

Universidad Católica de Temuco
Facultad de Acuicultura y Ciencias Veterinarias
Escuela de Acuicultura



**INCORPORACIÓN DE CRITERIOS AMBIENTALES EN EL DISEÑO,
CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE CENTROS DE CULTIVOS DE
ESPECIES SALMONIDEAS EN LA ETAPA DE AGUA DULCE
(PISCICULTURAS) PARA EL CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA
AMBIENTAL VIGENTE**

Tesis de Grado Presentada como parte de
los Requisitos para Optar al Grado de
Licenciado en Ciencias de la Acuicultura

CARLOS FELIPE AGUAYO ARIAS

TEMUCO 2003

ÍNDICE DE MATERIAS

	Página
AGRADECIMIENTOS	
RESUMEN	
ABSTRAC	
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Hipótesis	13
2. OBJETIVOS	14
2.1 Objetivo General.	14
2.2 Objetivos Específicos.	14
3. MATERIALES Y MÉTODOS	15
3.1 Establecer los Aspectos Legales de Carácter Ambiental que tienen Relación con los Centros de Cultivo de Agua Dulce.	16
3.1.1 Información de aspectos legales o normativa ambiental vigente.	16
3.2 Recopilación de Metodologías para la Valoración y Predicción de las Normas de Calidad Ambiental.	16
3.2.1 Información sobre metodologías de valoración y predicción de las normas de calidad ambiental.	16
3.3 Integración de la Información en Caso de Estudio.	17
3.3.1 Descripción del área de estudio.	17
3.3.1.1 Definición y ubicación geográfica área de estudio.	17

3.3.1.2	Característica físico – química del agua y cuerpo receptor del efluente.	18
3.3.1.3	Característica del entorno.	20
3.3.2	Descripción del proceso productivo general e identificación de las distintas emisiones, descargas y residuos generados por la piscicultura Molco.	20
3.3.3	Verificación del cumplimiento de la normativa ambiental por el centro de cultivo Piscicultura Molco.	21
3.3.3.1	Estimación de las principales emisiones, descargas y residuo del proyecto.	21
3.4	Propuesta de Monitoreo y Recomendaciones Ambientales.	21
4.	RESULTADOS	22
4.1	Aspectos Legales de Carácter Ambiental que tienen relación con los Centros de Cultivo de Agua Dulce.	22
4.2	Análisis de Procedimientos Metodológicos para la Valoración y Predicción de las Normas de Calidad Ambiental de Centros de Cultivos de Agua Dulce (Piscicultura).	31
4.2.1	Procedimientos generales para proyecto con procesos productivos definidos.	31
4.2.2	Procedimiento para valorizar y predecir las normas de calidad ambiental en proyecto de piscicultura.	34
4.2.3	Procedimiento usado en otros países.	37
4.3	Descripción del Proceso Productivo General en el Centro de Agua Dulce para la Obtención de Alevines y Smolt e Identificación y Valoración de los Distintos Impactos Ambientales (Piscicultura Molco).	40

4.3.1 Descripción del área de estudio.	40
4.3.1.1 Definición y ubicación geográfica área de estudio.	40
4.3.1.2 Característica físico – química del agua y cuerpo receptor del efluente.	43
4.3.1.3 Característica del entorno.	45
4.3.2 Descripción del proceso productivo general e identificación de las distintas emisiones, descargas y residuos generados por la piscicultura Molco.	50
4.3.2.1 Descripción de la construcción, infraestructura de cultivo y equipos.	50
4.3.2.2 Análisis de las técnicas del proceso productivo, capacidad de producción, manejo de planillas de producción y flujos de farmacia.	53
4.3.2.3 Identificación de materias primas e insumos, requerimiento de servicios, requerimiento de energía y combustible y requerimiento de agua potable.	58
4.3.2.4 Identificación y caracterización de las principales emisiones, descargas y residuos potenciales de causar impactos de acuerdo al proceso de producción.	59
4.3.3 Verificación del cumplimiento de la normativa ambiental por el centro de cultivo piscicultura Molco.	70
4.3.3.1 Estimación de las principales emisiones, descargas y residuos del proyecto.	70
4.3.3.1.1 Propuesta de modelo de dilución de contaminantes.	70
4.3.3.1.2 Propuesta modelo de agotamiento del oxígeno disuelto por eliminación de la Demanda Teórica de Oxígeno (DTeO).	79

4.3.3.1.3 Balances de masas estimación demanda teórica de oxígeno (DTeO).	81
4.4 Desarrollo de Propuestas de Monitoreo y Recomendaciones Ambientales en el Uso y Tratamiento de Residuos Generados.	88
4.4.1 Propuestas de Monitoreo.	88
4.4.2 Recomendaciones Ambientales en el Uso y Tratamiento de Residuos Generados.	89
4.4.2.1 Manejo de la piscina de sedimentación y residuos generados.	89
4.4.2.2 Humedad de lodos generados en el sedimentador.	91
4.4.2.3 Diseño digestor anaerobio.	93
4.4.2.4 Balance a la producción de biogas.	94
4.4.3 Manejo de Mortalidades.	97
5. DISCUSIÓN	104
6. CONCLUSIONES	124
7. BIBLIOGRAFÍA	127
8. ANEXOS	140

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
1. Flujo Metodológico.	15
2. Plano de ubicación general.	42
3. Flujo de proceso piscicultura Molco.	54
4. Ubicación puntos de medición de ruido.	64
5. Gráfico de simulación de dilución para el producto BUFFODINE a 10 metros después de la sala de incubación.	72
6. Gráfico de simulación de dilución para el producto BUFFODINE a 100 metros después de la piscina de sedimentación antes de descargar en el estero Chehuilco.	72
7. Gráfico de simulación de dilución para el producto BUFFODINE a 320 metros después de la descargar en el estero Chehuilco.	73
8. Gráfico de simulación de dilución para el producto VIRKON'S a 100 metros después de la piscina de sedimentación antes de descargar en el estero Chehuilco.	73
9. Gráfico de simulación de dilución para el producto VIRKON'S a 320 metros después de la descargar en el estero Chehuilco.	74
10. Gráfico de simulación de dilución para el producto FLORFENICOL a 10 metros después de la zona de alevinaje.	74
11. Gráfico de simulación de dilución para el producto FLORFENICOL 100 metros después de la piscina de sedimentación antes de descargar en el estero Chehuilco.	75

12. Gráfico de simulación de dilución para el producto FLORFENICOL a 320 metros después de la descargar en el estero Chehuilco.	75
13. Gráfico de simulación de dilución para el FOSFORO 100 metros después de la piscina de sedimentación antes de descargar en el estero Chehuilco.	76
14. Gráfico de simulación de dilución para el FOSFORO a 320 metros después de la descargar en el estero Chehuilco.	76
15. Gráfico de simulación de dilución para el NITROGENO 100 metros después de la piscina de sedimentación antes de descargar en el estero Chehuilco.	77
16. Gráfico de simulación de dilución para el NITROGENO a 320 metros después de la descargar en el estero Chehuilco.	77
17. Gráfico de simulación de dilución para la DTeO a 100 metros después de la piscina de sedimentación antes de descargar en el estero Chehuilco.	79
18. Gráfico de simulación de dilución para la DTeO a los 320 metros después de la descargar en el estero Chehuilco.	80
19. Esquema anclaje pozo de mortalidad.	100
20. Concepto general de evaluación de riesgo	110
21. Ejemplo de Aplicación del Modelo de Fugacidad	113

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
1. Normativa ambiental vigente para proyectos acuícolas de agua dulce.	21
2. Coordenadas de ubicación de la zona de captación y restitución de las aguas utilizadas por la piscicultura Molco.	41
3. Aforos estero sin nombre.	43
4. Análisis físico químico y bacteriológico del afluente de la piscicultura Molco.	44
5. Precipitaciones estacionales en el sector.	46
6. Descripción del perfil de suelo.	47
7. Características de la clase del suelo.	48
8. Capacidad de producción anual por producto generado por la piscicultura Molco.	54
9. Descripción de materias primas e insumos.	58
10. Descripción requerimiento de servicios.	58
11. Descripción requerimiento de combustibles y energía.	58
12. Descripción requerimiento y consumo de agua.	59
13. Composición del residuo líquido producido por la piscicultura Molco con sus respectivas cantidades.	60
14. Composición de los residuos sólidos producido por la piscicultura Molco con sus respectivas cantidades.	61
15. Ubicación puntos de medición acústica.	63
16. Análisis del ruido de fondo en la zona de estudio.	65

17. Niveles máximos permisibles de Presión Sonora Corregidos (NPC) en dB(A) lento (D.S. 146/97).	66
18. Valores Límites de Exposición al Ruido, del Tráfico Vial.	67
19. Compuesto sometidos al modelo de dilución, usados por la piscicultura Molco.	71
20. Datos del efluente piscicultura Molco al sedimentador.	81
21. Composición y porcentaje en peso del alimento residuo.	82
22. Flujos máxicos de residuos a tratar por componente.	82
23. Resumen de cálculo demanda teórica de oxígeno de la proteína.	83
24. Resumen de cálculo demanda teórica de oxígeno de los lípidos.	84
25. Resumen de cálculo demanda teórica de oxígeno del nitrógeno.	86
26. Balance de masa sedimentador.	86
27. Flujo máxico y composición agua tratada.	87
28. Monitoreo propuesto para la piscicultura Molco.	88
29. Composición y porcentaje en peso de lodos extraídos del sedimentador.	90
30. Balance de masa sedimentador.	91
31. Composición y porcentaje en peso de lodos estabilizados en el digestor anaerobio.	94
32. Diseño digestor anaerobio.	94
33. Datos cálculo de caudal de biogas.	96
34. Diseño Pozo Mortalidad.	97
35. Condiciones de impermeabilización pozo de mortalidad.	99
36. Parámetros ambientales relevantes primer monitoreo ambiental de la Piscicultura Molco (Monitoreados por CESMEC)	119

RESUMEN

El incremento productivo de la salmonicultura en Chile en especial los centros de agua dulce (pisciculturas), presentan procesos productivos claros y definidos los cuales generan cierto riesgo ambiental, derivados de la generación de mayores cantidades y tipos de residuos, el uso cada vez más limitante de terrenos y cuerpos de aguas, y la interacción con otras actividades productivas. Con el desarrollo de esta actividad se a incrementado también la regulación y fiscalización, siendo sometida por alrededor de 25 cuerpos legales relacionadas con 6 instituciones públicas aun así no existe una metodología oficial para predecir y valorar las principales emisiones, descargas y residuos que permita dar cumplimiento con la normativa ambiental vigente

Los resultados del estudio evidenciaron la necesidad de establecer en forma clara la descripción del proceso lo que permite identificar, valorar y predecir las principales emisiones, descargas y residuos que tienen relación con el proceso esto con el fin de establecer un sistema integrado de gestión ambiental. Enmarcándose en la búsqueda de alternativas metodológicas basadas principalmente en modelos matemáticos y balance de masa, demostrando de esta forma el cumplimiento con la normativa ambiental vigente, permitiendo incorporar criterios ambientales tanto en la construcción como operación de las pisciculturas de salmonideos.

La incorporación de estos criterios permitieron establecer un plan de monitoreo o seguimiento ambiental asegurando así el correcto desempeño del proceso y dar cumplimiento a los requerimientos ambientales.

ABSTRACT

The productive increment of the salmonicultura in Chile especially the centers of fresh-water (piscifactories), they present clear and defined productive processes which generate environmental risk, derived of the generation of great amounts and residual of types, the increasing restrictive use of land and water of bodies, and the interaction with other productive activities. With the development of this activity you had also increased the regulation and inspection, being subjected for around 25 legal bodies related with 6 publics institutions, an official methodology doesn't exist even so to predict and to value the main emissions, discharges and residuals that allows to give accomplish with the normative one environmental effective.

The results of the study evidenced the necessity to settle down in form white the description of the process what allows to identify, to value and to predict the main emissions, discharges and residuals that have relationship with the process this with the purpose to stablish an integrated system of environmental management. In the contextc of the search of alternative methodological based on mathematical models and balance of mass, demonstrating this way the accomplish with the environmental present normatives, allowing to incorporate environmental approaches so much in the construction and operation piscifactory activity.

The incorporation of these approaches allowed to establish an environmental monitoring or assuring in this way the correct development of the process and to give accomplish the environmental requirements.

1. INTRODUCCIÓN

Durante la última década la actividad de los centros de cultivo de recursos hidrobiológicos se ha incrementado notoriamente, con un tonelaje para el año 2002 de alrededor de las 270 mil toneladas (Salmonchile, 2002) y estimándose que para el año 2005 la producción sobre pasara las 400 mil toneladas, por lo que el sector salmoniculor presenta una tasa de crecimiento promedio en la última década de entre un 15 y un 21% anual (Salmonchile, 2002; Mendez, 1998). El desarrollo exitoso de la salmonicultura en Chile ha tenido como uno de sus grandes aliados la calidad de las aguas y condiciones ambientales generales que permiten obtener una producción de alta calidad.

No sólo Chile a presentado este importante crecimiento, se estima que a nivel mundial la producción acuícola se ha incrementado a razón de un 20% anual, situándose hoy por sobre los 20 millones de toneladas es decir, mas del 20% del total de la cosecha mundial de organismo acuáticos (Raa, 1997). En algunos casos, este crecimiento constituye una respuesta a los mayores volúmenes de capturas o cultivo que presentan determinados recursos y a la diversificación de la actividad, elaborándose productos de mayor valor agregado y comercial.(CONAMA, 1999)

Según cifras de la FAO la producción mundial de la acuicultura en 1998 fue de 30,8 millones de toneladas sin incluir la producción de algas. Además señala que en 1998 la producción mundial del salmón llegaron a las 1,29 millones de toneladas con una proyección de cultivo de salmón y trucha de entre 1,6 millones a 1,8 millones de

toneladas para el 2005 y de 2 millones de toneladas para el 2010 (Compendio Acuicultura, 2001).

Noruega mantuvo su liderazgo alcanzando una producción que en el 2000 estuvo entre las 395 – 412 mil toneladas, por su parte Chile sigue siendo el segundo productor con una producción que esta entre las 155 – 250 mil toneladas exportables (Salmonchile, 2002; Compendio Acuicultura, 2001).

En Chile este incremento en el cultivo de las especies salmonídeas se ha centrado principalmente en las áreas costeras de la X y XI Regiones para los cultivos de engorda en balsas jaulas las cuales se ubican en canales, fiordos, bahías y lagos (FIP, 1993, 1997), también se ha experimentado en los últimos cinco años un incremento exponencial considerable en la IX Región para los cultivos de agua dulce que están destinados principalmente a la incubación y la producción de alevines y smolt (Aquanoticia N° 65, 2001)

Actualmente en la IX Región existen más de 14 pisciculturas a gran escala funcionando con una producción total que fluctúa entre los 20 y 30 millones de alevines de salmón del atlántico o salar, coho y trucha. Según cifras dispuestas por el Servicio Nacional de Pesca (SERNAPESCA) de la región, existen más de diez proyectos que se espera entren en funcionamiento en el corto plazo. Esto debido a que las condiciones físico – químicas de la mayoría de los cauces de agua de la IX Región, hacen que las fuentes hídricas sean aptas para el desarrollo de cualquier actividad acuícola (Aquanoticias N° 65 2001)

Hasta septiembre del año 2001 ingresaron 58 solicitudes de autorización de acuicultura (SERNAPESCA IX Región). Según la Subsecretaría de Pesca, con respecto a las autorizaciones de acuicultura existen 33 centros de cultivo de salmónidos autorizados. A su vez, hay 67 expedientes actualmente en trámite, ya sea al nivel de evaluación o esperando su calificación ambiental.

Dentro de la salmonicultura existen dos planteles o centros claramente definidos por una parte están los centros de mar o agua salada (engorde) y los centros de tierra o agua dulce (incubación, alevinaje, y smoltificación) (Ley 18.892, 1989). Los centros de engorda se caracterizan principalmente por la recepción de los smolts, cuya época de ingreso al agua de mar depende principalmente de la especie, la característica para su ingreso al agua de mar es tener una buena calidad sanitaria, además de asegurar una buena aclimatación a las condiciones marinas debido a que el paso de agua dulce a agua salada provoca una fuerte deshidratación lo cual puede desencadenar la muerte en peces mal adaptados. Una respuesta positiva al alimento exógeno es el mejor signo de una buena adaptación (Bardach, 1982).

Una vez en las balsas jaula comienza el proceso de engorde de los smolts producción que está regulada principalmente por la demanda del mercado. Dentro del flujo productivo, es importante controlar la dispersión de los tamaños de los peces, la densidad es otro factor importante en esta etapa lo cual permite obtener un mayor provecho productivo. Por otro lado una buena alimentación con un alimento de calidad y buen manejo sanitario de los peces además de las condiciones ambientales apropiadas para el cultivo (Morales, 1983)

Los centros de agua dulce o de tierra están principalmente enfocada a sólo una parte del ciclo vital de los organismos que son las etapas de incubación, alevinaje y smoltificación. El flujo productivo de estos centros, es relevante especialmente cuando se trabaja con más de una especie simultáneamente (Bardach et. al., 1982). La experiencia ha demostrado que la producción de salmones y truchas tienen conceptos productivos muy distintos. Estos, se reflejan en los factores de crecimiento, alimentación, consumo de agua, conducta e incluso en el control sanitario, por lo que se opta por la mantención de vías paralelas de producción que permitan un adecuado flujo productivo de cada especie (Bardach, et. al., 1982)

El flujo productivo de una piscicultura se puede distinguir tres unidades básicas; Sala de incubación y familias, sala de alevinaje y estanques de smoltificación. Dentro de los aspectos productivos se caracteriza por la recepción de ovas las cuales son desinfectadas por lo general con una solución de yodo, luego de este periodo el que termina antes de la primera alimentación, se procede con la etapa de alevinaje periodo que comprende desde la primera alimentación hasta que los peces han alcanzado aproximadamente 20 gramos de peso, para finalmente terminar con la etapa de smoltificación proceso en el cual los peces sufren una serie de cambios fisiológicos, en esta etapa los peces alcanzan una talla particular la cual depende de la especie que para el caso de los salmones estas fluctúan en un rango de peso de 40 a 80 gramos y para la trucha entre 80 a 100 gramos (Austreng et. al., 1987).

El incremento productivo de estas dos áreas de la salmonicultura, presenta procesos productivos claros y definidos los cuales generan cierto riesgo ambiental, (CONAMA, 1999), derivados de la generación de mayores cantidades y tipos de residuos, el uso cada vez más limitante de terrenos y cuerpos de aguas, y la interacción con otras actividades productivas. Estos tienen relación con la instalación de infraestructura en tierra o de estructuras flotantes en cuerpos de aguas y por otra parte, con el aporte de residuos orgánicos sólidos o líquidos en cantidades que pueden afectar al cuerpo receptor. Los aportes de carga orgánica resultan de un proceso industrial o bien de cultivo intensivo (piscicultura, balsas – jaulas) de los recursos (Messieh, 1992). Quizás el principal problema que debe enfrentar la industria salmonicultora en la actualidad, en relación con el tema medioambiental, son el uso de antibióticos y otros químicos tales como “antifoulings” y desinfectantes (Buschmann, 2001)

Una de las principales características de los cultivos de salmonídeos en balsas jaulas es el “aporte difuso” de alimentos y elementos químicos, que se hace a los cuerpos receptores. Los efectos de ese aporte incluyen la modificación de las características sedimentológicas y química de los fondos, la columna de agua (particularmente cerca de la interfase agua – sedimento) y las comunidades adyacentes (Brown *et. al.*, 1987; Gowen & Bradbury, 1987; Frid & Mercer, 1989; Weston, 1990; Barg, 1994; Tsutsumi, 1995; Findlay *et. al.*, 1995 y Levings *et. al.*, 1995).

Por otro lado en los centros de cultivo en tierra y en particular los centros de smoltificación, presentan un “aporte puntual” constituido principalmente por restos de alimentos no consumidos, seudofecas, fecas, productos químicos y drogas utilizadas

para el control de enfermedades y parasitismo las que son eliminadas a piscina de decantación diseñadas para el material particulado y luego vertido a los cursos de aguas, ocasionando efectos similares a los descritos para los cultivo en balsas jaula (Gowen & Bradbury, 1987). Además de las mortalidades que generalmente son dispuestas en pozos de mortalidad ubicados en los sitios de emplazamiento, los lodos corresponden a otros de los residuos generados por estos proyectos los que son tratados certificados (CONAMA, 1999)

Tanto en las etapas de construcción y operación se ocasionan la mayor cantidad de impactos, es en esta última en la que se generan un número considerable de eventuales impactos, y que el alcance espacial de los mismos en un cuerpo receptor dependerá primariamente de las características hidrodinámicas como régimen de corrientes, hidrología, etc. (Barg, 1994). Así en el medio acuático el área de influencia deberá ser delimitada a partir del perímetro que describan los residuos líquidos industriales (RILES) al propagarse como resultado de la circulación y las corrientes a partir del punto de vertido del efluente o emisario de la piscicultura (CONAMA, 1999).

El área de influencia de un proyecto de agua dulce se delimita a partir de los antecedentes recopilados y analizados en la descripción del proyecto, de no ser así se deberá profundizar en el uso de los criterios de evaluación ambiental, hasta proponer un área de influencia que sea coherente con la dispersión espacial que tendrían los efectos de este tipo de proyecto durante la etapa de operación. Esta área involucra ambientes terrestres (instalaciones y vías de acceso) y acuáticos (aledañas al efluente o emisario). Para la definición de la misma, más bien que delimitar un ámbito geográfico para el área

de influencia, cada experto o especialista involucrado en la elaboración del estudio de Impacto Ambiental, establecerá un área de influencia para cada factor estudiado. La superposición de áreas resultantes del conjunto de factores a analizar, permitirá determinar por densidad y tipos de impactos, las zonas más afectadas y aquellas con menor riesgo (CONAMA, 1999)

Producto de esto existe una serie de instituciones encargadas de la gestión del recurso hídrico respecto a su situación actual, tarea que ha sido abarcada fundamentalmente por la Dirección General de Aguas, la Dirección del Territorio Marítimo y Marina Mercante, los Servicios de Salud del Ambiente y la Subsecretaría de Pesca a través del Servicio Nacional de Pesca (SERNAPESCA), Servicio Agrícola Ganadero (SAG) y las Universidades. Sin embargo, las tareas desarrolladas no alcanzan para generar un adecuado diagnóstico del recurso en las distintas áreas que finalmente puedan orientar una política pública. Además están aun lejos de constituir la Línea Bases, requerida para su adecuado manejo y protección. (CONAMA, 1998)

El marco normativo más relevante para la gestión del recurso hídrico corresponde al Código de Aguas, el D.S. N° 351 de 1992 (MOP. D.O. 23 02 93), el Código Sanitario (D.S. 05 06 92), el D.L. N° 3.557 de 1980 (normas sobre protección de aguas pro de la agricultura y la salud de las personas), la Ley General de Servicios Sanitarios de 1988, la Ley General de Pesca y Acuicultura N° 18.892 de 1993, la Ley de Navegación el Reglamento para el Control de la Contaminación Acuática, la Ley de Bosque (que señala la protección de las riberas) y el Código Minero.

El Servicio Nacional de Pesca (SERNAPESCA) es la institución ejecutora y fiscalizadora de la Ley General de Pesca y Acuicultura, que desde su creación tiene la tarea de velar por el uso racional de la protección de la vida acuática del país, abarcando su jurisdicción a todos los sistemas acuáticos, sean estos dulceacuícolas o marinos.

