad Técnica de Fiscalización Ambiental – Inspectores Ambientales

Desde el mes de Octubre, todas aquellas actividades de muestreo, medición y/o análisis, que reporten los titulares de actividades o fuentes reguladas por la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA), deberán ser ejecutadas por una o más Entidades Técnicas de Fiscalización Ambiental (ETFA), en los alcances específicos autorizados (Aire-Emisiones Atmosféricas de Fuentes Fijas; Aire-Ruido; Aguas; Suelos; Lodos/Compost, Residuos; Sedimentos).

La Ley Orgánica de la Superintendencia del Medio Ambiente establece las facultades de dicho organismo para la administración y autorización de Entidades Técnicas de Fiscalización Ambiental y de Certificación Ambiental respectivamente. El DS N° 38/2013 y el DS N° 39/2013 regulan el proceso de autorización de dichas Entidades Técnicas, estableciendo los requisitos y procedimientos generales que deben cumplir las organizaciones para ser autorizados como Entidades Técnicas. Dichos reglamentos establecen además que para la autorización de las Entidades Técnicas, éstas deben contar con el personal idóneo en los alcances que corresponda, los que deben tener al menos 3 años de experiencia en el ámbito al que postulan y un título acorde a los alcances postulados. Por ende, una Entidad Técnica de Fiscalización Ambiental deberá contar con al menos un Inspector Ambiental y una Entidad Técnica de Certificación Ambiental, con un Evaluador de Conformidad Ambiental.

Los ámbitos de aplicación de las actividades que desarrolla una Entidad Técnica de Fiscalización Ambiental son:

- Resoluciones de Calificación Ambiental
- Planes de Prevención y de descontaminación
- Normas de Emisión y de Calidad
- Planes de Manejo, de Reparación, Medidas Provisionales, Medidas urgentes y Transitorias
- Directrices Técnicas Obligatorias de la Superintendencia de Medio Ambiente SMA

- Otros instrumentos de carácter ambiental de competencia de la SMA

Según el Registro Nacional de Entidades Técnicas de Fiscalización Ambiental de la Superintendencia de Medio Ambiente, en la actualidad existen alrededor de 31 centros de investigación autorizados como ETFA, de los cuales 16 se vinculan con medición y análisis en el área físico-química de aguas (Figura 113). En cuanto a los Inspectores Ambientales (IA), son 86 personas autorizadas para la medición y análisis de aguas residuales en el área físico-química.

Los 16 centros autorizados como ETFA en el área físico-química, se encuentran distribuidos en las tres macrozonas de Chile (Figura 113). En la zona central es donde existe la mayor presencia con 11 ETFA (regiones Metropolitana y BíoBío), le sigue la zona norte con 3, localizados en las regiones de Antofagasta y Tarapacá, por último la zona sur con 2 centros, localizados específicamente en la Región de Los Lagos. Es importante señalar que el Registro de Entidades Técnicas de Fiscalización Ambiental (RETFA), irá incrementándose en la medida que las ETFA autorizadas sean notificadas por la Superintendencia de Medio Ambiente.

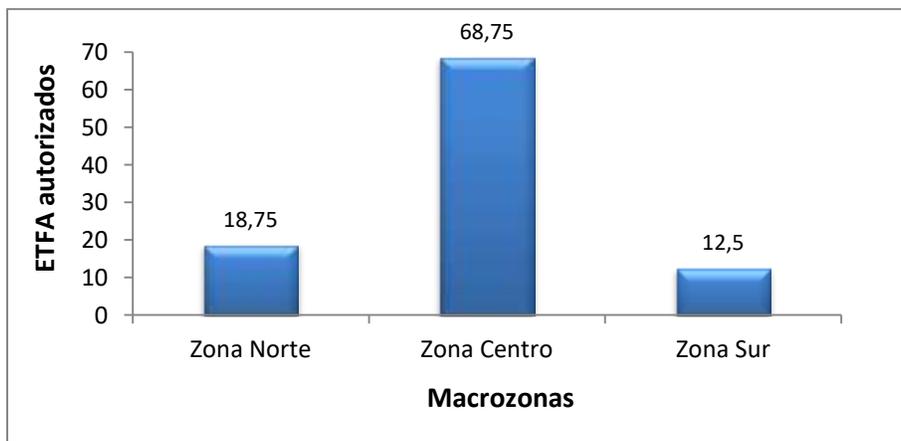


Figura 113. Porcentaje de ETFAs autorizados por macrozonas.

D. Objetivo específico N° 2.4

Realizar una evaluación económica a nivel nacional para la implementación de infraestructura necesaria para realizar los análisis en laboratorio y terreno y determinar los costos asociados al cumplimiento de la metodología propuesta, por parte de los titulares de centros de cultivo.

a. Identificación de las empresa/laboratorios formalizados y certificados

Los laboratorios que se consideran deben estar habilitados para la entrega de los productos o servicio exigido en la reglamentación actual de entrega de parámetros para los demandantes. Cabe señalar que actualmente se vincula a la obtención de parámetros y análisis de agua y potencialmente relacionados con el Sector Industrial de la Acuicultura. La tabla 34 muestra la cantidad de laboratorios certificados por zona geográfica a nivel nacional. En anexo se encuentra el listado de laboratorios de ensayos acreditados en al área físico-química para aguas y aguas residuales (Ver anexo 6).

Tabla 34. Laboratorios distribuidos a nivel nacional por zona geográfica.

Zona Ubicación	N° Laboratorios
Norte	7
Centro	22
Sur	13
TOTAL NACIONAL	42

b. Identificación de parámetros medidos actualmente por cada laboratorio

Se identificó cada uno los laboratorios definidos por zona geográfica, los servicios/productos entregados actualmente. Esto permite además relacionar la capacidad instalada con la brecha en infraestructura, equipamiento y habilitación de espacios físicos para la potencial implementación de los nuevos parámetros. El listado de ensayos que realizan actualmente los 42 laboratorios acreditados se encuentran en las bases de datos junto con toda la información generada de este estudio.

c. Identificación de parámetros nuevos a incorporar

Esto corresponde a la identificación, descripción y costos de los parámetros que serían necesarios y se exigirían a nivel nacional a los centros de cultivo. Los cuales son los siguientes:

Tabla 35. Parámetros propuestos por UCT 2014.

Nº	Parámetro	Descripción
1	Bioensayos toxicidad (LC ₅₀ <i>Daphnia</i> , LC ₅₀ <i>Selenastrum</i>)	La exposición de especies estándar a compuestos químicos determinados constituye procedimientos sencillos, de bajo costo y gran rapidez de análisis para determinar el efecto potencial de agentes contaminantes sobre la biota acuática.
2	Carbono Orgánico Total COT	Este parámetro permite establecer una distinción clara entre los aportes de materia orgánica de origen natural de aquellos que provienen de pisciculturas asociados a procesos productivos internos.
3	Conductividad	La conductividad, SST y Salinidad varían de modo similar al estar altamente relacionados. Son parámetros que pueden ser medidos tanto in-situ como en laboratorio, siendo la primera forma la más sencilla y rápida para los tres parámetros.
4	Degradación de materia orgánica	Este parámetro constituye un buen indicador del efecto del efluente sobre el ecosistema acuático, particularmente de la mayor disponibilidad de nutrientes o materia orgánica y su efecto en el aumento de la actividad microbiana.
5	Indicadores biológicos	Los indicadores biológicos se constituyen como parámetros de análisis rápido, de bajo costo y como una medida indirecta de la calidad del hábitat para las especies, basándose en la cuantificación de especies tolerantes e intolerantes al aporte de material orgánico.
6	Inhibición respiratoria en agua	Este parámetro constituye un buen indicador del efecto del efluente sobre el ecosistema acuático. Específicamente, dicho parámetro refleja la respuesta fisiológica de la biota acuática frente a la acción de una fuente contaminante.
7	Oxitetraciclina y Florfenicol	Estos parámetros son de gran relevancia para su monitoreo, debido a que su aplicación excesiva incrementa la resistencia de cepas bacterianas frente a su aplicación, y por ende, puede alterar el funcionamiento de la estructura trófica basal y la proliferación de enfermedades potencialmente dañinas para la salud humana.
8	Salinidad	Específicamente, constituye uno de los compuestos químicos que más afecta la sobrevivencia de las especies en el ecosistema fluvial, especialmente la alteración del balance iónico y osmótico

		a nivel celular de dichos organismos.
9	Sólidos Suspendidos Totales SST	La importancia de medir sus valores, en particular para la salinidad, se vincula con el efecto fisiológico que provoca las sales disueltas en el agua sobre los organismos acuáticos (algas, plantas acuáticas, invertebrados, peces, entre otros).

Fuente: Universidad Católica de Temuco 2014.

d. Determinación de costos de implementación por cada nuevo parámetro y estimación de inversión inicial potencial para implementar los nuevos parámetros en laboratorios

Para los resultados de implementación de cada uno de los parámetros nuevos, es necesario obtener el equipamiento, insumos estimados e infraestructura necesaria, sin embargo, para un análisis ex-antes es necesario establecer supuestos para estandarizar los criterios y resultados. Uno de estos corresponde a que, el laboratorio, no debe incurrir en inversión de compra de inmueble o habilitación sino compra e implementación del equipamiento e insumo.

Este punto es abordado desde dos perspectivas, a saber:

- a) La primera corresponde a la determinación individual por cada parámetro que se desee incorporar la que será identificada técnicamente, que cumpla con los requisitos de resultados, tiempos factibilidad de entrega entre otros. Cada uno de estos análisis se evalúa el costo de inversión e implementación individualmente. Con esta información previa, cada laboratorio realizará el análisis factorial de incluirlo en su gestión productiva sólo bajo el parámetro de costo.
- b) La segunda perspectiva es la evaluación integrada de los nuevos parámetros en un laboratorio "tipo" para realizar la prefactibilidad técnica de un proyecto en marcha y dado ciertos supuestos, la implementación efectiva (Tabla 35).

ANÁLISIS	CONDUCTIVIDAD		
EQUIPOS	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	TOTAL \$
Medidor de conductividad	1	772.122	772.122
		COSTO EQUIPOS	772.122
MATERIAL E INSUMOS	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	TOTAL \$
Termómetro	1	5.300	5.300
Matraz a forado de 1 L	1	3.072	3.072
Vasos de bohemia (100 ml)	2	650	1.300
		COSTOS MATERIAL E INSUMOS	9.672

Figura 114. Costos de equipamiento e insumos para el análisis de conductividad.

ANALISIS:	OXI y FLOR		
EQUIPOS	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	TOTAL \$
Agitador vortex Multireax	1	142.046	142.046
Balanza analítica	1	399.900	399.900
Balanza granataria	1	199.900	199.900
Centrifuga de 4.000 rpm	1	332.064	332.064
Columna analítica XTerra RP18 5µm, 4.6x250 mm	1	2.000.000	2.000.000
Columnas Extracción Fase Sólida (SPE)	1	1.400.000	1.400.000
Espectrofotómetro de placas de Elisa	1	2.900.000	2.900.000
HPLC con Detector DAD Elite LaChrom módulos: L-2200, L-2300, L-2130, L-2455	1	1.322.000	1.322.000
pHmetro	1	151.845	151.845
Refrigerador	1	249.990	249.990
		COSTO EQUIPOS	9.097.745
MATERIAL E INSUMOS	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	TOTAL \$
Jeringas desechables de 10 y 20 ml	5	314	1.570
Matraces volumétricos de 250 ml	1	1.826	1.826
Matraces volumétricos de 500 ml	1	3.114	3.114
Pipetas automáticas de 10 a 100 ul	2	69.900	139.800
Tubos de ensayo de 12 ml	5	148	740
Tubos de ensayo para centrifuga	10	84	840
		COSTOS MATERIAL E INSUMOS	147.890

Figura 115. Costos de equipamiento e insumos para el análisis Oxitetraciclina y Florfenicol.

ANÁLISIS		SST	
EQUIPOS	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	TOTAL \$
Filtros de fibra de vidrio	5	10.158	50.790
Equipo de filtración por vacío	1	450.000	450.000
Estufa para operar a 103-105°C. (50L)	1	491.000	491.000
Mufla para operar a 550°C.	1	1.116.267	1.116.267
Desecador	1	237.881	237.881
Balanza analítica	1	399.900	399.900
COSTO EQUIPOS			2.745.838
MATERIAL E INSUMOS	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	TOTAL \$
Probetas	2	10.051	20.102
COSTOS MATERIAL E INSUMOS			20.102

Figura 116. Costos de equipamiento e insumos para el análisis Sólidos Suspendidos Totales.

ANÁLISIS		SALINIDAD	
EQUIPOS	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	TOTAL \$
Balanza analítica de precisión 0,1 mg	1	399.900	399.900
Espectrofotómetro de absorción atómica con llama.	1	4.494.800	4.494.800
Plancha calefactora	1	841.355	841.355
COSTO EQUIPOS			5.736.055
MATERIAL E INSUMOS	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	TOTAL \$
Matraces aforados de 25 - 1000 ml	2	5.704	11.408
Matraz Erlenmeyers de 100 - 125 ml	1	2.248	2.248
Papel de filtro libre de ceniza	5	4.500	22.500
Pipetas aforadas de 5 - 100 ml	2	5.974	11.948
COSTOS MATERIAL E INSUMOS			48.104

Figura 117. Costos de equipamiento e insumos para el análisis de Salinidad.

ANÁLISIS		IND BIOLÓGICO	
EQUIPOS	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	TOTAL \$
GPS	1	229.990	229.990
Lupa binocular NIKON-SMZ660	1	529.900	529.900
Surber de 2500 cm ² con una abertura de malla de 250 µm	1	300.000	300.000
COSTO EQUIPOS			1.059.890
MATERIAL E INSUMOS	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	TOTAL \$
Claves taxonómicas	1	30.000	30.000
Cooler para traslado de muestras	1	47.990	47.990
Estilite	1	11.000	11.000
Frascos de plástico de 500 ml	4	345	1.380
Alcohol 96 % (1 L)	1	2.360	2.360
Frascos pequeños para separar los organismos	10	4.000	40.000
Traje de agua Wader	1	40.000	40.000
Pinzas	2	2.658	5.316
Placa Petri 60 Mm	2	1.040	2.080
COSTOS MATERIAL E INSUMOS			180.126

Figura 118. Costos de equipamiento e insumos para el análisis de Indicadores biológicos.

ANÁLISIS		COT	
EQUIPOS	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	TOTAL \$
Autoanalizador HighTOC (Elementar Systems)	1	2.000.000	2.000.000
Balanza analítica	1	399.900	399.900
Cooler	1	47.990	47.990
Espectro - fluorómetro (ej: Perkin Elmer Luminescence Spectrometer LS50B)	1	2.500.000	2.500.000
Espectrofotómetro	1	2.000.000	2.000.000
pHmetro	1	151.845	151.845
COSTO EQUIPOS			7.099.735
MATERIAL E INSUMOS	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	TOTAL \$
Filtros de jeringa Millex -GP Hydrophilic (caja 50 unidades)	1	52.500	52.500
Frascos de borosilicato ámbar I-Chem (Merck)	8	1.454	11.632
COSTOS MATERIAL E INSUMOS			64.132

Figura 119. Costos de equipamiento e insumos para el análisis de Carbono Orgánico Total COT.

ANÁLISIS		INHI RESPI	
EQUIPOS	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	TOTAL \$
Balanza analítica AS 310/C/2 Radwag	1	399.900	399.900
Computador	1	199.990	199.990
Oxigenometro YSI	1	450.000	450.000
Refrigerador	1	249.990	249.990
COSTO EQUIPOS			1.299.880
MATERIAL E INSUMOS	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	TOTAL \$
INSUMOS			0

Figura 120. Costos de equipamiento e insumos para el análisis de Inhibición respiratoria.

ANÁLISIS		BIOENSAYOS	
EQUIPOS	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	TOTAL \$
Bomba de vacío	1	250.000	250.000
Horno de secado	1	491.000	491.000
Incubadora con fotoperiodo 16 horas luz-8 horas oscuridad, temperatura 18±20°C.	1	1.400.000	1.400.000
Lupa binocular NIKON-SMZ660	1	529.900	529.900
Micropipeta (1000 µL)	1	80.000	80.000
Microscopio óptico nikon	1	593.960	593.960
pHmetro	1	151.845	151.845
Refrigerador	1	249.990	249.990
COSTO EQUIPOS			3.746.695
MATERIAL E INSUMOS	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	TOTAL \$
Cámara de Neubauer	1	17.600	17.601
Matraz erlenmeyer (50ml)	1	2.248	2.249
Pipeta automática (50 µL)	1	69.900	69.900
Pipeta pasteur de plástico	3	30	90
Pipetas graduadas (25ml)	2	5.974	11.948
COSTOS MATERIAL E INSUMOS			101.788

Figura 121. Costos de equipamiento e insumos para el análisis de Bioensayos de Toxicidad.

ANÁLISIS	DEGRADACIÓN		
EQUIPOS	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	TOTAL \$
Balanza analítica AS 310/C/2 Radwag	1	399.900	399.900
Horno de secado	1	491.000	491.000
		COSTO EQUIPOS	890.900
MATERIAL E INSUMOS	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	TOTAL \$
		COSTOS MATERIAL E INSUMOS	0

Figura 122. Costos de equipamiento e insumos para el análisis de Degradación de materia orgánica.

La tabla 36 muestra el resumen del costo total de implementación de equipamiento y primeros insumos para la puesta en marcha en el supuesto de incorporación para todos los análisis propuestos. Los costos ajustados son aquellos valores calculados que consideran los equipos que se repiten para cada uno de los análisis, lo cual no genera incremento de los costos asociados.

Tabla 36. Costos totales asociados a mejorar la capacidad instalada y aumento de oferta por parte de laboratorios de análisis.

ANÁLISIS PROPUESTOS	COSTOS AJUSTADOS \$	COSTOS TOTALES \$
Conductividad	781.794	781.794
Sólidos Suspendidos Totales	2.366.040	2.765.940
Oxitetraciclina y Florfenicol	9.245.635	9.245.635
Salinidad	5.384.259	5.784.159
Indicadores Biológicos	1.240.016	1.240.016
Carbono Orgánico Total	6.564.132	7.163.867
Inhibición Respiratoria	649.990	1.299.880
Bioensayos de Toxicidad	2.916.748	3.848.483
Degradación de materia orgánica	0	890.900
VALOR TOTAL \$	29.148.614	33.020.674

Fuente: Elaboración propia.

f. Identificación de centros productivos por zona geográfica

El estudio ha realizado un catastro identificando la cantidad de laboratorios certificados que realizan acciones vinculadas a la entrega de productos o servicios al sector acuícola o relacionados a al sector agropecuario siendo éstos los que, en primera instancia, podrían incorporar análisis nuevos o completar adicionalmente los que no entregaban. En La tabla 37 se detalla el número de centros de cultivos ubicados en tierra por zonas geográficas presentes en el país.

Tabla 37. Número de centros de cultivo piscícolas distribuidos a nivel nacional.

Macrozonas	N° Centros de Cultivos ubicados en tierra
Norte	3
Centro	61
Sur	613
TOTAL NACIONAL	677

Fuente: Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura, SERNAPESCA.

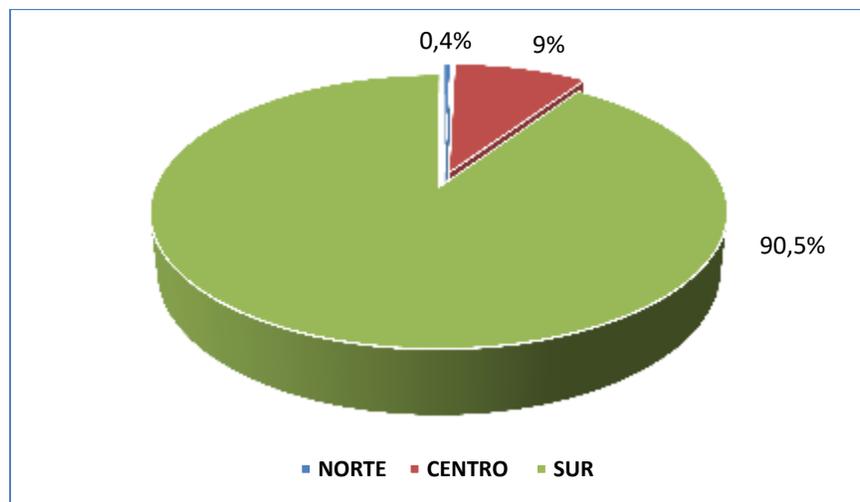


Figura 123. Porcentaje de centros de cultivo ubicados en tierra por macrozona.

g. Determinación de capacidad de entrega de servicios por parte de laboratorios por zona

De los laboratorios identificados en la red certificada, se detalla cada análisis que actualmente ofrece en el mercado para estimar la capacidad instalada actual y con los resultados de los puntos anteriores, es posible estimar la viabilidad de manera integral de los análisis futuros.

Para la determinación de la capacidad de entrega de servicios por parte de los laboratorios se realizó el catastro por zona geográfica (norte, centro, sur), donde se identificaron todos los laboratorios que poseen certificación para los análisis que se encuentran en el mercado.

Existen 42 laboratorios a nivel nacional siendo la zona central (22) donde se concentra la mayor cantidad. El total de análisis que se encuentran en lista de oferta son 213 tipos de análisis. Cabe señalar que ningún laboratorio realiza el 100% de los análisis disponibles o requeridos por el mercado.

Zona Norte

- De los 7 laboratorios de la zona norte solo uno presenta un 32% (68 tipos de análisis) y el que menos presenta es un 3% (6).
- El parámetro que más se repite en la oferta de los laboratorios es el pH, olor, color con 6 laboratorios que realizan estos análisis.
- Turbiedad, sólidos disueltos totales y fluoruro corresponden al segundo parámetro que más se encuentra como oferta.

Zona Centro

- De los 22 laboratorios de la zona centro se amplía la oferta de laboratorios y su número de análisis que entregan al mercado. Así, un laboratorio entrega un 54% (115 tipos de análisis). El que menos presenta es un 2% (5).
- El parámetro que más se repite en la oferta de los laboratorios es el pH con 20 laboratorios y Manganeseo con 15 laboratorios que realizan estos análisis.

Zona Sur

- La oferta de laboratorios corresponde a 13 laboratorios y la cantidad de análisis que entregan al mercado también es inferior a la zona central. Así, el laboratorio que posee mayor cantidad de parámetros a medir corresponde a un 16% (34) y el que menos presenta es un 2% (5).
- Los parámetros que más se repiten en la oferta de los laboratorios es el sabor, pH, olor y conductividad.

h. Obtención de oferta y demanda potencial por zona geográfica

Este indicador es importante determinar dado que, al realizar el cruce de empresas por zonas geográficas que necesitarían realizar los nuevos análisis se verá la potencial oferta y demanda por los servicios. Es necesario asociar los costos de envío a laboratorios, toma de muestras, entre otros parámetros, dado que se debe entregar oferta de análisis por región o zona geográfica asociada a costo beneficio y factibilidad de servicio.

La siguiente Tabla muestra la relación en cantidad de pisciculturas por zona geográfica que potencialmente demandarían la cantidad de laboratorios en la misma zona.

Tabla 38. Cantidad y relación de pisciculturas/laboratorios por macrozona.

MACROZONA	LABORATORIOS	PISCICULTURAS	RELACIÓN PISCICULTURAS/LABORATORIOS
NORTE	7	3	0,43 Pisciculturas por cada laboratorio
CENTRO	22	61	2,8 Pisciculturas por cada laboratorio
SUR	13	613	47,2 Pisciculturas por cada laboratorio
TOTAL NACIONAL	42	677	16,1 Centros por cada laboratorio

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 38 se desprende que en la zona norte, de implementar los laboratorios existentes para la realización de actuales y potenciales incorporación de parámetros, existe oferta de 2,33 laboratorios por cada piscicultura. La cantidad de oferta en laboratorios por cada piscicultura disminuye en la zona centro a 0,36 y en

la zona sur esta cifra corresponde a 0,02 laboratorios por cada piscicultura presente.

Cabe señalar que el análisis para determinar la demanda actual y/o potencial no puede basarse en esta tabla, dado que solo se ha realizado una relación de cantidad proporcional de cada uno respecto al otro. La demanda individual por laboratorio dependerá de los parámetros que realice (pertinentes y solicitados), precios de lista, disponibilidad de servicio, imagen de marca (servicio, resultados oportunos, adecuados y validados), personal existente, cercanía y logística de muestreo, entre otros.

Por lo anterior es posible indicar que los centros piscícolas de la zona norte, de implementarse la capacidad de realización de entrega de parámetros solicitados en los laboratorios existentes, no habría dificultad oferta/demanda. En caso opuesto, en la zona sur, en caso de exigirse los parámetros nuevos, podría haber dificultad en la entrega de los resultados o capacidad instalada en número de laboratorios.