La Ley General de Pesca y Acuicultura es una norma dirigida a la administración y conservación de los recursos, especies hidrobiológicas y el medio que las sustenta, Desde 1994 con la entrada en vigencia de la ley 19.300 sobre Bases Generales de Medio Ambiente (LBGMA), la Dirección Nacional del SERNAPESCA a través de su Departamento de Administración Pesquera dio origen al la Unidad de Gestión Ambiental por medio de cual se elaboraron las bases jurídico-institucionales y los lineamientos estratégicos para la gestión ambiental al interior del sector público pesquero orientado entre otras cosas a 1) la conservación de los recursos hidrobiológicos y el medio ambiente que los sustenta, sobre la base de la fiscalización y el manejo de las contingencias ambientales, 2) la evaluación sectorial de los proyectos ingresados al SEIA, 3) la fiscalización del cumplimiento de los compromisos ambientales sectoriales contenidos en las Resoluciones de Calificación Ambiental

En el 2001 la Subsecretaria de Pesca promulga el “Reglamento Ambiental para la Acuicultura” (RAMA) DS (MINECOM) N° 320/2001, el cual se aplica a todo tipo de actividad de acuicultura. Asimismo todo aquel que realice actividades de acuicultura quedara sujeto al cumplimiento de las medidas de protección ambiental, que de forma general o particular se establezcan para un área geográfica, de acuerdo con lo dispuesto

en el artículo 87 de la Ley General de Pesca y Acuicultura, sin perjuicio de lo dispuesto en otros cuerpos legales o reglamentarios.

Recientemente la Dirección General de Agua (DGA) a través del Decreto Supremo N° 90/2001 “Norma de Emisión para la Regulación de Contaminantes Asociados a las Descargas de Residuos Líquidos a Aguas Marinas y Continentales Superficiales”, establece las concentraciones máxima de contaminantes permitida para residuos líquidos descargados por las fuentes emisoras, a los cuerpos de agua marinos y continentales superficiales, siendo su principal objetivo la protección ambiental y prevenir la contaminación de las aguas, mediante el control de contaminantes asociados a los residuos líquidos que se descargan a estos cuerpos receptores.

Los organismos del estado encargado de evaluar los impactos ambientales de estos proyectos y que a su vez velan por la calidad y protección de los recursos hídricos son coordinados por la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA), la que de acuerdo con la Ley sobre Bases Generales del Medio Ambiente N° 19.300 dictada en 1994 y su Reglamento (DS N° 95 del 2002), establecen exigencias ambientales para los proyectos de inversión y determina cuáles de ellos deberán someterse al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), a través de un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) o de una Declaración de Impacto Ambiental (DIA).

Existe la necesidad de incorporar la dimensión ambiental del recurso hídrico, en relación con las tasas de extracción y calidad a fin de enfrentar de manera integrada la gestión del recurso hídrico para asegurar su conservación, su calidad y su uso racional. En este

ámbito es fundamental desarrollar una política ambiental integrada del recurso agua los contenidos básicos de una propuesta de política hídrica incluyen la clasificación de los cursos de aguas según sus posibles usos, la asignación racional del recurso, el establecimiento de criterios de calidad para estos usos, que se traduzcan en normas de calidad y el diseño de instrumentos y modelos de regulación para conservar el recurso y asegurar la calidad requerida (CONAMA, 1998).

Importantes son los logros alcanzados a través de las Evaluaciones de Impacto Ambiental de los proyectos de inversión, en que se ha podido, entre otras materias, establecer criterios para la determinación del caudal mínimo o ecológico a fin de asegurar la protección de ríos y los distintos cuerpos de aguas (CONAMA, 1998).

Es relevante señalar que el no incorporar de criterios ambientales puede generar dificultades, no sólo para la sustentabilidad ambiental del recurso, sino también para el desarrollo de nuevas actividades productivas y el crecimiento de las ya existentes, especialmente aquellas que se sustentan en el uso de recursos hídricos, como es el caso de la minería, la acuicultura, las empresas sanitarias y diversas actividades industriales.

La información obtenida en cada etapa, así como la integración final, permite predecir efectos ambientales, generar criterios de calidad (basados en ensayos) e indicadores de contaminación (biológicos, químicos y físicos) para el monitoreo y control, los que constituyen instrumentos y herramientas para el ordenamiento de la actividad acuícola.

La gestión integrada (Gallardo y Palacios, 1991; Westman, 1985), permitiría balancear y optimizar la protección ambiental, el uso público y el desarrollo económico de la actividad acuícola, la gestión se basa en información técnica, biológica y ambiental. Sin embargo los antecedentes biológicos y ambientales (líneas de bases) de las áreas actualmente o potencialmente utilizables son escasos o no existen. Por otra parte existe una urgente necesidad de abordar los problemas de contaminación de los cuerpos de agua en bases a criterios definidos (Alvial, 1993).

Las tendencias y los resultados apuntan a que la salmonicultura continuará creciendo. De ser así, año tras año las necesidades de ambientes acuícolas para el incesante desarrollo de la industria también irán en aumento. Esto implica, entre otras muchas consecuencias, adecuar las políticas económicas de la industria a las políticas medioambientales de nuestro país.

Profesionales en el tema medio ambiental, señalan que el año 2000 se ha presentado particularmente activo en relación con el tema del impacto ambiental proveniente desde los centros de acuicultura. Esto, debido a la presentación de las Declaraciones de Impacto Ambiental a la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA) de la correspondiente región enfrentándose el sector a una legislación y procedimientos nuevos hacia los cuales existen justificadas aprehensiones.

Por lo demás no existe una metodología oficial para predecir y valorar las principales emisiones, descargas y residuos que permita dar cumplimiento con la normativa ambiental vigente en el marco del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.

Existiendo una creciente necesidad de elaborar instrumentos o metodologías de regulación que permita valorar o predecir los posibles impactos (riesgo) de las múltiples actividades desarrolladas en el sector acuícola, en particular de la generación e introducción de nuevos compuestos a los sistemas acuáticos, considerando no sólo el efecto directo sobre la salud de las personas (e.g. normas primarias de calidad ambiental y normas de emisión), sino que además incorporando la protección de los sistemas ecológicos (e.g. normas secundarias de calidad ambiental).

Los criterios desarrollados en el presente estudio y en particular a la piscicultura Molco (Salmones Multiexport), se enmarcan en la búsqueda de alternativas metodológicas que permitan valorar y predecir las principales emisiones, descargas y residuos, para de esta forma demostrar el cumplimiento con la normativa ambiental vigente.

1.1 HIPÓTESIS

En Chile no existe una regulación y una metodología clara que permita estimar la exposición y sus posibles efectos de los distintos impactos sobre la actividad y que permita dar cumplimiento con la normativa ambiental vigente e incorporar criterios ambientales tanto en la construcción como operación en este tipo de proyectos.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

- Incorporar criterios ambientales en el diseño, construcción y operación del centro de cultivo de especies salmonideas en la etapa de agua dulce “Piscicultura Molco” IX región, para valorar y predecir las principales emisiones, descargas y residuos, para el cumplimiento de la normativa ambiental vigente.

2.2 Objetivos Específicos

- Determinar los aspectos legales ambientales que tienen relación con centros de cultivo de especies salmonideas en la etapa de agua dulce (Pisciculturas).
- Analizar metodologías que permitan valorar y predecir el cumplimiento de las normas de calidad ambiental.
- Identificar, valorar y predecir las principales emisiones, descargas y residuos que tienen relación con el proceso productivo de especies salmonideas proyectado de por la Piscicultura Molco, para el cumplimiento de las normas de calidad ambiental.
- Diseñar un programa de monitoreo y un plan de gestión ambiental.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología utilizada para cumplir con los objetivos de este estudio se desarrolló mediante 4 etapas (Figura 1).

- Recopilación de los aspectos legales de carácter ambiental que tienen relación con los centros de cultivo de especies salmonídeas en la etapa de agua dulce (Pisciculturas).
- Recopilación de metodologías para la valoración y predicción de las normas de calidad ambiental.
- Integración de la información en caso de estudio piscicultura Molco IX región.
- Propuesta de monitoreo y recomendaciones ambientales.

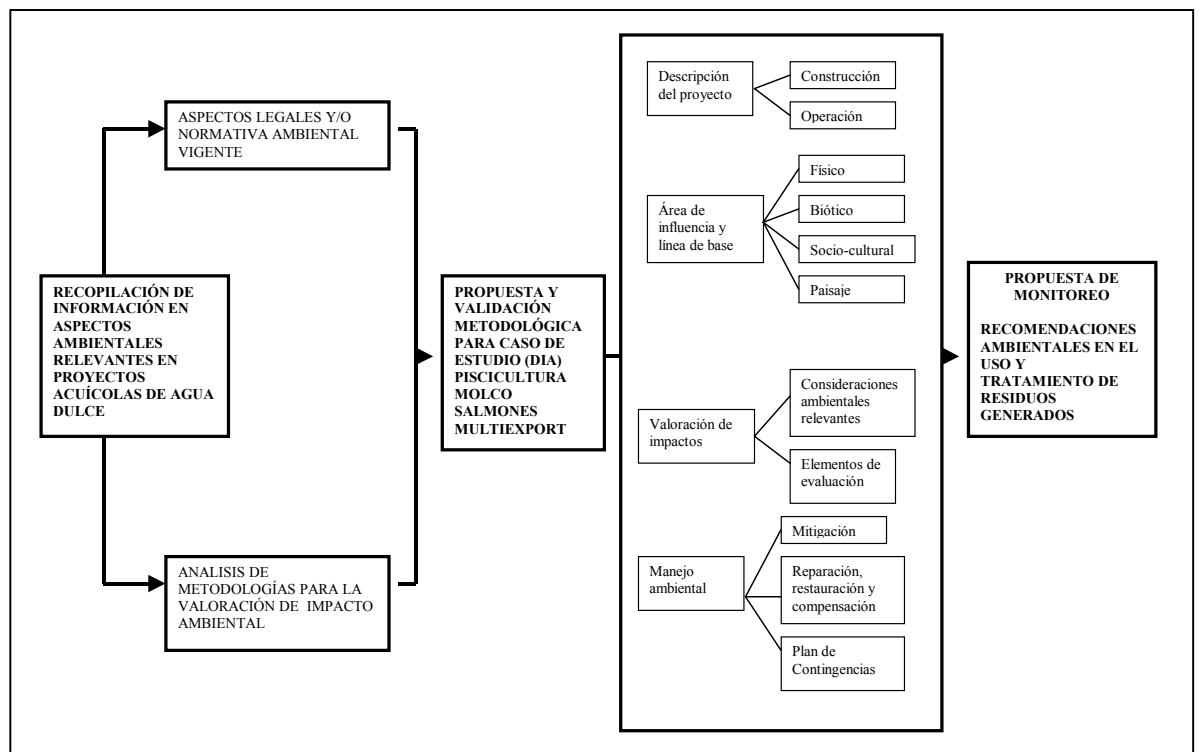


Figura 1. Flujo Metodológico.

3.1 Establecer los Aspectos Legales de Carácter Ambiental que tienen Relación con los Centros de Cultivo de Agua Dulce.

3.1.1 Información de aspectos legales o normativa ambiental vigente.

Consistió en la recopilación bibliográfica respecto a la temática ambiental de acuerdo a la institucionalidad orgánica y legal ambiental, con responsabilidades en el control y fiscalización de los proyectos de cultivo de agua dulce desarrollados en tierra, de acuerdo a las leyes, decretos supremos y normas que tienen una mayor relevancia con éstos tipos de proyectos. Se realizó además un análisis de los antecedentes para evaluar el cumplimiento de las normas de calidad ambiental y de los permisos ambientales que se requieren en los centros de cultivo de agua dulce.

3.2 Recopilación de Metodologías para la Valoración y Predicción de las Normas de Calidad Ambiental.

3.2.1 Información sobre metodologías de valoración y predicción de las normas de calidad ambiental.

Se procedió a la recopilación bibliográfica de los procedimientos de las Declaraciones de Impacto Ambiental (DIA) y Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) para proyectos de cultivo de agua dulce. Por otra parte se realizó una revisión de las metodologías de valoración y predicción de las normas de calidad ambiental tanto a escala internacional como las que ya se han aplicado en Chile, en los últimos años de modo que pueda ser aplicada en el caso de estudio, en la piscicultura Molco IX región, de la empresa Salmones Multiexport Ltda.

3.3 Integración de la Información en Caso de Estudio.

De acuerdo a la revisión bibliográfica de metodologías de valoración y predicción de las normas de calidad ambiental, se procedió a la integración de la información en el caso de estudio de tal manera de poder valorar las principales emisiones, descargas y residuos de la piscicultura Molco IX región, de la empresa Salmones Multiexport Ltda. Para esto se requirió:

3.3.1 Descripción del área de estudio.

3.3.1.1 Definición y ubicación geográfica área de estudio.

Para determinar la ubicación y definir el área de estudio se realizó una inspección a terreno en la cual se observó las cotas mas altas, la dirección y largo del cauce. Se registraron las coordenadas en UTM de los puntos más relevante del sitio de emplazamiento mediante un GPS (Posicionador Geográfico Satelital) marca Magellan, Modelo Color Track, utilizándose como referencia geodésica, el Datum y Elipsoide Sudamericano del 1969. Con esta información y la correspondiente a la carta del Instituto Geográfico Militar (IGM) Villarrica y la foto aérea SAF 83 N° 32897, se elaboró mapa de ubicación. Con esta carta IGM y a través de Sistema de Información Geográfico (SIG), se delimitaron las cotas mas altas, largo del cauce, distancia entre captación y restitución del efluente, y el área de la zona de emplazamiento.

3.3.1.2 Característica físico – química del agua y cuerpo receptor del efluente.

- **Aforos o estimación de caudal medio instantáneo:** Para la obtención de esta información se establecieron tres zonas de medición 1) zona de bocatoma, 2) zona media y 3) zona de desagüe o restitución. El cual fue estimado de acuerdo con Linsley et.al. (1992). En cada sector de muestreo se realizó un perfil del curso para la estimación de área, simultáneamente se midió la velocidad de corriente mediante un flujómetro marca Global Flow Pro modelo FP-201, con una sensibilidad de 0,1 m/s. Se procesaron los datos en una planilla de cálculo (Excel), posteriormente se estimó el área de las secciones del estero mediante el ajuste e integración de curvas (Software Table Curve, versión 1.11, 1993, de Jandel Cientific). El área resultante fue multiplicada por la velocidad media. Los caudales fueron expresados en m³/s.
- **Análisis físico-químico:** Este análisis se realizó, de acuerdo con la Norma Chilena 409 (Tabla 1) en los requisitos físicos, químicos y bacteriológicos que debe cumplir el agua potable proveniente de cualquier sistema de abastecimiento. Se establecieron tres zonas de muestreo 1) zona de bocatoma, 2) zona media y 3) zona de desagüe o restitución. Para la obtención de muestra se utilizó la metodología establecida en la NCh 409. El análisis de estas muestras fueron realizadas en el Instituto de Agroindustria de la Universidad de la Frontera. Entre los parámetros medidos se encuentran:

- Amoníaco ppm
- Nitrito (N-NO₃) ppm
- (Nitrato) N-NO₂ ppm
- Fósforo total ppm
- Fosfato ppm
- Cloruro ppm
- Alcalinidad CaCO₃ ppm
- Sodio ppm
- Magnesio ppm
- Manganeso ppm
- Sulfato ppm
- Zinc ppm
- Cobre ppm
- Sólidos Totales Filtrables (STF) ppm
- Sólidos Totales (ST) ppm
- Sólidos Suspendedos (S.S) ppm
- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) ppm
- Dureza CaCO₃ ppm
- Color UptCo
- Detergente
- (Oxígeno Disuelto) O.D. ppm
- Temperatura
- Conductividad μ S
- Sólidos Totales Disueltos (STD) ppm
- Turbidez NUT
- pH
- Coliformes totales NMP/100ml
- Coliformes fecales NMP/100ml

Algunos de estos parámetros también fueron medidos in situ en las distintas zonas de muestreo, tales como la temperatura, pH, oxígeno disuelto, conductividad, turbidez, amonio, sólidos totales disueltos (STD) de los cuales se eligió el que presentaba mayor diferencia entre las zonas de muestreo 1 y 3, permitiendo calcular o estimar la constante de dilución (k) que se aplicó en el modelo de dilución.

3.3.1.3 Característica del entorno.

Para caracterizar el entorno se consideró solo el tipo de suelo el cual se realizó a través del estudio de cambio de uso de suelo, el cual considera los siguientes antecedentes:

- Análisis preliminar de vegetación, fauna nativa y clima.
- Estudio agrológico que implica principalmente la geomorfología del área, descripción del suelo, perfil del suelo y características de la clase de suelo.
- Estudio técnico de inspección arqueológica para detectar fragmentaciones de alfarería y líticos arqueológicos procedentes de probables poblamientos históricos a través de calicatas superficiales o survey arqueológico.
- Análisis de las restricciones ambientales para el emplazamiento de la piscicultura.

3.3.2 Descripción del proceso productivo general e identificación de las distintas emisiones, descargas y residuos generados por la piscicultura Molco.

En esta etapa se realizó a través del desarrollo de los siguientes puntos:

- Descripción de la construcción, infraestructura de cultivo y equipos.
- Análisis de las técnicas del proceso productivo, capacidad de producción manejo de planillas de producción y flujos de farmacia.
- Identificación de materias primas e insumos, requerimiento de servicios.
- Identificación y caracterización de las principales emisiones, descargas y residuos potenciales de causar impactos de acuerdo al proceso de producción.

3.3.3 Verificación del cumplimiento de la normativa ambiental por el centro de cultivo Piscicultura Molco.

3.3.3.1 Estimación de las principales emisiones, descargas y residuo del proyecto.

La estimación de las principales emisiones, descargas y residuo, se realizó en forma cuantitativa para lo cual se utilizó herramientas predicativas basadas en formas matemáticas principalmente en la aplicación y propuesta de modelos de dispersión de contaminantes y balances de masas.

3.4 Propuesta de Monitoreo y Recomendaciones Ambientales.

A través de esta etapa se determinó y/o identificó las medidas de mitigación; modificaciones y/o compromisos ambientales que tiene el centro de cultivo de tal manera de establecer un programa de monitoreo y así cumplir con lo establecido por la institucionalidad orgánica, leyes, decreto y normas que rigen a la piscicultura Molco, esto se realizó de acuerdo a los siguientes puntos:

- Distribución y destino ambiental de las distintas emisiones.
- Determinar los residuos a monitorear y norma que los regulan.
- Puntos y periodo de muestreo.
- Recomendaciones ambientales en el uso y tratamiento de residuos generados.

4. RESULTADOS

4.1 Aspectos Legales de Carácter Ambiental que tienen relación con los Centros de Cultivo de Agua Dulce.

La normativa ambiental vigente que involucra a los proyectos acuícolas de agua dulce construidos en tierra (pisciculturas), corresponde a 25 cuerpos legales relacionadas con 6 instituciones. En la Tabla 1 éstos se ordenan en forma jerárquica de acuerdo a: i) cuerpos legales adscritos a la Ley de Pesca y Acuicultura; ii) legislación ambiental y iii) permisos sectoriales ambientales

Tabla 1. Normativa ambiental vigente para proyectos acuícolas de agua dulce.

Cuerpo Legal	Causas	Institución relacionada	Clasificación
D.S.430 de 1989; Ley N° 18.892 Ley General de Pesca y Acuicultura	Tratándose de las concesiones y autorizaciones contempladas en el Art. 67 y siguientes de la Ley 18.892 y sus modificaciones, Ley General de Pesca y Acuicultura.	Sub Secretaría de Pesca. (SSP)	Ley de Pesca y Acuicultura
D.S. N° 427 de 1989 Reglamento actividad de acuicultura	Establece Requisitos para el Cultivo de Salmónidos.	Sub Secretaría de Pesca. (SSP)	Ley de Pesca y Acuicultura
D.S. 537 de 1993, Establece áreas aptas para Acuicultura	Establece áreas aptas para Acuicultura.	Sub Secretaría de Pesca. (SSP)	Ley de Pesca y Acuicultura
D.S. N° 320 del 2001 Reglamento Ambiental para la Acuicultura	Toda actividad de acuicultura quedará sujeta al cumplimiento de las medidas de protección ambiental, que de forma general o particular, se establezcan para un área geográfica, sin perjuicio de lo dispuesto en otros cuerpos legales o reglamentarios.	Sub Secretaría de Pesca. (SSP)	Ley de Pesca y Acuicultura

Continuación Tabla 1. Normativa ambiental vigente para proyectos acuícolas de agua dulce.

Cuerpo Legal	Causas	Institución relacionada	Clasificación
D.S. N° 290 de 1993 Reglamento de concesiones y Autorizaciones de Acuicultura, Títulos II y III, y Art. 50	Las disposiciones de este reglamento rigen para las concesiones y autorizaciones de acuicultura que se otorguen en las áreas establecidas en el artículo 67, incisos primero, segundo y tercero de la ley.	Sub Secretaría de Pesca. (SSP)	Ley de Pesca y Acuicultura
D.S. N° 604 de 1995 modificada D.S. N° 290 de 1993	Sustituye los artículos 10, 24, 41, 42, 43, 44, y 46. Agrega los artículos 15, 21 y los artículos transitorios 1 y 2 en el D.S. N° 290 de 1993 Reglamento de concesiones y Autorizaciones de Acuicultura	Sub Secretaría de Pesca. (SSP)	Ley de Pesca y Acuicultura
D.S. 96 de 1996, Reglamento de Procedimiento para la importación de Especies Hidrobiológicas, Títulos I y II	Procedimiento para la importación de Especies Hidrobiológicas	Sub Secretaría de Pesca. (SSP)	Ley de Pesca y Acuicultura
D.S. N°319 del 2001 Reglamento sobre las Medidas de Protección, Control y Erradicación de las Enfermedades de alto riesgo para las Especies Hidrobiológicas.	Establece medidas de protección y control para evitar la introducción de enfermedades de alto riesgo que afectan las especies hidrobiológicas, sean que provengan de la actividad de cultivo con cualquier o en su estado silvestre, aislar su presencia en caso de que éstas ocurran, evitar su propagación y propender a su erradicación. Aplicado a las actividades de cultivo, transporte, repoblamiento y transformación de especies hidrobiológicas. Asimismo a las actividades de importación de especies y experimentación.	Sub Secretaría de Pesca. (SSP)	Ley de Pesca y Acuicultura
Ley N° 19.300 de 1994 Ley de Bases Generales del Medio Ambiente	En el artículo 10 letra n, los proyectos o actividades susceptibles de causar impacto ambiental, en cualesquiera de sus fases, que deberán someterse al sistema de evaluación de impacto ambiental.	Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA)	Legislación Ambiental

Continuación Tabla 1. Normativa ambiental vigente para proyectos acuícolas de agua dulce.

Cuerpo Legal	Causas	Institución relacionada	Clasificación
D.S. N° 95 de 2002 Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental	En el artículo 3 letra n, los proyectos o actividades susceptibles de causar impacto ambiental, en cualesquiera de sus fases, que deberán someterse al sistema de evaluación de impacto ambiental	Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA)	Legislación Ambiental
Ley 19.821 deroga la Ley 3.133 y modifica la ley 18.902 en Materia de Residuos Industriales	Establece obligatoriedad de “neutralización o depuración” de Residuos de Establecimientos Industriales (RILES).	Superintendencia de Servicios Sanitarios	Permiso sectorial ambiental
D.S. N°351 de 1992, Reglamento para la Neutralización y Depuración de RILES.	Considerando: que el control de los residuos industriales líquidos que trata la Ley 3.133, radicado en la Superintendencia de Servicios Sanitarios; la necesidad de adecuar el Reglamento para la aplicación de la Ley 3.133 a la actual organización administrativa, siendo necesario armonizar la cuantía de las multas que establece el artículo 4° de la Ley 3.133 con la que figura en el artículo 18 del Reglamento citado y que es preciso adoptar un procedimiento eficaz para el debido control de los residuos industriales líquidos, que debe ejercer la Superintendencia.	Superintendencia de Servicios Sanitarios	Permiso sectorial ambiental
D.S. N° 236 de 1926 Reglamento de Alcantarillado Particular	Reglamento se refiere a la manera de disponer de las aguas servidas caseras, en las ciudades, aldeas, pueblos, caseríos u otros lugares poblados de la República, en que no exista red de alcantarillado público, que no puedan descargar sus aguas residuales a alguna red cloacal pública existente.	Superintendencia de Servicios Sanitarios	Permiso sectorial ambiental

Continuación Tabla 1. Normativa ambiental vigente para proyectos acuícolas de agua dulce.

Cuerpo Legal	Causas	Institución relacionada	Clasificación
N.Ch. 1.333 de 1987 Calidad de agua para distintos usos	Fija criterios de calidad del agua de acuerdo a requerimientos científicos referidos a aspectos físicos, químicos y biológicos, según el uso determinado. Con el objeto de proteger y preservar la calidad de las aguas que se destinen a usos específico.	Superintendencia de Servicios Sanitarios	Permiso sectorial ambiental
D.F.L. N° 725 de 1967 del Código Sanitario Artículo 71 letra a y b. Artículo 74 letra b. Artículos 79 y 80	71.a. Construcción, modificación y ampliación de cualquier obra pública particular destinada a la provisión o purificación de agua potable. 71.b. Construcción de obra particular destinada a la evacuación, tratamiento o disposición final de residuos industriales. 74.b. Construcción de obra particular destinada a la evacuación tratamiento o disposición final de desagües y aguas servidas de cualquier naturaleza. 79 y 80 En los permisos para la construcción, modificación y ampliación de cualquier planta de tratamiento de basuras y desperdicios de cualquier clase; o para la instalación de todo lugar destinado a la acumulación, selección, industrialización, comercio o disposición final de basuras y desperdicios de cualquier clase	Servicio de Salud	Permiso sectorial ambiental
D.S. N° 735 de 1969 Reglamento de los Servicios de agua destinados al consumo Humano	Establece que el Servicio de Salud debe aprobar todo proyecto de construcción, reparación, modificación y ampliación de cada obra pública o particular destinada a la provisión o purificación de agua para consumo humano. Autoriza la explotación y funcionamiento de servicios de agua siempre que estén libres de coliformes máximas aceptables de sustancias o elementos químicos que pueda contener el agua.	Servicio de Salud	Permiso sectorial ambiental

Continuación Tabla 1. Normativa ambiental vigente para proyectos acuícolas de agua dulce.

Cuerpo Legal	Causas	Institución relacionada	Clasificación
D.S. 144 de 1961 Normas para Evitar Emanaciones o Contaminantes Atmosféricos de cualquier Naturaleza	Reglamenta las emanaciones o contaminantes atmosféricos de cualquier naturaleza y es aplicable solamente a los lugares habitados.	Servicio de Salud	Permiso sectorial ambiental
D.S. 594 de 1999 Normas sobre Condiciones Sanitarias en los Lugares de Trabajo.	Establece las condiciones sanitarias y ambientales básicas que deberá cumplir todo lugar de trabajo, sin perjuicio de la reglamentación específica que se haya dictado o se dicte para aquellas faenas que requieren condiciones especiales, además, los límites permisibles de exposición ambiental a agentes químicos y agentes físicos, y aquellos límites de tolerancia biológica para trabajadores expuestos a riesgo ocupacional.	Servicio de Salud	Permiso sectorial ambiental
D.S. 146 de 1997 Manual de Aplicación Normas de Emisión de Ruidos Molestos Generados por Fuentes Fijas.	Establece los niveles máximos permisibles de presión sonora corregidos y los criterios técnicos para evaluar y calificar la emisión de ruidos molestos generados por fuentes fijas hacia la comunidad, tales como las actividades industriales, comerciales, recreacionales, artísticas u otras	Servicio de Salud	Permiso sectorial ambiental
N.Ch. 409 de 1984 Requisitos de Agua potable	Esta establece los requisitos físicos, químicos, radiactivos y bacteriológicos que debe cumplir el agua potable. Aplicable al agua potable proveniente de cualquier sistema de abastecimiento.	Servicio de Salud	Permiso sectorial ambiental

Continuación Tabla 1. Normativa ambiental vigente para proyectos acuícolas de agua dulce.

Cuerpo Legal	Causas	Institución relacionada	Clasificación
N.Ch 777 de 1971 Norma sobre fuentes de abastecimientos y otras obras de captación	Establece la terminología general y una clasificación para las fuentes de abastecimiento de agua potable, atendiendo a su origen, para las obras de captación que se efectúan para su aprobación, también, los requisitos generales para las fuentes de abastecimiento, así como para las obras que se ejecuten para la captación de agua potable. Se aplicará a la elección del proyecto y ejecución de las obras de captación.	Servicio de Salud	Permiso sectorial ambiental
D.S. 90 del 2001 Norma de Emisión para la Regulación de Contaminantes Asociados a las Descargas de Residuos Líquidos a Aguas Marinas y Continentales Superficiales.	Protección ambiental para prevenir la contaminación y estableciendo la concentración máxima de contaminantes permitida para residuos líquidos descargados por las fuentes emisoras a las aguas marinas y continentales superficiales de la República, mediante el control de contaminantes asociados a los residuos líquidos que se descargan a estos cuerpos receptores. Con lo anterior, se logra mejorar sustancialmente la calidad ambiental de las aguas, de manera que éstas mantengan o alcancen la condición de ambientes libres de contaminación.	Dirección General de Aguas (DGA)	Permiso sectorial ambiental
Ley 3.557. Ley sobre protección agrícola	Normativa Ambiental que debe cumplir el proyecto y señalar cuales serán las medidas que adoptaran para dar cumplimiento a la Ley en la etapa de operación del proyecto.	Servicio Agrícola Ganadero (SAG)	Permiso sectorial ambiental
Ley Nº 17.288 de 1970, Ley de Monumentos Nacionales.	Toda persona natural o jurídica que al hacer excavaciones en cualquier punto del territorio nacional y con cualquier finalidad, encontrare ruinas, yacimientos, piezas u objetos de carácter histórico, antropológico, arqueológico o paleontológico, ésta obligada a denunciar inmediatamente el descubrimiento al Gobernador del Departamento (artículo26).	Consejo de Monumentos Nacionales	Permiso sectorial ambiental

Continuación Tabla 1. Normativa ambiental vigente para proyectos acuícolas de agua dulce.

Cuerpo Legal	Causas	Institución relacionada	Clasificación
D.F.L. N° 458 de 1975 del Art. 55	Subdividir y urbanizar terrenos para implementar alguna actividad industrial o viviendas, dotar de equipamiento algún sector rural, o habilitar un balneario o campamento turístico, para las construcciones industriales de equipamiento, turismo y poblaciones, fuera de los límites urbanos a que se refieren los incisos 3° y 4° del Art. 55 del D.F.L. 458/75.	Ministerio de Vivienda y Urbanismo	Permiso sectorial ambiental

De acuerdo con el análisis de la legislación ambiental vigente, la piscicultura cumple con lo dispuesto en el Artículo 10° letra n, de la ley 19.300; Artículo 3° letras n y o, del Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, en relación con proyectos de cultivo intensivo de recursos hidrobiológicos y el sistema de tratamiento y disposición de residuos líquidos y sólidos.

El artículo 10 (Ley de Bases Generales del Medio Ambiente) y el artículo 3, (Reglamento Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental) describen los proyectos o actividades susceptibles de causar impacto ambiental, en cualquiera de sus fases y que deberán someterse al sistema de evaluación de impacto ambiental, en la letra n establece:

- Proyectos de explotación intensiva, cultivo, y plantas procesadoras de recursos hidrobiológicos.

Una piscicultura requerirá la elaboración de un Estudio de Impacto Ambiental según el artículo 11 de la Ley 19.300, si genera o presenta a lo menos uno de los siguientes efectos, características o circunstancias:

- a) Riesgo para la salud de la población, debido a la cantidad y calidad de efluentes, emisiones o residuos;
- b) Efectos adversos significativos sobre la cantidad y calidad de los recursos naturales renovables, incluidos el suelo, agua y aire;
- c) Reasentamiento de comunidades humanas, o alteración significativa de los sistemas de vida y costumbres de grupos humanos;
- d) Localización próxima a población, recursos y áreas protegidas susceptibles de ser afectados, así como el valor ambiental del territorio en que se pretende emplazar;
- e) Alteración significativa, en términos de magnitud o duración del valor paisajístico o turístico de una zona, y
- f) Alteración de monumentos, sitios con valor antropológico, arqueológico, histórico y, en general, los pertenecientes al patrimonio cultural.

Para los efectos de evaluar el riesgo indicado en la letra a) y los efectos adversos señalados en la letra b), se considerará lo establecido en las normas de calidad ambiental y de emisión vigentes. A falta de tales normas, se utilizará como referencia las vigentes en los Estados que señale el reglamento.

Las pisciculturas que no generen o presenten alguno de los efectos, características o circunstancias de los señalados en el artículo 11 de la Ley, deberá presentar ante la Comisión Regional del Medio Ambiente respectiva o ante la Dirección Ejecutiva de la Comisión Nacional del Medio Ambiente, según sea el caso, una Declaración de Impacto

Ambiental, bajo la forma de una declaración jurada, en la cual expresará que cumple con la legislación ambiental vigente, acompañando todos los antecedentes que permitan al órgano competente evaluar si su impacto ambiental se ajusta a las normas ambientales vigentes.

De acuerdo al artículo 15 del Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (RSEIA), las Declaraciones de Impacto Ambiental deberán contener, a lo menos, lo siguiente:

- a) La indicación del tipo de proyecto de que se trata.
- b) La descripción del proyecto que se pretende realizar o de las modificaciones que se le introducirán.
- c) La indicación de los antecedentes necesarios para determinar si el impacto ambiental que generará o presentará el proyecto se ajusta a las normas ambientales vigentes, y que éste no requiere de la presentación de un Estudio de Impacto Ambiental, de acuerdo a lo dispuesto en la Ley y en el Reglamento.
- d) La descripción del contenido de aquellos compromisos ambientales voluntarios, no exigidos por la legislación vigente, que el titular contemple realizar.

Finalmente y de acuerdo al artículo 16 (RSEIA), la Declaración de Impacto Ambiental que presente el titular deberá acompañarse de la documentación y los antecedentes necesarios para acreditar el cumplimiento de la normativa de carácter ambiental y de los requisitos y contenidos de los permisos ambientales sectoriales contemplados en los artículos del Título VII del Reglamento.

4.2 Análisis de Procedimientos Metodológicos para la Valoración y Predicción de las Normas de Calidad Ambiental de Centros de Cultivos de Agua Dulce (Piscicultura).

4.2.1 Procedimientos generales para proyecto con procesos productivos definidos.

Si bien la mayoría de las actividades productivas generan impactos ambientales de diferente envergadura, que dependen del área de emplazamiento, de la fragilidad de los ecosistemas, de las tecnologías y escalas de producción, de los materiales utilizados, etc. (Zaror, 2000). Existen metodologías para la identificación, valoración, predicción y la minimización de las distintas emisiones, descargas y residuos que conducen al diseño de procesos limpios de producción.

La valoración de las normas de calidad ambiental tiene un carácter predictivo, donde se asegura el cumplimiento de la legislación que atañe a los proyectos. Estos nos ayudan a seleccionar las alternativas que, cumpliendo con los objetivos de producción propuestos, logren máximos beneficios y generen mínimos impactos ambientales. Las metodologías utilizadas como herramienta de diseño deben coincidir con lo requerido en la Ley 19.300 y con su respectivo reglamento.

De acuerdo con (Coneza, 1993; Gómez, 1994; Canter, 1998; Zaror, 2000) para reconocer los requisitos metodológicos que se deben cumplir para llevar a cabo un estudio de impacto ambiental o declaración de impacto ambiental se debe tener:

- a) La capacidad de identificar las posibles alteraciones que se generan en el medio ambiente debido al proyecto propuesto. Para ello, se requiere de un conocimiento acerca de las relaciones causa-efecto entre los aspectos ambientales del proyecto y los impactos ambientales potenciales. Implica estudiar el conjunto de efectos potenciales en cada componente del entorno vital, el cual incluye el medio natural y el medio antropizado.

- b) La capacidad para predecir las características de dicho impacto, para decidir acerca de su aceptabilidad. Es decir, se debe contar con modelos cualitativos y cuantitativos que permitan obtener información sobre los cambios que pueden generarse debido a cada aspecto ambiental del proyecto. La calidad de las predicciones dependerá de la consistencia de los modelos causa-efecto, de la validez de los parámetros y de los datos utilizados.

- c) En caso de existir Normas de Calidad Ambiental para los componentes ambientales estudiados, ellas constituyen el criterio de aceptabilidad. Sin embargo, dichas normas cubren un limitado espectro de componentes ambientales, lo que obliga a establecer criterios de aceptabilidad que deben ser cuidadosamente seleccionados.

- d) Si el impacto ambiental previsto no es aceptable, se debe identificar las posibles modificaciones al proyecto original que permitan reducir dicho impacto a los niveles de aceptabilidad. Esto representa un desafío de ingeniería importante, pues la modificación al proceso tiene que resultar en una drástica reducción de

los aspectos ambientales responsables del impacto, sin que esto afecte negativamente la factibilidad técnica y económica del proyecto.

En el contexto de su aplicación al diseño de procesos limpios, interesa utilizar la valoración y predicción de las normas de calidad ambiental, para distinguir aquellas opciones con menor impacto ambiental e identificar las medidas de mitigación necesarias para reducir los efectos negativos, coherente con los aspectos técnicos y económicos del proyecto.

Los autores (Coneza, 1993; Gómez, 1994; Canter, 1998; Zaror, 2000) mencionan que para poder valorar las normas de calidad ambiental es necesario:

- 1 Identificar los aspectos ambientales del proyecto evaluado.
- 2 Identificar los factores ambientales que pueden verse afectados por las acciones del proyecto.
- 3 Caracterizar, cuantitativa y cualitativamente, el estado de tales factores ambientales antes de la implementación del proyecto.
- 4 Predecir el estado de tales factores ambientales debido a las acciones previstas.
- 5 Valorizar para cada factor ambiental afectado y determinar la aceptabilidad de tales impactos.

4.2.2 Procedimiento para valorizar y predecir las normas de calidad ambiental en proyecto de piscicultura.

La Comisión Nacional de Medio Ambiente en su guía “Orientaciones para la Evaluación de Impacto Ambiental en Proyecto de Centro de Cultivo en Tierra”, si bien no presenta una metodología clara para la valoración, entrega nociones y enfoques, de cómo abordar los estudio de impacto ambiental de este tipo de proyectos y por ende parte de este procedimiento puede ser utilizado en las declaraciones de impacto ambiental.

a.) Descripción del proyecto

a.1) Etapa de construcción:

- Distribución espacial y elección de las unidades productivas
- Características hidrológicas y geográfica
- Captación y distribución de agua
- Descripción de la unidades productivas

a.2) Etapa de operación:

- Descripción del flujo productivo (reproducción e incubación, alevinaje y smoltificación)
- Descripción de los procesos de crecimiento, alimentación, carga de cultivo, y mortalidad
- Descripción de la infraestructura, equipos para la operación y servicios
- Establecer cronograma del proyecto

b.) Área de influencia y línea de base:

- Descripción y delimitación del área que se vera influenciada por el proyecto
- Evaluación y medición de parámetros
 - Medio Físico: características climatológicas, calidad del aire, recursos hídricos o aguas superficiales, hidrogeología, análisis del cuerpo receptor, análisis de dispersión del cuerpo receptor, características físico-químicas del agua, textura y granulometría de los sedimentos.
 - Medio Biótico: estudio flora y vegetación terrestre, fauna terrestre, característica biológica del agua, macroinfauna de fondos blandos y fauna y vegetación de fondos duros.
 - Medio Socio-Cultural: estudio arqueológico y aspectos socio-económicos.
 - Paisaje: análisis de factores biofísico, de visualización, singularidad y accesibilidad.

En el caso de área de influencia y línea de base se consideran solo algunos puntos para la elaboración de una Declaración de Impacto Ambiental no así para un Estudio de Impacto Ambiental en cual se debe considerar todos los puntos anteriormente descrito.

c.) Identificación, predicción y evaluación de impactos:

- Consideraciones ambientales relevantes de los proyectos para la identificación de impactos referente a:
 - Calidad de agua
 - Elementos de la evaluación en la construcción, operación y abandono.

d.) Manejo ambiental:

- Medidas de mitigación para las unidades de cultivo y mortalidades.
- Medidas de reparación, restauración y compensación
- Plan de contingencia, control de accidentes y prevención de riesgo.

e.) Monitoreo Ambiental

- Verificar eventuales cambios en parámetros estudiados en la línea de base.
- Detectar si los cambios han ocurrido por causas relacionadas a la implementación y operación del proyecto.
- Evaluar la efectividad de las medidas de mitigación aplicadas.

4.2.3 Procedimiento usado en otros países.

En este caso existen metodologías clara para la Evaluación de Impacto Ambiental y en cierto grado se menciona como llegar a valorar las normas de calidad ambiental en proyecto de centro de Cultivo. La Consellería de Ordenación do Territorio e Obras Públicas, Xunta de Galicia utiliza el siguiente procedimiento:

a.) Estudio del proyecto:

* *Definición general del proyecto:*

- Tipo y número de especies
- Fases en explotación
- Escala e intensidad de producción
- Ubicación en el medio
- Estructuras básicas
- Otras características técnicas y de gestión (flujo de agua, alimentación, etc)

* *Especies explotadas:*

- Denominación específica
- Caracterización básica de la especie

* *Características estructurales:*

- Infraestructura básica
- Infraestructura complementaria

* *Modelo de gestión:*

- Gestión de las diferentes fases en explotación
- Gestión de la alimentación

- Gestión del sistema hidráulico
- Gestión de mantenimiento de instalaciones
- Otras consideraciones

b.) Estudio del Medio

- * *Localización geográfica*
- * *Descripción del medio:*
 - Variables abióticas
 - Variables bióticas
 - Variables socio-económicas
 - Variables paisajísticas

c.) Identificación y evaluación de impactos

- * *Consideraciones previas*
- * *Metodologías de identificación*
- * *Impactos ambientales provocados por los cultivos:*
 - Impactos sobre variables abióticas
 - Impactos sobre variables biológicas
 - Impactos sobre variables socio-económicas
 - Impactos sobre variables paisajísticas

d.) Medidas correctoras

- * *Conceptos generales*
- * *Medidas correctoras*

e.) Programa de vigilancia Ambiental

* *Elaboración del programa:*

- Variables física

- Variables químicas

- Variables biológicas

- Variables socioeconómicas

- Variables paisajísticas

* *Desarrollo operativo del programa*

4.3 Descripción del Proceso Productivo General en el Centro de Agua Dulce para la Obtención de Alevines y Smolt e Identificación y Valoración de los Distintos Impactos Ambientales (Piscicultura Molco).

4.3.1 Descripción del área de estudio.

4.3.1.1 Definición y ubicación geográfica área de estudio.

La piscicultura Molco opera sobre una extensión de 10 hectáreas. y se ubica en el Estero sin nombre, afluente de Estero Chehuilco, Sector Molco Alto, localizado a 15 Km al Sur Este de la ciudad de Villarrica, Comuna de Villarrica, provincia de Cautín, IX Región (Figuras 2). Este Estero se origina en varios afloramientos superficiales, y es tributario del río Chehuilco. La captación se realiza en dos sectores que tiene una misma coordenada geográfica en don de se produce el afloramiento del estero sin nombre, la coordenada de captación (UTM km) corresponde a 750.716 E y 5.641.967 N, del cual se extraen aproximadamente 887 l/s. Este caudal es restituido al mismo estero en la coordenada 750.326 E y 5.642.312 N (Tabla 2). La distancia entre el punto de captación y el de restitución es de 0,6 km. en tanto que el desnivel es de 10 m.

Este estero presenta un régimen estacional con un caudal medio máximo de 2,4 m³/s en primavera y un caudal mínimo de 1,3 m³/s en verano (bases de dato proporcionado por la empresa)

Tabla 2. Coordenadas de ubicación de la zona de captación y restitución de las aguas utilizadas por la piscicultura Molco

Vértice	UTM (E)	UTM(N)	Latitud	Longitud
A1-2	750.716	5.641.967	39°20'05``S	72°05'28,5``W
B	750.326	5.642.312	39°20'04``S	72°05'44,8``W

Fuente: Carta IGM N° 3915 - 7200; Carta Villarrica, escala 1:50.000

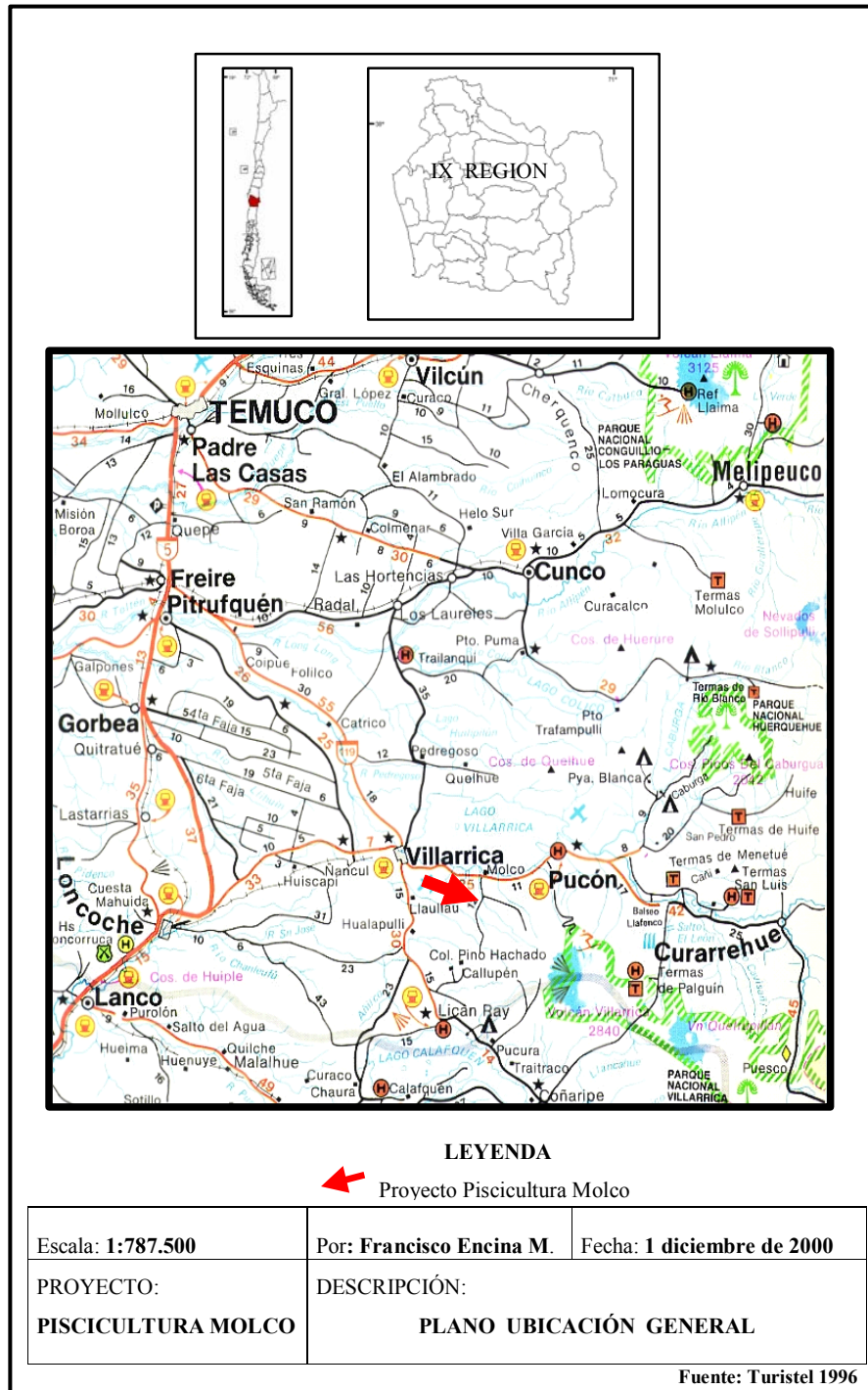


Figura 2. Plano de ubicación general.

4.3.1.2 Característica físico – química del agua y cuerpo receptor del efluente.

Aforos o estimación de caudal medio instantáneo

Las aguas son captadas gravitacionalmente en el afloramiento del Estero sin nombre a 0,28 km. aguas arriba de la obra y se restituirán al mismo cauce a 0,3 km. aguas abajo de dicha obra. La distancia entre el punto de captación y el de restitución es de 0,6 km. en tanto que el desnivel es de 10 m. Para lo cual fueron adquiridos derechos de aprovechamiento de agua, uso no consuntivo de ejercicio permanente y continuo por un caudal de 887 l/s, los que serán utilizados para una producción en régimen anual de 714.282 smolts (Tabla 3).