Ceteris paribus las condiciones de toma de muestra por parte de las empresas que realizan estos servicios para las pisciculturas, el aumento de costos sería marginal. Los supuestos que se deben considerar en el futuro es el cambio tecnológico para la realización de muestreos y análisis, exigencias nacionales e internacionales para clientes de las pisciculturas (evolución de la industria acuícola), entre otros, es decir es multifactorial.

i. Evaluación de prefactibilidad técnica económica de implementación de un laboratorio "tipo"

Para la determinación de costos de inversión se considera un tamaño de laboratorio de 170 m² donde se estima la distribución espacial. El costo de construcción en la calidad, seguridad, habilitaciones de espacio y terminaciones de buena calidad, se aproxima a las UF\$60.- por metro cuadrado.

La habilitación /construcción de ciertos espacios y características de estructura hace que cada laboratorio deba realizar el análisis de costo beneficio de habilitación implementación de cada potencial análisis a implementar dependiendo de su percepción, conocimiento, adversidad o no, al riesgo de mercado, entre otros factores.

Este análisis pudiera ser subjetivo ya que es posible acercarse fielmente a los costos e inversiones, sin embargo, no es posible estimar ingresos dado la estructura del mercado por parte de la demanda y la gestión y costos de producción y administración de cada laboratorio. Así los laboratorios no solo entregan servicios a las empresas acuícolas sino que a otros sectores industriales, (minería, agropecuario, forestal, alimentos, otros).

j. Identificación de empresas para toma de muestras/ Determinación de capacidad toma de muestras por zona geográfica

Este punto pudiera ser distractor en el proceso de obtención del modelo de negocio dado que es complejo determinar qué sucederá una vez publicada una normativa, dado que no dependerá de la capacidad de implementación de los laboratorios, sino que pudiera no haber cambios en la oferta y demanda (no marginales). La tabla 39 describe las empresas que realizan la toma de muestra en pisciculturas y las comunas donde se encuentran representadas legalmente y técnicamente. Esto no implica que no realicen gestión en otras comunas o zonas geográficas o bien pudieran subcontratar en otras regiones.

Tabla 39. Empresas prestadoras de servicio de toma de muestras para los centros productivos acuícolas.

EMPRESA	COMUNA
Intertek	Arica
CESMEC Ltda., División Química y Alimentos	Iquique
Intertek	Iquique
BIODIVERSA S.A.	Viña del mar
Asesorías ambientales Oikos Chile	Viña del mar
Aguasin SpA, Laboratorio LAB-AGUASIN	Lampa
CESMEC Ltda., Sede Santiago / División Química y Alimentos	Santiago
Centro de Ecología Aplicada, Laboratorio Ambiental	Santiago
Intertek	Santiago
Aguas y Riles DICTUC	Santiago
BIODIVERSA S.A.	Concepción

Centro EULA-CHILE, de la Universidad de Concepción	Concepción
Ecogestion Ambiental Ltda.	Concepción
Ecogestion Ambiental Ltda	Concepción
Intertek	Coronel
Ambientes del sur	Temuco
TRAAM Ltda.	Temuco
SEDIMAR Ltda.	Osorno
Sociedad GEEAA , Asesoría en Control de Calidad y Medio Ambiente Ltda.	Llanquihue
Plancton Andino Ltda.	Puerto Varas
Inversiones y Asesorías Caburgua S.A., Laboratorio Acuiclab	Puerto Montt
Laboratorio Linnaeus Ltda	Puerto Montt
ECOSISTEMA LTDA.	Puerto Montt
Laboratorio Oceanográfico Ecoverde de Sociedd de Servicios y Consultoría Ambiental Ltda.	Puerto Montt
Poch Ambiental S.A.	Puerto Montt
AQUAGESTION S.A., sede Alto Bonito	Puerto Montt
Fishing Partners Ltda	Puerto Montt
CETECSAL S.A., Unidad Medioambiental	Castro
Laboratorio Ramalab E.I.R.L.	Castro
GAMA CHILE LTDA.	Puerto Aysén

Fuente: Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura, SERNAPESCA.

k. Determinación de costos de implementación para realizar toma de muestra/Evaluación de prefactibilidad técnica económica de implementación (integración) de unidad/línea de negocio

Al igual que en los punto anteriores la implementación depende de multifactores, así que esta modelación y estimación en inversión, dependerá de otras decisiones y no necesariamente de lo atractivo que pudiera verse el negocio.

La integración hacia adelante por parte de un laboratorio es compleja de determinar, sin embargo, los supuestos mínimos para la realización de estos servicios se describen en la siguiente tabla:

Tabla 40. Descripción de ítems y costos necesarios para la implementación del servicio de toma de muestras.

Ítem	Descripción	Costo Promedio M\$
Transporte	Vehículo adecuado para caminos rurales (4x4) (se considera compra).	16.000
Equipos	Equipos digitales para toma de algunos parámetros en terreno, algunos deben permanecer en el punto de muestra de manera permanente.	2.500- 5.000
Recursos Humanos	Profesional con conocimiento de normativa y técnicas de muestreo. Costo anual (M\$700 como base)	8.400- 15.000
Insumos	Insumos necesarios para los equipos, fungibles entre otros (Costo anual).	5.000- 9.000
Certificaciones por terceros, patentes u otros	Las empresas deben certificarse para mantener la trazabilidad en los procesos productivos.	4.000 – 7.000
Otros costos	Mantenimiento de equipamiento técnico, vehículo, seguros, peajes, viáticos, reemplazos, difusión, gastos administrativos, imprevistos.	4.000 -12.000

E. Objetivo específico N° 2.5

Realizar una propuesta de normativa sectorial sobre la medición de parámetros y variables ambientales, periodicidad, infraestructura requerida y criterios de aceptabilidad, aplicadas a centros de cultivos de recursos hidrobiológicos ubicados en tierra.

PROPUESTA DE NORMATIVA SECTORIAL

Antecedentes de la propuesta

- Justificación Técnica

El crecimiento de la salmonicultura en Chile ha constituido un importante polo de desarrollo económico, el cual ha superado con creces las previsiones de los interesados en el desarrollo de este tipo de acuicultura. Este crecimiento ha generado casos, situaciones y conflictos de los cuales aún estado regulado por disposiciones legales y reglamentarias específicas, no han sido resueltos. Las actividades de acuicultura tienen como marco regulatorio principal, lo señalado en el Título VI de la Ley 18.892, Ley de Pesca y Acuicultura y sus reglamentos asociados. Las regulaciones más relevantes para el acceso están descritas en el Reglamento de Concesiones y Autorizaciones de Acuicultura, D.S. 290 de 1993 y sus modificaciones. Para el desarrollo de la actividad deben considerarse principalmente el Reglamento Ambiental para la Acuicultura, D.S. 320 del 2001, y el Reglamento Sanitario, D.S. 319 del 2001, el que establece las medidas de protección, control y erradicación de las enfermedades de alto riesgo para las especies hidrobiológicas.

Además, en materia ambiental la salmonicultura en Chile es regulada por el ingreso de estos proyectos al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, SEIA, regulada por el D.S 95/2001, por medio del cual distintos organismos estatales analizan el proyecto desde su perspectiva, y se aseguran de que cumpla la normativa sectorial aplicable por su institución. Por otro lado, la industria es presionada por los mercados internacionales para establecer ciertos estándares y conductas en asuntos ambientales, lo que impulsa a acuerdos de producción limpia, certificación de procesos y el eco-etiquetado de productos.

El enfoque actual en cuanto a las políticas ambientales que regulan el mercado de las exportaciones ha ido cambiando paulatinamente debido al desarrollo de una conciencia ambiental de los consumidores y a la aplicación de instrumentos económicos de

mercado. Este desplazamiento de las preferencias por bienes ambientalmente amistosos ha generado un cambio en las pautas de comportamiento de consumidores de países más desarrollados. En respuesta a lo anterior se produce una intensidad creciente en el uso del comercio internacional para resolver los problemas ambientales integrales de países menos desarrollados, lo que debiera generar a un paulatino proceso de nivelación de la protección ambiental en el plano internacional (Nuñez 2009).

No obstante, lo más lógico es impulsar la generación de un entorno legal y reglamentario que esté de acuerdo con las necesidades del sector y que no entrase el desarrollo y crecimiento por razones burocráticas. En este sentido la función reguladora cumple un papel clave para la expansión productiva de la industria. La situación actual en términos sanitarios y productivos, plantea desafíos importantes donde se observan como elementos claves para poder superar las problemáticas actuales la colaboración y la coordinación. Es en este contexto donde los acuerdos globales generados por los actores de la industria, deben ser promovidos, informados, controlados y llevados a cabo de manera íntegra lo cual requiere de un robustecimiento del marco normativo, de forma que esta sea parte de la estrategia de crecimiento económico. De esta manera es muy importante la identificación de las necesidades normativas y la generación de directrices al fortalecimiento de una institucionalidad sectorial normativa y mejoras en la aplicación de estas regulaciones.

La propuesta de normativa sectorial de calidad tiene por objetivo constituirse en un instrumento básico para el desarrollo sustentable, al establecer las condiciones en el agua puede considerarse libre de contaminación. De esta manera, se busca prevenir el deterioro ambiental, recuperar, proteger y conservar la biodiversidad acuática y la calidad básica de las aguas continentales superficiales.

Establecimiento de Criterios de calidad

Criterios de calidad para los parámetros Conductividad, Oxígeno disuelto (OD), Nitrato (NO³), Nitrito (NO²) y Amonio (NH⁴)

A. Evaluación de riesgo

La determinación de las concentraciones aceptables de Conductividad, OD, NO³, NO², NH⁴ y Toxicidad para la protección de la biodiversidad acuática en cuerpos receptores de efluentes de pisciculturas, fue estimado mediante la metodología de Evaluación de Riesgo Ecológico de acuerdo a la metodología propuesta por Medina & Encina (2004) y Ministerio de Medio Ambiente y CENMA (2013), que incluye las siguientes etapas: a) Identificación del peligro: etapa en la cual se formula el problema y se identifican las características de la sustancia y sus potenciales efectos, además se identifican los componentes del ecosistema expuesto y aquello que se debe proteger; b) Evaluación del Efecto donde se determina la concentración sin efecto ecológico (PNEC), para lo cual se utilizaron las bases de datos con valores de toxicidad para especies estandarizadas; c) Evaluación de la exposición, etapa en la cual se mide o estima la concentración ambiental esperada (PEC), en la cual se utilizaron los antecedentes recopilados de los monitoreos de este estudio y del proyecto UCT 2014; d) Caracterización del riesgo, etapa en la cual se integran los tres pasos anteriores y calcula el riesgo implicado. De acuerdo al nivel de información se calcula la probabilidad de que los efectos ocurran por la presencia actual o futura del contaminante. De esta forma, los valores de protección y factores de seguridad se calcularon mediante una metodología probabilística, incorporando todos los resultados de sensibilidad, mediante al método de van Straalen y Denneman (1989) calculando el HCp (Hazardous Concentration for P% de especies de una comunidad).

La Caracterización del Riesgo es la última etapa de este estudio, se basa en la integración de los datos de exposición obtenidos a través de datos de monitoreo químico y los datos de los efectos obtenidos por los bioensayos, en este caso sobre la base de datos bibliográficos debido a la falta de información ecotoxicológica para especies y ambientes chilenos. Para estimar el riesgo ecológico se utilizó el método más usual, el que consiste en dividir la concentración prevista en el ambiente (exposición), con la concentración que produce un efecto ambiental inaceptable (efecto) (PNUMA, 1999).

B. Identificación del peligro

La salmonicultura es una actividad que generaría efectos ambientales. Sin embargo, tras 20 años de iniciada su actividad en forma intensiva y programada, se desconoce aún la dimensión real de estos efectos. Las razones de este desconocimiento se deben a que no se han aplicado herramientas confiables que permitan su conocimiento y a que la mayoría de los estudios han sido efectuados las propias empresas productoras con fines privados (Buschmann 2001).

Es un requerimiento esencial para el país que la evaluación de los impactos ambientales ocasionados por las actividades acuícolas, y en particular por la salmonicultura, se realice sobre la base de estudios aplicados con técnicas apropiadas para el análisis de la información que permitan generalizar extraer conclusiones contundentes a favor del manejo sostenible de la actividad (Buschman et al. 1996).

La ley General de Pesca y Acuicultura dispone que se deberán reglamentar las medidas de protección del medio ambiente para que los establecimientos de acuicultura operen en niveles compatibles con las capacidades de los cuerpos de agua lacustres, fluviales y marítimos. El D.S. (MINECON) N° 320 de 2001 y sus modificaciones, Reglamento Ambiental para la Acuicultura establece en su artículo 8 que los centros de cultivos ubicados en tierra deberán cumplir con las normas de emisión distadas en conformidad con el artículo 40 de la Ley 19.300 de 1994 y sus modificaciones, sobre Bases Generales del Medio Ambiente. Debido a la escasa información sobre los reales impactos ambientales que pueden generar los centros de cultivo emplazados en tierra, tanto en ambientes terrestres como acuáticos, y específicamente sobre los cuerpos de agua superficiales, se hace necesario una identificación y evaluación de dichos impactos así como establecer medidas que permitan la mitigación, reparación, restauración o compensación de los impactos ambientales identificados.

Adicionalmente los centros en tierra, considerados fuente emisora, según la norma chilena de emisión D.S. (MINSEGPRES) N° 90 de 2000, establece la obligación de realizar mediciones periódicas de una serie de parámetros y variables ambientales, asociada a límites máximos permitidos de contaminantes. De ahí surge la hipótesis si la evaluación de los impactos ambientales generados por la actividad y la prevención de la contaminación en aguas continentales (parámetros y variables contenidos en la norma de emisión) son suficientes para velar por la protección de los recursos hidrobiológicos presentes en los cuerpos de agua, en el entendido que en dichos

cuerpos de agua se encuentran especies en diversos estados de conservación, según lo señalado en D.S. (MINSEGPRES) N° 51 del 2008, el cual aprueba y oficializa nómina para el tercer proceso de clasificación de especies según su estado de conservación.

Los centros en tierra se caracterizan por el uso de altas cantidades de sal para el tratamiento de antiparasitarios, parámetro que actualmente no se contempla en la norma de emisión antes señalada y que podría generar algún tipo de impacto sobre los ecosistemas lacustres y fluviales, debido a que las aguas descargadas no son sometidas algún tipo de tratamiento que aborde este proceso. Concentraciones elevadas de sal en la columna de agua pueden afectar significativamente la fisiología de las especies de vertebrados e invertebrados acuáticos nativos. Uno de los principales efectos de concentraciones de sal fuera de los rangos normales se vincula la alteración de los procesos osmo-regulatorios de especies acuáticas, es decir, la capacidad de estas para regular la concentración de sal dentro y fuera de sus células somáticas. Por otro lado se vierten una serie de otros compuestos en los riles que podrían estar afectando los ecosistemas acuáticos.

C. Análisis de exposición

El resumen de la distribución probabilística de parámetros medidos en la zona de mezcla del efluente de las pisciculturas con el cuerpo receptor (Estación E2) (UCT 2014; 2015), se muestra en la Tabla 41. Las distribuciones probabilísticas se estimaron a partir de las concentraciones medidas en este estudio, mediante simulación de Montecarlo. El programa Crystal Ball es un macro de Excel que permite calcular la simulación de Montecarlo que consiste en remuestrear los datos a partir de sus distribuciones de probabilidad. La docimación de los mejores ajustes fueron evaluados mediante el test de bondad Anderson & Darling (1954).

Tabla 41. Resumen de distribución probabilística de parámetros analizados en estación efuente (E2).

Percentiles	OD (mg/L)	Conductividad	NO ³	NO ²	NH ⁴
	Weibull	LogNormal	LogNormal	gamma	LogNormal
0%	6,42	44,82	0,0001	0,00105	0,0001
10%	8,13	50,87	0,0001	0,002	0,0001
20%	8,5	54,68	0,00155	0,002	0,00085
30%	8,7	58,73	0,003	0,002	0,003
40%	8,88	62,77	0,00617	0,002	0,003
50%	9,08	68,99	0,008	0,003	0,023
60%	9,24	77,19	0,01415	0,08345	0,0735
70%	9,39	87,64	0,076	0,8448	0,12
80%	9,56	103,46	1,035	2,41425	0,2113
90%	9,82	133,68	1,237	5,115075	0,257625
100%	10,61	293	1,49	8,65	0,6347

D. Análisis de los efectos

Se realizó una revisión bibliográfica, elaborándose una base de datos de NOEC y LC50 para los parámetros seleccionados (Conductividad, OD, NO³, NO² y NH⁴). El resumen de la cantidad de valores para cada parámetro se describe en la Tabla 42. Este valor corresponde a información de bases de datos diferentes; (1) fuentes bibliográficas (BD), (2) base del equipo consultor del proyecto y (3) valores obtenidos de este estudio y anteriores (UCT 2014). Cabe mencionar que de esta base final emanaron los valores de referencia para el análisis de riesgo ecológico (base final se encuentra adjunta en la base de datos junto con toda la información generada en este estudio).

De acuerdo a la metodología del CETESB (2005) que regula las autorizaciones de efluentes realizando una estimación de la dilución del efluente y calcula un Cociente de Riesgo para evitar efectos agudos o crónicos.

$$RQ_{\text{probabilístico}} = \frac{PEC}{PNEC} = \frac{100 * \frac{Q_{ef}}{Q_{ef} + Q_{rio}}}{\frac{LC50}{100}}$$

Donde:

PEC: Concentración ambiental esperada

PNEC: Concentración sin efecto ecológico

Qef: Caudal del efluente

Qrio: Caudal del río

LC50: Concentración media letal

Las concentraciones predichas sin efecto (PNEC) se utilizan tradicionalmente en las evaluaciones de riesgo y constituyen la base de la mayoría de los valores de Derivación de las normas de calidad del medio acuático (EQS). Existen 3 enfoques básicos para Derivación de PNECs y valores de EQS resultantes. El método tradicional utiliza Toxicidad y aplica un Factor de Seguridad (FS) al punto extremo más sensible para obtener una protección de concentración. El enfoque SSD (diatribución de sensibilidad de especies), utiliza todos los datos de toxicidad disponibles para derivar un valor que es protector de un porcentaje dado (por ejemplo, 95%) de la especie y es cada vez más utilizado en muchos países el HC5 (concentración que protege el 95 % de las especies expuestas), el cual se estima a partir de las Curvas SSD, que corresponden a la distribución probabilística de los efectos aplicando los factores de seguridad según "Derivation and Use of Environmental Quality and o Human Health Standards for Chemical Substances in Water and Soil" (Crane et al., 2009).

Tabla 42. Nivel de complejidad (tier) de la evaluación de riesgo, objetivos, productos y factores de seguridad.

Nivel de Complejidad	Objetivo	Actividad	Producto	Factor de Seguridad
Nivel 1	Identificación de peligros	Ensayos mono-especie normalizados seleccionados	Métodos determinísticos LC50 NOEC	<p>FS= 1000. Al menos un dato de toxicidad aguda L(E)C50 de cada nivel trófico (peces, zooplancton y algas) de una base de datos.</p> <p>FS= 100. Un NOEC (peces o zooplancton).</p> <p>FS=50 Dos NOEC de especies representantes de dos niveles tróficos (peces y/o zooplancton y/o algas).</p> <p>FS= 10. NOEC de al menos tres especies representantes de tres niveles tróficos.</p>
Nivel 2	Efectos sobre grupos de organismos	Muchos ensayos mono-especie	Métodos probabilísticos. Curvas SSD HC5 agudo HC5 Crónico	Efectos Agudos 5-100 Efectos Crónicos 1-5
Nivel 3:	Efectos sobre poblaciones	Ensayos mono-especie prolongados con fase de recuperación	Modelos Dinámica de poblaciones predictiva	Se revisa caso a caso
Nivel 4:	Efectos sobre comunidades	Ensayos multi-especie en laboratorio	Dinámica de poblaciones real	Se revisa caso a caso
Nivel 5:	Efectos sobre ecosistemas	Meso cosmos y ensayos de campo	Identificación de efectos relevantes	Se revisa caso a caso

Factor de Seguridad: Recomendado por CETESB (2005) para evitar efectos agudos.

Curvas SSD: Curva de distribución de sensibilidad de especies.

Curvas HC5: Concentración que protege al 95% de las especies consideraras en el SSD.

Los valores de HC5 se obtienen a partir de la distribución de SSD (curva de distribución de sensibilidad de especies), interpolando el percentil 5, que corresponde a la concentración que protege el 95% de las taxas consideradas en la distribución (Crane et al., 2009).

E. Caracterización Probabilística

El nivel de protección de especies que aseguren la conservación de las funciones ecológicas y sostenibilidad de los ecosistemas, se efectuó estimando las concentraciones de no efecto (PNEC) considerando su variabilidad mediante estimación de los percentiles y utilizando diferentes factores de seguridad.

En la Tabla 43 se muestran los valores propuestos para ser aplicados en una futura norma de calidad basada en una aproximación de validación de riesgo probabilístico considerando la variabilidad en la sensibilidad de especies nativas y bases de datos bibliográficas. Los factores de seguridad recomendados para evaluación de riesgo realizados sobre la base de distribución de sensibilidad de especies se encuentran entre 1 y 5 de acuerdo a Ministerio de Medio Ambiente y CENMA (2013). Para este caso se consideraron la variación natural del sistema.

Se comparan valores de aceptabilidad de cada compuesto de acuerdo a normativas ambientales internacionales como Comunidad Europea, Agencia de Protección Ambiental EPA, Consejo Canadiense del Ministerio de Medio Ambiente, entre otras. En relación a los resultados obtenidos en este estudio, los valores de los parámetros Conductividad, OD, NO^3 , NO^2 y NH^4 , se encuentran dentro de los valores máximos permitidos propuestos en este estudio (Tabla 43).

Tabla 43. Valores propuestos por UCT considerando especies nativas y bajo determinado factor de seguridad.

Parámetro	Tipo de ensayos de toxicidad utilizados/ N° Datos	HC ₅ (mg/L)	FS	PNEC (mg/L)	HC ₅ literatura (mg/L)	EPA (US)	CEE (mg/L)	ANZECC	Canadian Council of Ministers of the Environment (mg/L)	Rangos de valores obtenidos en este estudio	Valor propuesto futura Normativa
NO ₃	Aguda (71)	69,95	100	6,9	---	---	---	50	4,46	0,002 – 1,49 mg/L	5 mg/L *
NO ₂	Aguda (59)	1,03	100	0,01	---	---	---	0,1	0,06	0,002 – 0,014	0,06 mg/L *
NH ₄	Aguda (65)	2,05	100	0,02	---	17 (CMC) - 1,9(CCC) mg/L	---	<1	---	0,003 – 0,45 mg/L	<0,45 mg/L *
Conductividad	Crónica (87)	273	5	60,00	30	860 (CMC)- 230 (CCC) (mg/L)	---	---	---	49 – 94,2 uS/cm	230 uS/cm
OD	Crónica (200)	3	2	6,00	6 -5,5	30 días exp: 6,5 mg/L 7 días exp: 9,5mg/L 1 día exp. 8mg/L (primeros estados)	6,0 – 9,0	---	---	8,17 – 12,07 mg/L	6 mg/L

Máxima Concentración (CMC); Exposición Continua (CCC); Factor de seguridad (FS); Concentración son efecto ecológico (PNEC); Comunidad Europea (CEE); Directrices para el agua dulce y marina de Australia y Nueva Zelanda (ANZECC).

*Los valores propuestos surge del análisis de tres componentes: (a) normativa internacional, (b) resultados del presente estudio y (c) valores de LC50 calculados.

CARBONO ORGÁNICO

Se sugiere establecer en una futura normativa incluir los siguientes criterios en relación a Carbono Organico Total:

Como primer criterio se sugiere incluir/adaptar lo recomendado por la normativa europea que indica que la concentración de carbono orgánico de un efluente equivalente a la carga de 2000 personas no debe sobrepasar los $<10 \text{ mg C L}^{-1}$, para mantener la calidad ecológica del cuerpo fluvial. Además para establecer límites de emisión relativos a carbono orgánico disuelto, se deben considerar las cargas emitidas por el centro piscícola respecto a las cargas naturales del cuerpo fluvial receptor. En relación a esto los cuerpos fluviales receptores de los centros monitoreados en este trabajo presentan una concentración en el rango de $0,5 \pm 0,3 \text{ mg C L}^{-1}$, lo cual indica muy buena calidad, estando esto en concordancia con los valores de clasificación de calidad de agua según Klee (1993) y la actual normativa Suiza para la protección de los cuerpos de agua fluviales (Tabla 44).

Tabla 44. Rangos de calidad para el parámetro carbono organico utilizados en Suiza para pisciculturas de flujo abierto.

Rangos de Calidad	Valor Límite (mg C/L)	Límite de Calidad
Mala	$> 4,0$	---
Insatisfactorio	$3,0 - 4,0$	3,5
Moderada	$2,0 - 3,0$	2,5
Buena	$1,0 - 2,0$	1,5
Muy Buena	$< 1,0$	---

En segundo lugar se sugiere incluir lo siguiente: Un efluente de una piscicultura al ser introducido a un cuerpo de agua fluvial (e.g.: después de su mezcla), no debe cambiar el rango de calidad empeorando la calidad de agua del cuerpo fluvial receptor, lo cual va a depender principalmente de las cargas de carbono orgánico generadas por el efluente.