Tabla 3. Aforos estero sin nombre

15/2/2000	10/11/2000	23/10/2000
m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
1,281	1,45	2,4

Análisis físico-químico

De acuerdo con los análisis de físico-químico y bacteriológico del agua utilizada por la piscicultura Molco se encuentra dentro de los parámetros aceptables para el cultivo de salmonídeos en todas sus fases (Tabla 4).

Tabla 4. Análisis físico químico y bacteriológico del afluente de la piscicultura Molco

Parámetro	Estación 1	Estación 2	Estación 3
Amoníaco ppm	<0,025	<0,025	<0,025
N-NO ₃ ppm	0,043	0,030	0,073
N-NO ₂ ppm	<0,1	<0,1	<0,1
Fósforo total ppm	0,053	0,027	0,050
Fosfato ppm	0,153	0,076	0,140
Cloruro ppm	1,01	0,89	0,89
Alcalinidad CaCO ₃ ppm	23,2	26,68	23,80
Sodio ppm	5,88	5,40	4,98
Magnesio ppm	1,59	2,00	1,58
Manganeso ppm	<0,05	<0,05	<0,05
Sulfato ppm	<1	<1	<1
Zinc ppm	<0,1	<0,1	<0,1
Cobre ppm	<0,02	<0,02	<0,02
STF ppm	58,0	60,0	61,1
ST ppm	60	71	66
SS ppm	N.D.	N.D.	N.D.
DBO ppm	0,74	0,74	1,19
Dureza CaCO ₃ ppm	17,09	21,08	26,14
Color uptco	0,00	2,00	5,00
Detergente	<0,1	<0,1	<0,1
O.D. ppm	10	9,5	9,8
Temperatura	8,7	8,2	8,9
Conductividad µS	55,4	51,5	61,2

Continuación Tabla 4. Análisis físico químico y bacteriológico del afluyente de la piscicultura Molco.

Parámetro	Estación 1	Estación 2	Estación 3
STD ppm	26	24	29
Turbidez NUT	1,9	0	0,27
PH	7,59	7,6	7,73
Coliformes totales NMP/100ml	170	95	540
Coliformes fecales NMP/100ml	6,8	13	11

N.D.: no detectado

4.3.1.3 Característica del entorno.

Vegetación y fauna nativa

El área en la que se encuentra la piscicultura Molco, representa un sector con intervención antrópica, históricamente ganadera y forestal. La vegetación del predio es en gran medida nativa destacando especies como el boldo, quila, avellano, hualle, coihue, ulmos y lingues, representados como bosquetes mixtos que se encuentran principalmente al borde de la vertiente, estero utilizado por la piscicultura y a las orillas del estero Chehuilco. El sector en cambio, de uso posee una cobertura de pradera natural de baja productividad. La fauna nativa no encuentra áreas de refugio de importancia en el área de cambio de uso, sólo es eventual sitios de anidada o territorio de algunos insectos en los que destacan, coleópteros, escarabajos como el pololo verde y café, elatéridos ortópteros como el grillo. Utilizado también como refugio de pequeños mamíferos (lagomorfos y roedores). No se observó que el sitio fuera utilizado como anidada de aves.

Características del clima

De acuerdo a IREN, el predio se ubica en el tipo climático III, con una precipitación anual de 1500 a 1800 mm. La distribución de esta precipitación, según las estaciones del año (Tabla 5).

Tabla 5. Precipitaciones estacionales en el sector

Otoño	20% con 300 a 400 mm.
Invierno	43% con 700 a 900 mm.
Primavera	19% con 250 a 300 mm.
Verano	10% con 100 a 150 mm.

La desigual distribución de las lluvias, concentradas principalmente en otoño invierno, determina un período 2 a 4 meses con déficit de humedad. El régimen de humedad es Údico.

La suma de las temperaturas activas alcanza a 1760 °C, lo que representa un período vegetativo de 153 días. La temperatura máxima media del mes más cálido es de 27,2 °C y la temperatura mínima media del mes más frío es de -2,1 °C. El promedio anual de temperaturas es de 10 a 11 °C. El régimen de temperatura es mésico.

Geomorfología del área.

En la génesis del paisaje del sitio, ha tenido una acción fundacional el material de cenizas volcánicas modernas depositados sobre arenas y grava de origen volcánico

(falda del volcán Villarrica), en la cuenca del glacial formador del lago Villarrica. Las altitudes del sitio se encuentran en los 350 y 360 m.s.n.m.

Descripción de suelo.

Estos suelos pertenecen al grupo trumaos de la familia Puerto Octay, de la serie Los Lagos y se han originado de cenizas volcánicas modernas sobre arena y grava volcánica. La topografía es de pendiente, dominando un 12%. La profundidad del suelo es de 80 cm y descansa sobre un substrato de origen volcánico constituido por arena y grava de depositación volcánica (Tabla 6).

Son suelos moderadamente profundos, de color pardo muy oscuro en el primer horizonte a pardo rojizo oscuro bajo los 30 centímetros. Presentan textura franco arcillosa y estructura granular gruesa a moderada, firme, poco adhesivo en el horizonte A y adhesivo a muy adhesivo bajo los 20 cm, raíces finas y medias moderadamente abundante hasta los 18 – 20 cm. A mayor profundidad, bajo los 20 cm presenta una textura arcillosa (Tabla 7).

Tabla 6. Descripción del perfil de suelo.

0 a 30 cm.	Pardo muy oscuro (10 YR 2/2) en húmedo; textura franco limosa, ligeramente plástico y ligeramente adhesivo, friable en húmedo, estructura granular fina y moderada, con bloques subangulares finos. Raíces finas y medias abundantes, poros medios y gruesos. Límite ondulado y claro.
------------	--

Continuación **Tabla 6.** Descripción del perfil de suelo.

30 – 60 cm.	Pardo oscuro (7,5 YR 4/4) en húmedo, franco, ligeramente plástico y ligeramente adhesivo en húmedo, friable en húmedo; estructura de bloques subangulares medios y débiles. Raíces finas y medias muy abundantes. Límite ondulado y claro.
60 – 80 cm	Pardo amarillento oscuro (10 YR 3/4) en húmedo, textura franca, ligeramente plástico y ligeramente adhesivo en húmedo, friable en húmedo; estructura de bloques subangulares medios y moderados. Raíces finas y medias comunes. Límite ondulado, abrupto.
más de 80	Substrato constituido por arenas y gravas del coluvio volcánico del volcán Villarrica.

Tabla 7. Características de la clase del suelo

Clase	Definición	Limitantes	Uso actual	Uso potencial
II e	Suelos moderadamente buenos, que pueden ser usado con una buena rotación, pero necesita tratamientos intensivos de manejo, ya que está sujeta a limitaciones debido a sus limitaciones permanentes.	Suelos inclinado con pendientes leve, mayores a 2%, no susceptible a erosionarse. Descansa sobre substrato arenoso – pedregoso. Profundidad de suelo media. (50 cm.)	Pradera mixta y bosque nativo y exótico en cercos y en posiciones interiores	Cultivos escardados dentro de una rotación que incluya cereales y pradera.

Continuación **Tabla 7.** Características de la clase del suelo

IV	Suelos con limitaciones en sus posibilidades de uso que restringen la elección a cultivos de cereales y praderas, bosque o silvopastoreo. Requieren cuidadosa prácticas de manejo y conservación	Suelos franco arenoso a arenoso y delgado (menos de 30 cm.) y en este caso sin erosión presente.	Pradera natural y residuo de bosque nativo y bosque exótico en cercos y en bosquete.	Cereales, praderas, bosque y silvopastoreo
-----------	--	--	--	--

Inspección arqueológica

La superficie destinada a la piscicultura Molco históricamente a sido utilizada para faenas agrícolas, con escasa vegetación. De acuerdo suvey arqueológico a través de calicatas excavadas en el lugar y a la inspección superficial del 100% del área involucrada por el proyecto se determinó que no presenta evidencia arqueológica ni de fragmentación de alfarería o líticos arqueológicos, osamentas u otros materiales patrimoniales culturales.

Restricciones ambientales sectoriales para el emplazamiento de la piscicultura.

De acuerdo a los instrumentos de planificación existentes u otra normativa que restrinja o permita el emplazamiento de la Piscicultura Molco en zonas de riesgo y sometidas al plano regulador.

- 1.- La calificación de zona ARL 1, en Mapa de riesgo del Volcán Villarrica, IX Región, por Sernageomin. (1993)
- 2.- Categorización en ZR1, según Plano Intercomunal Villarrica-Pucón, en fase de aprobación.

Por lo que se considera oportuno que al momento de seleccionar el sitio para uso acuícola es necesario caracterizar el sitio en relación con zonas de riesgo de cualquier tipo y planos reguladores.

4.3.2 Descripción del proceso productivo general e identificación de las distintas emisiones, descargas y residuos generados por la piscicultura Molco.

4.3.2.1 Descripción de la construcción, infraestructura de cultivo y equipos.

a.) Etapa de Construcción

Dado que el punto de captación de agua es la unidad más relevante de esta etapa, se construyó en concreto y con sistemas de filtros (rejillas) de 2 x 1,5 m. con una luz de reja de 0,5 cm. de acero galvanizado para la retención de sólidos que pudiesen obstruir los ductos de distribución. Además de impedir el paso de especies piscícolas externa a la piscicultura como también impedir la salida de especies confinadas (Anexo 1. Plano Piscicultura Molco).

b.) Obras Civiles

Cámaras de rejillas y Canal de transición

La cámara de rejillas estas tienen una dimensión de 2 * 1.5 m. con una luz de reja de 0.5 cm. de acero galvanizado y se ubica antes de las compuertas y en el desagüe de la piscina de decantación. Después de estas cámaras se encuentra el canal de transición y las tuberías correspondiente a las líneas de aducción.

Tuberías de aducción

Corresponde a una tubería de PVC o Polietileno de alta densidad compuesta por dos líneas de 630 mm de diámetro y/o una línea de 710 mm diámetro con un largo total de 240 m.

Estanques de distribución

Se consideró la construcción de un estanque de distribución, cuyas estructuras son de hormigón armado, o en su defecto PRFV.

Cañerías de alimentación área de incubación, sala de familia, área de alevinaje y smoltificación

Corresponden a líneas de tuberías de 110 mm con un total de 200 metros lineales.

Sistema de transporte y clasificado de peces:

Se consideró la instalación de cañerías, válvulas, interconexiones, cámaras y bombas que conectan la sala de alevinaje con el área de smoltificación, y esta última con la sala de clasificado.

Sistema de desagüe y tratamiento

Corresponde a la instalación de cañerías, confección de canales de hormigón y cámaras de inspección para conectar la piscina de decantación, compuestas por tres piscinas en paralelo de 12,5 x 40 m cada una. Las piscinas están separadas por muros de estructuras de madera con una superficie útil de 1.500 m², excavadas en el terreno a una profundidad mínima de 1,5 m. Los muros y piscinas serán revestidos mediante láminas

PECC. La superficie estimada permite satisfacer un caudal máximo de proceso conjunto de 1000 l/s por lo que la piscina fue diseñada con una sobre estimación para cualquier eventualidad. Las características del sistema de decantación de los sólidos en suspensión, son que funcionando las tres en forma continua permiten, en conjunto, retener a lo menos el 85% de los sólidos producidos por el establecimiento.

Obras de edificación (Anexo 1. Plano Piscicultura Molco).

Se consideró la readecuación y construcción de las siguientes dependencias:

- Una edificación de 143 m² para oficina administrativa, baños y dependencias del personal.
- Una edificación de 70 m² para recepción y dependencia del personal.
- Vivienda de residentes de 70 m².
- Una bodega de 70 m², sala de generador de 35 m² y sala de clasificación de 70 m².
- Una sala de incubación y alevinaje de 1620 m² y una sala de familias de 405 m².

c.) *Infraestructura de Cultivo y Equipos*

Bateas de incubación

Corresponde a 82 bateas con una capacidad de incubación de 4.586.630 ovas con ojo. Son construidas en poliéster reforzado con fibra de vidrio, cuyas dimensiones alcanzan a 3,6 x 0,4 x 0,26 m. En su interior poseen 7 canastillos de aluminio.

Estanques para alevines

20 estanques semicirculares de 5x5 m de una capacidad de 24m³ cada uno.

Estanques para smolts

26 estanques circulares de 8 m de diámetro con una capacidad útil de 80,4m³.

Estanques de familias

Como parte del programa de mejoramiento genético, se implementará una sala de manejo de familias (esta biomasa se encuentra considerada dentro de la biomasa total de producción), la cual contará con 144 estanques circulares de 1m de diámetro con una capacidad de 0.6m³ cada uno.

4.3.2.2 Análisis de las técnicas del proceso productivo, capacidad de producción, manejo de planillas de producción y flujos de farmacia. (Figura 3).

a.) Etapa de operación

Incluida la administración, trabajan en la piscicultura, aproximadamente 15 a 20 personas, centrandó las actividades en el desarrollo de tres etapas: la incubación de ovas, cultivo de alevines y cultivo de smolts. La procedencia de las ovas es de origen nacional producidas por Salmones Multiexport.

De acuerdo con el proyecto técnico de la piscicultura, en el mes de Julio del primer año de producción ingresarán 4.586.630 de ovas en estado de ojo las cuales generarán 714.282 smolts. Luego, en el mes de Julio del año siguiente ingresarán nuevamente 4.586.630 de ovas, repitiendo la secuencia descrita (Tabla 8 y Anexo 2. Flujo de Producción Anual del Proyecto).

Tabla 8. Capacidad de producción anual por producto generado por la piscicultura Molco

Identificación del producto	Año	Capacidad de producción	Capacidad máxima instalada	Unidad de medida
Ovas con ojos	1	4.586.630	4.586.630	Individuos
Alevines (15 gr)	1	2.492.997	2.492.997	Individuos
Smolts (70 gr)	1	714.282	714.282	Individuos

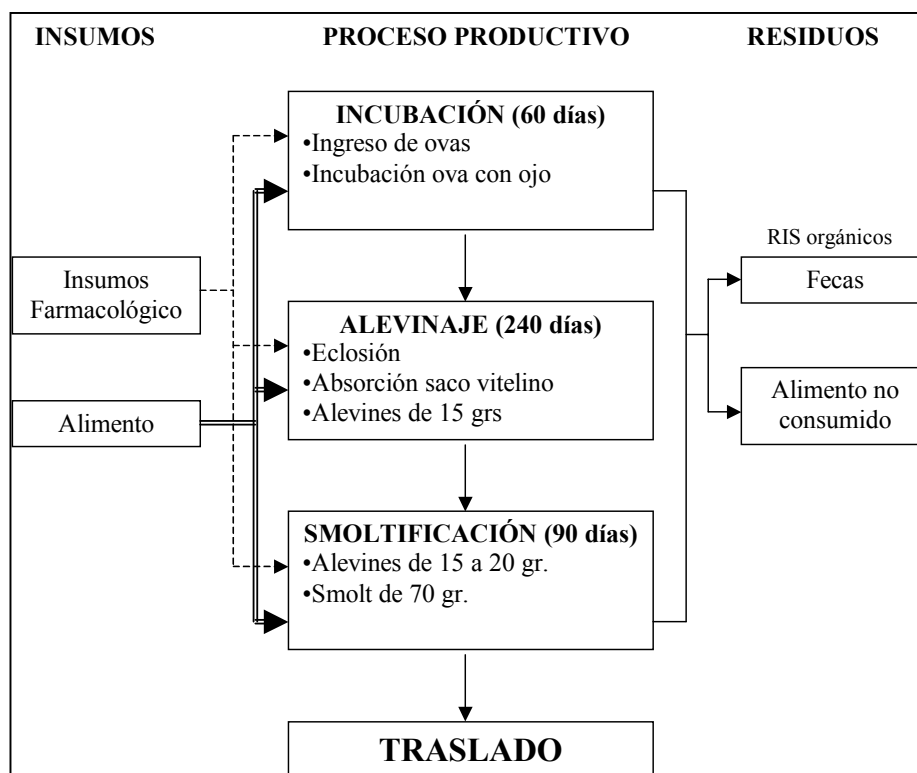


Figura 3. Flujo de proceso piscicultura Molco

Ingreso de ovas

Las ovas nacionales, son desinfectadas al momento de su ingreso, con solución yodada (Buffodine) por un período de tiempo igual a 10 minutos. Las ovas son dispuestas en canastillos dentro de bateas y permanecerán allí hasta que se produzca la eclosión. Posteriormente, los canastillos son retirados. Los alevines permanecen en estas condiciones hasta la absorción del saco vitelino. Durante esta etapa se realizan labores diarias de limpieza y extracción de mortalidad, tanto de las ovas como de los alevines, con la finalidad de eliminar potenciales focos de contagio.

Alevines

Una vez concluido el proceso de reabsorción del saco vitelino los alevines. Son dispuestos en estanques de primera alimentación (estanques semi circulares de 5*5 m). Donde se inicia el proceso de alimentación. Los alevines son alimentados hasta alcanzar pesos que fluctúan entre los 10 y 20 g. Durante este proceso las labores habituales corresponden a limpieza y extracción de mortalidad. Además durante este período los peces son sometidos a graduaciones por tamaño.

Smolts

La última etapa de crecimiento en la piscicultura ocurre cuando los peces adquieren la condición de smolt, alcanzando un peso promedio 70 gr. Durante esta etapa, nuevamente se aplica la rutina de limpieza y extracción de mortalidad, además de un proceso de selección de tamaño, el cual tiene por objeto clasificar los peces de acuerdo a su peso. Una vez que los peces alcanzan el estado de smolts, son trasladados al mar para finalizar

la etapa de engorda. Respecto a la densidad máxima de cultivo, la piscicultura Molco, espera alcanzar densidades máximas de 24 Kg./m³.

Alimentación

Los alevines y smolts son alimentados con pellets. La experiencia de cultivo indica que para alevines en primera alimentación les corresponde consumir Starter 00, alimento inferior a 0,4 mm. Luego, son alimentados con un Starter 0, que corresponde a un alimento entre 0,4 y 0,7 mm. Posteriormente, se les entrega un Crumble 1, que corresponde a un alimento que fluctúa entre 0,7 a 1,1 mm. El alimento aumentará de calibre hasta que los peces alcancen el tamaño de smolt. La alimentación se realiza mediante la implementación de alimentadores automáticos y reforzada en forma manual. La dieta será administrada continua y permanente las 24 hrs. El alimento utilizado es del tipo extruído con bajo contenido de fósforo y alta digestibilidad.

Alimento

El alimento utilizado en la piscicultura es producido por empresas proveedoras reconocidas tales como Alitec u otras que satisfacen los requerimientos de la empresa. Se consideran como requisitos esenciales de los alimentos que sean pelletizados, extruídos, altamente energéticos, con bajo contenido de fósforo, alta digestibilidad y enriquecidos con suplementos vitamínicos (vitamina C), minerales y pigmentos naturales tales como Astaxantina y Cantaxantina.

El flujo de consumo de alimentos para una proyección anual así como el tipo y sus respectivos valores nutricionales, se entregan en la (Anexo 2. Flujo de Producción Anual del Proyecto).

Control sanitario

Para el control sanitario se utiliza el antibiótico Florfenicol y la vacuna Aquayer, (vacuna Bactericida contra Yersinia). De acuerdo a la Tabla de Flujo de Producción y Farmacia se realizará un tratamiento dos veces al año con Florfenicol. Antes del traslado de los smolts al mar serán vacunados con Aquayer. La desinfección rutinaria se realizará con Virkon's el cual se califica como un desinfectante inocuo ambientalmente de acuerdo de las características técnicas del producto y resolución del SAG (Anexo 3. Tabla Flujo Farmacia).

Mortalidad

De acuerdo con el proyecto técnico de la Piscicultura Molco, la mortalidad de ovas a alevines se ha estimado en un 15% aproximadamente, en tanto que en la transición de las etapas alevín a smolt la mortalidad alcanzará entre 3-5%.

Diariamente se realizará el retiro de las ovas y alevines muertos, es importante destacar que el desarrollo de esta rutina no genera un número significativo de mortalidad alcanzando una tasa promedio diaria de 18.4 kg.

4.3.2.3 Identificación de materias primas e insumos, requerimiento de servicios, requerimiento de energía - combustible y requerimiento de agua potable.

Tabla 9. Descripción de materias primas e insumos

Materias primas e insumos	Consumos	Unidades
1. Alimento	86423	Kg/año
2. Insumos farmacológicos	2 (Florfenicol)	Kg/año
	87,4 (Aquayer)	L/año
3. Desinfectantes	3 (Buffodine)	L/año
	37.5 (Virkon`s)	Kg/año

Tabla 10. Descripción requerimiento de servicios

Servicios	Requerimientos	Unidad de medida
1. Agua potable (servicios higiénicos)	100	L/hab/día

Tabla 11. Descripción requerimiento de combustibles y energía

Item	Consumo Diario	Consumo Mensual	Observaciones
1. Petróleo Diesel	6 litros	180 litros	Cantidad estimada frente a la necesidad de uso del equipo electrógeno de emergencia.
2. Caldera	432 litros	12960 litros	Esta será ocupada para aumentar la temperatura en la sala de alevinaje solo por dos meses (los dos meses más fríos del año)
3. Energía Eléctrica	43,6 Kwatts	1.308 Kwatts	Energía Eléctrica para sala de alevinaje, casa, bodega y graduadores.

Tabla 12. Descripción requerimiento y consumo de agua

Tipo de uso	Uso	Consumo de agua por fuentes (l/s)	Totales (l/s)
Doméstico	Consumo humano	0.085	0.085

4.3.2.4 Identificación y caracterización de las principales emisiones, descargas y residuos potenciales de causar impactos de acuerdo al proceso de producción.

Emisiones a la atmósfera

Las principales emisiones a la atmósfera se producen en la etapa de construcción correspondiendo principalmente PM₁₀ compuesto por polvo de tránsito, además se producirán emanaciones de CO, NO_x y HC de la combustión de los vehículos involucrados en el transporte de material.

Descargas de efluentes líquidos

Se generan descargas de efluentes líquidos, durante la etapa de operación de la piscicultura la cual se compone principalmente por restos de alimento no consumido, excretas, orina, amonio, fósforo, nitrógeno, antibióticos y desinfectantes. Los flujos mensuales expresados en L seg⁻¹ serán de 887. Como ya se ha mencionado, para la operación de la piscicultura se captarán aguas del Estero sin nombre (Chehuilco, sector Molco), las cuales serán restituidas al mismo curso, previo paso por un sistema de decantación constituido por tres piscinas rectangulares. El objetivo de las piscinas será

retener la mayor cantidad de sólidos (85% como mínimo), asegurando que la calidad de agua restituida sea similar a la captada.

Durante la etapa de operación, el personal de la piscicultura contará con servicios higiénicos cuyos residuos generados serán tratados por un sistema primario, compuesto por fosa séptica y pozo de absorción.

Tabla 13. Composición del residuo líquido producido por la piscicultura Molco con sus respectivas cantidades

Residuos	Cantidad
Alimento no consumido	8.642 k/año
Fecas	10.112 k/año
Orina	9.334 k/año
Amonio	4.000 k/año
Fósforo	1.124 k/año
Nitrógeno (50%) orina	4.667 k/año
Residuos esporádicos	Cantidad
Antibióticos	2 k/año
Vacunas	87,4 l/año
Desinfectantes (Buffodine)	3 l/año
Desinfectantes (Virkon`s)	37.5 k/año

De acuerdo a la parte operativa de la piscicultura, esta requiere de la instalación de servicios higiénicos el cual contempla un sistema de alcantarillado para evacuar éstos residuos de aguas servidas domiciliarias que son dispuestos en sistemas de fosas sépticas y pozo de absorción y el que no tiene conexión con los residuos líquidos generados por la piscicultura.

Residuos sólidos.

En la etapa de construcción se generan residuos sólidos, se estima que el 70% corresponde a tierra removida y un 30% restante corresponde a materiales de construcción compuestos principalmente por bolsas de cemento y restos de tuberías de PVC.

Respecto a la etapa de operación se generan residuos sólidos compuestos principalmente por bolsas vacías de alimento, mortalidades y lodos. Estos últimos son los que se presentan en mayor cantidad en el cual se identifica claramente restos de alimento no consumido, fármacos, desinfectantes y fecas. En menor grado se generan restos de envases plásticos vacíos derivados del uso de medicamentos y desinfectantes.

Tabla 14. Composición de los residuos sólidos producido por la piscicultura Molco con sus respectivas cantidades

Residuo	Cantidad
Materiales de construcción (restos de bolsas de cemento y restos de tuberías de PVC)	30 m ³ /mes
Bolsas vacías de alimento	225 k/año
Mortalidades	6.624 k/año
Lodo (restos de alimento no consumido, fármacos, desinfectantes y fecas)	23.201 k/año

Emisiones de ruido

Se generan emisiones sonoras asociadas sólo a la etapa de construcción la cual tuvo un tiempo de duración de tres meses.

El ruido generado por fuentes fijas se ha normalizado mediante la promulgación de la Norma de Calidad Ambiental y de Emisión que coordina CONAMA. Este decreto establece la Norma de Emisión de ruidos molestos generados por fuentes fijas (DS 146/97).

En el Título V letra d, establece que en el evento que el ruido de fondo afecte significativamente las mediciones, se podrá realizar una corrección de los valores obtenidos de la emisión de una fuente fija, para lo cual se deberá medir el nivel de presión sonora del ruido de fondo bajo las mismas condiciones de medición a través de las cuales se miden los valores de las fuentes fijas emisora de ruido.

Se monitoreo los niveles máximos permisibles de presión sonora continuo equivalente y los criterios técnicos para evaluar y calificar la emisión de ruidos de fondo en la piscicultura Molco.

De acuerdo a las características geográficas del lugar en cuestión, se realizó el monitoreo acústico para determinar el ruido de fondo, antes de comenzar las obras de construcción de la piscicultura. En la Tabla 15 y la Figura 4 se muestra la ubicación de los puntos de medición

Tabla 15. Ubicación puntos de medición acústica.

Estudio	Coordenadas UTM(N)	Coordenadas UTM(O)
1	750641	5641819
2	750539	5641805
3	750414	5641843
4	750450	5641969
5	750553	5641939
6	750644	5641932
7	750633	5642021
8	750541	5642084
9	750625	5642164

Figura 4. Ubicación puntos de medición

Condiciones de Medición

Para determinar el nivel de presión sonora continuo equivalente de los distintos puntos de medición se ubicaron entre 1,2 y 1,5 metros sobre el suelo. Se efectuaron mediciones cada 5 segundos y de ellas se obtiene el nivel de presión sonora continuo equivalente.

Para determinar el ruido de fondo se consideró el percentil 90 (L90) el que se muestra en la Tabla 16.

Tabla 16. Análisis del ruido de fondo en la zona de estudio

ESTUDIO	Leq	L90
1	51,2	46,8
2	44,0	42,8
3	46,2	44,3
4	56,3	53,5
5	44,9	41,9
6	45,7	44,7
7	50,1	48,7
8	46,0	44,6
9	49,6	48,6
Promedio	48,2	46,2

En la Tabla 16 se observa el Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente (Leq) y el L90 (percentil 90%) para los distintos puntos de medición. Para el caso en estudio se considera como ruido de fondo aceptable el L90 ya que representa el nivel excedido por el 90% del tiempo en que se realizó la medición.

En el caso que existan fuentes sonoras fijas, se debe informar el Nivel de Presión Sonora Corregido (NPC) para los distintos puntos de medición mediante perfiles de NPC medio para un periodo de 24 horas comparándolo con el nivel máximo permitido para una Zona I (Habitacional y equipamiento escala vecinal, D.S. 146/97) (Tabla 17) y Confederación Suiza (1986), para ruido producido por tráfico de vehículos (Tabla 18)

Tabla 17. Niveles máximos permisibles de Presión Sonora Corregidos (NPC) en dB(A) lento (D.S. 146/97)

	De 7 a 21 Hrs.	de 21 a 7 Hrs.
Zona I	55	45
Zona II	60	50
Zona III	65	55
Zona IV	70	70

- Zona I: Aquella zona cuyos usos de suelo permitidos de acuerdo a los instrumentos de planificación territorial corresponden a: habitacional y equipamiento a escala vecinal.
- Zona II: Aquella zona cuyos usos de suelo permitidos de acuerdo a los instrumentos de planificación territorial corresponden a los indicados para la Zona I, y además se permite equipamiento a escala comunal y/o regional.
- Zona III: Aquella zona cuyos usos de suelo permitidos de acuerdo a los instrumentos de planificación territorial corresponden a los indicados para la Zona II, y además se permite industria inofensiva.

- Zona IV: Aquella zona cuyo uso de suelo permitido de acuerdo a los instrumentos de planificación territorial corresponde a industrial, con industria inofensiva y/o molesta.

Tabla 18. Valores Límites de Exposición al Ruido, del Tráfico Vial

Grado de Sensibilidad Según Artículo N°43	Valor de Planificación dB(A)		Valor Límite de Inmisión dB(A)		Valor Límite de Alarma dB(A)	
	Día	Noche	Día	Noche	Día	Noche
I	50	40	55	45	65	60
II	55	45	60	50	70	65
III	60	50	65	55	70	65
IV	65	55	70	60	75	70

Fuente: Consejo Federal Suizo. 1986. Reglamento 814.41 sobre la protección contra el ruido.

La normativa Suiza, establece los valores límites de exposición al ruido por tráfico en función de 4 grados de sensibilidad, que se definen como sigue:

- El grado de sensibilidad I en las zonas que requieren una mayor protección contra el ruido, especialmente en las zonas de descanso.
- El grado de sensibilidad II en las zonas donde ninguna empresa perjudicial es autorizada, especialmente en las zonas de habitación así como en aquellas reservadas a las construcciones e instalaciones públicas.

- El grado de sensibilidad III en las zonas donde se admiten empresas medianamente perjudiciales, especialmente en las zonas de habitación y artesanales (zonas mixtas) así como en las zonas agrícolas.
- El grado de sensibilidad IV en las zonas donde se admiten empresas extremadamente perjudiciales, especialmente en las zonas industriales.

El valor de Planificación se refiere a la norma que se debe considerar:

- Valor de Planificación: Se define como los máximos niveles proyectados para una determinada zona contemplando que la ruta proyectada no existe.
- Valor Límite de Inmisión: Son los niveles de presión sonora permitidos, según sea el grado de sensibilidad de la zona, producto de las emisiones de la fuente de ruido.
- Valor Límite de Alarma: Son los niveles máximos permitidos para una determinada zona, para los casos en que existen diversas fuentes de ruido

Del monitoreo de ruido de fondo (46.2 dB(A)lento) obtenido en la zona de estudio se puede observar que este se encuentra dentro de los valores límites establecidos para una Zona I que son los máximos permitidos para una zona residencial durante el día. Del mismo modo, a pesar que en Chile no existe normativa de ruido emitido por fuentes móviles, si podemos comparar a modo referencial con la normativa Suiza el cual estaría dentro de una zona de sensibilidad I para una zona en proyecto.

Es importante mencionar también, que cuando se trata de evaluaciones de ruido en sectores rurales, el nivel de Presión Sonora Corregido (NPC) no debe exceder en un 10% del Ruido de Fondo. Por lo tanto se deberá considerar este criterio en las futuras actividades de construcción que se realizarán en dicho sector.

Formas de energía

Para estimar cambios de energías en el caudal de la piscicultura se basó en la fórmula básica de cambio de energía (Metcalf & Eddy, 1998).

$$CUE = \frac{(Q_1 * Ue_1) + (Q_r * Ue_n)}{Q_t}$$

En donde:

CUE = Cambio en unidades de energía Q_1 = Caudal sometido a cambio

Ue_1 = Unidad de energía de cambio Q_r = Caudal restante no sometido a cambio

Ue_n = Unidad de energía normal utilizada Q_t = Caudal total utilizado

En el caso de la piscicultura se utiliza una caldera para elevar la temperatura a 14°C en la etapa de primera alimentación, con un flujo de 80 l/s. La temperatura final de la mezcla a la entrada al decantador será de 9°C, este último actúa como un intercambiador de calor ingresando las aguas a temperaturas normales del Estero no alterando las temperaturas medias del cuerpo receptor

$$\frac{(80 \text{ l/s} * 14^\circ \text{C}) + (760 \text{ l/s} * 8.5^\circ \text{C})}{868 \text{ l/s}} = 9^\circ \text{C}$$

4.3.3 Verificación del cumplimiento de la normativa ambiental por el centro de cultivo piscicultura Molco.

4.3.3.1 Estimación de las principales emisiones, descargas y residuos del proyecto.

4.3.3.1.1 Propuesta de modelo de dilución de contaminantes.

La estimación teórica de los niveles de dilución del efluente de la piscicultura se realizó a través del modelo unidireccional para vertido continuo simplificado, sin reacción (Metcalf y Eddy, 1998), a partir de datos experimentales se estimó un $k = 0.145 \text{ día}^{-1}$ para el modelo.

$$D = \frac{Q_{ef} * (C_{ef} + C_{río})}{Q_{río} + Q_{ef}} * e^{-kx/U}$$

En donde:

D = concentración de dilución (ppm). Q_{ef} = Caudal del efluente descargado (l/s).

C_{ef} = Concentración del efluente (ppm). $C_{río}$ = Concentración de río (ppm).

$Q_{río}$ = Caudal del cuerpo de río (l/s). k = Coeficiente de dispersión (día^{-1}).

x = Distancia (km). U = Velocidad media del río (m/s).

En base a estos antecedentes se puede estimar la dilución teórica de los compuestos para el control sanitario utilizados en la etapa de operación de la piscicultura (Tabla 19). Los cálculos fueron realizados sobre la base del Flujo de Farmacia considerando los eventos de mayor aplicación.

Tabla 19. Compuesto sometidos al modelo de dilución, usados por la piscicultura Molco.

Compuesto	Cantidad de producto	Cantidad de producto activo (mg)	Volumen de agua (l)	Concentración (ppm)	Caudal l/s
Bufodine	3 l	30	30.7	0.98	16.4
Virkon´s	10 k	9850	2090400	0.0047	887
Florfenicol	1.5 k	0.075	480000	0.00000016	399
Fósforo	242.2 k	242200	2570400	0.0942	887
Nitrógeno	1006 k	1006000	2570400	0.3913	887

Continuación Tabla 19. Compuesto sometidos al modelo de dilución, usados por la piscicultura Molco.

Compuesto	Concentración en efluente ppm	Concentración a los 100 m Ppm	Concentración a los 420 m ppm
Bufodine	0.98	0.0074	0.00179
Virkon´s	0.0047	0.00192	0.000466
Florfenicol	0.00000016	2.9416×10^{-8}	7.126×10^{-9}
Fósforo	0.0942	0.0589	0.00933
Nitrógeno	0.3913	0.13059	0.031656

De acuerdo a la modelación descrita, un compuesto disuelto en la descarga del efluente, alcanza una dilución a los 100 metros de 55% promedio. A esta distancia el cuerpo receptor que corresponde al Estero sin nombre, descarga sus aguas al Estero Chehuilco acumulando una dilución de un 75 % a los 320 m (Figuras 5 a la 16).

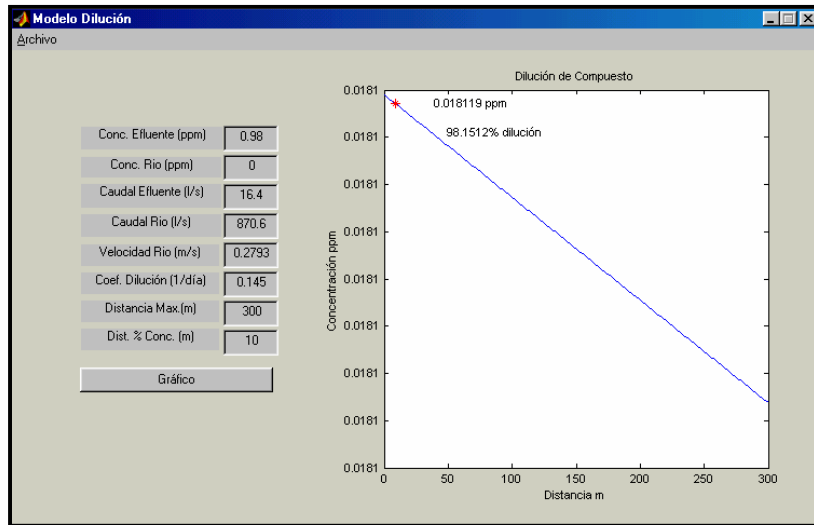


Figura 5. Gráfico de simulación de dilución para el producto **BUFFODINE** a 10 metros después de la sala de incubación

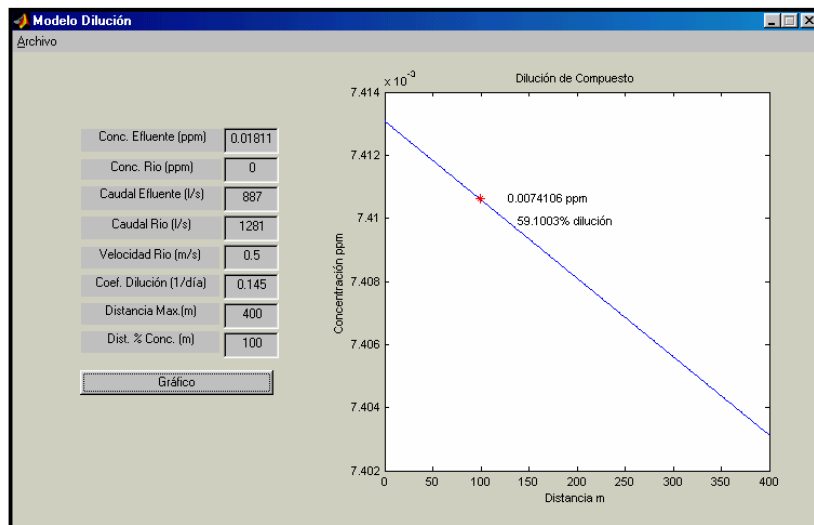


Figura 6. Gráfico de simulación de dilución para el producto **BUFFODINE** a 100 metros después de la piscina de sedimentación antes de descargar en el estero Chehuilco.

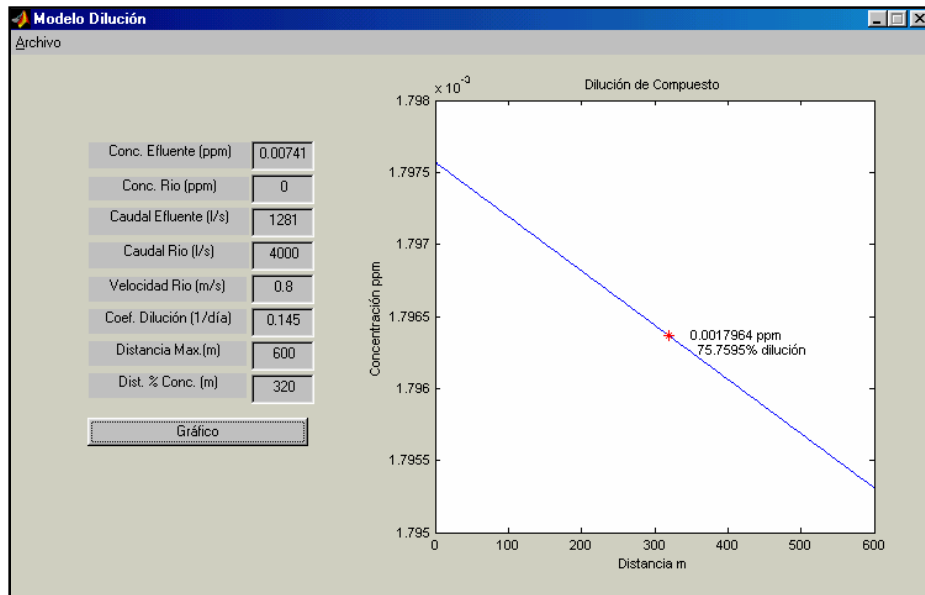


Figura 7. Gráfico de simulación de dilución para el producto **BUFFODINE** a 320 metros después de la descargar en el estero Chehuilco.

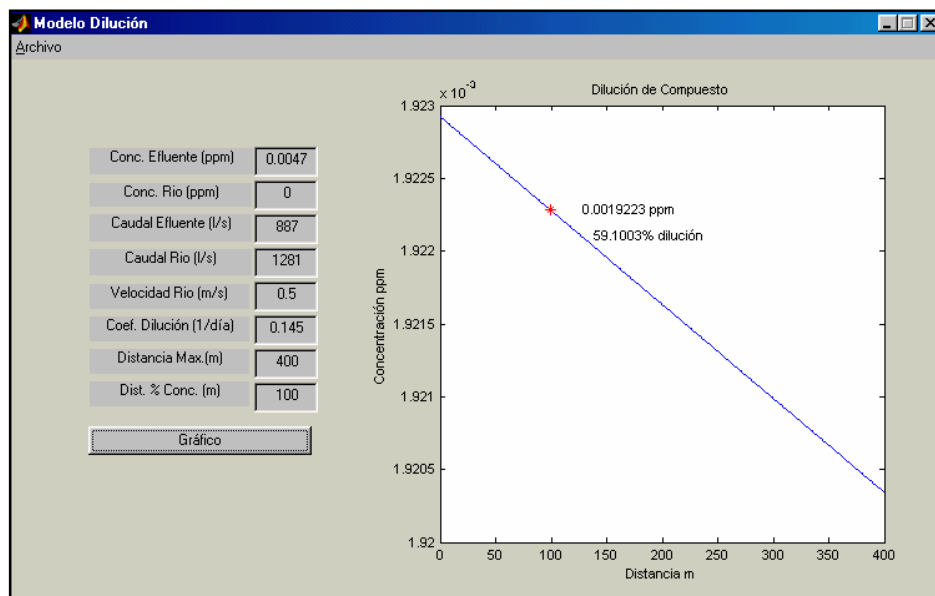


Figura 8. Gráfico de simulación de dilución para el producto **VIRKON'S** a 100 metros después de la piscina de sedimentación antes de descargar en el estero Chehuilco.

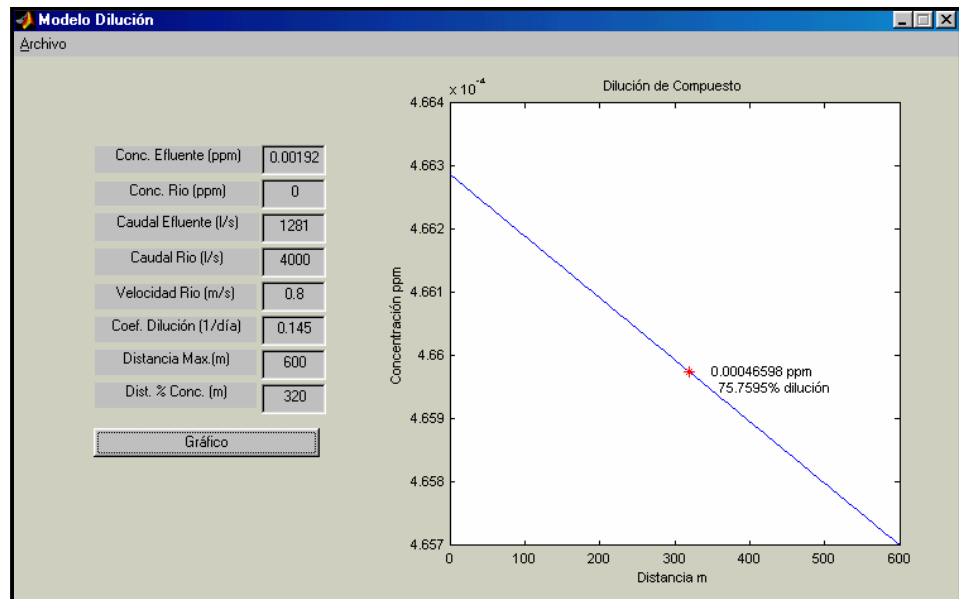


Figura 9. Gráfico de simulación de dilución para el producto **VIRKON'S** a 320 metros después de la descargar en el estero Chehuilco.

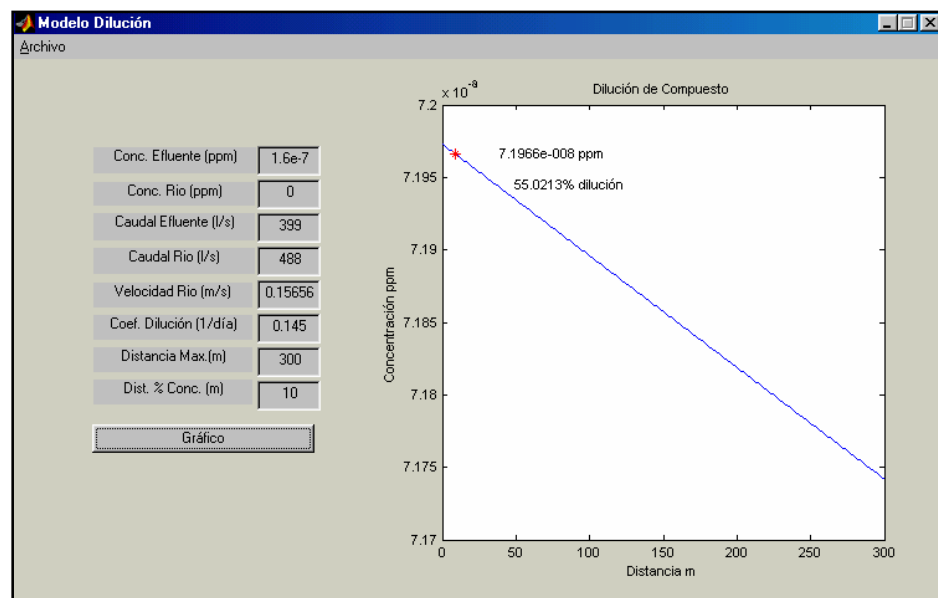


Figura 10. Gráfico de simulación de dilución para el producto **FLORFENICOL** a 10 metros después de la zona de alevinaje.

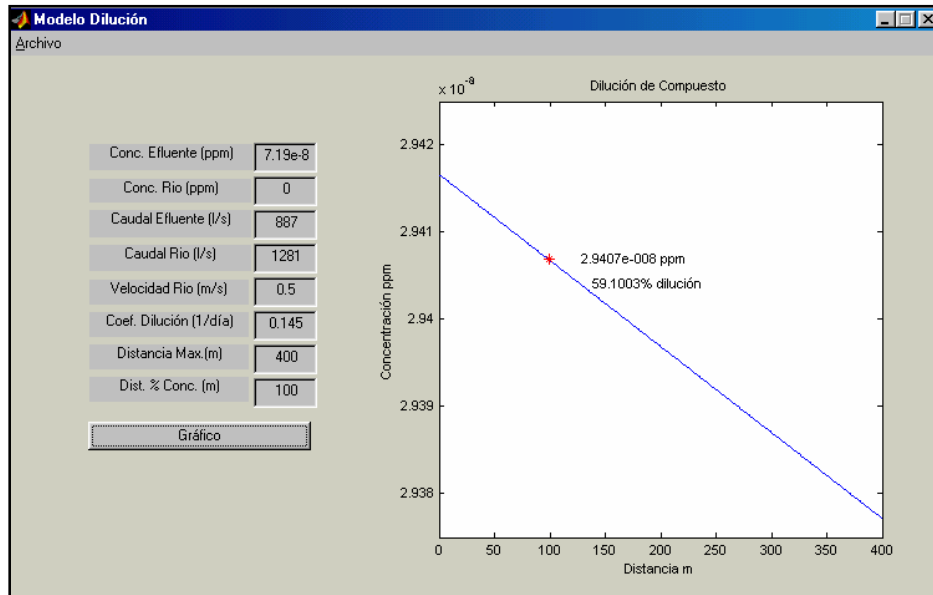


Figura 11. Gráfico de simulación de dilución para el producto **FLORFENICOL** 100 metros después de la piscina de sedimentación antes de descargar en el estero Chehuilco.