En tercer lugar se sugiere considerar el caudal de dilución del cuerpo de agua receptor del efluente de una piscicultura, debido a que los caudales utilizados por las

pisciculturas monitoreadas en este estudio son relativamente altos (entre 650 – 1500 l/s) correspondiendo entre el 29 al 78 % del caudal total del cuerpo de agua fluvial, por lo cual se deben incluir las cargas generadas. En relación a esto se sugiere que el efluente solamente debe estar permitido si se demuestra que la relación entre la carga del efluente y la carga del cuerpo de agua receptor reduce en un total de 80 por ciento de carbono orgánico por el cuerpo de agua receptor. Esto debe ser monitoreado en un régimen anual para determinar los aportes respectivos (efluente – cuerpo de agua receptor) durante las distintas épocas del año y ciclos productivos de la piscicultura.

FLUORESCENCIA DE MATERIA ORGÁNICA

Los resultados de diversos estudios relativos a análisis de emisiones de materia orgánica utilizando técnicas espectro-fluorométricas, han demostrado que relativo a la calidad química de los efluentes (carbono, nitrógeno y fósforo), el análisis fluorométrico permite estimar las concentraciones de parámetros claves de control y monitoreo de efluentes industriales como por ejemplo: Amonio, Nitrógeno orgánico, Nitrito, Nitrógeno total, Fosfato, Fósforo total, Nitrógeno total disuelto y Fósforo total disuelto, con distinto grado de exactitud (R² y R² ajustado) (Figura 124).

PARAMETER	MULTIPLE REGRESSION	R ²	adjusted R ²
NH ₄	36,428 + (961,356 * TRYPTOHAN) + (697,004 * HUMIC ACID)	0,89	0,79
N-ORG	165,326 + (1542,604 * TRYPTOHAN) - (156,224 * HUMIC ACID)	0,88	0,78
NO ₂	1,349 + (12,391 * TRYPTOHAN) + (11,252 * HUMIC ACID)	0,68	0,67
NO ₃	227,065 + (278,521 * TRYPTOHAN) + (250,645 * HUMIC ACID)	0,03	0,02
N-TOTAL	408,374 + (2705,062 * TRYPTOHAN) + (1817,987 * HUMIC ACID)	0,68	0,67
PO ₄	35,985 + (331,311 * TRYPTOHAN) + (12,372 * HUMIC ACID)	0,77	0,77
P-TOTAL	87,622 + (294,268 * TRYPTOHAN) + (53,241 * HUMIC ACID)	0,85	0,72
TN-DISSOLVED	445,165 + (1392,186 * TRYPTOHAN) + (13,025 * HUMIC ACID)	0,76	0,74
TP-DISSOLVED	35,784 + (889,509 * TRYPTOHAN) + (110,692 * HUMIC ACID)	0,90	0,90

Figura 124. Regresión múltiple de parámetros químicos claves respecto a 2 componentes fluorométricos.

Debido a este antecedente y también a la gran variabilidad en la calidad química de los efluentes de pisciculturas monitoreadas, se sugiere incorporar un sistema de monitoreo continuo, para lo cual se propone incorporar sondas fluorométricas junto a la toma de muestra ya contemplada en la actual normativa.

Enfoque Metodológico Evaluación de la toxicidad de efluente completo

Este control se realiza a través de tests de toxicidad, en que los organismos acuáticos, representativos de comunidades biológicas de cuerpos de agua receptores, son expuestos a varias concentraciones de efluente. Se verifica así, cuales son los efectos sobre los organismos que los efluentes causan y que se traducen en un resultado final de acciones aditivas, antagónicas y sinérgicas de sustancias biológicas disponibles que las acompañan. Así, una toxicidad, característica inherente de una sustancia o de muestra de sustancias químicas, y que se ejerce sobre organismos vivos, se torna, en este avance, una única variable a ser controlada.

Es posible, por tanto, a través de controles de toxicidad del efluente líquido, compatibilizar su lanzamiento con características deseables del cuerpo receptor, de tal forma que este no cause efectos tóxicos de naturaleza aguda o crónica en la biota acuática, principalmente cuando uno de estos principales usos se refiere a la protección de fauna y flora. En ese sentido, cabe resaltar que los efluentes, tienden a patrones numéricos de emisión, no es bueno conferir a un cuerpo receptor características que implican un encuadramiento no clasificado de aguas, de acuerdo con el decreto correspondiente. Así, cada avance presenta ventajas y limitaciones inherentes a la metodología usada. En cuanto a análisis químicos de identificación y cuantificación de sustancias que componen un efluente industrial, estos tests de toxicidad evalúan el efecto del efluente sobre sistemas biológicos, que reaccione a una situación global, esto es, un efluente como un todo.

Esas ventajas y limitaciones están resumidas así:

- a) Control del efluente a través de análisis de sustancias específicas:

Ventajas:

- El hecho que los ingenieros y técnicos en saneamiento están familiarizados con los métodos de tratamiento.
- Lo incuestionable de estos fundamentos científicos.
- En el caso de efluentes simples, el hecho de ser los análisis químicos menos dispensables que los test de toxicidad.
- La posibilidad de las sustancias con características específicas (carcinogénicas, bioacumulables) de poder ser controladas directamente.

Limitaciones:

- La imposibilidad de identificar todas las sustancias tóxicas de naturaleza química compleja, tornando inviable su control a través de patrones de emisión.
- La imposibilidad, en general, de determinar la biodisponibilidad de agentes tóxicos.
- El hecho de que las interacciones entre los agentes tóxicos, de naturaleza aditiva, antagonica o sinérgica, no sean medidas ni consideradas.

b) Control de efluentes como un todo, por medio de test de toxicidad:

Ventajas:

- La posibilidad de ser evaluada una toxicidad conjunta de todos los constituyentes de un efluente de naturaleza química compleja.
- La posibilidad de ser evaluada una reducción del efecto tóxico de un efluente de ser limitado a un único parámetro, esta toxicidad.
- La posibilidad de que también sea evaluada la biodisponibilidad de las interacciones entre los constituyentes.

Limitaciones:

- El hecho de que la mayoría de los profesionales en saneamiento desconocen no solamente los fundamentos técnico-científicos recientemente comprobados, como también los métodos para la evaluación de toxicidad disponibles y aprobados;

Aplicaciones de resultados

Evaluar la carga tóxica:

Una vez conocida la toxicidad del efluente, es posible estimar su carga tóxica. De esta manera, es evaluada la contribución de cada efluente para un determinado cuerpo receptor, y también su contribución relativa. Esa evaluación se constituye en un instrumento bastante útil no jerarquizado.

Básicamente, la carga tóxica es calculada multiplicando una toxicidad del efluente por su caudal. Se puede utilizar un dato máximo de caudal, buscando simular, así, situaciones críticas. Se recomienda, sin embargo, la utilización de datos de caudal medio.

Como los valores numéricos de toxicidad aguda y crónica, expresos en CE50, CL50 y CENO, indican una relación inversa, esto es, cuanto menor es el valor mayor de toxicidad, para el cálculo de carga orgánica esos valores son transformados en unidades tóxicas agudas (UTa) o crónicas (UTc) por las siguientes fórmulas:

$$UTa = 100/CE50 \text{ o } CL50$$

$$UTc = 100/CENO$$

De esta forma, cuanto mayor el valor numérico de UT, mayor es la toxicidad. Expresando la toxicidad a través de una relación directa, la carga tóxica es calculada como sigue:

$$\text{Carga tóxica} = UT * \text{Caudal del efluente}$$

Estimación del potencial Impacto Ambiental:

El nivel de protección ambiental, en términos de acciones de control, es la información más importante del proceso de control de agentes tóxicos en efluentes líquidos, pues en ese punto se estima si un cuerpo receptor sufre impacto o daño y si ese nivel es aceptable o no. Una evaluación de impacto es estimada comparando la concentración del efecto tóxico con test de toxicidad como la concentración del cuerpo receptor.

La concentración del efluente en un cuerpo receptor (CER), expresado en porcentaje se calcula por la siguiente Fórmula:

$$CER = (QE/QE * Q_{7,10}) * 100$$

Donde:

QE = caudal del efluente

$Q_{7,10}$ = caudal máximo anual del río, medida en 7 días consecutivos, con una posibilidad de retorno de 10 años.

Cuando $Q_{7,10}$, no se aplica a un determinado cuerpo receptor, deben ser utilizados los datos de caudal mínimo apropiados.

Cuando los test de toxicidad aguda, están demostrando, experimentalmente, que el nivel de 1/3 del CL50 o CE50 prácticamente carecen de efecto tóxicos agudos.

$$CER \leq (CE50 \text{ o } CL50)/3$$

Se sabe también que la relación entre un CL50 o CE50 y CENO están en orden de 1/10. Por lo tanto, con una obtención de los datos de toxicidad aguda (CL50 o CE50), es posible estimar la toxicidad crónica, expresada con CENO. De ese modo, una evaluación de impacto, para prevenir efectos crónicos es obtenida tanto con los resultados estimados a través de test agudos como a través de test crónicos, de la siguiente forma:

$$CER \leq (CE50 \text{ o } CL50)/10 \quad \text{ó} \quad CER \leq CENO$$

Otra forma es $RQ = CER/(CE50/FS)$ si este valor es >1 hay riesgo de efectos

La evaluación presentada, hasta este punto, se aplica en situaciones de mezcla completa del efluente en el cuerpo receptor, basándose en la utilización de 3 especies, como mínimo, de organismos acuáticos, también con una suposición de que no exista variabilidad e la toxicidad del efluente en largo tiempo.

Sin embargo, una evaluación de un número reducido de especies puede generar una razonable incerteza cuando se efectúa una evaluación de impacto, pues algunos estudios han demostrado que la sensibilidad entre las diversas especies de organismos puede variar alrededor de diez veces. Por lo tanto, ese factor de incerteza debe ser considerado, pues, es prácticamente imposible evaluar la toxicidad de un efluente con la mayoría de grupos taxonómicos existentes. Lo que se refiere a variabilidades en la toxicidad de efluentes, demostrando que estas pueden presentar variaciones alrededor de 10 veces. Así, incluso se deja demostrado que el efluente mantiene un nivel de toxicidad constante, un factor de 10 debe ser también considerado en una evaluación de impacto.

Considerando las fuentes de incerteza, se recomienda que la evaluación de impacto sea efectuada utilizando las siguientes fórmulas:

$$CER \leq (CE50 \text{ o } CL50)/300 \quad (\text{para evitar efectos tóxicos agudos})$$

$$CER \leq (CE50 \text{ o } CL50)/1000 \quad (\text{para evitar efectos tóxicos crónicos})$$

$$CER \leq CENO/100 \quad (\text{para evitar efectos tóxicos crónicos})$$

Los niveles de incerteza presentados pueden ser reducidos, desde que sea efectuada una evaluación de toxicidad del efluente con más de 3 especies, aún cuando la variabilidad en niveles de toxicidad sea determinada juntamente con un estudio cuantitativo de dispersión del efluente en el río.

Resumen de resultados y principales conclusiones de monitoreos a centros piscícolas de la Octava Región

En la Tabla 45 se exponen las principales conclusiones respecto a los parámetros no contemplados en el D.S. N°90. Además se incluye una propuesta de periodicidad y método de análisis pertinente.

Tabla 45. Conclusiones conforme a los resultados de los parámetros propuestos que no están considerados en el D.S. N°90/2000 hasta la entrega del informe final.

Parámetro	Resultados	Conclusión	Periodicidad de muestreo	Método
Degradación de materia orgánica	Diferencias significativas ($p < 0.01$) entre efluente y control del centro STH.	Este parámetro constituye un buen indicador del efecto del efluente sobre el ecosistema acuático, particularmente de la mayor disponibilidad de nutrientes o materia orgánica y su efecto en el aumento de la actividad microbiana. Adicionalmente, los resultados muestran diferencias de tasas de degradación en la piscicultura STH, lo cual señala la pertinencia de su uso.	Se sugiere realizar 2 muestreos mensuales	Método gravimétrico. Relación pérdida peso-tiempo.
Inhibición respiratoria en agua	Se observó que sólo en tres centros, el efluente presenta toxicidad crónica (NOEC) entre un 10 y 20% de dilución.	Este parámetro constituye un buen indicador del efecto del efluente sobre el ecosistema acuático. Específicamente, dicho parámetro refleja la respuesta fisiológica de la biota acuática frente a la acción de una fuente contaminante.	Se sugiere realizar 2 muestreos mensuales.	Variación de oxígeno
Carbono orgánico total COT (mg/L)	- Efluentes presentan un alto potencial de generar una distrofia funcional en el ecosistema fluvial. - Efluentes presentan altos niveles de carbono orgánico. - Los componentes lábiles (tipo triptófano) muestran un importante aumento en su intensidad, debido a la descarga de efluentes de las pisciculturas muestreadas, reflejando la carga orgánica producida por el alimento no consumido, los desechos y exudaciones de los peces en cultivo.	Este parámetro permite establecer una distinción clara entre los aportes de materia orgánica de origen natural de aquellos que provienen de pisciculturas asociados a procesos productivos internos.	Se sugiere realizar 2 muestreos mensuales.	Oxidación húmeda
Indicadores biológicos	Los resultados indicaron cambios en la composición de especies bentónicas, especialmente en los sitios de descarga y 100m aguas abajo, respecto del sitio de control ubicado 100m aguas arriba. Dichos cambios están vinculados al recambio de especies intolerantes a la contaminación orgánica a especies tolerantes a estos aportes, tanto en los sitios de descarga del efluente como aquellos ubicados 100m aguas abajo.	Los indicadores biológicos se constituyen como parámetros de análisis rápido, de bajo costo y como una medida indirecta de la calidad del hábitat para las especies, basándose en la cuantificación de especies tolerantes e intolerantes al aporte de material orgánico.	Se sugiere realizar 4 muestreos mensuales.	IBF, EPT
Bioensayos toxicidad (LC50 <i>Daphnia</i> , LC50 <i>Selenastrum</i>)	Los organismos más sensibles fueron las algas (<i>Selenastrum sp.</i>), mientras que los microcrustáceos (<i>Daphnia sp.</i>) mostraron menor sensibilidad frente a la exposición de xenobióticos. Las posibles causas de toxicidad asociadas a efluentes se	La exposición de especies estándar a compuestos químicos determinados constituye procedimientos sencillos, de bajo costo y gran rapidez de análisis para determinar el efecto potencial de agentes contaminantes sobre la biota acuática.	Se sugiere realizar 2 muestreos mensuales.	NCh2083/1999, NCh 2706/2002

Evaluación y análisis de los posibles parámetros ambientales a ser incorporados en las normas de emisión y/o calidad de aguas fluviales y lacustres, destinados a centro de cultivo ubicados en tierra.

	relacionan con la presencia de cloruros.			
Amonio (NH ₄) (mg/L)	Comparativamente, estos parámetros nitrogenados presentaron concentraciones más elevadas en el sitio de descarga E2 con respecto al sitio control E1, en los seis muestreos efectuados.	Se concluye la importancia de incorporar estos parámetros a la Norma de Calidad ya que estos compuestos nitrogenados en concentraciones elevadas pueden producir eutrofización del ecosistema acuático. Entre las consecuencias más importantes de la incorporación de estos nutrientes al medio acuático se encuentra la proliferación masiva de algas y cambio en la estructura trófica local del cuerpo de agua.	Se sugiere realizar 2 muestreos mensuales.	AMONIO: Titulación (INN Chile (1995) NCh2313/16); NITRATO: MULTI 340i/SET (APHA, 1995: SM 2510-conductivity); NITRITO: Colorimetría (APHA, 1995: 4500ONO2 F)
Nitrato (NO ₃) (mg/L)				
Nitrito (NO ₂) (mg/L)				
pH (unidad)	El pH presentó sistemáticamente valores más bajos (mayor acidez) en los sitios de descarga en relación al control.	El pH al igual que el oxígeno y la temperatura, constituyen parámetros de calidad de aguas por excelencia, cuyos valores óptimos resultan críticos para la sobrevivencia y funciones fisiológicas básicas de toda la biota acuática. Un pH que tiende a ocurrir hacia los extremos puede afectar la vida acuática en general y afectar la disponibilidad de nutrientes para organismos como microalgas y macrófita. El pH del agua determina la solubilidad y la disponibilidad de sustancias químicas (como fósforo, nitrógeno y carbono) útiles para los organismos. De ahí su importancia a ser incorporados a las Normas de Calidad.	Se sugiere realizar 4 muestreos mensuales.	MULTI 340i/SET (INN Chile, 1995: NCh2313/1)
Oxígeno Disuelto (mg/L)	No se registró una tendencia clara en la concentración de oxígeno disuelto en la cual pudiera esperarse una menor concentración de este compuesto en la descarga.	A pesar de no registrarse un patrón de concentración en los sitios de muestreo, el oxígeno constituye un parámetro clave para el análisis de calidad acuática. Este es uno de los parámetros por excelencia claves para la subsistencia y normal funcionamiento de las especies.	Se sugiere realizar 4 muestreos mensuales.	MULTI 340i/SET (APHA, 1995: SM 45000-G)
Conductividad (µS/cm ²)	Tanto la salinidad, como los sólidos suspendidos totales y la conductividad presentaron altos valores en la mayoría de las pisciculturas y para la gran parte de los períodos de muestreo.	La conductividad, SST y Salinidad varían de modo similar al estar altamente relacionados. Son parámetros que pueden ser medidos tanto in-situ como en laboratorio, siendo la primera forma la más sencilla y rápida para los tres parámetros. La importancia de medir sus valores, en particular para la salinidad, se vincula con el efecto fisiológico que provoca las sales disueltas en el agua sobre los organismos acuáticos (algas, plantas acuáticas, invertebrados, peces, entre otros). Específicamente, constituye uno de los compuestos químicos que más afecta la sobrevivencia de las especies en el ecosistema fluvial, especialmente la alteración del balance iónico y osmótico a nivel celular de dichos organismos.	Se sugiere realizar 4 muestreos mensuales para cada parámetro, especialmente mediciones <i>in-situ</i> .	MULTI 340i/SET (APHA, 1995: SM 45000-G)
Sólidos suspendidos Totales (SST) (mg/L)				
Salinidad (mg/L)				
T (°C)	No se registraron variaciones importantes en la temperatura entre sitios E1 (Control), E2 y E3.	Si bien los registros de temperatura no presentaron diferencias importantes entre el sitio control E1, descarga E2 y 100m aguas abajo E3 en todos los muestreos y todas las pisciculturas, la temperatura es un parámetro de gran	Se sugiere realizar 4 muestreos mensuales.	MULTI 340i/SET (APHA, 1995: SM 45000-G)

		relevancia en el monitoreo de pisciculturas. La temperatura fuera del rango normal propia de cada cuerpo de agua puede afectar localmente a la biota asociada al sitio de descarga y parcialmente aguas debajo de esta. En particular, temperaturas elevadas (>16°C) pueden afectar considerablemente la fisiología de especies ícticas, ya que por sobre temperatura la concentración de oxígeno disminuye en la columna de agua, factor crítico para la sobrevivencia de estas especies.		
Oxitetraciclina Florfenicol (ppb)	En la gran mayoría de los muestreos y pisciculturas no se detectó la presencia de antibióticos en sedimento, y en algunos casos puntuales sólo trazas o bien concentraciones moderadas. Sin embargo, para el muestreo correspondiente al mes de mayo se registró una mayor concentración de Oxitetraciclina en la piscicultura Ketrún Rayén. Florfenicol se detectó en los meses de diciembre y mayo. En este último mes se registraron concentraciones más elevadas.	Si bien los resultados indican la ausencia o muy bajas concentraciones de antibióticos a excepción de Oxitetraciclina en Ketrún Rayén y Florfenicol en el mes de mayo, estos constituyen parámetros de gran relevancia para su monitoreo, debido a que su aplicación excesiva incrementa la resistencia de cepas bacterianas frente a su aplicación, y por ende, puede alterar el funcionamiento de la estructura trófica basal y la proliferación de enfermedades potencialmente dañinas para la salud humana.	Se sugiere realizar 4 muestreos mensuales.	LC-MS/MS

Respecto a los criterios de aceptabilidad para cada parámetro propuesto se presentan en la siguiente tabla, los cuales son considerados para cuerpos receptores fluviales con dilución. Los criterios de aceptabilidad se establecieron de acuerdo a los resultados obtenidos del monitoreo y basados en antecedentes científicos y técnicos para cuerpos fluviales con dilución (antecedentes técnicos se encuentran adjuntos en la base de datos junto con toda la información generada en este estudio). El criterio de aceptabilidad para Oxitetraciclina y Florfenicol se determinó en base a los antecedentes recopilados en la literatura, consulta a expertos y la integración de los datos ecotoxicológicos para efectos crónicos (NOEC: concentración de efecto no observable y EC50: concentración efectiva media), considerando los valores mínimos registrados para velar la protección de la vida acuática.

Tabla 46. Criterios de aceptabilidad y/o calidad para cada parámetro propuesto.

Parámetro	Criterios de aceptabilidad y/o Calidad		
	Cuerpos Fluviales		Lagos
	Sin Dilución	Con Dilución	
Degradación de materia orgánica	Se acepta como criterio de calidad que no existan diferencias significativas con los sitios control.		
Inhibición respiratoria en agua	Se acepta como criterio de calidad que no existan diferencias significativas con los sitios control.		
Carbono orgánico total COT (mg/L)	---	Instauración de Criterios de calidad para el Carbono Orgánico, ver Tabla 44.	---
Indicadores biológicos	---	IBF: <5,75 EPT: >25%	---
Bioensayos toxicidad (LC50 <i>Daphnia</i> , LC50 <i>Selenastrum</i>)	CER < LC50 (De la especie más sensible) *FS CER: Concentración del efluente en un cuerpo receptor. $CER = Q_e / (Q_e + Q_d) * 100$ Qe: Caudal del efluente Qd: Caudal de dilución FS: Factor de seguridad recomendado por CETESB (2005) para evitar efectos agudos y crónicos.		
Amonio (NH ₄) (mg/L)	---	<0,45	---
Nitrato (NO ₃) (mg/L)	---	5	---
Nitrito (NO ₂) (mg/L)	---	0,06	---
pH (unidad)	6,0 – 8,5	6,0 – 8,5	6,0 – 8,5
Oxígeno Disuelto (mg/L)	---	6	---
Conductividad (µS/cm ²)	---	230	---
Sólidos suspendidos Totales (SST) (mg/L)	80	300	80
Salinidad (mg/L)	---	0,18	---
Temperatura (°C)	< 35	> 40	--

<p>Oxitetraciclina Florfenicol (ppb)</p>	<p>Oxitetraciclina: 0,183 m/L (183 ppb) Florfenicol: 2,9 m/L (2900 ppb)</p> <p>El criterio de aceptabilidad fue determinado de acuerdo a los valores mínimos registrados para efectos crónicos (NOEC: concentración de efecto no observable y EC50: concentración efectiva media) para las especies más sensibles a la presencia de ambos compuestos, <i>Selenastrum capricornutum</i> y <i>Pseudokirchneriella subcapitata</i> desde la base de datos recopilada.</p>
--	--

TÍTULO I

OBJETIVOS Y ÁMBITO DE APLICACIÓN

Artículo 1º. La presente propuesta establece la norma de protección de los cuerpos de aguas receptores de residuos líquidos provenientes de centros de cultivos de recursos hidrobiológicos ubicados en tierra.

Esta normativa de calidad ambiental tiene por objetivo asegurar la conservación del patrimonio ambiental y preservación de ecosistemas hídricos, de manera que dichos cursos de agua salvaguarden sus comunidades acuáticas, los usos y los servicios ambientales que estos ecosistemas entregan a la sociedad en su conjunto.

En la siguiente propuesta de normativa están los contenidos y metodologías de análisis para llevar a cabo los programas de monitoreos en centros de cultivos ubicados en tierra.

Artículo 2º. Para los efectos de la presente normativa ambiental sectorial, se entenderá por:

- a) Acuicultura: Actividad que tiene por objeto la producción de recursos hidrobiológicos organizada por el hombre.
- b) Centro de cultivo o centro: Lugar e infraestructura donde se realizan actividades de acuicultura, individualizado mediante un código entregado por el Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura.
- c) Cuerpos de agua terrestres: Aguas terrestres superficiales en los términos del artículo 2 del Código de Aguas, ya sean naturales o artificiales.
- d) Macrofauna bentónica: Organismos que habitan en sustrato blando y que son retenidos por un tamiz de un milímetro de abertura.
- e) Residuos líquidos, aguas residuales o efluentes: Son aquellas aguas que se descargan desde una fuente emisora, a un cuerpo receptor.

TÍTULO II

COSIDERACIONES GENERALES PARA EL MONITOREO

Artículo 3º. La ubicación y número de las estaciones de muestreo se someterá a los procedimientos que se indican a continuación:

- a) Para la obtención de muestras físico-químicas y biológicas, se debe muestrear tres estaciones en el curso fluvial asociado a cada centro de cultivo, siendo la

primera estación el sitio control la cual se ubicara 100 metros antes de cada ducto de la descarga del efluente. La segunda estación corresponde al sitio de descarga propiamente tal y mientras que la tercera estación se ubicará 100 metros aguas abajo del ducto de descarga.

- b) Para el muestreo bentónico en cada estación se deberán tomar tres réplicas.
- c) Las coordenadas de las estaciones de muestreo, deben ser determinados al momento del muestreo con un Sistema de Posicionamiento Satelital (GPS) que tenga una precisión mínima de 10 metros.

Artículo 4°. En cada estación de muestreo se deberá realizar medición de parámetros físico-químicos *in-situ* y toma de muestras para laboratorio, los cuales están contemplados en Decreto Supremo N° 90 (2000) que regula las emisiones de contaminantes a aguas superficiales (Tabla 47).

- a) La medición de oxígeno disuelto, temperatura, pH, sólidos suspendidos totales y conductividad/salinidad en la columna de agua, se pueden realizar con un equipo multiparámetro, que tenga la capacidad de medir en el mismo momento todas las variables, o con equipos que midan estas variables por separado, con una precisión mínima de 0,1 mg OD/L; 0,1 °C y 0,1 psu.
- b) Para las muestras que son analizadas en laboratorio se deben tomar tres réplicas en cada estación con un intervalo de tiempo de 5 minutos para la toma de muestra.
- c) Los envases para la toma de muestras deben estar fabricados en material inerte, de manera que no aporten ningún tipo de contaminación al agua, los más comunes son, envases P (polietileno de alta densidad) o V (vidrio neutro), preferible boca ancha para la recolección directa desde el agua residual cuando el flujo es accesible, según lo establecido en la Nch 411/Of. 96.
- d) Para determinación de Carbono Orgánico Total, las muestras recogidas deben ser almacenadas en frascos de borosilicato ámbar I-Chem (Merck).
- e) Las muestras obtenidas deben ser mantenidas para su transporte en el rango de temperatura comprendido entre los 4 – 7 °C.

Tabla 47. Parámetros físico-químicos determinados en las estaciones de muestreo.

PARÁMETROS	UNIDAD	MÉTODO
Temperatura	°C	MULTI 340i/SET (INN Chile, 1995: NCh2313/1)
Oxígeno Disuelto	mg L ⁻¹	MULTI 340i/SET (INN Chile, 1995: NCh2313/1)
pH	pH	MULTI 340i/SET (INN Chile, 1995: NCh2313/1)
Conductividad	μS/cm ²	MULTI 340i/SET (INN Chile, 1995: NCh2313/1)
Salinidad	mg L ⁻¹	MULTI 340i/SET (INN Chile, 1995: NCh2313/1)
Sólidos Suspendidos Totales	ppm	MULTI 340i/SET (INN Chile, 1995: NCh2313/1)
Nitrógeno Total Kjeldahl	mg L ⁻¹	Macro-Kjeldahl método (INN Chile, 1995: NCh2313/28)
Amonio (N-NH ₄)	mg L ⁻¹	Titulación (INN Chile (1995) NCh2313/16)
Nitrato (N-NO ₃)	mg L ⁻¹	MULTI 340i/SET (APHA, 1995: SM 2510-conductivity)
Nitrito (N-NO ₂)	mg L ⁻¹	Colorimetría (APHA, 1995: 4500ONO2 F)
Sólidos Suspendidos	mg L ⁻¹	INN Chile, 1995: NCh 2313/4. NCh2313/3
Carbono Orgánico Total (COT)	mgL ⁻¹	Oxidación Húmeda
Oxitetraciclina y Florfenicol	ppb	LC-MS/MS

TÍTULO III

PREDIMIENTOS DE MEDICIÓN Y CONTROL

Artículo 5°. La medición que se lleve a cabo para la determinación de Bioensayos de Toxicidad, se podrá someter a los procedimientos que se indican a continuación:

- a) Los organismos que se deben utilizar en cada uno de los bioensayos corresponden a *Raphidocelis subcapitata* (Selenastrum) y *Daphnia pulex*. Ambas especies han sido estandarizados debido a sus ventajas de sensibilidad y prolificidad respecto a otras especies.
- b) Para el desarrollo de los bioensayos se debe emplear agua proveniente de la estación efluente E2 (descrita en el artículo 3° letra a de la presente normativa) del centro de cultivo.
- c) En laboratorio, los organismos deben ser expuestos por un período de tiempo determinado a diferentes concentraciones de un tóxico de referencia más la muestra de agua extraída de la estación E2. Los resultados se expresan como la concentración letal media (LC₅₀), conforme a lo descrito en las normas NCh - 2083/1999 y NCh - 2706/2002.

Artículo 6°. El análisis biológico de calidad de aguas se debe realizar conforme a la metodología que se indica a continuación:

- a) Se deben tomar tres réplicas de macroinvertebrados bentónicos de manera aleatoria en las tres estaciones de muestreo identificados en el artículo 3° letra a de la presente normativa, asociadas al curso hídrico de cada piscicultura.
- b) El procedimiento de muestreo se debe realizar mediante el uso de muestreadores Surber de 2500 cm², con una abertura de malla de 250 µm.
- c) Las muestras recolectadas deben ser fijadas *in-situ* en alcohol al 97%, en envases de polietileno boca ancha rotulados.
- d) Análisis de las muestras en laboratorio
 - Los organismos deben ser separados del material orgánico e inorgánico, empleando una lupa binocular NIKON-SMZ660.
 - Los invertebrados contenidos en cada muestra deben ser identificados hasta nivel taxonómico de familia mediante claves y descripciones taxonómicas.

- Se debe estimar las abundancias totales mediante el conteo de individuos por taxa y expresadas en densidad (ind/m²).
 - La macrofauna bentónica deber ser analizada por personal con experiencia en la determinación de especies de estas comunidades.
- e) Los parámetros comunitarios de riqueza de taxa deben ser estimados mediante el conteo del número de taxa, mientras la diversidad de especies debe ser determinada mediante el índice de Shannon - Wiener cuya fórmula es la siguiente:

$$H' = \sum_{i=1}^s (p_i)(\log_2 p_i)$$

Donde s = número de taxas y P_i = proporción de taxas del total de la muestra.

- f) Para estimar la calidad de las aguas en cada uno de las estaciones de muestreo asociadas a las pisciculturas, se debe calcular los siguientes índices bióticos de calidad de aguas:

- Índice Biótico de Familia de Hilsenhoff (1998)

Se determina el puntaje de tolerancia, en donde "0" representa el menos tolerante a la contaminación orgánica y "10" corresponde al más tolerante a dicho tipo de contaminación. Estos valores de tolerancia deben ser adaptados a la fauna local presente en el área de estudio. Los puntajes obtenidos se incluirán en una ficha de registro para calcular el IBF según la siguiente ecuación:

$$\mathbf{IBF} = \mathbf{1 / N \sum ni ti.}$$

Donde:

N = número total de individuos en el sitio de muestreo

ni = número de individuos en una familia

ti = Puntaje de tolerancia de cada familia

Los valores del IBF se expresan en 7 clases de calidad ambiental, correspondiente a una escala de condición biológica que fue desarrollada para determinar el grado de contaminación orgánica (Tabla 48).

Tabla 48. Calidad de agua basada en los valores del IBF de Hilsenhoff 1988.

Clase	IBF Hilsenhoff (1988)	Características Ambientales	Clases
I	0,00 - 3,75	Excelente	I Celeste
II	3,76 - 4,25	Muy bueno	II Azul
III	4,26 - 5,00	Bueno	III Verde
IV	5,01 - 5,75	Regular	IV Amarillo
V	5,76 - 6,50	Relativamente malo	V Café
VI	6,51 - 7,25	Malo	VI Naranja
VII	7,26 - 10,00	Muy malo	VII Rojo

- Índice Biótico de Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera (EPT)
 Considera la utilización de estos tres grupos de macroinvertebrados bentónicos que son indicadores de calidad de agua. El índice EPT debe ser estimado mediante la siguiente ecuación y sus resultados se llevan a una tabla de calificación de calidad de agua que va de "muy buena" a "mala" calidad (Tabla 49).

$$EPT = (\Sigma EPT/N) \times 100$$

Donde:

EPT = suma del número de individuos pertenecientes a los Ordenes Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera

N = número total de individuos en el sitio de muestreo

Tabla 49. Calidad de agua para Índice EPT.

Clase	Índice EPT %	Calidad del agua
1	75-100	Muy buena
2	50-74	Buena
3	25 - 49	Regular
4	0 - 24	Mala

Artículo 7º. La medición que se lleve a cabo para la determinación de la Degradación de Materia Orgánica e inhibición respiratoria en agua, se podrá someter a los procedimientos que se indican a continuación:

- Para ambos análisis se debe evaluar el modelo que relaciona el tiempo y pérdida de peso, con muestras de algodón incubadas por un mes en el curso de

agua asociada a la piscicultura en las tres estaciones de muestreo descritas en el artículo 3° letra a de la presente normativa.

- b) La estimación de la tasa de degradación de materia orgánica se debe efectuar de acuerdo a lo descrito por Benfield (1996) y Bärlocher (2005).
- c) En laboratorio los análisis de muestras inhibición respiratoria en agua, debe considerar los siguientes procedimientos
 - Las muestras de algodón incubadas por un mes, deben ser expuestas por aproximadamente una hora a concentraciones del efluente y luego se medirá la tasa respiratoria en mg de OD por hora.
 - Los valores finales deben ser estandarizados respecto a la tasa respiratoria de la estación control E1, expresándose como % de inhibición respiratoria respecto al control.

Artículo 8°. La medición de Carbono Orgánico Total se someterá a los procedimientos que se indican a continuación:

- a) En terreno para la estimación de Carbono Orgánico Total se debe seguir el siguiente procedimiento
 - Las muestras se deben tomar tres réplicas en cada estación con un intervalo de tiempo de 5 minutos para la toma de muestra.
 - Todo el material a utilizar debe ser limpiado con HCl 4% y enjuagado con agua desionizada "low TOC".
 - Las muestras recogidas se depuran a través de filtros de jeringa Millex -GP Hydrophilic PES 0,22 μ M previamente acondicionado con 100 ml de agua (Desionizada low TOC) para obtener la fracción disuelta y eliminar los sólidos suspendidos, en el caso de la fracción total no se requiere de filtración. Luego las muestras son guardadas en frascos de borosilicato ámbar I-Chem (Merck). Para cada muestra se generan replicados de 40 ml de muestra de agua adicionando 100 μ l de HCl fumante (Merck). La muestra debe ser guardada sin burbuja de aire en el envase de borosilicato.
- b) El transporte de las muestras se debe ejecutar de acuerdo a lo establecido en el artículo 4 letra e de la presente normativa.
- c) En laboratorio las mediciones de análisis óptico y fluorométrico de DOM, se estiman de acuerdo a la metodologías descritas por Nimptsch et al. (2015).

Artículo 9°. Para la medición de antibióticos Oxitetraciclina y Florfenicol en sedimento, se someterá a los procedimientos que se indican a continuación:

- a) El muestreo se debe efectuar en el sector de piscinas de decantación (lodos) del centro de cultivo.
- b) Para la toma de muestra se requiere una draga o pala de mano.
- c) Se debe tomar solo una muestra representativa de aproximadamente 150 gramos de sedimento desde la draga o pala de mano, extrayendo solo los primeros 3 centímetros del mismo.
- d) Los envases para la toma de muestra debe contener un volumen mínimo de 500 cc para ambos ensayos (OTC + FLOR), plástica tapa rosca cerradas herméticamente con un espacio de aire en cuello de la botella.
- e) La muestra obtenida debe ser cubierta con papel allusa metálico rotulada para su transporte y mantenida en el rango comprendido entre el cogelamiento hasta 4°C como máximo antes de su ingreso al laboratorio.
- f) En laboratorio la metodología empleada para los ensayos de las muestras de Oxitetraciclina y Florfenicol es LC-MS/MS.
 - Se utiliza un equipo de alta eficiencia que combina Cromatografía Líquida (LC) con la Espectrometría de multi Masa (MS/MS).

Artículo 10°. El cálculo del caudal se someterá a los procedimientos que se indican a continuación:

- a) En cada estación de muestreo descrita en el artículo 3° letra a de la presente normativa, se debe realizar la estimación de caudal siempre y cuando ello sea posible dada la topografía del curso de agua.
- b) Para el registro de la velocidad (cm/s) se debe emplear un correntómetro digital de longitudes extensibles de 1,12m a 1,82m.
- c) Análisis de datos
 - Se debe utilizar la siguiente formula: $Q = A * V$, donde:
Q = Caudal (m^3/s)
A = Área del curso de agua (m^2)
V = Velocidad de corriente (m/s)
 - El área se debe calcular con la topografía del curso de agua en el punto donde se midió la corriente (corte transversal).

TÍTULO IV

DE LOS PROFESIONALES Y LABORATORIOS

Artículo 11°. Los monitoreos deben ser suscritos por un profesional o persona jurídica que acredite especialización o experiencia en materias limnológicas o ambientales.

- a) En el caso del profesional que obtuvo su título en una universidad extranjera, éste se acreditará mediante Certificado de Reconocimiento o de Revalidación otorgado por la Universidad de Chile.
- b) La condición de profesional se debe acreditar mediante Certificado de Título Profesional otorgado por una universidad o instituto profesional reconocido por el Ministerio de Educación. La especialización se acreditará mediante la presentación de un Certificado de Título Profesional de una carrera relacionada con las ciencias ambientales o ecológicas, o de un certificado de cursos formales de post título o post grado en las materias antes señaladas.
- c) Los profesionales acreditarán la experiencia mediante la presentación del Currículum Vitae que dé cuenta de aquella de manera comprobable.

Artículo 12°. Los laboratorios que realicen los análisis o ensayos en terreno o laboratorio, incluidas la toma de muestras y su transporte, deberán estar acreditados ante el Instituto Nacional de Normalización (INN) en sus sistemas de gestión según la Norma Chile NCh -ISO/IEC17025:2005, o la que la reemplace. Asimismo, una vez entrada en vigencia, estas actividades deben ser ejecutadas por Entidades Técnicas de Fiscalización Ambiental (ETFA) e Inspectores Ambientales (IA).

- a) Las variables que requieren de acreditación son las siguientes:
 - Macrofauna bentónica
 - Temperatura en terreno
 - pH en terreno
 - Oxígeno disuelto en terreno
 - Conductividad/salinidad medidos en terreno

VIII. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Plan de monitoreo en centros de cultivo

A partir del análisis realizado, se puede determinar que los parámetros comunitarios entregan información confiable respecto a las diferencias en el estado ambiental de los distintos sitios de muestreo del ecosistema acuático asociados en los centros de cultivo. Por otra parte, el aumento de la densidad total o promedio en todos los sitios prospectados están relacionados generalmente con una mayor proporción de especies tolerantes a la contaminación por materia orgánica y/o nutrientes o indicadores biológicos que indican de forma indirecta la calidad del hábitat basándose en la cuantificación de estas especies tolerantes.

En consecuencia, la dominancia de estas especies genera valores en los índices EPT e IBF que indican una menor calidad del ecosistema acuático en la extensión total del área muestreada, lo cual indica que esta estaría siendo afectada por la influencia del efluente en los últimos dos puntos de muestreo (E2 y E3), y por el uso que recibe el cuerpo receptor aguas arriba (E1). Cabe destacar que la mayoría de los cuerpos de agua utilizados para la producción en los centros de cultivo, son canalizados y utilizados para regadío modificando toda su dinámica natural y por ende interviniendo en los hábitat de los organismos de macroinvertebrados bentónicos evitando su recuperación aguas abajo.

Los parámetros físico-químicos mostraron variaciones entre las estaciones de muestreo prospectadas. Estas, fueron más acentuadas en los parámetros de Salinidad, Conductividad y Sólidos totales disueltos. Dichos parámetros están asociados entre si ya que, por ejemplo, la cambios en la salinidad de un sitio a otro ocasionará cambios en la conductividad. De esta manera, en el sitio de descarga (E2) los valores de conductividad y salinidad fueron siempre (promedio de todos los muestreos y pisciculturas) más altos que en el sitio control (E1). Particularmente, la salinidad en sitio E2 fue de 0,18 g/L, mientras que la conductividad en ese mismo sitio registró un valor promedio de $292,6 \mu\text{sim}\cdot\text{cm}^{-1}$. Comparativamente, el sitio E1 mostro valores promedios más bajos respecto del sitio E2 (0,04 g/L y $60,7 \mu\text{sim}\cdot\text{cm}^{-1}$ respectivamente), los cuales son los esperados para los ríos de la zona centro-sur de Chile (Rivera et al. 2004).

Existen otros parámetros que mostraron una leve variabilidad temporal (periodos de muestreo) y espacial (sitios muestreo, E1, E2, E3), como el oxígeno, temperatura y

pH. Sin embargo, su medición para la evaluación de impacto en ecosistemas fluviales resulta fundamental dado que representan variables físico-químicas claves para la sobrevivencia y funciones fisiológicas de organismos vertebrados e invertebrados acuáticos. La medición de estas variables no implica esfuerzos significativos de tiempo y coste, lo cual facilita su incorporación a los procesos de evaluación ambiental y a la normativa vigente de calidad acuática.

El análisis de antibióticos proveniente de efluentes de pisciculturas analizadas en la matriz de sedimento, mostró que las concentraciones en el cuerpo receptor se encontraron en su mayoría bajo los rangos detectables, a excepción de Oxitetraciclina en el mes de mayo para el centro Ketrún Rayén y Florfenicol durante el mismo mes con elevadas concentraciones. La detección de estos compuestos se podría relacionar con el suministro de fármacos por medio de la aplicación de baños de inmersión o la inclusión de éstos en las dietas de los peces. Adicional al análisis de su concentración en el cuerpo de agua, se deben realizar esfuerzos adicionales para determinar el efecto específico que los antibióticos ocasionan en la biota acuática, particularmente en la generación de nuevas cepas de bacterias con resistencia a la aplicación de estos compuestos. Sin embargo, el efecto más probable a comprobar se relacionaría con la proliferación de enfermedades potencialmente dañinas para los sistemas humanos circundantes a estos centros de cultivo o a las especies ícticas comerciales que de estos se originan.

En cuanto a la estimación de Carbono Orgánico Total COT, el potencial para la caracterización y cuantificación de la materia orgánica disuelta en aguas naturales, modelado por PARAFAC nos permite el rastreo de algunas de las diferentes fracciones de la reserva de DOM en los ecosistemas acuáticos, y observar los diferentes grupos de fluoróforos presentes en las cuencas fluviales, sirviendo especialmente para el rastreo de emisiones de tipo orgánicas generadas durante la producción animal (ganadería y acuicultura) y agrícola (Nimptsch et al. 2015; Graeber et al. 2015).

Los componentes similar a ácidos húmicos UVC (Ex 240 y Em 470.5) y similar a ácidos húmicos (Ex 240 y Em 400) que se encuentran en los cuerpos de agua fluviales sin "intervención" antropogénica son algunos de los principales constituyentes de la reserva de DOM, estas moléculas poliméricas se han considerado tanto química como biológicamente refractarias (e.g.: de difícil degradación) (Findlay & Sinsabaugh, 2003). Las figuras 24 a 29, 36 a 41, 48 a 53, 60 a 65, 72 a 77 y 84 a 89 proporcionan un

acercamiento de la conformación de DOM en las estaciones control de las diferentes pisciculturas, las cuales se componen mayoritariamente de ácidos húmicos, constituyendo sobre el 50% del material disuelto fluorescente en estas, a excepción de la estación control de la piscicultura Polcura en la tercera salida (Figuras 51 y 57). Estos fluoróforos se caracterizan por presentar núcleos aromáticos altamente sustituidos, extensas conjugaciones y compuestos de alto peso molecular, que son capaces de reaccionar con muchas sustancias químicas, ya sea con un compuesto en la columna de agua o en un organismo (Steinberg et al. 2006). Sin embargo, estos podrían presentar diferentes orígenes dependiendo de la fuente que lo procede. El componente similar a Ácidos húmicos UVC (Figura 16 y 17), con un origen más terrestre (derivado de plantas superiores) de alto peso molecular y estructuras aromáticas (Fellman et al. 2010; Yamashita et al. 2010), presenta una de las fracciones más complejas de DOM, mientras que el componente similar a ácidos húmicos (Figuras 18 y 19), probablemente tenga un peso molecular más bajo, al ser de origen autóctono y microbiano (Fellman et al. 2010).

La presencia de estos componentes en ambientes “naturales”, compensa las tasas más lentas de catabolismos, y su oferta y abundancia puede proporcionar un grado de estabilidad a los ecosistemas (Wetzel 1992), ya que estos biopolímeros son relativamente resistentes a la degradación microbiana, actuando como complemento importante para el metabolismo de los heterótrofos (Findlay & Sinsabaugh 2003).

A lo largo de las 6 salidas la influencia de la descarga de residuos por parte de los efluentes de las pisciculturas, permite apreciar un aumento en la intensidad de los fluoróforos húmicos, probablemente debido a que parte de DOM lábil compuesto principalmente por carbohidratos, lípidos y proteínas es remineralizado por acción bacteriana, en conjunto de los procesos de humificación, aportando una entrada de material refractario no degradado proveniente del efluente a la reserva natural de sustancias húmicas.

En ambientes naturales, aunque en concentraciones bajas, los componentes de origen proteico pueden ser suficiente para soportar y reflejar una gran proporción de crecimiento bacteriano y comprenden una fracción considerable del flujo de DOM lábil (Findlay & Sinsabaugh 2003). Este DOM puede provenir a través del pastoreo y la excreción del zooplancton o la lisis viral de bacterias y microalgas. El componente similar a proteína (Ex 280 y Em 337.5) (Figuras 22 y 23), se presenta en las

estaciones control con una mayor intensidad de fluorescencia que el componente similar a Triptófano de manera más notoria en las primeras tres salidas y muestra características de origen proteico diferentes a los componentes asociados a actividad biológica tradicionales (similar a tirosina y triptófano) modelados por PARAFAC. El comportamiento de este fluoróforo es variable dentro de las distintas estaciones muestreadas y los distintos monitoreos, por ejemplo, en la primera salida (Figuras 24 a la 35) las intensidades máximas de este componente fueron mayor en las estaciones control (E1) que en el efluente (E2), y de igual manera para la conformación porcentual de las estaciones. Mientras que en la segunda salida (Figuras 36 a la 47), la estación 3 (E3) de todas las pisciculturas presenta las mayores intensidades de fluorescencia de este componente, sin embargo, su contribución en la reserva total de DOM para la conformación de las estaciones solo es significativa en la estación 3 de las pisciculturas Polcura y STH, siendo poco relevante en las estaciones control (E1) y efluentes (E2) de la mayoría de las pisciculturas muestreadas.

En la tercera salida (Figuras 48 a la 59), la influencia del componente similar a proteína es más notoria que en todas salidas predecesoras y posteriores, alcanzando los porcentajes más alto del aporte total a la reserva de DOM en la estación 3 de la piscicultura STH e intensidades de fluorescencia máximas en la estación efluente (E2) también de la piscicultura STH. En la cuarta salida (Figuras 60 a la 71), la contribución cualitativa y de aporte a la reserva total de DOM del componente similar a Proteína disminuye de manera apreciable, presentando valores sobre el 10 % de la conformación total de DOM solo en 6 estaciones de las 18 muestreadas, con intensidades máximas de fluorescencia en los efluentes de las pisciculturas Ketrún Rayén, Kudiñam y Coreo.

En la quinta salida (Figuras 72 a la 83), las intensidades de fluorescencia del componente similar a Proteína predominan en los efluentes de las pisciculturas a excepción de Polcura y Coreo, en donde las intensidades son superiores en las estaciones E3. Finalmente la sexta salida (Figuras 84 a la 95), presenta las intensidades de fluorescencia y aportes porcentuales más bajos del componente similar a Proteína en comparación a todas las salidas anteriores, siendo solo en el efluente de la piscicultura El Peral considerable. Cabe mencionar que en los controles (E1) y estaciones E3 de las pisciculturas El Peral, Polcura y Coreo, no hubo fluorescencia por parte de este fluoróforo. La variabilidad que exhibe el componente similar a Proteína

no es uniforme a lo largo de los distintos monitoreos, en donde la influencia de la descarga de residuos por parte de los efluentes de las pisciculturas, no permite apreciar un aumento en la intensidad de este fluoróforo que correspondería a aminoácidos libres o unidos a proteínas (Murphy et al. 2008), ya que se observa que en varias estaciones control de las tres primeras salidas la contribución es superior al componente similar a Triptófano e incluso al aporte del componente similar a Proteína en el efluente de las pisciculturas (El Peral y Coreo de la primera salida, Polcura de la cuarta salida y Kudiñam de la quinta salida). Por lo que esta señal de fluorescencia nos da una visión sobre una fracción bio-reactiva de DOM, indicando una concentración de aminoácidos hidrolizable en la contribución a la reserva total de DOM no generada por la acción antrópica (Yamashita & Tanoue 2003).