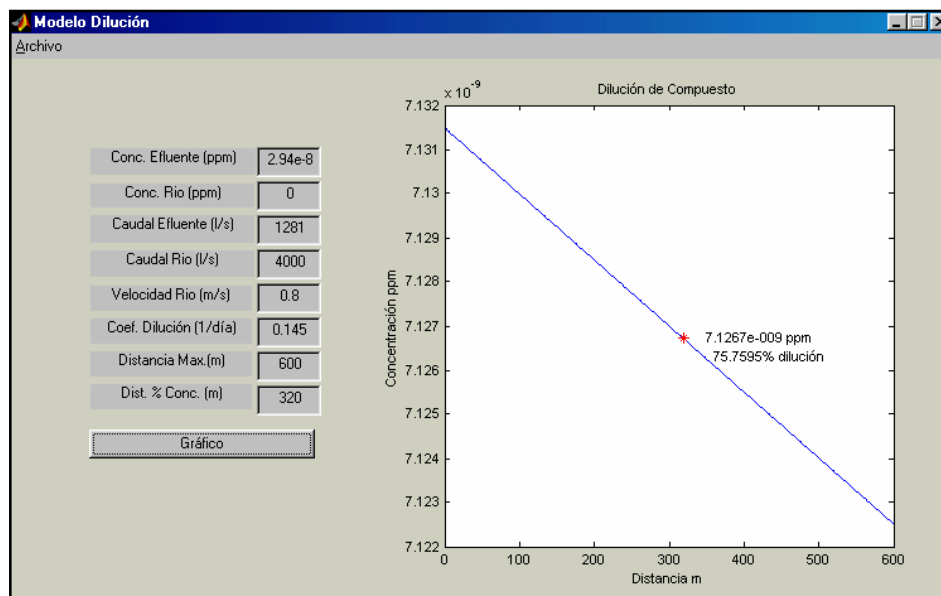


Figura 12. Gráfico de simulación de dilución para el producto **FLORFENICOL** a 320 metros después de la descargar en el estero Chehuilco.

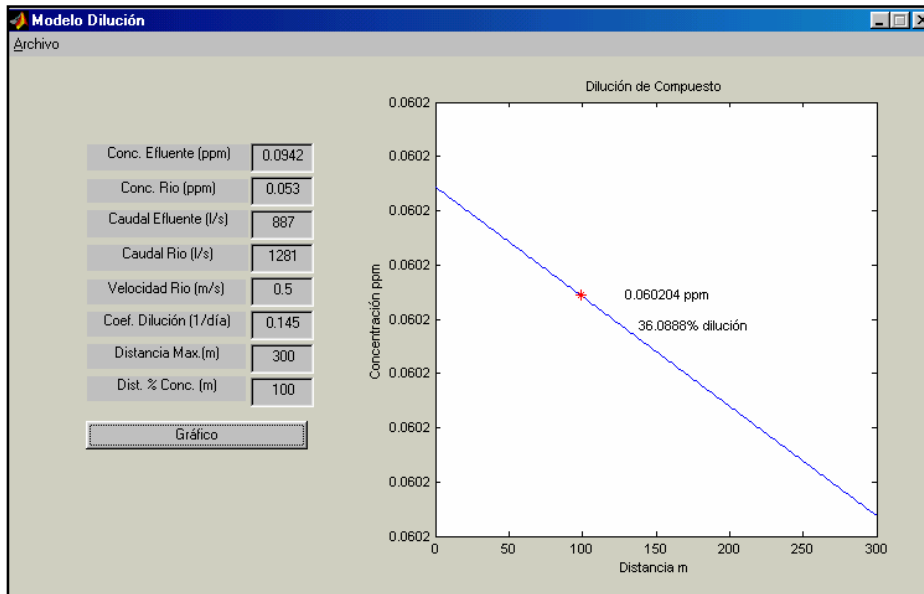


Figura 13. Gráfico de simulación de dilución para el **FOSFORO** 100 metros después de la piscina de sedimentación antes de descargar en el estero Chehuilco.

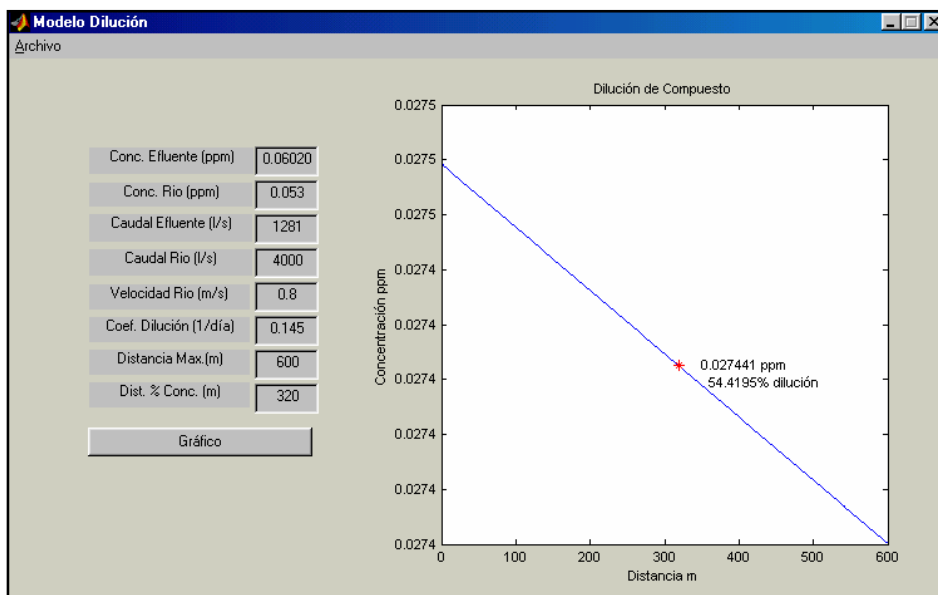


Figura 14. Gráfico de simulación de dilución para el **FOSFORO** a 320 metros después de la descargar en el estero Chehuilco.

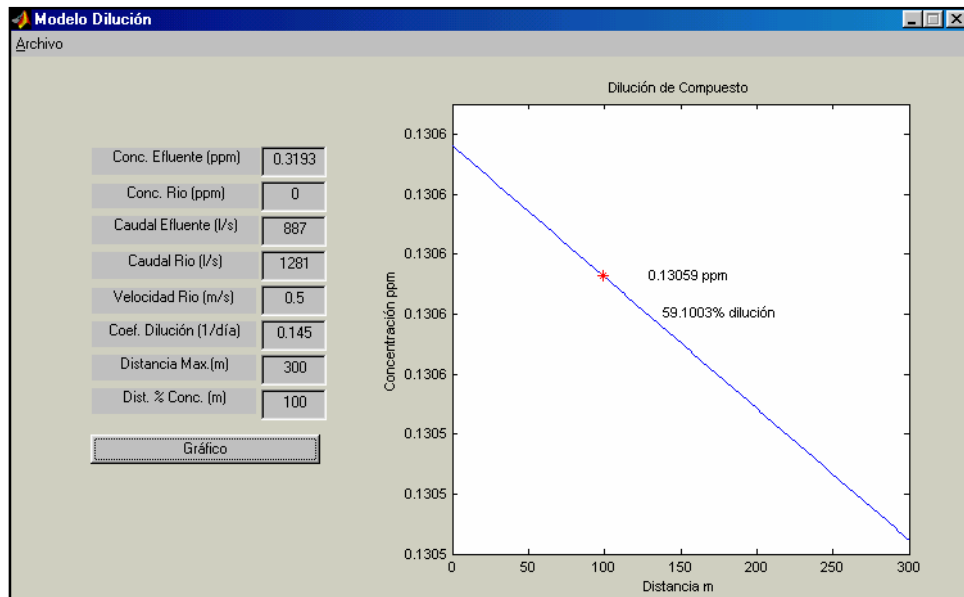


Figura 15. Gráfico de simulación de dilución para el **NITROGENO** 100 metros después de la piscina de sedimentación antes de descargar en el estero Chehuilco.

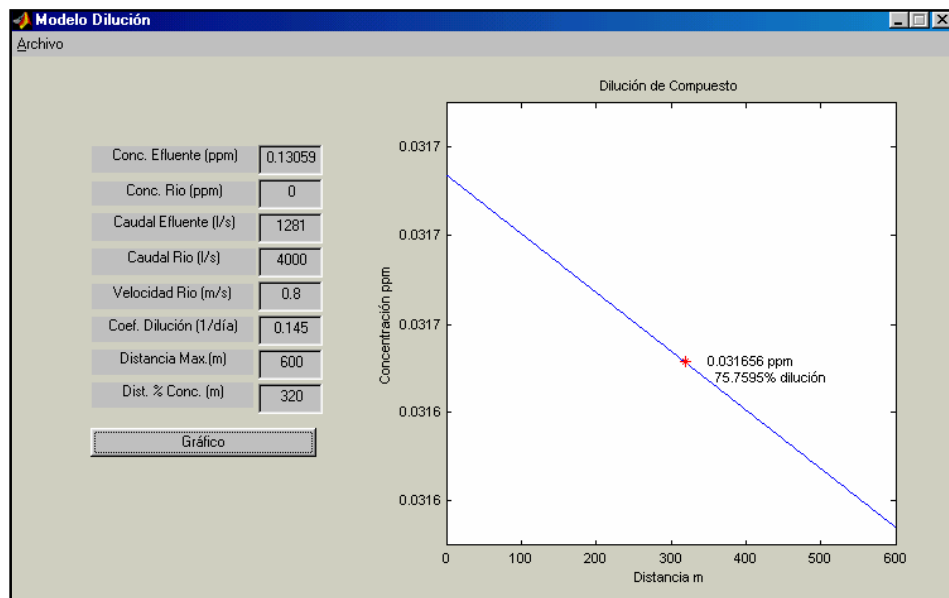


Figura 16. Gráfico de simulación de dilución para el **NITROGENO** a 320 metros después de la descargar en el estero Chehuilco.

Buffodine es un desinfectante para ovas de salmicultura, para la desinfección de ovas con ojo y ovas recién desovadas no endurecidas. Es una solución tamponada de yodo activo al 1% p/p de color café oscuro, cuyo pH (20°C) es de 6 a 7, su densidad (20°C) es de 1.32 – 1.042 g/ml según empresa distribuidora Animal Services Latina S.A.

Florfenicol es un antibiótico que se añade al alimento para peces, es de alta degradabilidad ambiental a diferencia de las tetraciclinas y las quilonas, este se absorbe rápidamente y se distribuye sumamente bien en varios tejidos y fluidos corporales. Tras la administración oral, se absorbe más del 95% del fármaco, (Horsberg, 1993; Martinsen *et al*, 1993) por lo que solo el 5% se va al efluente como posible contaminante de acuerdo a las especificaciones técnicas de su distribuidor (Aquafen).

Virkon's es un desinfectante de última generación y ha desarrollado como una alternativa para el completo control y desinfección de los sistemas de cultivo, de baja toxicidad y un 90 % de biodegradabilidad, no inhibiendo la DBO. Su toxicidad ambiental ha sido estimada como LC50 de 6,5 ppm para *Daphnia magna* (Blackwell, 1997), valores superiores a los registrados tanto en el efluente como en las diluciones en el cuerpo receptor. Se estima que el 98.5% corresponde a producto activo principalmente compuestos peróxidos, ácidos orgánicos y derivados del sulfato.

Otros de los compuestos que se sometieron al modelo de dilución fueron los derivados del alimento principalmente fósforo, para obtener la cantidad de este compuesto se trabajó con el supuesto de 1.3% del alimento suministrado contiene fósforo (Jensen, 1994) en este caso se tomó el mes en que se entregó la mayor cantidad de alimento y por ende el

mes ñeque se vierte una mayor cantidad de fósforo al medio (242.2 k). Se ha estimado en forma teórica que a la salida del efluente una concentración de 0.059 ppm y de 0.058 y 0.0271ppm a los 100 y 400 m del efluente respectivamente.

4.3.3.1.2 Propuesta modelo de agotamiento del oxígeno disuelto por eliminación de la Demanda Teórica de Oxígeno (DTeO).

De acuerdo al balance de masas, los niveles de consumo de oxígeno teórico en el flujo de salida corresponden a 0,21 mg/l y las tasa de dilución permiten alcanzar a los 100 y 400 m valores de 0.69 y 0,45 mg/l respectivamente (Figura 17 y 18)

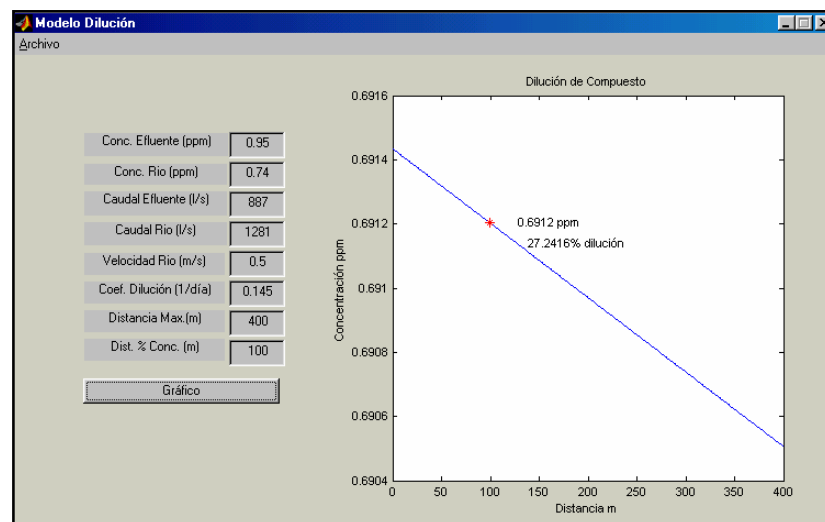


Figura 17. Gráfico de simulación de dilución para la **DTeO** a 100 metros después de la piscina de sedimentación antes de descargar en el estero Cheuilco.

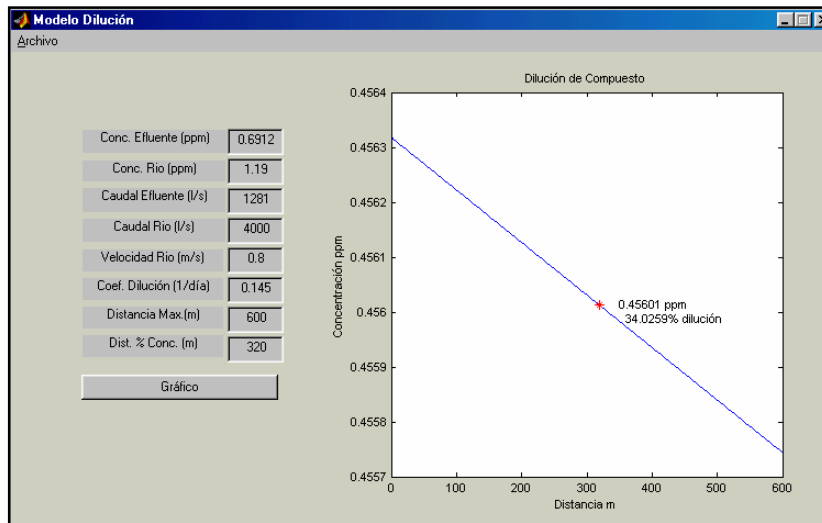


Figura 18.Gráfico de simulación de dilución para la DTeO a los 320 metros después de la descargar en el estero Chehuilco.

De esta forma se puede estimar que las características físico químicas del cuerpo receptor no será potencialmente afectado por las emisiones líquidas de este centro.

4.3.3.1.3 Balances de masas estimación demanda teórica de oxígeno (DTeO). (Anexo 4 Balances de Masas)

El balance de masa tiene como fin estimara la demanda teórica de oxígeno, como una aproximación a la DBO, en base a la oxidación total de cada uno de los compuestos que conforman el residuo liquido del efluente. Para la cual se utilizaron los siguientes datos:

Datos del efluente de piscicultura Molco: (Tabla 20)

Tabla 20. Datos del efluente piscicultura Molco al sedimentador.

Parámetro	Valor	Unidad
Caudal diseño sedimentador	1000	lt / seg
Tasa específica de sedimentación	2,4	m ³ /m ² /h
Densidad afluente	1	kg/lt
Eficiencia sedimentador	85	%

Residuos:

Los residuos presentes en el efluente al sedimentador están constituidos principalmente de alimento no consumido, fecas, orina, amonio, fósforo.

El alimento presente en el efluente es aquel que no es consumido por los peces y corresponde al 10% del alimento total suministrado, y este alcanza a 8.642 kg/anales. Este alimento es del tipo pelletizado extruído con bajo contenido de fósforo y alta digestibilidad, de acuerdo con la información de la empresa el alimento esta constituido en promedio por los compuestos que se detallan en la Tabla 21.

Tabla 21. Composición y porcentaje en peso del alimento residuo.

Parámetro	Valor % peso
Proteína	50
Lípidos	20
Humedad	10,7
Nitrógeno	8
Fósforo	1,3
Ceniza	10

Las fecas presentes en el efluente al sedimentador es de 10.112 kg/anales y corresponde al 13% del alimento consumido por los peces, siendo un 80% de estas cenizas, por lo cual solo el 20% restante es posible de ser oxidado.

La orina alcanza los 9.334 kg/anales y corresponde al 12% del alimento consumido, del cual el 50% aproximadamente es nitrógeno como urea y el resto agua y algunas sales. El fósforo presente alcanza los 1.124 kg/anales este corresponde al 1.3% del alimento total suministrado (Jensen, 1994).

Cantidad total de residuos a tratar: (Tabla 22)

Tabla 22. Flujos máxicos de residuos a tratar por componente.

Parámetro	Valor	Unidad
Proteína	0.80	kg/h
Lípidos	0.32	kg/h
Nitrógeno	1.32	kg/h
Fósforo	0.17	kg/h
Cenizas	1.13	kg/h
Total	3.74	kg/h

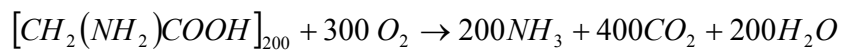
Para realizar el análisis se utiliza una base de cálculo de 1 hora.

Calculo DTeO Proteínas:

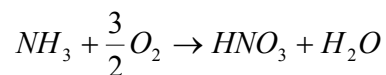
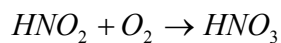
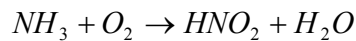
Para el cálculo de la DTeO del contenido proteico, se utiliza una proteína estándar constituida de 200 aminoácidos (Glicina) (CH₂(NH₂)COOH) (Bohinski, 1991).

Reacción de Oxidación Teórica

- a) Reacción igualada de la demanda carbonosa de oxígeno (Metcalf y Eddy, 1998)



- b) Reacción igualada de demanda nitrogenosa de oxígeno.



DTeO Proteína

Tabla 23. Resumen de cálculo demanda teórica de oxígeno de la proteína.

Parámetro	Valor	Unidad
Peso molecular proteína	15000	g/gmol
DTeO por proteína	$7,5 \cdot 10^{-3}$	g O ₂ /g prot.

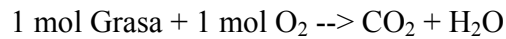
Proteína Total	800	g
DteO	6.0	g O ₂

Calculo DTeO Lípidos (grasa):

Independiente de la grasa a oxidar, se cumple por estequiometria que se requiere 1 mol de oxígeno para oxidar 1 mol de grasa (Bohinski, 1991; Sawyer, 1960)

Esto se debe porque el sujeto de oxidación es el terminal CH₂ cercano a instauración, con formación de hidroperóxido.

Utilizando una grasa estándar:



DTeO Lípidos

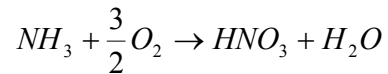
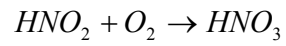
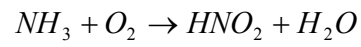
Tabla 24. Resumen de cálculo demanda teórica de oxígeno de los lípidos.

Parámetro	Valor	Unidad
Peso molecular lípidos	7500	g/gmol
Moles de lípidos	0,043	mol.
Lípidos Totales	320	g
DTeO	1,36	g O ₂

Calculo DTeO Nitrógeno:

Se estima que la mayoría del nitrógeno a calcular es amoniacal, ya que la demanda teórica de oxígeno del nitrógeno orgánico ya fue calculado con la proteína.

Reacción igualada de la demanda nitrogenosa de oxígeno



DTeO Nitrógeno:

Tabla 25. Resumen de cálculo demanda teórica de oxígeno del nitrógeno.

Parámetro	Valor	Unidad
Peso molecular amonio	17	g/gmol
DTeO por Nitrógeno amoniacal	64	grO ₂ / mol NH ₃
Nitrógeno Amoniacal Total	1315	g
DTeO	4951	g O ₂

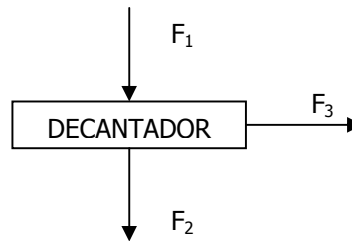
Por lo tanto la DTeO total estará dada por la suma de todas las demandas de oxígeno de cada uno de los compuestos.

$$DTeO_{Total} : 4959 \text{ gr O}_2/\text{h}$$

Entonces expresados en unidades de concentración según el afluente a tratar:

$$DTeO = 1.38\text{mg/l}$$

Balance de Masa al Sedimentador



F_1 = Flujo de entrada (l/s).

F_2 = Flujo de salida (l/s).

F_3 = Flujo de lodos (l/s).

Se considera flujo volumétrico de entrada (F_1) y de salida (F_2) iguales, ya que el flujo de lodos (F_3) resulta despreciable con respecto a los otros dos flujos (Tabla 26).

Tabla 26. Balance de masa sedimentador.

Parámetro	Entrada	Salida
Flujo de entrada (F_1)	1000 lt/seg	----
Flujo de salida (F_2)	-----	1000 l/ s
Flujo de lodos (F_3)	-----	0,0008 l/s
DTeO en F_1	1,38 mg/l	----
DTeO en F_2	----	0,21 mg/l

Composición Lodos Salida Sedimentador.

Tabla 27. Flujo másico y composición agua tratada

Parámetro	Flujo (kg/h)	% (peso) base seca
Proteína	0,68	21
Lípidos	0,27	9
Nitrógeno	1,12	35
Fósforo	0,15	5
Cenizas	0.96	30
Total	3,18	100

4.4 Desarrollo de Propuestas de Monitoreo y Recomendaciones Ambientales en el Uso y Tratamiento de Residuos Generados.

4.4.1 Propuestas de Monitoreo.

Para asegurar el correcto desempeño del proceso y dar cumplimiento a los requerimientos ambientales se propuso el siguiente programa de monitoreo.

Tabla 28. Monitoreo propuesto para la piscicultura Molco

COMPONENTE	DESCRIPCION
LUGAR.	4 Estaciones de Muestreo correspondiendo a bocatoma, efluente, 100 m y 400 m aguas abajo.
FRECUENCIA	Se ha considerado un muestreo semestral, uno en febrero y otro en julio de acuerdo a criterios de máxima carga alcanzada por la piscicultura y mínimo caudal del cuerpo receptor.
PARÁMETROS:	1. Amoniac (Amonio Total) 2. Nitrato 3. Nitrito 4. Fósforo Total 5. pH 6. Sólidos totales 7. Sólidos disueltos 8. Sólidos suspendidos 9. DBO ₅ 10. Turbidez 11. Oxígeno 12. Temperatura 13. Coliformes Totales 14. Coliformes Fecales 15. Yodo * 16. Yoduro** 17. Florfenicol*** 19. Sulfatos****
MÉTODOS	Estos serán determinados de acuerdo a las metodologías que correspondan según legislación vigente
ANÁLISIS Y COMUNICACIÓN DE RESULTADOS	Se realizará un informe anual y será remitido uno al SERNAPESCA y otro al Servicio de Salud. Este Informe, incluirá los resultados de los análisis físico-químicos, datos productivos, cantidades de desinfectantes, productos químicos utilizados, registro de escapes y registro de mortalidad de aves.