La estación Efluente (E2), es lugar de la descarga de las aguas residuales proveniente de las pisciculturas, la cual en teoría produciría la mayor entrada de DOM proteico (e.g.: componente triptófano) al flujo de agua, de manera abrupta y concentrada presentando un alto potencial de generar una distrofia funcional en el ecosistema del río, modificando las características físico-químicas del sistema fluvial. El componente similar a Triptófano (Figuras 20 y 21) es el fluoróforo más característicos e influenciado por la descarga. Sin embargo, también es apreciable en las estaciones control (E1) durante todos los monitoreos, pero en ningún caso supera el 25% de la composición total de la reserva de DOM en esta estación a excepción de la piscicultura Polcura en la cuarta salida. Cabe mencionar que la presencia de este componente de DOM en las estaciones control (E1) puede estar relacionado con una carga orgánica aguas arriba a la estación control) debido a actividades y/o procesos productivos (agrícola, ganadero u desechos domésticos). Este componente se encuentra asociado a una alta actividad microbiana (Parlanti et al. 2000; Determann et al. 1994) y puede representar la presencia de un sustrato orgánico biodisponible y lábil (Hudson et al. 2008).

Los resultados de las diferentes campañas de muestreo, no obstante muestran que la composición de DOM en la estación efluente (E2) es variable en los diferentes monitoreos, no obstante los peaks de intensidad de fluorescencia por parte del componente similar a Triptófano predominan cualitativamente y cuantitativamente en la mayoría de las estaciones características de las descargas del efluente y/o río debajo de la descarga y nos da una aproximación del comportamiento de la materia orgánica disuelta originada de manera reciente, menos degradada y con un alto potencial de

oxidación (Hudson et al. 2008), ya que el aumento de intensidad desde la estación control (E1) a la estación efluente (E2) y/o estación 3 (E3) a lo largo de los monitoreos es apreciable, denotando el grado de impacto que ejerce la influencia de esta fuerte entrada orgánica a la corriente de agua. Este componente ha sido identificado como una entrada rica en proteínas químicamente diferente del DOM derivado de fuentes terrestres, características que permiten obtener información sobre la dinámica de esta materia orgánica disuelta lábil en los cauces fluviales y ser utilizados como trazadores de contaminación ambiental en aguas naturales (Henserson et al. 2009).

Los resultados de este estudio, por tanto, apoyan la idea de que las altas concentraciones de DOM lábil arrojados por los efluentes de las pisciculturas, denotan una alta demanda bacteriana de la fracción proteica de DOM, que junto a los procesos de dilución y transporte pueden producir cambios significativos en la composición de las tramas tróficas presentes en el ecosistema fluvial, como también en los procesos geoquímicos del sector influenciado, debido al contraste entre las aguas de la descarga de residuos con las aguas naturales no influenciadas por la actividad acuícola, caracterizadas por una influencia de DOM de origen terrestre y alóctono, en mayor medida por los componentes similares a ácidos húmicos y en menor medida por un DOM más microbiano y autóctono, relacionado al componente similar a proteína, pero que sin embargo, esta composición dependerá de sus fuentes y la acción de los procesos bióticos y abióticos que ocurran dentro y fuera de la columna de agua.

Los resultados del presente análisis muestran que la espectroscopía de fluorescencia es un herramienta de monitoreo adecuada y poderosa para estimar la carga orgánica total de los efluentes de pisciculturas. Cabe mencionar que esta técnica es ecológica (no requiere de reactivos químicos) y relativamente rápida.

Los ecosistemas fluviales de cabecera son principalmente alimentados por materia orgánica de origen alóctono, proveniente principalmente de los árboles y de los suelos (relativamente refractaria = difícil de degradar) que se encuentran en su cuenca hidrográfica correspondiente. El Input de DOM desde una piscicultura proporciona DOM lábil (de rápida degradación) que genera cambios en el ecosistema fluvial hasta el punto donde el carbono orgánico es completamente oxidado por medio de la microbiota planctónica como la del biofilm. De acuerdo a los datos obtenidos tanto de DOM y DOC se observa que generalmente la capacidad de autodepuración y dilución de los cuerpos fluviales permite mantener la calidad química de los ríos estudiados, sin

embargo se trata de muestras puntuales y no permiten analizar el comportamiento dinámico de los efluentes de pisciculturas estudiadas.

Es fundamental incorporar sistemas de monitoreo continuo para detectar con certeza los peaks de los efluentes para calcular las cargas reales de nutrientes y carbono a los ríos aledaños a las pisciculturas. Por lo anteriormente mencionado se sugiere monitorear continuamente los efluentes de las pisciculturas mediante sensores destinados a monitorear la conductividad, salinidad, DOC, nutrientes y O₂. Esto con el fin de obtener certeza de que los valores de calidad química de los efluentes obtenidos mediante fiscalizaciones sean representativos y reflejen adecuadamente la carga orgánica de las pisciculturas.

Análisis de Evaluación de la factibilidad Técnica-Económica y propuesta de normativa de calidad

Los laboratorios actualmente acreditados se distribuyen dentro de las tres macrozonas de Chile, por lo que existe capacidad analítica instalada. Según el último informe de actividades de pesca y acuicultura de SERNAPESCA (2015), la mayor cantidad de centros de cultivos en tierra se distribuyen desde la región del Bío-Bío hasta Los Lagos, y es en estas zonas donde se encuentra la mayor disponibilidad de laboratorios de ensayo en el área físico-química para aguas y aguas residuales.

Por otro lado, no existen laboratorios que permitan caracterizar parámetros en el área biológica, como la determinación de Bioensayos de toxicidad, Bioindicadores biológicos, Degradación de materia orgánica, Inhibición respiratoria y Carbono orgánico total. La estimación de estos parámetros se concentra básicamente en laboratorios vinculados a universidades y son realizados por profesionales especialistas en el área. Por lo cual existe una mayor brecha para la determinación de estos parámetros, sobre todo por la falta de capital humano, como profesionales con formación en ciencias ambientales, especialistas en la línea de taxonomía acuática, Limnología o Ecotoxicología.

En relación a la evaluación económica, se evidenció que existe desproporción respecto de la capacidad instalada por zona para la entrega de un servicio por parte de un laboratorio, sin embargo solo se considera aspectos de ubicación y no los de operación en la misma zona o bien en otras zonas geográficas, pudiendo tener otros modelos de operación, empresas que realizan muestreos en otra región y entregan en el laboratorio. No es posible tener certeza si los laboratorios actuales subcontratan a

otros de otra zona para cumplir con los requerimientos de las pisciculturas a nivel nacional.

La decisión futura de implementación de los nuevos parámetros por parte de los laboratorios, no se encuentra determinado por los costos de implementación de uno o más análisis incorporados a la normativa, sino por una estructura de costos internos de cada uno, además depende de los modelos de negocio y estrategia futura en la cual se encuentren o deseen seguir. Se debe tener en cuenta que existe un tiempo en que se le podría exigir a las empresas (laboratorios) que incorporen los potenciales análisis. Lo anterior obedece a estructuras de mercado y tiempos base de integración en los negocios, los que se encuentran asociados a la oferta y demanda potencial, seguridad en futuros ingresos, costos de operación y mantención, entre otros. Por lo anterior, el tiempo en que el mercado (laboratorios actuales o potenciales) entregue la oferta a un costo para todos los clientes en forma igualitaria es incierto.

Se debe considerar en el análisis por parte de la institución que legisla, que la realización de este estudio y sus positivos resultados en cuanto a la determinación de costos, geo-referencia de laboratorios, la prefactibilidad técnica y económica de abarcar la actual y potencial demanda de empresas que deberían realizar los análisis para el cumplimiento de la legislación, no garantiza que los laboratorios incorporen en su lista de oferta los nuevos análisis, en el tiempo y cantidad requerida.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente estudio, se comprueba que los parámetros propuestos son los pertinentes para la evaluación y seguimiento de impactos ambientales generados por las pisciculturas en cuerpos de aguas continentales. La incorporación de estos parámetros en la futura norma, permite recoger con precisión los efectos de los impactos ambientales que se derivan de esta actividad, dado que se relacionan directa e indirectamente con los procesos de producción internos que operan en las pisciculturas, y con aquellos componentes (del ecosistema fluvial) más susceptibles de ser modificados y por lo tanto alterar la calidad ambiental del cuerpo receptor. Por otro lado, las metodologías de análisis de estos parámetros permiten asegurar la confiabilidad de los datos y al mismo tiempo optimizar esquemas de tiempo y costo monetario durante su evaluación.

Respecto de la implementación de una nueva normativa con nuevos parámetros para la actividad acuícola desafía a la autoridad tanto en términos de preparación de la norma, como el establecimiento de procesos para su aplicabilidad. Por lo tanto es importante dotar en regiones de capital humano con el criterio mínimo necesario para

la ejecución de los procedimientos de control para cada parámetro, además de contar con equipos e infraestructura adecuada. De acuerdo a la información levantada en este estudio, existen pocos laboratorios acreditados dedicados a la caracterización de parámetros biológicos en sistemas acuáticos, y en la actualidad estos análisis son efectuados por laboratorios vinculados a universidades que cuentan con profesionales especialistas en las áreas respectivas (taxonomía, limnología, ecotoxicología, entre otros). Esto último, eventualmente podría tener algún efecto en los tiempos de respuesta en la determinación de estos parámetros. Además es necesario la acreditación específica para este tipo de parámetros relativos a los profesionales necesarios para las determinaciones respectivas.

Actualmente la actividad acuícola se regula por el Decreto Supremo (DS 90) la cual corresponde a una normativa sectorial de emisiones que regula diferentes actividades productivas que se desarrollan en cuencas. No obstante las ventajas y limitaciones del DS 90, la presente propuesta de norma para la actividad acuícola viene a complementarse con esta norma de emisión, en tanto considera parámetros y rangos de aceptabilidad específicos para el control de la actividad acuícola.

Los sistemas fluviales también son regulados por las actuales normas de calidad secundaria (aprobadas para ciertas cuencas hidrográficas y otras en procesos de aprobación). El propósito de estas normas son: protección de la vida acuática, desde una perspectiva ecosistémica cuya construcción se realiza sobre la base del análisis de la data histórica de los parámetros químicos, estableciéndose límites basados en el percentil 66. Por lo tanto la complementariedad de los diversos cuerpos normativos es fundamental para la conservación de los ecosistemas fluviales. En este marco de complementariedad la propuesta realizada en el presente estudio cuyo propósito es regular la actividad acuícola de manera más precisa, contribuye a la mantención de calidad ambiental de los cuerpos receptores de las descargas de los centros de cultivos en tierra, los resultados están en sintonía con el propósito de la norma secundaria de calidad de agua (calidad ambiental). Por otro lado están en sintonía con la norma de emisión DS 90 en cuanto regula la actividad productiva (pisciculturas).

La propuesta de norma ha permitido proponer nuevos parámetros para el control ambiental de los centros de cultivo en tierra, cuyos resultados muestran ser pertinentes para esta actividad, dado que recogen los efectos específicos en el cuerpo receptor. Esta también debiera complementarse con otros cuerpos normativos (DS 90, normas secundarias, entre otras) en el propósito último de mejorar la calidad

ambiental de los ecosistemas fluviales, considerando las particularidades de cada uno de estos cuerpos normativos (propósitos, parámetros, entre otros).

IX. CONCLUSIONES

El análisis de la factibilidad técnica permitió establecer que en el país existe capacidad analítica instalada en el área físico-química, dado el gran número de laboratorios de ensayos presentes, distribuidos en las tres macrozonas. La descripción de las técnicas y protocolos para la estimación de los nuevos parámetros, favorecerán a determinar si el país cuenta con las capacidades humanas y de equipos e infraestructura para la caracterización de cada uno de ellos.

Por medio de la evaluación económica se pudo establecer del análisis territorial una clara distinción, ya que los centros piscícolas localizados en la zona norte, de implementarse a futuro la capacidad de realización de entrega de los nuevos parámetros solicitados en los laboratorios existentes, no habría dificultad oferta/demanda. Opuesto es el caso de la zona sur, de exigirse por parte de la autoridad competente los nuevos parámetros descritos en este informe, podría haber dificultad en la entrega de los resultados, dado que la cantidad de centros acuícolas es mucho mayor.

La propuesta de normativa sectorial proporcionó los criterios de aceptabilidad para cada parámetro y/o variable propuestos en este estudio basado en los resultados obtenidos del monitoreo y antecedentes científico-técnicos para cuerpos fluviales con dilución. Por otro lado, para el cumplimiento de la normativa es necesario contar con capital humano especializado en el análisis de cada parámetro, equipos e infraestructura.

El cálculo de índices biológicos de calidad acuática estableció que las comunidades de invertebrados bentónicas son afectadas localmente por la descarga del efluente. Esta afectación se relaciona con el recambio de especies bentónicas, específicamente un cambio de especies indicadoras de alta calidad acuática (e.g.: especies registradas en sitio control, E1) a otras especies tolerantes a la contaminación por nutrientes y materia orgánica. Además, este patrón de recambio fue observado también en sitios posteriores a la descarga de residuos (e.g.: 100 m aguas abajo descarga, E3), y en la mayoría de las pisciculturas y eventos de muestreos. Conjuntamente, la densidad de estas especies tolerantes a la baja calidad ambiental fue significativamente más alta en los sitios E2 y E3 (descarga y 100 m aguas abajo, respectivamente), a pesar de que los índices biológicos mostraron que la calidad del ecosistema fluvial se mantuvo constante en las tres estaciones de muestro.

La medición de la Salinidad, Conductividad y Sólidos Totales Disueltos como parámetros asociados, es trascendental para el tipo de evaluación ambiental de centros de cultivo de especies hidrobiológicas en cuestión. Esto ya que la aplicación de sal para el tratamiento de enfermedades de especies comerciales es de amplio uso y en grandes cantidades. Concentraciones elevadas de sal en la columna de agua pueden afectar significativamente la fisiología de las especies de vertebrados e invertebrados acuáticos nativos.

Los componentes lábiles (tipo triptófano) muestran un importante aumento en su intensidad, debido a la descarga de efluentes de las pisciculturas muestreadas, reflejando la carga orgánica producida por el alimento no consumido, los deshechos y exudaciones de los peces en cultivo. Esto permite utilizar a los componentes lábiles como trazadores no conservativos de la carga orgánica emitida de las actividades acuícolas en estudio sirviendo como una herramienta de diagnóstico eficaz, ecológica (no se utilizan reactivos dañinos para el medio ambiente) y relativamente económica.

Los resultados obtenidos relativos a los aportes de carbono orgánico disuelto en el marco del presente proyecto muestran una alta variabilidad tanto temporal como entre las pisciculturas muestreadas. Entre las posibles causas que originan esta variabilidad se encuentran por un lado las distintas actividades operacionales de cada piscicultura, como infraestructura (e.g.: presencia de rotafiltro correspondiente a tratamiento primario o piscinas de sedimentación), tipo de piscicultura (e.g.: flujo abierto y/o recirculación), cantidad de biomasa en cultivo y cantidad de alimento suministrado. Por otro lado ejerce una influencia importante el caudal del cuerpo de agua receptor, referido a la capacidad de dilución del efluente, el cual presenta una variación tanto diurna como anual. Se sugiere que en el marco de un seguimiento (programa de monitoreo) se incluyan datos sobre el caudal del cuerpo de agua, caudal de ingreso a la piscicultura y caudal de salida (efluente), esto con el fin de poder realizar un balance de la carga orgánica efectiva generada por parte de la piscicultura. En relación a los valores de carbono orgánico disuelto se concluye que los valores obtenidos durante las seis campañas de muestreo en algunas ocasiones superaron lejos valores críticos indicados para cuerpos de agua fluviales de regular o mala calidad (e.g.: $\text{DOC} \geq 4,0 \text{ mg C/L}$) según estándares de calidad de aguas en Europa. Este resultado sustenta la necesidad de monitorear más intensivamente y con mayor frecuencia los efluentes de las pisciculturas en general.

En relación a los datos obtenidos mediante técnicas fluorométricas, los cuales entregan una aproximación sobre la calidad de materia orgánica disuelta generada por la piscicultura, en términos de procedencia (e.g.: natural o antropogénica) y si corresponde a materia orgánica lábil o refractaria, se concluye que es una herramienta efectiva y precisa para monitorear la carga orgánica generada por parte de las pisciculturas muestreadas en el presente proyecto. La alta correlación entre los distintos componentes identificados y la concentración de DOC obtenidos durante la ejecución del proyecto sustentan la inclusión de esta herramienta de monitoreo, que ha tenido gran acogida en organismos europeos encargados del monitoreo, la protección del medio ambiente acuático y el manejo sustentable de cuencas fluviales. Finalmente se sugiere monitorear continuamente los efluentes de las pisciculturas mediante sensores destinados a monitorear la conductividad, salinidad, DOC, nutrientes y O₂. Esto con el fin de obtener certeza de que los valores de calidad química de los efluentes obtenidos mediante fiscalizaciones sean representativos y reflejen adecuadamente la carga orgánica de las pisciculturas.

El presente estudio demuestra que los parámetros propuestos pueden ser incorporados a la normativa ambiental. Su análisis permite evaluar con precisión los impactos ambientales que la actividad acuícola genera en los sistemas acuáticos. Sin embargo, existen aspectos importantes a considerar en la normativa ambiental que tiene relación con los efectos sinérgicos de la actividad acuícola localizada en una misma cuenca y la capacidad de carga de los sistemas acuáticos que pueden sostener una determinada producción.

X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERSON T.W. & D.A. DARLING (1954) A test of goodness of fit. Journal of the American Statistical Association, Volume 49, Issue 268, 765-769.
- APHA (1998) Standard methods for the examination of water and wastewater / prepared and published jointly by American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. Washington.
- ARENAS J (1993) Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de la calidad del agua del río Bío Bío, Chile. Tesis de Doctorado de la Facultad de Ciencias, Universidad de Concepción. 111pp.
- ARENAS J (1995) Composición y distribución del macrozoobentos del curso principal del río Biobío, Chile. Medio Ambiente 12(2): 39-50.
- ARMITAGE PD (1995). Faunal community change in response to flow manipulation. Pages 59-78 in D. M. Harper and A. J. D. Ferguson (eds.), The ecological basis for river management. Wiley, Chichester.
- BÄRLOCHER F (2005) Leaf mass losses estimated by litter bag technique, In: M, Graca, F, Bärlocher, M, Gessner (Eds.), Methods to study litter decomposition- A practical guide (Ch, 6,), Dordrecht Springer Verlag. 37-42
- BENFIELD E (1996) Leafbreakdown in stream ecosystem, In: Hauer F. & G. Lamberti (Eds,), Methods in stream ecology (Ch. 27), Burlington: Academic Press. 579-589.
- BERGHEIM A & A BRINKER (2003) Effluent treatment for flow through systems and European Environmental Regulations. Aquacultural Engineering 27: 61 - 77.
- BJORKLUND H, J BONDESTAM & G BYLUND (1990) Residues of oxytetracycline in wild fish and sediments from fish farms. Aquaculture. 86: 359 - 367.
- BOYD C (2003) Guidelines for aquaculture effluent management at the farm-level. Aquaculture 226: 101 - 112.
- BRAVO S (2003) Sea lice in Chilean salmon farms. Bull. Eur. Ass. Fish Pathol. 23(4): 197 - 200.
- BRINKER A, W KOPPE & R RÖSCH (2005) Optimised effluent treatment by stabilised trout faeces. Aquaculture, 249(1-4), 125- 144.

- BURD B (1995) Salmon aquaculture review. Volume 3, Part D: waste discharges. Environmental Assessment Office (EAO), Vancouver, B.C. 88 PP.
- BUSCHMANN A & PIZARRO R (2001) El costo ambiental de la salmonicultura en Chile. Publicaciones Terram Análisis de políticas públicas No5.
- BUSCHMANN A & A FORTT (2005) Efectos ambientales de la acuicultura intensiva y alternativas para un desarrollo sustentable. Revista Ambiente y Desarrollo (Chile) 21: 58-64.
- BUSCHMANN AH, DA LÓPEZ & A MEDINA (1996) A review of the environmental effects and alternative production strategies of marine aquaculture in Chile. Aquacultural Engineering, 15, 397-421.
- BUSCHMANN A, F CABELLO, K YOUNG, J CARVAJAL, DA VARELA & L HENRÍQUEZ (2009) Salmon aquaculture and coastal ecosystem health in Chile: Analysis of regulations, environmental impacts and bioremediation systems. Ocean & Coastal Management 52(5): 243-249.
- CARVAJAL J, L GONZÁLEZ & M GEORGE-NASCIMENTO (1998) Native sea lice (Copepoda: Caligidae) infestación of salmonids reared in netpen systems in southern Chile. Aquaculture. 166: 241 - 246.
- CASTELA, J., V. FERREIRA & M.A.S. GRAÇA (2007) Evaluation of stream ecological integrity using litter decomposition and benthic invertebrates. Environ. Pollut., doi:10.1016/j.envpol.2007.08.005.
- CHO CY & DP BUREAUM (2001) A review of diet formulation strategies and feeding systems to reduce excretory and feed wastes in aquaculture. Aquaculture Research. 32: 349 - 360.
- CESTESB (2005) Implementação de Testes de Toxicidade no Controle de Efluentes Líquidos. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental.
- CIID (2004) Ensayos toxicológicos y métodos de evaluación de calidad de aguas. Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo CIID. México, 189 pp.
- CLUGSTON JP (1990) Exotic animals and plants in aquaculture. Reviews in Aquatic Sciences. 2: 481 - 489.

COLLIER L & E PINN (1998) An assessment of the acute impact of the sea lice treatment ivermectin on a benthic community. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 230: 131-147.

CRANE MARK, P. MATTHIESSEN, D. STRETTON MAYCOCK, G.MERRINGTON, P. WHITEHOUSE (2009) Derivation and Use of Environmental Quality and oHuman Health Standards for Chemical Substances in Water and Soil. CRC Press; 1 edition 168 pp.

DECRETO SUPREMO N° 90 (2000) Norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales. MINSEGPRES.

DECRETO SUPREMO N° 51 (2008) Aprueba y oficializa nómina para el tercer proceso de clasificación de especies según su estado de conservación. MINSEGPRES.

DECRETO SUPREMO N° 38 (2013) Aprueba reglamento de Entidades Técnicas de Fiscalización Ambiental de la Superintendencia del Medio Ambiente, MINSEGPRES.

DECRETO SUPREMO N° 39 (2013) Aprueba reglamento de Entidades Técnicas de Fiscalización Ambiental de la Superintendencia del Medio Ambiente, MINSEGPRES.

DETERMANN, S., REUTER, R., WAGNER, P., & WILLKOMM, R. (1994) Fluorescent matter in the eastern Atlantic Ocean. Part 1: method of measurement and near-surface distribution. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 41(4), 659-675.

DOSDAT A (1992) L' excretion chez les poissons téléostéens L. Azote. *Piscic. Fr.*, 108:

DOSDAT A, F SERVAIS, R MÉTAILLER, C HUELVAN & E DESBRUYÉRES (1996) Comparison of nitrogenous losses in five teleost fish species. *Aquaculture* 141: 107 – 127.

DUDGEON D (1994).The functional significance of selection of particles by aquatic animals during building behaviour. Pages 289–312in r. S. Wotton (ed.), the biology of particles in aquatic systems, 2nd ed. Lewis publishers, London.

DUMAS A & A BERGHEIM (2001) Effluent treatment facilities and methods in fish farming: a review. *Bull. Aquacult. Assoc. Can.* 100: 33 – 38.

ELLIS D & ASSOCIATES (1996) Net loss: The salmon netcage industry in British Columbia: Vancouver, B.C: The David Suzuki Foundation.

ENHANCEMENT AND PRESERVATION OF NATURAL ENVIRONMENTAL QUALITY ACT (1992) Thailand.

EPS (1990) Guidance Document on Control of Toxicity Test Precision Using Reference Toxicants. Environment Canada. Report EPS 1/RM/12.

ERVIK A, PK HANSEN, J AURE, A STIGEBRANDT, P JOHANNESSEN & T JAHNSEN (1997) Regulating the local environmental impact of intensive marine fish farming. I. The concept of the MOM system (Modelling- Ongrowing fish farm-Monitoring). *Aquaculture*.158: 85 - 94.

FELLMAN, J.B., HOOD, E. & SPENCER, R.G.M. (2010) Fluorescence spectroscopy opens new windows into dissolved organic matter dynamics in freshwater ecosystems: A review. *Limnol Oceanogr*, 55, 2452-2462.

FERNÁNDEZ, H. R. & E. DOMÍNGUEZ (2001) Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos sudamericanos. Universidad Nacional de Tucumán. 282 pp.

FINDLAY, S., & SINSABAUGH, R. L. (EDS.) (2003) Aquatic ecosystems: Interactivity of dissolved organic matter. Academic Press.

FOLKE C & N KAUTSKY (1989) The role of ecosystems for a sustainable development of aquaculture. *Ambio*. 18: 234 - 243.

GONZÁLEZ L & J CARVAJAL (2000) Estrategias y medidas de manejo en la producción intensiva de salmonídeos para el control del parasitismo producido por *Caligus* en las regiones X y XI de Chile. Informe Final Proyecto FDI-Corfo.150 pp.

GRAEBER, D., BOËCHAT, I. G., ENCINA-MONTOYA, F., ESSE, C., GELBRECHT, J., GOYENOLA, G. & NIMPTSCH, J. (2015) Global effects of agriculture on fluvial dissolved organic matter. *Scientific reports*, 5.

GREEN JA, EL BRANNON & RW HARDY (2002) Effects of dietary phosphorus and lipid levels on utilization and excretion of phosphorus and nitrogen by rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Production-scale study. *Aquaculture Nutrition*. 8: 291 - 298.

GRIMNES A& PJ JAKOBSEN (1996) The physiological effects of salmon lice infection on post-smolt of Atlantic salmon. *Journal of Fish Biology*.48: 1179 - 1194.

HANSEN PK, A ERVIK, M SCHAANNING, P JOHANNESSEN, J AURE, T JAHNSEN & A STIGEBRANDT (2001) Regulating the local environmental impact of intensive

marine fish farming. II. The concept of the MOM system (Modelling On growing fish farm-Monitoring). *Aquaculture*. 194: 75-92.

HASTINGS, TS Y MCKAY, A (1987) Resistance of *Aeromonas salmonicida* to oxolinic acid. *Aquaculture*. 60: 133 - 41.

HELLAWELL JM (1986) Biological Indicator of Freshwater Pollution and Environmental Management, Elsevier Applied Science Publishers, London.

HENDERSON, R. K., BAKER, A., MURPHY, K. R., HAMBLY, A., STUETZ, R. M., & KHAN, S. J. (2009) Fluorescence as a potential monitoring tool for recycled water systems: A review. *Water Research*, 43(4), 863-881.

HILSENHOFF W (1988) Rapid field assessment of organic pollution with a family level biotic index. *J. N. Am. Benthol. Soc*, 7: 65 – 68.

HUDSON, N., BAKER, A., WARD, D., REYNOLDS, D. M., BRUNSDON, C., CARLIELL-MARQUET, C., & BROWNING, S. (2008) Can fluorescence spectrometry be used as a surrogate for the Biochemical Oxygen Demand (BOD) test in water quality assessment? An example from South West England. *Science of the total environment*, 391(1), 149-158.

INSTRUCTIVO SISS (1997) Requisitos para un laboratorio de aguas. Superintendencia de Servicios Sanitarios SISS.

JONES OJ (1990) Uptake and depuration of the antibiotics oxytetracycline and romet 30R in the Pacific oyster *Crass ostreagigas* (Thunberg), British Columbia, Canada, Vancouver. 221 pp.

KEYES, K., HUDSON, C., MAURER, J., THAYER, S., WHITE, D., & LEE, M. (2000) Detection of Florfenicol Resistance Genes in *Escherichia Coli* Isolated from Sick Chickens. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*. P. 421 – 424.

KLEE O (1993) Wasser untersuchen. Einfache Analysenmethoden und Beurteilungskriterien. - Heidelberg, Wiesbaden (Quelle und Meyer).

LECERF A, DOBSON M, DANG CK & E CHAUVET (2006) Riparian plant species loss alters trophic dynamics in detritus-based stream ecosystems. *Oecologia* 146: 432–442.

LEY GENERAL DE PESCA Y ACUICULTURA, Ley N° 18.892/89. D.S. N° 430/92, Ministerio de Economía de Chile.

LEY N° 19.300 SOBRE BASES GENERALES DEL MEDIO AMBIENTE – LEY ORGÁNICA DE SUPERINTENDENCIA DE MEDIO AMBIENTE, Ley N° 20.417/10, Ministerio Secretaría General de la Presidencia de Chile.

LOBOS C (1998) Actualización y enfoque de una situación parasitaria cambiante *Caligus* en salmónidos. En Profundidad.5(4): 62 - 67.

LOTZE HK, W SCHRAMM & B WORM (1999) Control of macroalgal blooms at early developmental stage: *Pilayella* and *Enteromorpha* sp. Oecologia 119: 46-54.

MANCILLA M (2005) Evaluación de los efectos de benzoato de emamectina sobre *Caligus rogercresseyi* (COPEPODA: CALIGIDAE) vía modelo de simulación. Tesis de grado. Universidad Austral de Chile, 70 PP.

MCCAFFERTY, W.PATRICK (1983) Aquatic entomology: the fishermen's and ecologists illustrated guide to insects and their relatives. Jones & Bartlett Publishers, ISBN 0867200170, ISBN 978-0-86720-017-1.

MCGHIE TK, CM CRAWFORD, IM MICHELL & D O'BRIEN (2000) The degradation of fish-cage waste in sediments during fallowing. Aquaculture 187: 351-366.

MEDINA M & F ENCINA (2003) Incorporación de la Evaluación de Riesgo Ecológico en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental para ecosistemas acuáticos en Chile. Revista Ambiente y Desarrollo (Chile) 19: 19-26.

MMA & CENMA (2013) Lineamientos Metodológicos para la Evaluación de Riesgo Ecológico. Ministerio de Medio Ambiente

MONTESINOS A (1999) Resistencia de cepas bacterianas aisladas de sedimento marino de un ex-centro de cultivo de salmónidos frente a los antibacterianos Flumequina y Acido Oxolínico, Universidad Austral de Chile, Valdivia. 38 PP.

MOREJÓN M., SALUP, R. & CUÉ M. (2003) Actualización en tetraciclinas. Rev. Club Farm 37(3): 1-1.

MURPHY, K. R., STEDMON, C. A., WAITE, T. D. & RUIZ, G. M. (2008) Distinguishing between terrestrial and autochthonous organic matter sources in marine environments using fluorescence spectroscopy. Mar. Chem. 108 (1-2), 40-58.

NASH CE (2001) The net-pen salmon farming Industry in the Pacific Northwest. U.S. National Oceanic and Atmospheric Administration, Seattle (WA), USA. NOAA Tech. Memo. NMFS-NWFSC-49.125 pp.

NIKLITSCHKE E, D SOTO & A LAFON (2006) Environmental review of the Chilean salmon sector. Contribution to the final report of the project "Trade Liberalization, Rural Poverty and the Environment: A case study of Forest and Salmon sectors in Chile" Universidad Austral de Chile, Centro Trapananda CT 2006-18. 25 p.

NIMPTSCH, J., WOELFL, S., OSORIO, S., VALENZUELA, J., EBERSBACH, P., VON TUEMPLING, W. & GRAEBER, D. (2015) Tracing dissolved organic matter (DOM) from land-based aquaculture systems in North Patagonian streams. *Science of the Total Environment*, 537, 129-138.

NORMA CHILENA OFICIAL NCh 411/2 Of. 96 (1996) Calidad del agua - Muestreo - Parte 2: Guía sobre técnicas de muestreo. Instituto Nacional de Normalización, INN-Chile.

NORMA CHILENA OFICIAL NCh 411/3 Of. 96 (1996) Calidad del agua - Muestreo - Parte 3: Guía sobre la preservación y manejo de las muestras. Instituto Nacional de Normalización, INN-Chile.

NORMA CHILENA OFICIAL NCh 411/10 Of. 97 (1997) Calidad del agua - Muestreo - Parte 10: Guía para el muestreo de aguas residuales, Instituto Nacional de Normalización, INN-Chile.

NORMA CHILENA OFICIAL NCh 2083 (1999) Aguas - Bioensayo de toxicidad aguda mediante la determinación de la inhibición de la movilidad de *Daphnia magna* o *Daphnia pulex* (Crustacea, Cladocera). Norma Chilena Oficial NCh 2083. Of1999. Instituto Nacional de Normalización, INN-Chile. (Decreto N° 152).

NORMA CHILENA OFICIAL NCh 2706 (2002) Calidad de agua, bioensayo de inhibición de crecimiento de algas en agua dulce con *Selenastrum capricornutum* (*Raphidocelis subcapitata*), Instituto Nacional de Normalización, INN-Chile, 28 pp.

NORMA CHILE OFICIAL NCh - ISO 17025 (2005) Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración. Instituto Nacional de Normalización, INN-CHILE.

NORSK STANDARD NS 9422:1998 (1998) Water quality - Guidelines for sediment sampling in marine áreas.

NORSK STANDARD NS 9423:1998 (1998) Water quality - Guidelines for quantitative investigations of sublittoral soft-bottom benthic fauna in the marine environment.

NUÑEZ R (2009) Análisis de la legislación ambiental asociada a los principales impactos ambientales en la salmonicultura en chilena. Tesis para optar al título de Ingeniería en Pesquerías, Escuela de Ingeniería en Acuicultura, Universidad Austral de Chile.

ORGANIZACIÓN PARA LA COOPERACIÓN Y EL DESARROLLO ECONÓMICO (OCDE) & Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) (2005). Evaluaciones del desempeño ambiental, Chile. CEPAL, Santiago, Chile.

PARLANTI, E., WORZ, K., GEOFFROY, L., & LAMOTTE, M. (2000) Dissolved organic matter fluorescence spectroscopy as a tool to estimate biological activity in a coastal zone submitted to anthropogenic inputs. *Org Geochem*, 31, 1765-1781.

PASCOAL, C & F CÁSSIO (2004) Contribution of fungi and bacteria to leaf litter decomposition in a polluted river. *Appl. Environ. Microbiol.*, 70:5266-5273

PETERS W & G EDMUNDS (1972) A revision of the Generic Classification of Certain Leptophlebiidae from Southern South America (Ephemeroptera). *Annals of the Entomological Society of America*, 65(6): 1398 – 1414.

PNUMA (1999) "Global Environmental Facility" <http://www.unep.org/gef/gefinfo2.html>

REGLAMENTO DE CONCESIONES Y AUTORIZACIONES DE ACUICULTURA (1993) D.S. N°290/93 y sus modificaciones.

REGLAMENTO DE MEDIDAS DE PROTECCIÓN, CONTROL Y ERRADICACIÓN DE ENFERMEDADES DE ALTO RIESGO PARA LAS ESPECIES HIDROBIOLÓGICAS (2001) D.S. 319/2001.

REGLAMENTO DEL SISTEMA DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL (2001) D.S. N°95/2001.

REGLAMENTO AMBIENTAL PARA LA ACUICULTURA RAMA (2001) D.S. N°320/2001. Ministerio de Economía, Fomento y Turismo.

REGULATION RELATIVE TO FRESH WATER FISH FARMS (1998) Denmark.

- REYES X & S BRAVO (1983) Salmón coho (*Oncorhynchus kisutch*) cuativado en Puerto Montt, Chile, nuevo huésped para el copépodo *Caligus teres* (Caligidae). Invest. Mar. Valparaíso 11: 51-54
- RESOLUTION (CONAMA) No. 20 (1986) Establishing a classification of fresh, brackish and marine waters.
- RIVERA N.R., F. ENCINA, A. MUÑOZ-PEDREROS & P. MEJÍAS (2004) La calidad de las aguas en los ríos Cautín e Imperial, IX Región-Chile. Información tecnológica-Vol. 15 N°5-2004, págs.:89-101.
- ROQUE D'ORBCASTEL E, J BLANCHETON, T BOUJARD, J AUBIN, Y MOUTOUNET, C PRZYBYLA & A BELAUD (2008) Comparison of two methods for evaluating waste of a flow through trout farm. Aquaculture 274: 72 – 79.
- SCOTTISH ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – SEPA 1974 Control of Pollution Act. 1974 Escocia.
- SERVICIO NACIONAL DE PESCA Y ACUICULTURA (2015) Informe en actividades de pesca y acuicultura. SERNAPESCA, Valparaíso, Chile.
- SOTO D & F NORAMBUENA (2004) Evaluation of salmon farming effects on marine systems in the inner seas of southern Chile; a large-scale mensurative experiment. J. appl. Ichthyol. pp. 493 - 501.
- STEINBERG, C. E., KAMARA, S., PROKHOTSKAYA, V. Y., MANUSADŽIANAS, L., KARASYOVA, T. A., TIMOFEYEV, M. A., & MENZEL, R. (2006) Dissolved humic substances–ecological driving forces from the individual to the ecosystem level?. *Freshwater Biology*, 51(7), 1189-1210.
- STELLWAGEN J (1993) Fish farm effluents and their control: Country contribution from Denmark. In: ROSENTHAL H, V HILGE & A KAMSTRA (Eds.) Workshop on Fish Farm Effluents and Their Control in EC countries, Kiel, Germany 73 – 75 pp.
- STEPHEN C (1995) A Field Investigation of Marine Anemia in Farmed Salmon in British Columbia. PhD Thesis. Western College of Veterinary Medicine. Saskatoon, University of Saskatchewan.
- STONE J, IH SUTHERLAND, C SOMMERVILLE, RH RICHARDS & KJ VARMA (2000) Field trials to evaluate the efficacy of emamect in benzoate in the control of sea lice, *Lepeophtheirus salmonis* (Kroyer) and *Caligus elongates* Nordmann, infestacions in Atlantic salmon *Salmo salar* L. Aquaculture. 186: 205 - 219.

STRATEGY FOR THE WATER FRAMEWORK DIRECTIVE 2000/60/EC (2000) Guidance document no. 7. Monitoring under the Water Framework Directive.

TROELL M, C HALLING, A NILSSON, AH BUSCHMANN, N KAUTSKY & L KAUTSKY (1997) Integrated marine cultivation of *Gracilaria chilensis* (Gracilariales, Rhodophyta) and salmon cages for reduced environmental impact and increased economic output. *Aquaculture* 156: 45-61.

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE TEMUCO (2014) Informe Final Proyecto Evaluación de los Impactos Ambientales y Caracterización de los RILES Generados por Centros de Cultivo Re Recursos Hidrobiológicos Emplazados en Tierra y que Descargan a Cuerpos de Agua Fluviales y Lacustres. Proyecto FIP Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, Chile.

USEPA (1990) Sheepshead minnow and inland silverside larval survival and growth toxicity tests. Supplemental report for training videotape. Office of Research and Development, U. S. Environmental. Protection Agency, Washington, DC. EPA-600/3-90/075.

USEPA (1993) Methods for measuring the acute toxicity of effluents and receiving waters to freshwater and marine organisms. U.S. Environmental Protection Agency, Environmental Research Laboratory – Cincinnati, Ohio. EPA/600/4-90/027F.

VAN STRAALEN N & DENNEMAN C (1989) Ecotoxicological evaluation of soil quality criteria. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 18: 241 – 251.

WETZEL, R. G. (1992) Gradient-dominated ecosystems: sources and regulatory functions of dissolved organic matter in freshwater ecosystems. In *Dissolved Organic Matter in Lacustrine Ecosystems* (pp. 181-198). Springer Netherlands.

YAMASHITA Y & TANOUE E. (2003) Chemical characterization of protein-like fluorophores in DOM in relation to aromatic amino acids. *Mar Chem* 82:255–71.

YAMASHITA, Y., MAIE, N., BRICENO, H. & JAFFE R. (2010) Optical characterization of dissolved organic matter in tropical rivers of the Guayana Shield, Venezuela. *Journal of Geophysical Research-Biogeosciences*, 115, G00F10.

YOUNG R., C. D. MATTHAEI & C. R. TOWNSEND (2008) Organic matter breakdown and ecosystem metabolism: functional indicators for assessing river ecosystem health *J. N. Am. Benthol. Soc.*, 2008, 27(3):605–625.

Evaluación y análisis de los posibles parámetros ambientales a ser incorporados en las normas de emisión y/o calidad de aguas fluviales y lacustres, destinados a centro de cultivo ubicados en tierra.

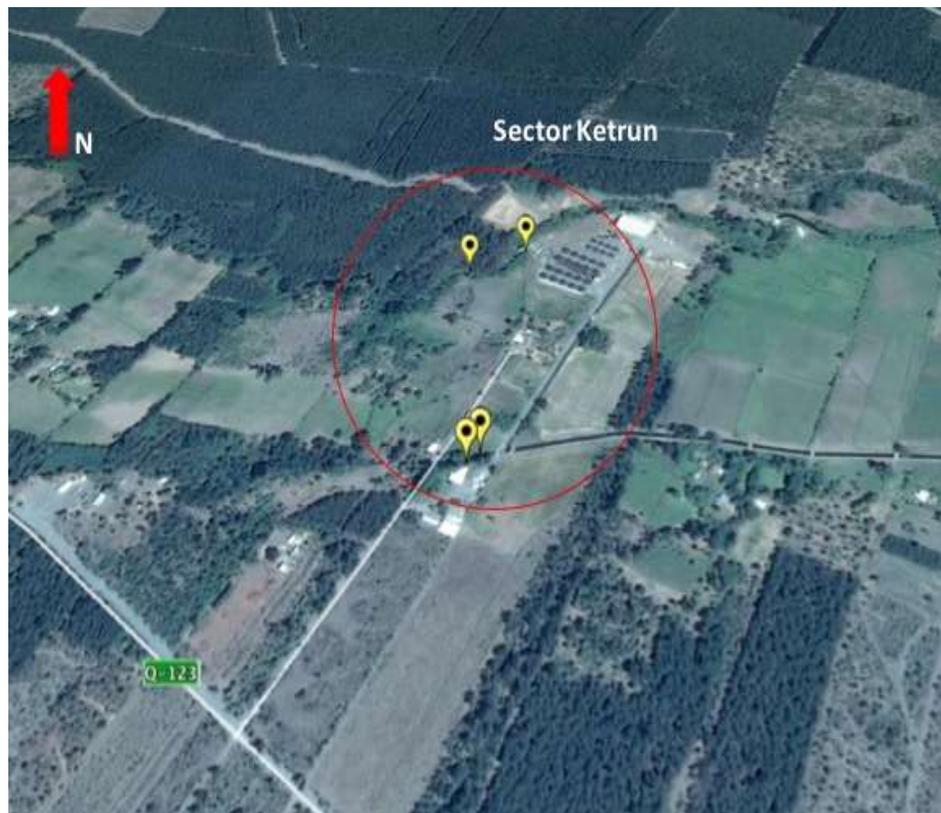
ZAR J.H. (1996) Biostatistical analysis 4th ed. Prentice-Hall. New Jersey 662 pp.

XI. ANEXOS

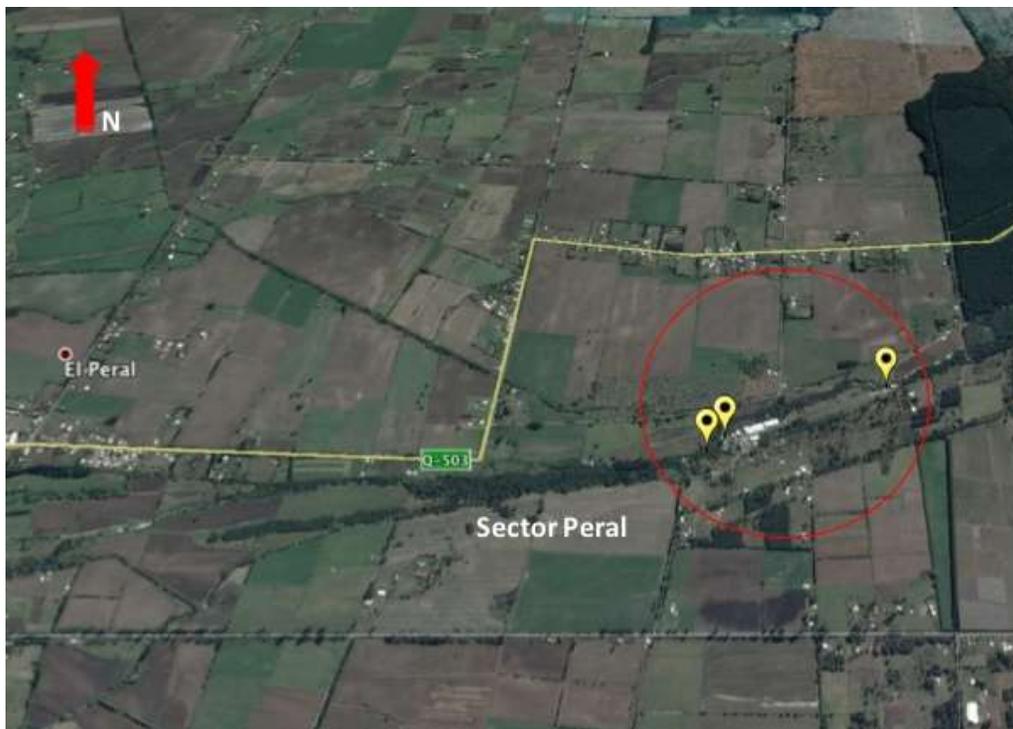
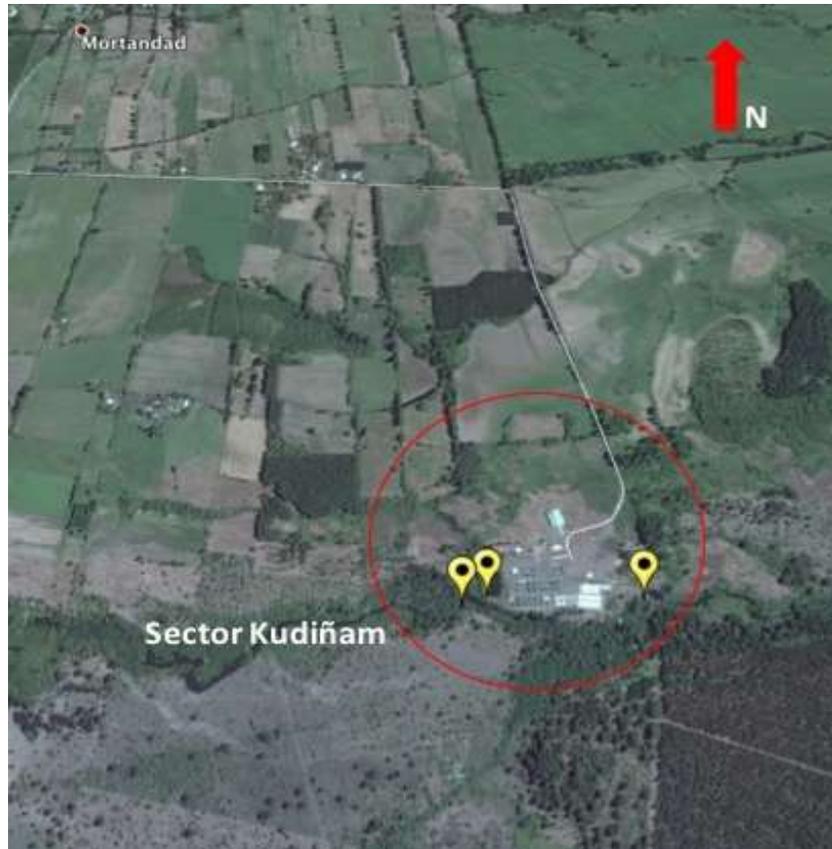
Anexo 1. Coordenadas pisciculturas presentes en la región del BíoBío.