* Corresponde al producto Buffodine *** Corresponde al producto Aquafen (Florfenicol 10%)
 ** Corresponde al producto Buffodine **** Corresponde al producto Virkon's

4.4.2 Recomendaciones Ambientales en el Uso y Tratamiento de Residuos Generados.

4.4.2.1 Manejo de la piscina de sedimentación y residuos generados.

De acuerdo con las dimensiones de la piscina de decantación las cuales se componen por tres piscinas en paralelo de 12,5 x 40 m cada una, está separadas por muros de estructuras de madera con una superficie útil de 1.500 m², excavadas en el terreno a una profundidad mínima de 1,5 m, esto permite satisfacer un caudal máximo de proceso conjunto de 1.000 l/s un 13% mas sobre el caudal de la piscicultura (887 l/s) por lo que la piscina fue diseñada con una sobre estimación para cualquier eventualidad. Las características del sistema de sedimentación de los sólidos en suspensión, es que funcionando las tres en forma continua permiten, en conjunto, retener a lo menos el 85% de los sólidos producidos por la piscicultura. La limpieza de estas se realizará con una bomba extractora de lodos los cuales serán derivados al digestor, una a la vez cada año, lo cual permite impedir que los lodos alcancen el volumen máximo permitido, (240 m³ o 50 cm de altura por piscina) utilizando compuertas para impedir el paso de agua a la piscina que se ha de limpiar. Además, se restringirá el uso de agua a 2/3, adicionando oxígeno mientras se realiza el proceso de limpieza para evitar mortalidades.

Se estima un total de 23,2 toneladas de lodos anuales, extraídos del la sedimentador y cuya composición estimada se muestra a continuación (Tabla 29):

Tabla 29. Composición y porcentaje en peso de lodos extraídos del sedimentador

Parámetros	Composición % Peso seco
Proteína	21
Lípidos	9
Nitrógeno	35
Fósforo	5
Cenizas	30
Total	100

Estos lodos serán estabilizados mediante un digestor anaerobio. Según el Artículo 11 y 12 del Anteproyecto de Reglamento para el Manejo de Lodos No Peligrosos Generados en Plantas de Tratamiento de Aguas, la digestión anaeróbica permite obtener lodos Clase B, los cuales son aptos para uso agrícola, con restricciones de aplicación según tipo y localización de suelos o cultivos previa autorización de los servicios competente (Salud y SAG), para lo cual se le deben realizar análisis fisicoquímicos y bacteriológicos. Además en su Artículo 33 establece que la autoridad competente podrá autorizar la disposición en un relleno sanitario cuando este no supere el 6% del peso base húmedo del total de residuos depositados, cuando ello no entorpezca la operación normal del relleno.

Se estima que la demanda teórica de oxígeno a la salida de la piscina de sedimentación será de 0,2 mg/l. Además la experiencia demuestra que la turbulencia producida por el efecto cascada en los sistemas de circulación de entrada y desagüe dentro de la

piscicultura, permitirá recuperar eficientemente los niveles de oxígeno originales. Con respecto a los niveles de amonio estos quedan retenidos en las partículas sólidas razón por la cual, el mantenimiento y limpieza de las piscinas será un elemento clave en evitar las pérdidas de residuos. Por otro lado, los resaltos y el efecto cascada permitirá oxigenar eficientemente el agua, lo que favorecerá la oxigenación del amonio y por ende su volatilización. Este método permitirá restablecer a niveles similares a lo obtenido en los análisis de agua. En relación, a la recuperación del pH original y evitar la acidificación del efluente, se contempla el uso de conchillas en los canales y el sedimentador, debido a la composición de estas (carbonato de calcio) actúan con base neutralizando el descenso del pH.

4.4.2.2 Humedad de lodos generados en el sedimentador.

Para aclarar la condición de humedad de los lodos para su disposición final analizaremos el balance de masa al sedimentador (Tabla 30).

Tabla 30. Balance de masa sedimentador.

Parámetro	Entrada	Salida
Flujo de entrada (F_1)	1000 lt/seg	----
Flujo de salida (F_2)	-----	1000 l/s
Flujo de lodos (F_3)	-----	0.0008 l/s
DTeO en F_1	1,38 mg/l	----
DTeO en F_2	----	0,2 mg/l

Con este balance de masa se determina la cantidad de lodos a tratar en el digestor anaerobio.

La humedad que alcanzan estos lodos a la salida del sedimentador es de aproximadamente un 95%. Siendo esta humedad necesaria para una buena digestión en el sistema de tratamiento anaerobio.

Debido a las características de residuo orgánico de los lodos y su fácil descomposición, la cual genera olores desagradables, estos deben ser estabilizados (biodegradación de la materia orgánica de forma de impedir su descomposición).

Los lodos que se encuentran en degradación en el digestor pasan por tres etapas principales, siendo estas: a) etapa de hidrólisis en donde estos lodos son reducidos a moléculas más pequeñas y solubilizados en el medio, b) luego una etapa acetogénica en donde los productos de la etapa anterior son transformados en ácidos orgánicos, CO_2 y H_2 , c) estos son los sustratos para la última etapa de la digestión anaerobia, la metanogénesis, en donde ocurre la verdadera degradación de la materia orgánica, transformándose en CH_4 y biomasa (Metcalf y Eddy, 1998).

La materia orgánica que es transformada a CH_4 corresponde al 70% del total biodegradado y el resto es asimilado como biomasa.

Esta biomasa es ahora el lodo residual del proceso. A diferencia del lodo proveniente del sedimentador este se encuentra estabilizado y corresponde solo a células, con una

humedad aproximada de 95%, pero con la diferencia de estar estabilizada, por lo cual esta puede ser secada al ambiente sin generar malos olores. Reduciendo su humedad hasta un 20 – 30%.

4.4.2.3 Diseño digestor anaerobio.

Debido a las características del residuo a tratar (lodos del sedimentador) y los volúmenes de este, se debe diseñar un digestor anaerobio para la estabilización de la materia.

El reactor diseñado es de primera generación con un tiempo de residencia de 24 días, igual al tiempo de retención de sólidos (Wef, 1992). En este tipo de reactor la flora microbiana encargada de la digestión se encuentra suspendida.

El volumen del reactor es determinado a partir del tiempo de residencia hidráulico, que viene dado por:

$$TRH = \frac{V_{Reactor}}{F_{Afluente}}$$

De acuerdo a los balances de masa realizados se estima que la producción de lodos estabilizados corresponde a un volumen de 11,6 toneladas anuales del cual se deberá llevar un registro de la cantidad de lodos ingresados y salidos del digestor (Tabla 31).

Tabla 31. Composición y porcentaje en peso de lodos estabilizados en el digestor anaerobio

Parámetros	Composición % Peso seco
Proteína	21
Lípidos	9
Nitrógeno	35
Fósforo	5
Cenizas	30
Total	100

La forma adoptada es cilíndrica con una altura recomendada de 2,5 m.

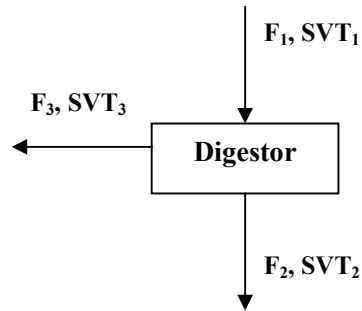
Tabla 32. Diseño digestor anaerobio

Parámetro	Valor	Unidad
Flujo Másico Lodo	63,6	kg/h
Densidad	1,09	kg/l
Flujo Volumétrico	57,79	l/h
Flujo de Salida de Lodos	1,59	kg/h
Volumen Reactor	33,3	m ³
Altura Reactor	1,5	m
Área Transversal Reactor	22,2	m ²

4.4.2.4 Balance a la producción de biogás.

Para determinar la producción de biogás, se estima una producción entre 0,75 – 1,12 m³ de biogás kg SV digerido a condiciones estándar de temperatura y presión (Metcalf y Eddy, 1998).

Para esta estimación se realiza un balance de masa a los Sólidos Volátiles (SV) digeridos. Estos corresponden a la materia orgánica que puede ser biodegradada.



$$\frac{d([SVT]V)}{dt} = F_1 \cdot SVT_1 - F_2 \cdot SVT_2 - \frac{\mu XV}{Y}$$

Donde:

- | | | | |
|-----|-----------------------------|-------|--|
| F | : Flujo de lodos | Y | : Rendimiento de sustrato en célula |
| SVT | : Sólidos volátiles totales | μ | : Velocidad específica de crecimiento |
| V | : Volumen del digestor | X | : Concentración celular en el digestor |

Suponiendo estado estacionario:

$$\frac{\mu[X]V}{Y} = F_1 \cdot SVT_1 - F_2 \cdot SVT_2$$

Definiendo la eficiencia del digestor y reemplazando en la ecuación anterior

$$E = \frac{F_1 \cdot SVT_1 - F_2 \cdot SVT_2}{F_1 \cdot SVT_1}$$

$$\frac{\mu[X]V}{Y} = E \cdot F_1 \cdot SVT_1$$

Por lo tanto el caudal de biogas se define como:

$$Q_{Biogas} = 0,75 \cdot \frac{\mu[X]V}{Y} \qquad Q_{Biogas} = Q_3 = 0,75 \cdot E \cdot F_1 \cdot SVT_1$$

Los lodos biodegradados en un reactor anaerobio varían entre un 50% a 70% y se considera una producción de 0,75 m³biogas

Para nuestro caso consideraremos un 60% de eficiencia en la biodegradación

Tabla 33. Datos cálculo de caudal de biogas

Parámetro	Valor	Unidad
Eficiencia	50	%
Flujo entrada	0,0161	l/seg
Sólidos volátiles	0,03	kg/lt

$$Q_{Biogas} = 40,5 \frac{m^3}{h}$$

4.4.3 Manejo de Mortalidades.

Se diseña un pozo de mortalidad que tiene como fin almacenar aquellos peces que son residuos, además de cumplir la función de un digestor anaerobio de estos sólidos, disminuyendo su volumen.

Para el diseño se considera un flujo de residuos constante de 18,4 kg / día. Por lo tanto la ecuación que gobierna el sistema se define como:

$$\frac{dV}{dt} = F \text{ que representa la variación del volumen de residuo en e tiempo.}$$

$$V = V_0 + F$$

Para el cálculo de flujo volumétrico se utiliza la densidad típica de una biomasa, igual a 1,05 kg/l.

Este pozo es diseñado de forma rectangular con una razón altura/área de $\frac{1}{2}$ (Tabla 34).

Tabla 34. Diseño Pozo Mortalidad

Parámetro	Valor	Unidad
Densidad Biomasa (mortalidad)	1,05	kg/l
Volumen Pozo	63,1	m ³
Área Transversal Pozol	15,8	m ²
Altura Pozo	4	m

Este pozo se encontrara cerrado al ambiente (con concreto), con un respiradero para la salida de gases que se producen con la digestión de los residuos.

El pozo de mortalidad será construido de hormigón y recubierto con material aislante, además se realizarán las pruebas correspondientes para que este sea estructuralmente resistente.

Condiciones de Sellado (Impermeabilización)

El objetivo en el diseño del aislamiento es minimizar la filtración del lixiviado en los suelos subsuperficiales por debajo del pozo de mortalidad y eliminar, así, la contaminación potencial de las aguas subterráneas. Para impermeabilizar se utilizará una capa de arcilla y geomembrana, las cuales sirven como una barrera mixta para el movimiento de lixiviado y gas que se produzca en el pozo. Estos sistemas de aislamientos mixtos, proporcionan más protección y son hidráulicamente más efectivos que cualquier tipo de impermeabilización utilizado.

Fondo del pozo de mortalidad

Al igual que la impermeabilización lateral, el fondo será impermeabilizado con una capa de arcilla y geomembrana que impida la posible percolación de los líquidos lixiviados a las napas.

Mecanismos de control de vectores

Los principales vectores sanitarios en el diseño y funcionamiento del pozo de mortalidad son los insectos, como mosquitos y moscas, y los roedores, tales como ratas y otros animales de madriguera. Se controlan las moscas y los mosquitos con cubrición diaria de cal y eliminando aguas estancas que puedan existir, además el pozo se encuentra cerrado

al ambiente con una cubierta de hormigón. Se controlan las ratas y otros animales de madriguera mediante cobertura diaria

Tipo de material

El pozo de mortalidad será fabricado en hormigón armado y recubierto con material aislante, además se realizarán las pruebas correspondientes para que este sea estructuralmente resistente (Tabla 35). Este pozo se encontrara cerrado al ambiente (con concreto), con un respiradero para la salida de gases que se producen con la digestión de los residuos.

Espesor

Para impermeabilizar se utilizara una capa de arcilla y geomembrana de acuerdo a las siguientes características (Tabla 35).

Tabla 35. Condiciones de impermeabilización

Artículo	Unidad	Valor
Recubrimiento de arcilla:		
Espesor	cm	60
Permeabilidad	cm/s	$1 \cdot 10^{-7}$
Geomembrana:		
Material		Polietileno
Espesor	mm	80
Estructura pozo mortalidad:		
Material	Hormigón	
Espesor	armado	200
	mm	

Condiciones de anclaje

El pozo será anclado al suelo aumentando el tamaño de la loza inferior (fondo) respecto al área transversal de este pozo (18 m^2). Este aumento será de un 20% más del diámetro del pozo. Esto impedirá posibles rupturas del pozo por movimientos que puedan ocurrir en el terreno (Figura 19)

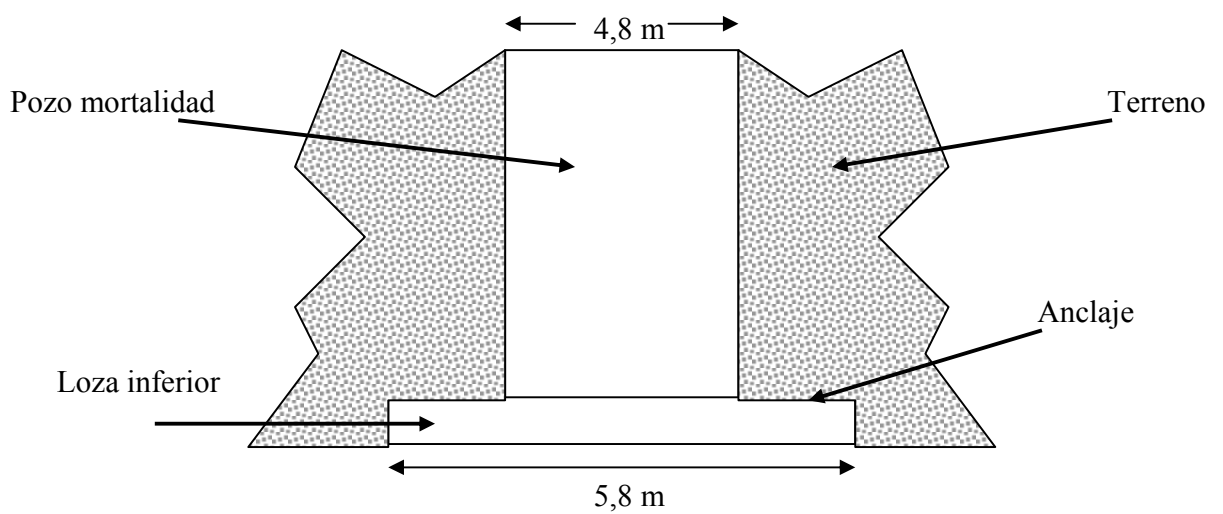


Figura 19. Esquema anclaje pozo de mortalidad

Mecanismos de sellado y abandono

El plan de abandono del pozo de mortalidad incluirá los siguientes elementos:

Cobertura final: Esta cobertura final se realizará añadiendo cal al sólido, de forma de elevar su pH por encima de 12. Este valor de pH crea un entorno que no favorece la supervivencia de los microorganismos. Como consecuencia de ello, mientras se mantenga este pH, el sólido no se pudrirá, no creará olores y no provocará riesgos para la salud pública.

Sistema de control de agua superficial y drenaje: Las características artificiales y naturales del entorno del pozo deben estar bien integradas para satisfacer en forma eficaz el control de la entrada de aguas superficiales y de la escorrentía, así como para prevenir que las aguas subterráneas penetren el recubrimiento del pozo. Las aguas procedentes de la lluvia y nieve pasaran sobre la superficie de cubrición final que producirán una erosión excesiva o una infiltración. El mayor riesgo es el estancamiento de las aguas superficiales. En el diseño de las instalaciones para el control del drenaje se tomaran en cuenta las siguientes cuestiones: 1) recogida y desviación de las aguas superficiales fuera de la superficie del pozo, en la menor distancia posible; 2) selección de rutas de canalización y drenaje, que arrastrarán las aguas con velocidades que eviten sedimentación; 3) el uso de pendientes superficiales suficientes como para maximizar la desviación de la escorrentía superficial y a la vez minimizar la erosión superficial.

Control de líquidos y aguas lluvias:

El control de las aguas superficiales que entran al pozo tiene importancia en la generación de lixiviados de este. De modo de no permitir que se acumule agua sobre la superficie del pozo se realizarán:

Instalaciones de drenaje para aguas superficiales. Al encontrarse considerado un aislamiento completo por el fondo de este, el diseño del aislamiento debe tener en cuenta la desviación del agua pluvial que no cae sobre los residuos cuando se vierten, asea en sus alrededores.

Además se implementan las mismas medidas descritas en la sección “**Sistema de supervisión ambiental, Agua**”, que se explica mas abajo.

Control de gases del pozo: Se realizará una supervisión periódica del gas, hasta que cesé su producción. El sistema a utilizar para la supervisión será tuberías de recogida en el terreno de forma de determinar posibles fugas.

Control de lixiviados: Con la cobertura efectiva de cal y las medidas de control de aguas superficiales y drenaje disminuirá la cantidad de lixiviados después de la clausura. En caso de existir infiltración de lixiviados se procederá a la separación de ellos y su tratamiento. Estos serán generados solo por la descomposición de la materia orgánica presente en el pozo.

Sistema de supervisión ambiental: La última parte de un plan de clausura (abandono pozo de mortalidad) implican un plan de supervisión ambiental. La supervisión ambiental es necesaria para asegurar el mantenimiento de la integridad del pozo con respecto a la emisión incontrolada de contaminantes al ambiente.

Agua. Se lleva a cabo la supervisión de la calidad del agua para identificar el escape de los lixiviados fuera del pozo. Las muestras son tomadas por debajo del recubrimiento del pozo y en el acuífero superior de las aguas subterráneas. El acuífero de aguas subterráneas se supervisa con pozos. Esta supervisión se realizara durante el periodo de un año a lo menos una vez cada 2 meses, que es el período de digestión de estos sólidos.

Aire. Al igual que el plan de postclausura se mostrará en que forma se van a controlar y evacuar a la atmósfera el metano u otros gases. La supervisión del gas también se utiliza para valorar el grado de actividad biológica del pozo. Los muestreos realizados serán mediciones de gas explosivo y sulfuro de hidrógeno. Esta supervisión se realizara durante el período que se encuentre generación de gases, a lo menos una vez por mes.

Profundidad de la napa: La profundidad de la napa es sobre a 3 m por encontrarse el pozo de mortalidad en una cota superior, además el pozo cuenta con condiciones de impermeabilización interior y exterior que lo protegen de eventuales filtraciones.

5. DISCUSIÓN

Actualmente en la IX Región funcionan alrededor de 20 pisciculturas a gran escala con una producción que fluctúa entre los 20 y 30 millones de alevines de salmón del atlántico, coho y trucha. Según cifras dispuestas por el Servicio Nacional de Pesca de la IX Región (SERNAPESCA), se espera que en corto plazo entren en funcionamiento otros proyectos de la misma envergadura (Aquanoticias N°65, 2001). Por otro lado cifras proporcionadas por la Subsecretaría de Pesca (SUBPESCA, 2002), señalan la existencia de 33 centros de cultivo de salmónidos autorizados y 67 centros actualmente en trámite esperando su calificación ambiental (Aquanoticias N°65, 2001).

El alto porcentaje de proyectos de calificación ambiental en trámite se debe principalmente al no cumplimiento de algunos de los permisos ambientales sectoriales que evalúa el Comité Técnico, lo que implica un proceso largo, sin una metodología clara, poco eficiente para el peticionario. De acuerdo a lo establecido por la SUBPESCA (2002), desde el establecimiento del marco legal de esta actividad en 1989 con la promulgación de la Ley 18.892 y mejorada con la Ley General de Pesca y Acuicultura (LGPA) en 1991 (D.S. Minecon N° 430 de 1991), ha permitido el desarrollo actual de la acuicultura, pero a su vez, han detectado algunas deficiencias como:

- La existencia de un marco normativo, administrado por una numerosa y diversa institucionalidad pública, convirtiéndola en la actividad económica más regulada del país en cuanto al acceso y operación.

- Una tramitación sectorial engorrosa, complicada, con decisiones centralizadas que, por lo general, son inoportunas para la decisión de inversión por parte del solicitante, principalmente por el costo de utilidad.
- Procedimientos ineficientes de entrega de información de operación, control y fiscalización que certifiquen la vigencia de las concesiones y autorizaciones de acuicultura.

Uno de los principales desafíos de la salmonicultura Chilena, para mantenerse e incrementar los mercados internacionales, implica aumentar los esfuerzos en la investigación científico-técnica para el desarrollo e incorporación de procesos limpios, que permitan acceder a nuevos mercados, que faciliten la disminución del pasivo ambiental, definido como deterioro de la calidad ambiental en desmedro de otras actividades por contaminación (CONAMA, 1998) y que ayuden a minimizar los impactos ambientales. Esto concuerda con lo establecido por la SUBPESCA (2002), que destaca los importantes beneficios económicos y sociales que ha generado la acuicultura en Chile, pero reconoce y advierte la importancia de resguardar las condiciones ambientales ya que, como otras actividades productivas, esta también genera interacciones con el ambiente donde se desarrolla.

Desde 1997, conforme a la Ley de Bases del Medio Ambiente (LBMA) y el Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), todos los proyectos de acuicultura deben someterse a evaluaciones ambientales multisectoriales previo a su ejecución. Adicionalmente, a nivel sectorial, en el año 2001 se promulgó el Reglamento Ambiental para las Actividades de Acuicultura (RAMA) que establece requerimientos

claros para un desarrollo ambientalmente sustentable de la actividad, y procedimientos para prevenir, mitigar y remediar los impactos asociados.

Las regulaciones más relevantes para el acceso y ejercicio de la actividad están contenidas en los siguientes cuerpos normativos:

- Reglamento de Concesiones y Autorizaciones de Acuicultura, fijado mediante el DS N° 290/1993, modificado por los DS N° 604/1994 y N° 257/2001, todos del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción (MINECON).
- Reglamento Ambiental para la Acuicultura (RAMA), DS (MINECON) N° 320/2001.
- Reglamento Sanitario (RESA), Decreto Supremo (MINECON) N° 319/2001, que establece las medidas de protección, control y erradicación de las enfermedades de alto riesgo para las especies hidrobiológicas.

Adicionalmente, las actividades de acuicultura deben cumplir con las siguientes normas:

- D.S. (SEGPRES) N° 95/2002, Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.
- D.S. N°90/2001, Norma de Emisión para la Regulación de Contaminantes Asociados a las Descargas de Residuos Líquidos a Aguas Marinas y Continentales Superficiales.

Si bien la acuicultura es la actividad económica más regulada del país, es necesario cumplir por parte de la empresa con la normativa ambiental vigente, como requisito para

establecer un ciclo productivo. Por lo tanto un proceso bien estructurado permitirá un eventual ahorro de tiempo y trabajo en el flujo productivo de la empresa a través de procesos limpios, siendo la Producción Limpia (PL) una estrategia de gestión empresarial preventiva, aplicada a productos, procesos y organización del trabajo, cuyo objetivo es reducir emisiones y/o descargas en la fuente, reduciendo riesgos para la salud humana y ambiental y elevando simultáneamente la competitividad (Salmonchile, 2002).

Proceso que implica la cooperación público-privada, gradualidad, complementariedad con los instrumentos regulatorios de gestión ambiental, prevención de la contaminación, responsabilidad de los actores que participan, utilización de las mejores tecnologías disponibles, transparencia de los mercados de bienes y servicios y autonomía pública (Salmonchile, 2002).