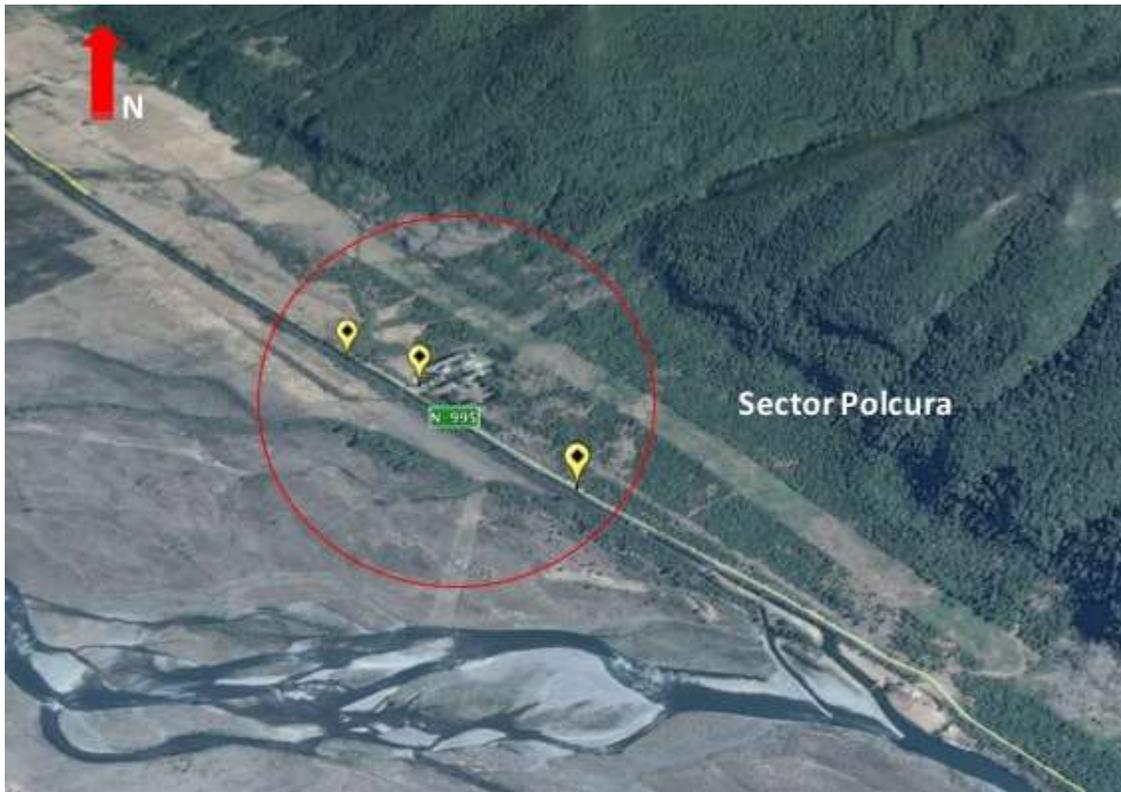
	Coordenadas WGS 84	E1	E2	E3
Coreo	UTM	750097	746946	746838
		5869454	5840671	5840422
	Geográficas	37°17'16,55"	37°32'52,46"	37°33'0,64"
		72°10'43,67"	72°12'16,85"	72°12'20,94"
El Peral	UTM	749455	748836	748765
		5847846	5847647	5847593
	Geográficas	37°28'57,49"	37°29'4,54"	37°29'6,36"
		72°10'43,48"	72°11'8,42"	72°11'11,24"
STH	UTM	753400	753174	752984
		5869856	5870071	5870097
	Geográficas	37°17'0,30"	37°16'53,55"	37°16'52,90"
		72°8'30,18"	72°8'39,61"	72°8'47,35"
Ketrún Rayén	UTM	750104	750029	749982
		5369471	5869769	5869712
	Geográficas	37°17'13,91"	37°17'6,40"	37°17'8,29"
		71°59'24,82"	72°10'46,81"	72°10'48,65"
Kudiñam	UTM	758158	757871	757824
		5858663	5858677	5858662
	Geográficas	37°22'58,34"	37°22'58,17"	37°22'58,70"
		72°5'3,18"	72°5'14,85"	72°5'16,74"
Polcura	UTM	264851	264360	264152
		5868014	5868133	5868133
	Geográficas	37°18'17,26"	37°18'12,95"	37°18'12,76"
		71°39'11,55"	71°39'31,34"	71°39'39,78"

Evaluación y análisis de los posibles parámetros ambientales a ser incorporados en las normas de emisión y/o calidad de aguas fluviales y lacustres, destinados a centro de cultivo ubicados en tierra.



Laboratorio de Limnología y Recursos Hídricos





Anexo 2. Formularios B-investigación programa de monitoreo en centros de salmonicultura Noruega MOM.

Company:		Concession no.:									
Site:		Date:									
Sampling location (number)											
Depth (m)											
Number of sampling attempts											
Bottom type:	Shell-sand										
	Sand/gravel										
	Clay										
	Mud										
	Stony										
	Rocky										
*Echinoderms											
*Crustaceans											
*Molluscs											
*Bristleworms											
** <i>Malacoceros fuliginosa</i>											
Organisms from the fish farm											
Feed/ faeces											
<i>Beggiatoa</i>											
Spontaneous outgassing											
Outgassing during sampling											
Outgassing in the sample											
Grabb area:											
Signature:											

Figura 125. Formulario de lugares de muestreo (Fuente: Norsk standard NS9410).

	Sea water	Sediment	pH-buffer
Temperature			
pH			
E _h (mV)		Reference elektrode potential (mV)	

Figura 126. Formulario para variables de control (Fuente: Norsk standard NS9410).

Site:		Date:													
Gr.	Parameter	Points	Sample number										Index		
I	Animals	Yes (0) No (1)													
	Condition (Group I)														
II	pH	Measured value													
	E _h (mV)	Measured value													
		+ ref. potential													
	pH/E _h	Points, Appendix D													
Condition (sample)															
Condition (Group II)															
III	Outgassing	Yes (4) No (0)													
	Colour	Pale/grey (0)													
		Brown/black (2)													
	Smell	None (0)													
		Medium (2)													
		Strong (4)													
	Consistency	Firm (0)													
		Soft (2)													
		Loose (4)													
	Grab volume (v)	v < ¼ (0)													
		1/4 ≤ v < 3/4 (1)													
		v ≥ 3/4 (2)													
	Thickness of deposits (t)	t < 2 cm (0)													
		2 ≤ t < 8 cm (1)													
t ≤ 8 cm (2)															
Sum															
Corr. sum (0,22)															
Condition (sample)															
Condition (Group III)															
II & III	Average value (Group II & III)														
Condition (sample)															
Condition (Group II & III)															
AVERAGE VALUE FOR SITE															
Signature:															

Figura 127. Formulario de muestras (Fuente: Norsk standard NS9410).

Anexo 3. Análisis de parámetros físico-químicos (laboratorio) de centros de cultivos de la VIII Región del BíoBío, considerando los primeros tres monitoreos.

Tabla 50. Primer monitoreo pisciculturas presentes en la región del BíoBío.

Piscicultura	Sitio	N-NH4 mg/L	N-NO3 mg/L	N-NO2 mg/L	N-TOT mg/L	N-Org.TOT mg/L	P-PO4 mg/L	P-TOTAL mg/L	Cl mg/L	SDT mg/L	SST mg/L
Coreo	Control E1	0,005	0,739	0,002	0,870	0,127	0,036	0,042	2,2	91,7	< 5
	Efluente E2	0,215	0,737	0,003	1,281	0,329	0,082	0,120	3,9	131,1	< 5
	E3	0,178	0,800	0,014	1,194	0,215	0,074	0,099	4,3	120,0	< 5
El Peral	Control E1	0,005	0,836	< 0,002	1,091	0,250	0,041	0,062	2,1	85,6	65,3
	Efluente E2	0,173	0,936	0,004	1,358	0,250	0,068	0,097	2,2	173,3	< 5
	E3	0,121	0,969	0,005	1,422	0,332	0,059	0,082	2,2	171,1	< 5
STH	Control E1	0,003	< 0,002	< 0,002	0,046	0,045	0,008	0,016	1,0	81,1	< 5
	Efluente E2	0,183	< 0,002	< 0,002	0,268	0,084	0,020	0,073	1,1	55,0	< 5
	E3	0,023	< 0,002	< 0,002	0,062	0,039	0,010	0,028	1,1	71,1	< 5
Kudiñam	Control E1	0,004	0,072	< 0,002	0,168	0,093	0,011	0,038	1,2	66,7	< 5
	Efluente E2	0,131	0,073	0,002	0,335	0,131	0,026	0,063	18,2	265,6	< 5
	E3	0,064	0,075	0,002	0,231	0,092	0,016	0,051	5,3	106,7	< 5
Polcura	Control E1	< 0,003	0,005	< 0,002	0,025	0,019	0,010	0,033	1,0	56,7	< 5
	Efluente E2	0,154	0,006	< 0,002	0,268	0,107	0,033	0,076	0,9	78,3	< 5
	E3	0,064	0,006	< 0,002	0,075	< 0,015	0,014	0,040	1,1	68,3	< 5
Ketrún Rayén	Control E1	0,014	0,011	< 0,002	0,100	0,075	0,013	0,053	1,3	61,7	6,9
	Efluente E2	0,247	0,015	0,002	0,472	0,211	0,053	0,126	1,4	68,9	< 5
	E3	0,060	0,022	< 0,002	0,132	0,050	0,017	0,063	1,1	93,3	< 5

Tabla 51. Segundo monitoreo pisciculturas presentes en la región del Bío-bío.

Piscicultura	Sitio	N-NH4 mg/L	N-NO3 mg/L	N-NO2 mg/L	N-TOT mg/L	N-Org.TOT mg/L	P-PO4 mg/L	P-TOTAL mg/L	Cl mg/L	SDT mg/L	SST mg/L
Coreo	Control E1	< 0,003	1,034	< 0,002	2,139	1,105	0,042	0,052	2,5	88,9	< 5
	Efluente E2	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	E3	0,082	1,036	0,003	1,239	0,122	0,039	0,063	2,4	118,9	< 5
El Peral	Control E1	< 0,003	1,258	< 0,002	1,334	0,074	0,036	0,055	2,3	77,8	< 5
	Efluente E2	0,120	1,230	0,003	1,451	0,100	0,065	0,096	2,3	66,7	< 5
	E3	0,080	1,490	0,004	1,630	0,060	0,055	0,079	2,4	100,0	< 5
STH	Control E1	< 0,003	< 0,002	< 0,002	0,062	0,061	0,009	0,012	1,0	44,4	< 5
	Efluente E2	0,245	0,004	< 0,002	0,763	0,514	0,094	0,177	1,7	33,3	< 5
	E3	0,015	0,003	< 0,002	0,104	0,086	0,013	0,019	1,0	33,3	< 5
Kudiñam	Control E1	0,003	0,076	< 0,002	0,157	0,078	0,013	0,033	1,3	111,1	6
	Efluente E2	0,194	0,078	0,002	0,532	0,260	0,035	0,071	1,9	122,2	6,9
	E3	0,109	0,089	0,002	0,435	0,237	0,024	0,069	1,7	88,9	8,5
Polcura	Control E1	< 0,003	0,009	< 0,002	0,052	0,044	0,007	0,010	0,8	66,7	< 5
	Efluente E2	0,023	0,008	< 0,002	0,132	0,101	0,017	0,024	1,2	33,3	< 5
	E3	< 0,003	0,008	< 0,002	0,057	0,048	0,008	0,011	1,0	33,3	< 5
Ketrún Rayén	Control E1	0,020	0,018	< 0,002	0,148	0,110	0,017	0,031	1,1	55,6	< 5
	Efluente E2	0,195	0,041	0,004	0,622	0,386	0,056	0,102	1,3	66,7	< 5
	E3	0,067	0,026	0,003	0,212	0,118	0,024	0,053	1,2	66,7	< 5

* No hubo toma de muestra porque no había actividad en la piscicultura. No existía flujo.

Tabla 52. Tercer monitoreo pisciculturas presentes en la región del Bío-bío.

Piscicultura	Sitio	N-NH4 mg/L	N-NO3 mg/L	N-NO2 mg/L	N-TOT mg/L	N-Org.TOT mg/L	P-PO4 mg/L	P-TOTAL mg/L	Cl mg/L	SDT mg/L	SST mg/L
Coreo	Control E1	< 0,003	0,792	0,002	1,193	0,403	0,032	0,051	2,4	107,8	28,4
	Efluente E2	0,119	0,667	0,005	1,425	0,638	0,041	0,104	2,9	135,6	53,9
	E3	0,138	0,838	0,008	1,469	0,493	0,067	0,160	7,4	132,2	52,5
El Peral	Control E1	< 0,003	1,033	0,002	1,300	0,268	0,037	0,048	0,7	90,0	39,7
	Efluente E2	0,123	0,857	0,005	1,553	0,573	0,045	0,092	1,9	111,1	22,5
	E3	0,027	1,330	0,004	1,541	0,185	0,042	0,058	2,5	96,7	35,4
STH	Control E1	< 0,003	< 0,002	< 0,002	0,060	0,063	0,010	0,015	1,0	68,9	6,0
	Efluente E2	0,450	0,003	0,004	0,905	0,452	0,071	0,147	1,4	68,9	14,3
	E3	0,028	< 0,002	< 0,002	0,135	0,107	0,012	0,028	1,0	61,1	<5
Kudiñam	Control E1	< 0,003	0,045	0,002	0,151	0,105	0,012	0,029	1,0	73,3	9,6
	Efluente E2	0,102	0,042	0,004	0,358	0,214	0,022	0,048	2,0	88,9	7,0
	E3	0,031	0,054	0,004	0,257	0,173	0,017	0,047	1,4	95,6	9,4
Polcura	Control	< 0,003	0,008	< 0,002	0,064	0,058	0,008	0,017	1,1	65,6	<5
	Efluente	0,041	0,005	< 0,002	0,178	0,132	0,032	0,058	0,9	77,8	8,0
	Pto. 3	< 0,003	0,009	< 0,002	0,068	0,059	0,011	0,018	0,9	65,6	12,7
Ketrún Rayén	Control	0,040	0,019	0,005	0,155	0,096	0,021	0,042	1,0	71,1	11,3
	Efluente	0,389	0,046	0,006	0,850	0,415	0,081	0,152	1,4	80,0	7,8
	Pto. 3	0,137	0,031	0,007	0,210	0,042	0,031	0,046	1,1	84,4	10,5

Tabla 53. Cuarto monitoreo pisciculturas presentes en la región del BíoBío.

Piscicultura	Sitio	N-NH4 mg/L	N-NO3 mg/L	N-NO2 mg/L	N-TOT mg/L	N-Org.TOT mg/L	P-PO4 mg/L	P-TOTAL mg/L	Cl mg/L	SDT mg/L	SST mg/L
Coreo	Control E1	< 0,003	1,024	0,002	1,056	0,034	0,042	0,047	2,03	113,3	23,1
	Efluente E2	0,159	1,092	0,002	1,266	0,016	0,059	0,069	13,68	192,2	13,9
	E3	0,168	0,927	0,009	1,146	< 0,015	0,076	0,104	14,56	368,9	33,6
El Peral	Control E1	< 0,003	1,177	< 0,002	1,179	< 0,015	0,044	0,049	1,8	120,0	41,2
	Efluente E2	0,065	1,191	0,002	1,275	0,020	0,063	0,085	1,68	120,0	11,3
	E3	0,047	1,217	0,003	1,288	< 0,015	0,051	0,058	1,73	133,3	15,9
STH	Control E1	< 0,003	< 0,002	< 0,002	0,076	0,077	0,011	0,015	0,72	103,3	7,6
	Efluente E2	0,098	0,014	0,006	0,308	1,196	0,125	0,176	1,09	97,8	22,7
	E3	0,040	0,005	< 0,002	0,175	0,131	0,026	0,038	0,94	73,3	14,4
Kudiñam	Control E1	< 0,003	0,055	< 0,002	0,142	0,086	0,015	0,025	1,37	90,0	19,6
	Efluente E2	0,096	0,060	0,002	0,277	0,121	0,022	0,036	1,01	88,9	8,0
	E3	0,050	0,064	0,002	0,231	0,117	0,018	0,044	1,44	95,6	9,2
Polcura	Control	< 0,003	0,022	< 0,002	0,068	0,049	0,010	0,010	0,73	32,2	29,1
	Efluente	0,088	0,024	< 0,002	0,255	0,143	0,063	0,115	0,86	70,0	7,0
	Pto. 3	0,004	0,022	< 0,002	0,069	0,043	0,016	0,027	0,77	82,2	5,6
Ketrún Rayén	Control	0,014	0,020	0,004	0,124	0,089	0,026	0,029	0,8	88,9	16,6
	Efluente	0,121	0,048	0,007	0,340	0,170	0,055	0,056	1,11	92,2	15,7
	Pto. 3	0,061	0,034	0,007	0,254	0,158	0,033	0,049	0,89	87,8	10,2

Tabla 54. Quinto monitoreo pisciculturas presentes en la región del BíoBío.

Piscicultura	Sitio	N-NH4 mg/L	N-NO3 mg/L	N-NO2 mg/L	N-TOT mg/L	N-Org.TOT mg/L	P-PO4 mg/L	P-TOTAL mg/L	Cl mg/L	SDT mg/L	SST mg/L
Coreo	Control E1	< 0,003	0,281	0,003	0,697	0,416	0,031	0,058	1,52	92,2	53,7
	Efluente E2	0,044	0,411	0,003	0,738	0,283	0,026	0,081	0,97	98,9	46,8
	E3	0,043	0,443	0,003	0,735	0,249	0,035	0,082	0,58	91,1	49,0
El Peral	Control E1	< 0,003	0,487	0,003	1,167	0,682	0,020	0,050	< 0,10	86,7	55,4
	Efluente E2	< 0,003	0,604	0,004	1,224	0,619	0,028	0,049	0,83	77,8	44,9
	E3	0,030	0,449	0,003	1,200	0,721	0,027	0,064	0,58	30,0	23,3
STH	Control E1	< 0,003	< 0,002	< 0,002	0,095	0,096	0,008	0,016	0,46	51,1	35,7
	Efluente E2	0,132	0,004	0,002	0,563	0,428	0,038	0,119	0,66	53,3	35,0
	E3	0,031	0,002	< 0,002	0,128	0,095	0,012	0,036	0,37	62,2	16,8
Kudiñam	Control E1	< 0,003	0,016	< 0,002	0,089	0,074	0,006	0,018	0,16	54,4	22,6
	Efluente E2	0,116	0,023	< 0,002	0,205	0,066	0,018	0,039	0,14	52,2	40,4
	E3	0,036	0,035	< 0,002	0,133	0,062	0,011	0,034	0,54	58,9	23,1
Polcura	Control	< 0,003	0,010	< 0,002	0,054	0,046	0,007	0,008	0,65	38,9	13,2
	Efluente	0,168	0,011	0,002	0,322	0,142	0,023	0,059	0,38	40,0	17,8
	Pto. 3	0,008	0,003	< 0,002	0,063	0,052	0,007	0,011	0,61	47,8	8,0
Ketrún Rayén	Control	0,018	0,013	0,002	0,112	0,081	0,015	0,036	0,47	46,7	24,5
	Efluente	0,038	0,041	0,004	0,376	0,297	0,053	0,141	1,13	57,8	20,0
	Pto. 3	0,020	0,026	0,004	0,284	0,238	0,021	0,051	0,92	50,0	25,7

Tabla 55. Sexto monitoreo pisciculturas presentes en la región del BíoBío.

Piscicultura	Sitio	N-NH4 mg/L	N-NO3 mg/L	N-NO2 mg/L	N-TOT mg/L	N-Org.TOT mg/L	P-PO4 mg/L	P-TOTAL mg/L	Cl mg/L	SDT mg/L	SST mg/L
Coreo	Control E1	< 0,003	0,555	0,004	0,796	0,240	0,032	0,060	1,72	63,3	48,1
	Efluente E2	0,119	0,501	0,004	1,067	0,447	0,053	0,120	2,88	62,2	21,7
	E3	0,151	0,454	0,003	1,064	0,458	0,049	0,122	1,68	137,8	56,2
El Peral	Control E1	< 0,003	0,550	0,002	1,163	0,614	0,028	0,063	1,58	67,8	43,9
	Efluente E2	0,010	0,874	0,005	1,161	0,277	0,042	0,073	1,86	86,7	28,1
	E3	0,009	0,739	0,004	1,179	0,430	0,033	0,064	1,26	81,1	28,1
STH	Control E1	< 0,003	0,009	< 0,002	0,058	0,050	0,013	0,041	0,55	50,0	30,2
	Efluente E2	0,097	0,010	0,002	0,789	0,682	0,038	0,148	0,8	38,9	37,6
	E3	0,049	0,011	< 0,002	0,649	0,589	0,024	0,108	0,35	47,8	33,0
Kudiñam	Control E1	< 0,003	0,046	0,002	0,121	0,074	0,009	0,028	0,89	47,8	8,8
	Efluente E2	0,055	0,035	0,002	0,263	0,173	0,015	0,053	0,93	38,9	19,5
	E3	0,043	0,052	0,002	0,193	0,098	0,014	0,042	0,82	42,2	23,1
Polcura	Control	< 0,003	0,012	< 0,002	0,045	0,034	0,007	0,030	0,93	50,0	9,8
	Efluente	0,077	0,015	< 0,002	0,201	0,108	0,019	0,057	0,75	48,9	23,2
	Pto. 3	0,017	0,013	< 0,002	0,064	0,033	0,011	0,022	0,88	48,9	8,8
Ketrún Rayén	Control	0,077	0,068	< 0,002	0,255	0,110	0,032	0,084	0,97	50,0	40,7
	Efluente	0,398	0,095	0,003	0,778	0,285	0,092	0,216	1,28	41,1	22,3
	Pto. 3	0,183	0,113	0,002	0,396	0,101	0,059	0,120	0,96	68,9	14,9

Anexo 4. Resultados de los análisis de antibióticos en laboratorio de centros de cultivos de la VIII Región del BíoBío.

Tabla 56. Análisis de antibióticos (oxitetraciclina y florfenicol) en laboratorio para las seis campañas de terreno.

CENTRO	MESES DE MUESTREO											
	DICIEMBRE		ENERO		FEBRERO		MARZO		ABRIL		MAYO	
	Florfenicol ppb	Oxitetraciclina ppb										
Coreo	16	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	128	20
El Peral	19	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	812	ND
Ketrun Rayen	21	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	107	27082
Kudiñam	8	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	146	7
Polcura	15	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	49	4
STH	11	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	133	ND

ND: No detectado.

Anexo 5. Orden evolutivo de macroinvertebrados bentónicos en los centros estudiados.

Tabla 57. Orden evolutivo macroinvertebrados bentónicos centro Coreo.

Phyllum	Clase	Orden	Familia	Especie	1 ^{er} Monitoreo			2 ^{do} Monitoreo			3 ^{er} Monitoreo			4 ^{to} Monitoreo			5 ^{to} Monitoreo			6 ^{to} Monitoreo		
					E1	E2	E3	E1	E2	E3	E1	E2	E3	E1	E2	E3	E1	E2	E3	E1	E2	E3
Annelida	Oligochaeta		Oligochaeta	Oligochaeta indet.	12	18		1					3,3	1		5,3					0,3	
			Hirudinea	Hirudinea	Hirudinea indet.												0,7					4,3
Mollusca	Gastropoda	Pulmonata	Chiliniidae	<i>Chilina sp.</i>	1,0	7		1			0,3		0,3	4		0,333	6,3			1	1	
		Basommatophora	Anclylidae			17	0,3						3								0,3	
Arthropoda	Crustacea		Aeglidae		4,7			1					0,7	2		1	0,7			0,3		
		Gastropoda	Physidae			67	27							57	17		160	33,3		4	433	8
			Hydrobiidae			0,3																
		Amphipoda	Hyalellidae	<i>Hyalellidae indet.</i>	2	156	134	6					69	35	242,3	10,33	51	324,3		1,3	177,3	67
	Chelicerata	Acari	Acari indet.																		1	
	Insecta	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	<i>Meridialaris diguillina</i>		1	3,0	10					14,3	0,7	3	10,67	3	3,0		4,3	4,3	
<i>Meridialaris chiloensis</i>																						
				<i>Penaphebia sp.</i>									0,3							2	0,3	
				<i>Nousia sp.</i>									4							2	0,3	
			Baetidae	<i>Andesiops torrens</i>	18	24	68	57					4	32	3,3	6,333	10	1		2	10	1
				<i>Andesiops peruvianus</i>	3	16	3	19					14	92	21	162,3	213	16		18	77	2
		Plecoptera	Gripopterygidae		4	0,3	3	10												9	1,3	4,3
				<i>Antactoperla sp.</i>									2,3	5	11	17,33	2	2,3		9	1,3	2
	Megaloptera		Corydalidae		3	0,6							0,3								0,3	
	Trichoptera		Hydropsychidae	<i>Smicridrea sp.</i>	10	0,3	2	16			1		4,3	18,3	24,3	57,67	10	14,3		55	32	14
			Leptoceridae			0,3	0,3								1					0,3		3
			Hydroptilidae		2		1															
			Philopotamidae																	3	0,3	
			Hydrobiosidae		5	1	4	2					1	7	0,3	1,333						
	Coleoptera		Elmidae	<i>Elmis sp.</i>	4,3	1	2,3	6			0,3		17,3	0,7	5	9	0,3	9,3		19	1,3	5,3
			Psephenidae		1,3																	
			Dysticidae			0,3																
	Diptera		Chironomidae		343	256	157	91			40		76	456	47,3	258,3	248	100		370	181	283
			Empididae																	3		1
			Simuliidae	<i>Simulium sp.</i>	1			1						0,7	0,3			0,3		1	4,3	12,3
			Tipulidae		24,3	1	6	4,3						9,3	0,7	0,3	5	4,3	0,3			
			Athericidae				0,3						0,3									

Tabla 58. Orden evolutivo macroinvertebrados bentónicos centro El Peral.

Phyllum	Clase	Orden	Familia	Especie	1 ^{er} Monitoreo			2 ^{do} Monitoreo			3 ^{er} Monitoreo		4 ^{to} Monitoreo		5 ^{to} Monitoreo		6 ^{to} Monitoreo						
					E1	E2	E3	E1	E2	E3	E1	E2	E1	E2	E1	E2	E1	E2					
Annelida	Oligochaeta		Oligochaeta	<i>Oligochaeta indet.</i>	10,3	8		0,3			0,3	2,3	0,3	0,3	3								
			Hirudinea	<i>Hirudinea indet.</i>	5	5,3						4	1						0,3				
Mollusca	Gastropoda	Pulmonata	Chiliniidae		5	1	1	0,3			0,3	0,3	1,3					0,7					
			Basommatophora	Ancylidae		9	2												1,3	0,3			
			Veneroida	Shaeriidae	<i>Sphaerium sp.</i>	0,3																	
Arthropoda	Crustacea	Decapoda	Parastacidae	<i>Samastacus sp.</i>							1												
			Aeglidae		0,3	0,3	2			1			6					0,3					
			Gastropoda	Physidae		3	5,3	0,3	5			5				1,3			12,3				
				Hydrobiidae			4																
			Amphipoda	Hyalellidae	<i>Hyalellidae indet.</i>	3,3	42,3	9	0,3	34		2,3	39		134	1,3	132	4,0	83,7				
			Chelicerata	Acari	Acari indet.														0,7	0,7			
			Insecta	Ephemeroptera	Leptophlebiidae		<i>Meridialaris diguillina</i>	3,3	0,6		6	0,3		0,3		2		2	1	2,0			
							<i>Nousia sp.</i>	2														0,3	
							<i>Penaphebia sp.</i>								2								
							Baetidae	<i>Andesiops torrens</i>	4	13	7	3	7		1	7,3	3	0,3	5	4	4,3	4,0	
		<i>Andesiops peruvianus</i>				2,3	0,3		0,6	1			1	4,3	3,3	0,7	17	1,3	2,0				
	Plecoptera	Gripopterygidae					2	2,3	0,6		1						0,3	3,3		2,0			
		<i>Antactoperla sp.</i>												0,3					1,7	1,3			
	Megaloptera	Corydalidae																		0,3			
	Trichoptera	Hydropsychidae				<i>Smicridrea sp.</i>		27	22	23,3	37		0,3	40	11,3	34	0,3	288	1	165			
		Leptoceridae					0,3			5			3						3,3	1,3			
		Hydroptilidae					1									0,3							
		Ecnomiidae														0,3							
		Helicophidae		0,3																			
		Hydrobiosidae			1,3		0,3	2			2		5	0,7	5		8						
	Coleoptera	Elmidae	<i>Elmis sp.</i>	1	6	2	2	4			1,3	2		0,3	6,3	3	3,3						
		Psephenidae		1																			
	Diptera	Chironomidae		43,3	437,3	113,3	17,3	154		8	178	8,3	131	5	356,3	22,3	96,3						
		Empididae															4						
		Simuliidae		1	1	0		0,3			1				1		0,3						
		Tipulidae			20	9	1,3	3		0,3	2		1		3								
		Athericidae		1																			

Tabla 59. Orden evolutivo macroinvertebrados bentónicos centro Kudiñam.

Phylum	Clase	Orden	Familia	Especie	1 ^{er} Monitoreo			2 ^{do} Monitoreo			3 ^{er} Monitoreo			4 ^{to} Monitoreo			5 ^{to} Monitoreo			6 ^{to} Monitoreo		
					E1	E2	E3	E1	E2	E3	E1	E2	E3	E1	E2	E3	E1	E2	E3	E1	E2	E3
Annelida	Oligochaeta		Oligochaeta indet.		1,3	4	1,3					2			1	0,3		3	0,3			
			Hirudinea indet.										3									
Mollusca	Gastropoda	Pulmonata	Chiliniidae			4	1					2	8,3		1		1,3	3			0,3	2
		Basommatophora	Ancylidae			2,3			0,3	3,3							2					21,3
Arthropoda	Bivalvia	Veneroidea	Shaeriidae	<i>Sphaerium sp.</i>			0,3															
	Crustacea	Decapoda	Parastacidae												0,3							
Palaemonidae																						0,3
			Janiridae																			
			Aeglidae			1	0,3		0,3					0,3			0,7				0,3	0,5
		Gastropoda	Physidae			0,3						7	2		0,3	0,3	3,3					1
				<i>Hyaellidae</i> <i>indet.</i>	1	3,3	2		1	4		12,3	3		1	12	2		3,3	1		1
	Chelicerata	Acari	Acari indet.																			1
	Insecta	Ephemeroptera	Leptophlebiidae												1							1
					<i>Meridialaris diguillina</i>	10	12	1,6		2,3			3	3,3	6	0,3						
				<i>Nousia sp.</i>									0,3									
				<i>Penaphebia sp.</i>	1,3	3,3						1,3	0,3									0,3
			Ameloptosidae												0,3							
			Baetidae	<i>Andesiops torrens</i>	1	4,3	10,3		44	7	5,3	12	15	108,3	7	17,3	33	11	31	24,3	5	9
				<i>Andesiops peruvianus</i>	1	1,3	6		31,3	9	2,3	6	8	41	6,3	2	75,3	10	26,3	25	0,3	15
		Plecoptera	Gripopterygidae		2		10		23,3	2,3				1						1	1,3	5
				<i>Antactoperla sp.</i>	1,3						0,3	1	0,3	6,3	1	5,3	1	2	11	2	4	3,3
			Perlidae		1																	
	Megaloptera		Corydalidae																			0,3
	Trichoptera		Glossosomatidae				0,3															
			Hydropsychidae	<i>Smicridrea sp.</i>	2,3	8	281,3		42,3			2	13,3	34,3	120	4,3	116	5	25,3	215	18	11
			Limnephilidae																			1
			Leptoceridae		0,3	0,6	0,5															2
			Hydroptilidae		0,6	18,6	7,6		3	6			6									
			Helicophidae			1																
			Hydrobiosidae					1,3	5,6	1		0,3		1	1	0,3			2	1		1
	Coleoptera		Elmidae	<i>Elmis sp.</i>	3,6	7	69		37,3	10	3	1	6	54,3	11,3	20	7	11	34	13	8	30
				Psephenidae		1	1	1				0,3		0,3						0,3		
	Diptera		Chironomidae		156	93	142		414,3	48	311	109,3	12,3	280	45	40	94	61	54	249,3	167	99
				Ceratopogonidae																		
			Empididae			1																
			Simuliidae				0,3				0,3			2,3	0,3							10,3
			Tipulidae		4,3	27,3	50		31,3	5,3	7		1	2		1	1	3,3	3			4
			Limonidae			0,3																

Tabla 60. Orden evolutivo macroinvertebrados bentónicos centro Polcura.

Phylum	Clase	Orden	Familia	Especie	1 ^{er} Monitoreo		3 ^{er} Monitoreo		4 ^{to} Monitoreo		5 ^{to} Monitoreo		6 ^{to} Monitoreo		
					E1	E3	E1	E3	E1	E3	E1	E3	E1	E3	
Annelida	Oligochaeta		Oligochaeta	<i>Oligochaeta indet.</i>	1,3		0,3	3		1,3	0,3	4			
	Hirudinea		Hirudinea	<i>Hirudinea indet.</i>										0,3	
Mollusca	Gastropoda	Pulmonata	Chilinidae		3,3	0,3	0,3	0,3	2	0,3	2	7	1	4	
Arthropoda	Crustacea	Gastropoda	Physidae									2			
		Amphipoda	Hyaellidae	<i>Hyaellidae indet.</i>		0,3		0,3	1	11,3		13	0,3	54	
	Chelicerata	Acari	Acari indet.										1	3	
	Insecta	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	<i>Meridialaris diguillina</i>	1	0,3	2	2	1,3	1	8	10	6	5	
<i>Meridialaria chiloensis</i>															1,3
				<i>Penaphebia sp.</i>		1									
			Baetidae	<i>Andesiops torrens</i>	50,3	45,3	72,3	137	28,3	138,3	33	70,3	78,3	21	
				<i>Andesiops peruvianus</i>		2,3	2	1,3	11,3	52	19,3	25	15,3	18,3	
		Plecoptera	Gripopterygidae								1		2		
					<i>Antactoperla sp.</i>			10	7	8,3	5	4	2	6,3	2
		Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Smicridrea sp.</i>	2,3	1	9	2	2	5,3	5,3	5	91	1	
															1
										4		3	2	2,3	
		Coleoptera	Elmidae	<i>Elmis sp.</i>	6,3	16,3	2,3	8	3	23	5	13	21	64	
		Diptera	Chironomidae		150	549,3	54	57	36	135,3	59	42	118,3	156,3	
					Empididae									0,3	2
					Simuliidae		0,6	1	1		2	6,3	2	0,3	
					Tipulidae		1	6	7,3	1	0,3	1,3	1	0,3	

Tabla 61. Orden evolutivo macroinvertebrados bentónicos centro Polcura.

Phylum	Clase	Orden	Familia	Especie	1 ^{er} Monitoreo		2 ^{do} Monitoreo		3 ^{er} Monitoreo		4 ^{to} Monitoreo		5 ^{to} Monitoreo		6 ^{to} Monitoreo		
					E1	E2	E1	E2	E1	E2	E1	E2	E1	E2	E1	E2	
Annelida			Oligochaeta	Oligochaeta indet.	1		0,3	0,3	2								
			Hirudinea	Hirudinea indet.	0,3												
Mollusca	Gastropoda	Pulmonata	Chiliniidae					1		0,3		1					
		Basommatophora	Anclyliidae												0,3		
Arthropoda	Crustacea	Bivalvia	Veneroidea	Sphaeriidae	<i>Sphaerium sp.</i>	1				0,3							
				Aeglidae				0,3		1,3		0,3		0,3			

Anexo 6. Catastro de laboratorios que se vinculan con la Acuicultura.

Tabla 62. Laboratorios de ensayos acreditados en el área físico-química para aguas y aguas residuales (RILES y aguas servidas).

N° Certi	Organización/unidad	Ubicación
LE 159	Aguas del Altiplano S.A. / Laboratorio Control de Calidad	Arica
LE 698	Aguas del Altiplano S.A. / Laboratorio Control de Calidad	Iquique
LE 226	Laboratorio de Servicios Analíticos del Depto. de Químicas de la Universidad Católica del Norte	Antofagasta
LE 277	Als Life Sciences Chile s.a.	Antofagasta
LE 632	SGS Chile Ltda., sede Antofagasta, Laboratorio Ambiental	Antofagasta
LE 1253	Laboratorio Hidrolab S.A.	Copiapó
LE 1262	Secretaría Regional Ministerial de Salud, Región de Coquimbo	La Serena
LE 1185	Secretaria Regional Ministerial de Salud, Región Valparaíso, Laboratorio Ambiental	Viña del mar
LE 1085	Dirección General de Aguas, Laboratorio Ambiental	Santiago
LE 167	Gestión de Calidad y Laboratorio, Sede Santiago	Santiago
LE 173	Centro Nacional del Medio Ambiente, CENMA	Santiago
LE 191	Laboratorio Manuel Ruiz y Cia. Ltda.	Santiago
LE 224	Als Life Sciences Chile s.a.	Santiago
LE 281	Comercial Analab Chile S.A.	Santiago
LE 112	Análisis Ambientales ANAM S.A.	Quilicura, Santiago
LE 1078	Asesorías Algoritmos Ltda.	Providencia, Santiago
LE 117	SGS Chile Ltda. / Laboratorio Ambiental	Pudahuel, Santiago
LE 142	Corthorn Quality (Chile) S.A., / Laboratorio de Alimentos, Aguas y Riles	Huechuraba, Santiago
LE 682	Servicio Nacional de Geología y Minería, Laboratorio Químico	Ñuñoa, Santiago
LE 1110	Viamed Technical Laboratory S.A.	Ñuñoa, Santiago
LE 748	Servicios de Mantención Ltda., Laboratorio SEMA	Melipilla
LE 161	BIODIVERSA S. A. / Laboratorio Biodiversa Rancagua	Rancagua
LE 391	LABSER Ltda.	Rancagua

Laboratorio de Limnología y Recursos Hídricos

Evaluación y análisis de los posibles parámetros ambientales a ser incorporados en las normas de emisión y/o calidad de aguas fluviales y lacustres, destinados a centro de cultivo ubicados en tierra.

LE 987	Celulosa Arauco y Constitución S.A., Planta Nueva Aldea	Chillán
LE 230	Universidad de Concepción / Laboratorio de Recursos Renovables	Concepción
LE 1021	Universidad de Concepción, Laboratorio de Oceanografía Química	Concepción
LE 798	5M S.A., Laboratorio de Análisis	Talcahuano
LE 324	Celulosa Arauco y Constitución S.A., Planta Arauco	Arauco
LE 1163	Cooperativa Agrícola Lechera Bio Bio Ltda., Bioleche Ltda.	Los Ángeles
LE 146	Aguas Araucanía S.A. / Unidad Laboratorio	Temuco
LE 199	Universidad de la Frontera / Laboratorio de Análisis de Aguas Residuales	Temuco
LE 115	AGUAS DECIMA S.A.	Valdivia
LE 721	Instituto de Medicina Preventiva Veterinaria de la Universidad Austral de Chile	Valdivia
LE 722	Universidad de los Lagos, Water Analysis Center (WAC)	Osorno
LE 820	Cooperativa Agrícola y de Servicios Ltda., COOPRINSEM	Osorno
LE 718	SGS Chile Ltda., Laboratorio	Puerto Varas
LE 148	ANALISIS AMBIENTALES S.A., Laboratorio de Aguas	Puerto Montt
LE 750	AQUAGESTION S.A.	Puerto Montt
LE 947	Alimentos Multiexport S.A.	Puerto Montt
LE 975	LABSER Ltda., Laboratorio de Química	Puerto Montt
LE 929	CERMAQ Chile S.A.	Ancud
LE 158	Aguas Patagonia de Aysén S.A., Laboratorio Regional	Coyhaique

Fuente: Directorio de Acreditación, Instituto Nacional de Normalización (INN).

Tabla 63. Laboratorios de ensayos acreditados en el área de Taxonomía y muestreo para sedimentos acuáticos.

N° Certi	Organización/unidad	Ubicación
LE 1284	Ecogestión Ambiental Ltda.	Concepción
LE 775	Plancton Andino Ltda.	Puerto Varas
LE 678	Sociedad GEEAA, Asesoría en Control de Calidad y Medio Ambiente Ltda.	Llanquihue
LE 761	ECOSISTEMA LTDA.	Puerto Montt
LE 816	Laboratorio Oceanográfico Ecoverde de Sociedad de Servicios y Consultoría Ambiental Ltda.	Puerto Montt
LE 823	Poch Ambiental S.A.	Puerto Montt
LE 825	AQUAGESTION S.A., sede Alto Bonito	Puerto Montt
LE 902	Fishing Partners Ltda	Puerto Montt
LE 703	CETECSAL S.A., Unidad Medioambiental	Castro
LE 767	Laboratorio Ramalab E.I.R.L.	Castro
LE 815	GAMA CHILE LTDA.	Puerto Aysén

Fuente: Directorio de Acreditación, Instituto Nacional de Normalización (INN).

Tabla 64. Laboratorios de ensayos acreditados en el área de taxonomía para sedimentos acuáticos.

N° Certi	Organización/unidad	Ubicación
LE 830	SEDIMAR Ltda.	Osorno
LE 734	Inversiones y Asesorías Caburgua S.A., Laboratorio Acuilab	Puerto Montt
LE 758	Laboratorio Linnaeus Ltda	Puerto Montt

Fuente: Directorio de Acreditación, Instituto Nacional de Normalización (INN).

Tabla 65. Laboratorios de ensayos acreditados en el área Físico-química y muestreo para sedimentos y medios acuáticos.

N° Certi	Organización/unidad	Ubicación
LE 1283	Ecogestion Ambiental Ltda.	Concepción
LE 803	Sociedad GEEAA , Asesoría en Control de Calidad y Medio Ambiente Ltda.	Llanquihue
LE 776	Plancton Andino Ltda.	Puerto Varas
LE 733	Inversiones y Asesorías Caburgua S.A., Laboratorio Acuilib	Puerto Montt
LE 759	Laboratorio Linnaeus Ltda.	Puerto Montt
LE 762	ECOSISTEMA LTDA	Puerto Montt
LE 817	Laboratorio Oceanografico Ecoverde de Sociedad de Servicios y Consultoría Ambiental Ltda.	Puerto Montt
LE 822	Poch Ambiental S.A., Laboratorio de Estudios Acuáticos	Puerto Montt
LE 824	AQUAGESTION S.A., sede Alto Bonito	Puerto Montt
LE 901	Fishing Partners Ltda.	Puerto Montt
LE 766	Laboratorio Ramalab E.I.R.L	Castro
LE 808	CETECSAL S.A., Unidad Medioambiental	Castro
LE 813	Gama Chile Ltda.	Puerto Aysén

Fuente: Directorio de Acreditación, Instituto Nacional de Normalización (INN).

Tabla 66. Laboratorios de ensayos acreditados en el área de Taxonomía para fitoplancton en sistemas acuáticos.

N° Certi	Organización/unidad	Ubicación
LE 1001	Plancton Andino Ltda., Puerto Varas	Puerto Varas
LE 889	Universidad Austral de Chile, CERAM	Puerto Montt
LE 1002	Plancton Andino Ltda., sede Castro	Castro

Fuente: Directorio de Acreditación, Instituto Nacional de Normalización (INN).

Tabla 67. Laboratorios del área de Limnología y Ecotoxicología en Chile.

Organización/unidad	Ubicación
Laboratorio de Limnología, Universidad de Chile	Santiago
Laboratorio de Limnología, Universidad Metropolitana de ciencias de la educación	Santiago
Laboratorio de bioindicadores de calidad ambiental Centro EULA, Universidad de Concepción	Concepción
Laboratorio de Limnología y Recursos Hídricos, Universidad Católica de Temuco	Temuco
Laboratorio de Limnología aplicada, Universidad Austral de Chile	Valdivia

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 68. Entidades Técnicas de Fiscalización Ambiental autorizadas en el área Físico-química de aguas.

Código ETFA	Organización/unidad	Ubicación
010-03	CESMEC S.A. Sede Iquique	Iquique
022-01	UCN – Laboratorio de Servicios Analíticos	Antofagasta
023-02	SGS – Antofagasta	Antofagasta
003-01	HIDROLAB Santiago	Santiago
004-01	AGRIQUEM AMERICA	Santiago
005-01	Gestión de Calidad y Laboratorio S.A. sede Santiago	Santiago
011-01	Laboratorio ANAM centro	Santiago
016-01	DICTUC – Aguas y RILES	Santiago
023-01	SGS-Santiago	Santiago
005-02	Gestión de Calidad y Laboratorio S.A. sede Concepción	Concepción
010-02	CESMEC S.A. Sede Concepción	Concepción
021-01	UDC – Laboratorio de Recursos Renovables	Concepción
021-02	UDC – Laboratorio de Oceanografía Química	Concepción
021-03	UDC – Laboratorio de Ensayo EULA	Concepción
011-02	Laboratorio ANAM	Puerto Montt
013-01	SILOB Laboratorio	Puerto Montt

Fuente: Registro Nacional de Entidades Técnicas de Fiscalización Ambiental de la Superintendencia de Medio Ambiente (SMA).

Anexo 7. Base de datos normativa ambiental internacional.

Tabla 69. Resumen normativa ambiental internacional.

Nombre Normativa	AÑO	País de la publicación	AUTOR/es	Resumen
Monitoreo ambiental de pisciculturas MOM NS 9410	2000	Noruega	Normalización pública Noruega (NAS)	Entrega una descripción de las directrices para el control del medio ambiente relacionados con la contaminación de pisciculturas, límites de carga orgánica, modelado e impacto bentónico.
Reglamento sobre la limpieza y desinfección de los establecimientos de acuicultura.	1997	Noruega	Departamento de pesca Noruega	Normativa que regula la limpieza de establecimientos de acuicultura y la utilización y transporte de desinfectantes.
Reglamento de Registro en Acuicultura	2005	Noruega	Departamento de pesca Noruega	Establece el registro de los centros de cultivo, permisos, licencias de acuicultura y habilitaciones.
Reglamento de autorización para la acuicultura del salmón, la trucha y la trucha arcoíris (Reglamento de Asignación de salmón).	2004	Noruega	Departamento de pesca Noruega	Establece los permisos para el cultivo de salmón, trucha y trucha arcoíris, tanto en agua de mar como en agua dulce.
Dialogo sobre la acuicultura trucha de agua dulce.	2012	España	Organizaciones: Biomar, British Trout Association, FishWise, Liman, North Sea Foundation, Società Agricola Trocoltura F.lli Leonardi s.s., Università dell'Insubria, World Wildlife Fund	Las normas FTAD proporcionan una serie de lineamientos para reducir los impactos negativos en el medio ambiente y la sociedad, sobre el cultivo de la trucha de agua dulce.
Acta de mejoramiento y preservación de la calidad ambiental nacional.	1992	Tailandia	Ministerio de Recursos Naturales y Ambiente.	Normativa que vela por la protección del medio ambiente y propone diversas medidas de protección y sobre el control de diversas formas de contaminación.
Las aguas superficiales (mariscos)	1997	Escocia	Departamento de Pesca, Escocia	El reglamento establece un sistema para clasificar la calidad de las aguas que necesitan protección para ser aptas para la vida y el crecimiento de moluscos. La Agencia de Protección del Medio Ambiente se

				asegurará de que las aguas que corresponden de dichos reglamentos se tomen las muestras y se analicen.
Resolución CONAMA Nº 20	1986	Brasil	CONAMA, Brasil	Esta resolución establece una clasificación de las aguas dulces, salobres y marinas. En él se enumeran límite máximo de residuos de elementos químicos que contentarse en aguas para diferentes usos (tales como: normas de calidad para el uso de agua dulce, aguas explotación marina, acuicultura, etc.)
Ley de Aguas de Mecklenburg-Vorpommern	1992	Alemania	Ministerio del Medio Ambiente Mecklenburgo-Pomerania Occidental	Esta ley establece las disposiciones relativas a los recursos hídricos y la gestión del agua. La Ley es aplicable a las aguas superficiales y las aguas subterráneas que en la medida en que forman parte de las aguas superficiales, así como a las aguas costeras.
Ordenanza de aguas dulces para peces	1997	Alemania	Ministerio del Medio Ambiente Mecklenburgo-Pomerania Occidental	Ordenanza que hace referencia sobre la calidad de las aguas continentales que requieren protección o mejora para mantener la vida de los peces de agua dulce.
Orden de aprobación ambiental y el procesamiento simultáneo de las granjas de peces de agua dulce.	1998	Dinamarca	Ministerio de Alimento, Agricultura y Pesquerías.	Determina las disposiciones referentes a los niveles máximos de aguas residuales, los niveles permitidos de químicos en el efluente de las pisciculturas y los requisitos referentes a la instalación y diseño de sistemas de limpieza.

Anexo 8. Personal participante por actividad.

Nombre	Líneas de Investigación	Actividad Informe	Horas empleadas
David Figueroa Hernández PhD.	<ul style="list-style-type: none"> Ecosistemas acuáticos en dinámica de tramas de alimento (Food webs). 	<ul style="list-style-type: none"> Factibilidad Técnica e infraestructura en Chile. Evaluación Económica. Propuesta de normativa sectorial. 	168
Ing. Carlos Aguayo Arias	<ul style="list-style-type: none"> Ecosistemas acuáticos. 	<ul style="list-style-type: none"> Factibilidad Técnica e infraestructura en Chile. Evaluación Económica. Propuesta de normativa sectorial. 	168
Dra. Gladys Lara Cardenas	<ul style="list-style-type: none"> Ecología de poblaciones, comunidades y de ecosistemas acuáticos. 	<ul style="list-style-type: none"> Desarrollo y descripción de plan de monitoreo para caracterizar cada uno de los parámetros y variables ambientales. Propuesta de normativa sectorial. 	96
Dr. Francisco Encina Montoya	<ul style="list-style-type: none"> Ecotoxicología, ecología numérica y contaminación acuática. 	<ul style="list-style-type: none"> Desarrollo y descripción de plan de monitoreo para caracterizar cada uno de los parámetros y variables ambientales. Propuesta de normativa sectorial. 	72
Jorge Nimptsch Maass PhD.	<ul style="list-style-type: none"> Bioensayos y Evaluación de la contaminación acuática. 	<ul style="list-style-type: none"> Desarrollo y descripción de plan de monitoreo para caracterizar cada uno de los parámetros y variables ambientales. Propuesta de normativa sectorial. 	84
Dr. Carlos Esse Herrera	<ul style="list-style-type: none"> Evaluación de Recursos Naturales, análisis Geoestadísticos. 	<ul style="list-style-type: none"> Desarrollo y descripción de plan de monitoreo para caracterizar cada uno de los parámetros y variables ambientales. Propuesta de normativa sectorial. 	72
MSc. Cristian Pichara Morales	<ul style="list-style-type: none"> Economista 	<ul style="list-style-type: none"> Evaluación Económica. 	72
Ing. María Fernanda Aguayo Molina	<ul style="list-style-type: none"> Ecosistemas acuáticos 	<ul style="list-style-type: none"> Recopilación y análisis de la información disponible sobre parámetros y variables ambientales exigidos a centros de cultivo de recursos hidrobiológicos ubicados en tierra. Desarrollo y descripción de plan de monitoreo para caracterizar cada uno de los parámetros y variables ambientales. Propuesta de normativa sectorial. 	288
Ing. César Hodgges Chandía	<ul style="list-style-type: none"> Ecosistemas acuáticos 	<ul style="list-style-type: none"> Recopilación y análisis de la información disponible sobre parámetros y variables ambientales exigidos a centros de cultivo de recursos hidrobiológicos ubicados en tierra. Factibilidad Técnica e infraestructura en Chile. Evaluación Económica. Propuesta de normativa sectorial. 	288

Evaluación y análisis de los posibles parámetros ambientales a ser incorporados en las normas de emisión y/o calidad de aguas fluviales y lacustres, destinados a centro de cultivo ubicados en tierra.