La producción limpia resulta de 5 acciones, sean éstas combinadas o no: 1) La minimización y el consumo eficiente de insumos, agua y energía, 2) la minimización del uso de insumos tóxicos, 3) la minimización del volumen y toxicidad de todas las emisiones que genere el proceso productivo, 4) el reciclaje de la máxima proporción de residuos en la planta o fuera de ella en lugares bajo control y 5) la reducción del impacto ambiental de los productos en su ciclo de vida (Salmonchile, 2002; Federation of European Aquaculture Producers, 2002). Los procesos limpios apuntan principalmente al control de los procesos y certificación a través de los sistemas de certificación ambiental basados en ISO 14.000 cuya particularidad es generar un sistema de gestión del proceso que asegure el cumplimiento de la normativa ambiental vigente. Esta tendencia es la seguida por productores europeos (Escocia, Irlanda, Inglaterra, etc) en el

cultivo de salmón, y consiste en establecer una salmonicultura orgánica, mejorar conocimientos y tecnologías para incrementar la efectividad del cultivo de especies acuícolas, obtención de calidad y sustentabilidad del cultivo del salmón, involucrando claramente procesos cien por ciento limpios (Federation of European Aquaculture Producers, 2002; The Ministry of Agriculture British Columbia, 2002; BIM Irlanda, 2002; Centre of Environment, Fisheries and Aquaculture Science Inglaterra, 2002; The Scottish Quality Salmon, 2002; US EPA, 2002).

Es necesario precisar el mecanismo para que el proceso de tramitación de pisciculturas, sea más rápido y eficiente, diseñar pautas metodológicas que permitan valorar, en forma simple y objetiva, los impactos ambientales generados por la actividad. Los posibles impactos derivados de un proyecto involucran efectos primarios y secundarios, que se distribuyen espacial y temporalmente (Zaror, 2000). Más aún, las relaciones causa-efecto entre los aspectos ambientales del proyecto y los diversos impactos son en muchos casos difíciles de cuantificar debido a falta de datos, carencia de modelos predictivos apropiados, conocimientos limitados acerca del funcionamiento del ecosistema (Silbert, 1992; Ervik et al, 1997 Gillibrand & Turell, 1997; Zaror, 2000; Hasen et. al., 2001). ¿Cómo fijar los criterios de aceptabilidad de un impacto ambiental dado? O, dicho en otras palabras: ¿Cuándo es aceptable un impacto ambiental dado? Todas éstas son limitaciones y preguntas que generan controversia (Zaror op. cit).

Buschman (2001), establece que los principales problemas de medir los impactos ambientales en la salmonicultura son, por un lado metodológico y por otro, falta de interpretaciones adecuada de los resultados. De este modo, será necesario recopilar lo

máximo de información existente respecto a lo estudiado y así obtener una aproximación conceptual y metodológica apropiada para obtener resultados libres de sesgos y preconcepciones (Buschman et. al., 1996). En Chile, al igual que en otros países, sólo existen orientaciones metodológicas para la evaluación de los impactos ambientales, por lo que la verdadera valoración del impacto solamente es posible después de implementado el proyecto. Por ello es necesario metodologías que permitan la valoración previa del proyecto.

Bernstein & Zalinski (1993), proponen técnicas más complejas basadas en el diseño experimental denominado “BACI” (Before-After-Control-Impact) el cual consiste en estimar el impacto (riesgo) antes del desarrollo del proyecto y verificar su efecto durante la operación (monitoreo). De esta forma, se tendrá certeza de que los efectos ocurridos se deben o no a los impactos previstos. Es preciso mencionar que para esta técnica es necesario disponer de estudio de línea de base con el cuales contrastar los resultados (Buschman, 2001). En el caso de las declaraciones de impacto ambiental (DIA) es aún más complejo debido que la normativa no exige una línea de base (CONAMA, 1999). Sin embargo, aun teniendo una línea de base potente, la factibilidad de poder indicar efectos ambientales en forma inequívoca es compleja (Dayton et al., 1998).

Conforme al artículo 11 de la LBGMA, la ejecución o modificación de los proyectos o actividades enumerados en su artículo 10, requerirán la elaboración de un Estudio de Impacto Ambiental (EIA), si generan o presentan alguno de los efectos, características o circunstancias señalados en el primero de los artículos citados.

Idéntica disposición, está contenida en el Reglamento del SEIA, el que señala que el titular de un proyecto o actividad de los comprendidos en el artículo 30 deberá presentar una Declaración de Impacto Ambiental, salvo que dicho proyecto o actividad genere algunos de los efectos, características o circunstancias contemplados en el artículo 11 de la LBGMA. Estos efectos, características o circunstancias (conocidos también como criterios) están explicitados en detalle en el reglamento en sus artículos 5 al 11, con excepción del artículo 7; por lo que el espíritu de la DIA es demostrar que se cumple con lo establecido en las normas primarias de calidad ambiental y de emisión vigentes. A falta de tales normas, se utilizarán como referencia la norma Suiza.

Parte de este problema ha sido solucionado en países con mayor experiencia en temas ambientales definiendo el daño ambiental: “como el efecto potencial que un agente contaminante puede producir”. Este concepto (Figura 20), denominado *riesgo*, no se basa en características subjetivas ni normas de poca relevancia sino en la probabilidad de que este daño llegue a expresarse (Redshaw, 1995)

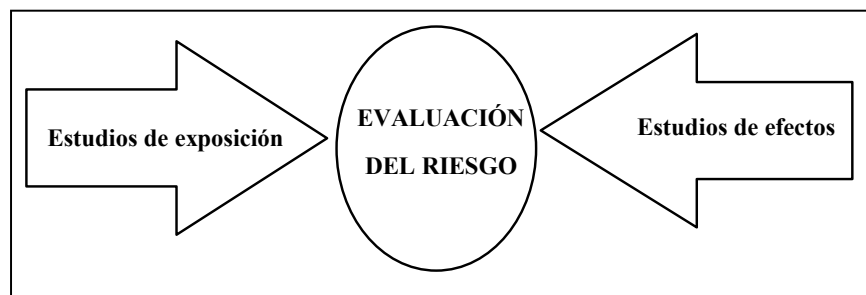


Figura 20. Concepto general de evaluación de riesgo

El control y administración del daño actual y potencial ha sido denominado *Administración del Riesgo Ambiental* (ARA). Este proceso ha sido dividido en dos componentes principales, los cuales deberían mantenerse, conceptual y administrativamente, separados (van Leeuwen y Hermens, 1995). Primero, la *evaluación de riesgo*, que entrega información científica de forma, magnitud y características del riesgo, además de identificar los lugares potencialmente contaminados y la probabilidad de que ocurra un daño en las especies expuestas. En segundo lugar la *administración de riesgo*, mediante la cual se elaboran y aplican las políticas o normas de regulación para el control del posible efecto considerando: 1) la evaluación científica del riesgo, 2) las consideraciones legales, políticas, económicas y de ingeniería pertinentes para la generación de nuevas normas, 3) la implementación de las medidas apropiadas de remediación y 4) los programas de monitoreo pertinentes (Petts *et al.*, 1997). Enfoque que permite evaluar la probabilidad de los posibles impactos y su relevancia ambiental, permitiendo modificar los procesos y evaluarlos en término de sus impactos y costos económicos. De este modo, se logra la eficacia de los procedimientos y el desarrollo de sistemas de gestión integrado (ambientales, económicos y sociales).

Tanto los modelos matemáticos como los balances de masa corresponden a una herramienta complementaria al ARA, efectiva al momento de estimar o valorizar un impacto. Según Zaror (2000), para la valoración cuantitativa de los impactos, basado en los cambios que afectan a los indicadores de impacto como consecuencia de las acciones del proyecto, es necesario utilizar herramientas predictivas tales como: modelos matemáticos de dispersión atmosférica, modelos de dispersión en cuerpos de agua, modelos de propagación de ruidos, modelos de calidad de vida, modelos toxicológicos,

modelos de funcionamiento de ecosistemas. Dada la gran diversidad de unidades de medida para los diferentes indicadores de impacto, éstas se transforman en unidades homogéneas comparables. Para ello se utilizan *funciones de transformación* apropiadas para cada caso. Así los impactos parciales que afectan a un factor ambiental dado, pueden agregarse para obtener un valor total.

Existen un sin número de modelos que pueden estimar el impacto y riesgo ambiental local en cultivos intensivos de peces con respecto a la capacidad de uso de los sitios donde se establecen los cultivos. Uno de éstos es el modelo de fugacidad propuesto por Mackay, 1991 (Figura 21), que define teóricamente el destino ambiental de algún compuesto, considerando características físico-químicas tales como: a) la constante de Henry, b) solubilidad, c) coeficiente de adsorción, d) coeficiente octanol-agua y e) las cantidades aplicadas los que a excepción de este último, se definen a partir de las propiedades físico-químicas como: masa molecular, punto de fusión, solubilidad y presión de vapor, las cuales determinan la afinidad ambiental de dichos compuestos o su tendencia a escapar de una fase a otra (FAO, 1993) y así establecer los puntos teóricos de muestreo.

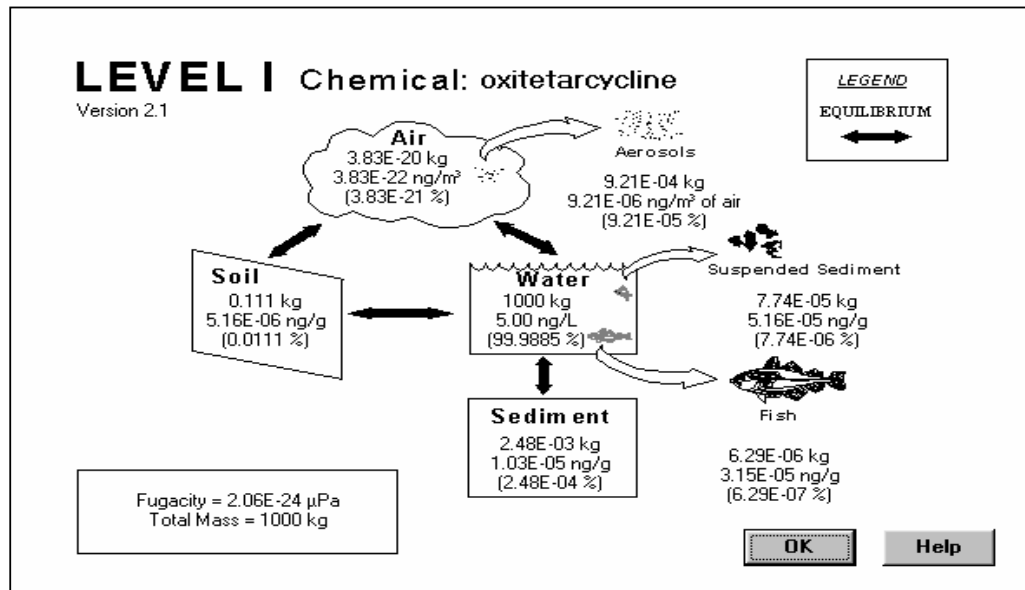


Figura 21. Ejemplo de Aplicación del Modelo de Fugacidad

Otros son los modelos unidimensionales los cuales, solo se pretende calcular las variaciones longitudinales de las concentraciones de los constituyentes, tomando como punto de partida los valores medios de cada sección, (Metcalf & Eddy, 1998) producto que las aguas residuales de un proceso se mezclan rápidamente en la sección transversal del río, justifica la adopción de estos modelos.

La recuperación de oxígeno por parte del cuerpo receptor de los residuos líquidos es otra de las medidas que se puede estimar de forma cuantitativa, a través de modelos y que es un aporte importante al momento evaluar los efectos al medio. Esto concuerda con lo planteado por Metcalf & Eddy (1998), quienes indican que las evaluaciones sobre los posibles impactos ambientales de los vertidos de aguas residuales se concentran en la presencia de oxígeno disuelto, siendo el punto clave la capacidad de asimilación de la

DBO del agua receptora sin poner en peligro la presencia de niveles adecuados de oxígeno disuelto.

Los balances de masas permiten una aproximación de la demanda bioquímica de oxígeno a través de un cálculo teórico (DTeO), en base a la oxidación total de cada uno de los componentes que conforman el residuo líquido. Metcalf & Eddy (1998), menciona que los principales compuestos de las aguas residuales son hidratos de carbonos, proteínas, aceites, grasas y productos de la descomposición de los mismos de tal manera que es posible calcular, a través de un balance, la demanda teórica de oxígeno si se dispone de la fórmula química de la materia orgánica. También es posible estimar las concentraciones finales a largo plazo de los distintos compuestos involucrados (Holby & Hall, 1994).

Para este caso de estudio, se abordó bajo el enfoque metodológico establecido por ARA y a través de la ayuda de modelos matemáticos, considerando además, las orientaciones que entrega la CONAMA y los procedimientos usados en otros países, especialmente España (Figura 1), que si bien no es claro en lo que respecta a la valoración, si entregan nociones y enfoques de como abordar las declaraciones de impacto ambiental. Respecto a esto último se considera, principalmente, 1) una descripción del proyecto; 2) una descripción del área de influencia; 3) identificación, predicción y evaluación de emisiones (impactos); 4) manejo ambiental; y 5) monitoreo ambiental.

Para poder valorar los impactos antes de la ejecución de un proyecto y de acuerdo a las normas de calidad ambiental, es necesario 1) identificar los factores ambientales que

pueden verse afectados por las acciones del proyecto; 2) caracterizar cuantitativamente y cualitativamente el estado de tales factores antes de la implementación del proyecto. 3) valorizar para cada factor ambiental afectado, y 4) determinar la aceptabilidad de tales impactos (Silvert, 1992; Coneza, 1993; Gómez, 1994; Canter, 1998; Zaror, 2000).

Las principales emisiones, descargas y residuos generados por el proyecto “Piscicultura Molco” se producen en la etapa de operación (Anexo 2 Flujo de Producción Anual del Proyecto), y corresponden, fundamentalmente a alimento no consumido, fecas, orina, amonio, fósforo, nitrógeno, antibióticos, vacunas y desinfectantes. Estos residuos tienen una alta potencialidad de causar impacto o efecto sobre el medio (Buschman, 2001; Beveridge, 1996; Folke & Kautsky, 1989).

La instalación de centros de cultivo de peces produce una acumulación de materia orgánica compuesta por los restos de alimento y por las mismas materias fecales de los organismos en cultivo (Hasen, et al., 2001; McGhie et al., 2000; Ervik et al., 1997; Flores, 1995), los cuales han sido constatados tanto en cuerpos de aguas continentales como en zonas costeras (Buschman, 2001). La acumulación de materia orgánica depende de varios factores: la especie en cultivo, la calidad del alimento, el tipo de manejo, las corrientes y la profundidad. Las heces y restos de alimento presentan principalmente contenidos de carbono (C), nitrógeno (N) y fósforo (P) (Enell & Lof, 1985; Merican & Phillips, 1985).

Los impactos varían según el tipo de cultivo y las características ambientales locales donde se desarrollen aspectos tipológicos como hidromorfometría, geomorfología,

caracterización de los componentes bióticos (diversidad, riqueza específica, tramas tróficas, etc.) y los parámetros de calidad de agua como pH, alcalinidad, oxígeno disuelto, material particulado, turbidez, etc (Flores, 1995).

El efecto de estos desechos han sido mejor identificados en cuerpos de agua continentales (Penczak et al., 1982; Costa-Pierce & Soemarwoto, 1990; Cornell & Whoriskey, 1993; Costa-Pierce, 1996), probablemente por el carácter de descarga puntual de las emisiones, fáciles de monitorear.

Otro de los compuestos susceptibles a causar impacto es la utilización de agentes químicos como antibióticos y desinfectantes, que aunque su impacto en la salud humana no han sido detectado, el impacto en los ecosistemas varían dependiendo de las condiciones del cultivo. (Alderman et al., 1994; Beveridge, 1996).

Algunos de ellos se usan en cantidades extremadamente insignificantes pero, en la gran mayoría de los casos, no se tiene información certera de sus posibles efectos sobre el ambiente. Los agentes antibacterianos ampliamente usados en el proceso productivo son el ácido oxolínico (OXA), oxitetraciclina (OTC), trimetoprim (TMP), sulfadiazina (SUL) y flumequina (FLU) (Bravo, 1993; Lunestad, 1992). Una proporción significativa de estas drogas tienen como destino final el ambiente (Lunestad, 1992). En términos generales, los fármacos son más requeridos en el cultivo de especies marinas que en organismos cultivados en cuerpos de aguas continentales (Beveridge, 1996).

Antibióticos y otros químicos son suministrados vía oral, vacunas inyectables, baños o lavado de estanques. En el primer caso, la mayor parte de estos compuestos termina en el ambiente, a través del alimento no ingerido y en las fecas. Algunos antibióticos solubles se diluyen rápidamente y otros, como la oxytetraciclina, son fotodegradables (Weston, 1996). Se ha observado que diferentes antibióticos pueden permanecer durante varios meses en los sedimentos (Lunestad, 1992; Samuelsen, 1992; Coyne et al., 1994, Weston, 1996) y actualmente se está considerando los posibles efectos que estos químicos tienen sobre el medio ambiente acuático, interés que se deriva de la falta de información sobre el efecto de estos químicos en el agua, la ecotoxicidad de muchas de las sustancias y la postura del ambiente por su uso continuo (Redshaw, 1995).

Esta variedad de compuestos y su inadecuada dosificación pueden afectar el ambiente a través de distintas maneras (Cusack y Johnson, 1990; Alvial, 1993; Bravo, 1993; Reshawd, 1995), los cuales incluye cinco posibles efectos:

1. Directa toxicidad sobre los organismos (Ross y Horsman, 1988; Ross, 1989; Spencer, 1993).
2. Aumento de contaminante en peces y en la carne de los peces (Lunestad, 1992; Smith, 1996; Cannavan, 1999).
3. Inhibición de la actividad microbial del sedimento de bajo de las jaulas de cultivo afectando la tasa de degradación por acumulación de materia orgánica (KupKha-Hanse *et al.*, 1992; Lunestad, 1992; Samuelsen, 1992).
4. Inducción de organismos antibiótico-resistentes incluyendo bacterias patógenas que causan enfermedades a peces (Samuelsen, 1992).
5. Contaminación de las aguas de cultivo afectando su calidad (Jones, 1990).

La SUBPESCA (2002), en relación a la aplicación de productos químicos en la acuicultura, menciona que, no existen datos fehacientes que permitan establecer un diagnóstico concluyente sobre cantidad y uso, aún cuando se reconoce que es necesario establecer mecanismos de seguimiento, control y mitigación de posibles efectos causados por estos productos.

Con la identificación de las principales emisiones, es posible valorar los impactos por medio de modelos matemáticos adaptados a este tipo de proceso y de balance de masa, que permitan determinar un valor teórico y cuantitativo al final de un proceso (Gillibrand & Turell, 1997) permitiendo demostrar que el proyecto cumple con la normativa ambiental vigente siendo de fácil comprensión por parte de los servicios encargados de evaluar el proyecto.

En este caso de estudio se detectó que tanto las aguas residuales y algunos residuos sólidos (principalmente lodos y mortalidades) son los principales residuos con probabilidad de ocasionar un efecto o impacto. De este modo la valoración de compuestos bioactivos (antibióticos y desinfectantes) y compuestos orgánicos, para el caso de estudio, se realizó a través de un modelo unidireccional de dispersión de contaminante que depende principalmente de la concentración del compuesto en el efluente, del caudal del efluente y del río, y finalmente, del coeficiente de dispersión del río. Básicamente este modelo indica la concentración del compuesto a una distancia determinada y la cual puede ser comparada con las concentraciones que determina la normativa correspondiente.

En el caso de los compuestos bioactivos en ninguna de las normativas aplicables a este tipo de proyectos se establecen las concentraciones máximas permisibles, tampoco es posible encontrarlas en la normativa Suiza. Para el caso del fósforo y nitrógeno las concentraciones están muy por debajo (Tabla 19) de las concentraciones señaladas en el D.S. 90/2000 (Norma de Emisión para la Regulación de Contaminantes Asociados a las Descargas de Residuos Líquidos a Aguas Marinas y Continentales Superficiales) el cual señala que la concentración de fósforo y nitrógeno que debiera emitir la piscicultura para ser calificada como fuente emisora es de 10 ppm y 50 ppm respectivamente.

En el caso de los compuestos bioactivos las concentraciones arrojadas por el modelo se contrastaron con las determinadas en el primer monitoreo realizado por la empresa y exigido por CONAMA, en la cual el compuesto activo de cada uno de los productos estudiados no fue detectado (Tabla 36)

Tabla 36. Parámetros ambientales relevantes primer monitoreo ambiental de la Piscicultura Molco (Monitoreados por CESMEC)

PARÁMETRO	M1	M2	M3	M4	LIMITES MÁXIMOS ESTABLECIDOS POR D.S 90
Rcto. Colif. Totales NMP/100ml	130	1700	22	330	N C DS 90
Rcto. Colif. Fecales NMP/100ml	<2	4.5	<2	4.0	1000 NMP/100ml
DBO5 mg/L	<10	<10	<10	<10	300 mgO ₂ /l
Nitrógeno amoniacal mg/L	<0.1	0.1	<0.1	<0.1	75 mg/l
Sólidos Suspendedos Totales mg/L	<10	<10	<10	<10	300 mg/l

Continuación **Tabla 36.** Parámetros ambientales relevantes primer monitoreo ambiental de la Piscicultura Molco (Monitoreados por CESMEC)

N2 como nitrito mg/L	0.02	0.02	0.04	0.02	N C DS 90
N2 como nitrato mg/L	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	N C DS 90
Fósforo mg/L	0.9	0.7	0.7	0.6	15 g/l
PH	7.0	7.4	7.5	7.5	6 - 8.5
Sólidos Totales mg/L	105	85	75	65	N C DS 90
Sólidos Totales Disueltos mg/L	105	85	75	65	N C DS 90
Turbiedad NTU	<0.5	0.6	0.6	<0.5	N C DS 90
Sulfatos mg/L	<10	<10	<10	<10	2000 mg/l
Temperatura °C	8.0	8.5	8.7	8.8	40 °C
Oxígeno mg/L	9.6	8.5	6.7	7.4	N C DS 90
Yodo mg/L (Buffodine)	ND	ND	ND	ND	N C DS 90
Yoduro mg/L (Virkon)	ND	ND	ND	ND	N C DS 90
Florfenicol mg/L	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	N C DS 90

N C DS 90	No considerado en el DS 90	M2	Piscicultura
ND	No detectado	M3	100 m después descarga
M1	Bocatoma	M4	400 m después descarga

El balance de masas realizado a cada uno de los compuestos que conforman los residuos sólidos sedimentables acumulados en la piscina de sedimentación se pudo determinar una DTeO total en la piscina de sedimentación de 1,38 mg/l, se corrobora con la concentración de DBO₅ detectada en el primer monitoreo (2001) de la piscicultura exigido por CONAMA que fue menor a 10 mg/l como lo señala la Tabla 36, muy por debajo de lo señalado en D.S. 90/2000 el cual menciona que la concentración de valor característico que no debe sobrepasar para que la piscicultura no sea una fuente emisora es de 250 mg/l. Por otro lado señala que el límite máximo permitido para la descarga de

residuos líquidos a cuerpos de agua fluviales con y sin aprovechamiento de la capacidad de dilución del cuerpo receptor es de 300 mg/l y 35 mg/l respectivamente.

La información generada en este estudio permitió establecer un plan preliminar de monitoreo para asegurar el correcto desempeño del proceso y dar cumplimiento a los requerimientos ambientales, además de una serie de recomendaciones para el manejo de los residuos generados, proceso primordial para el fomento del uso de mejores tecnologías disponibles, vinculando a los acuerdos en Producción Limpia. En relación CONAMA (1999) establece que durante la operación de la piscicultura el monitoreo deberá contribuir a la concreción de tres objetivos interrelacionados i) verificar eventuales cambios en parámetros estudiados posterior a la operación; ii) detectar si esos cambios han ocurrido por causas relacionadas a la instalación y operación del proyecto; y iii) evaluar la efectividad de las medidas de mitigación aplicadas (COOP, 1991; CONAMA, op. cit.)

Un buen programa de monitoreo permite generar medidas correctoras e implementar una base de datos que facilita los procesos de auditoría para la acreditación y certificación ambiental. Esto concuerda con lo planteado por Allison, (1988) el monitoreo ambiental puede también servir como componente básico de un programa obligatorio periódico de auditoría ambiental para un proyecto. En este contexto la auditoría es una revisión sistemática, documentada, periódica y objetiva, dirigida por entidades oficiales, de las operaciones y tareas de la instalación, en relación a la consecución de las exigencias ambientales (US EPA, 1986).

Lodos y mortalidades son los desechos más característicos en estos proyectos siendo considerados desechos industriales, los que no son permitidos en rellenos sanitarios destinados a residuos domiciliarios además del costo que implica el traslado de estos. Uno de los criterios ambientales de las empresas que producen desechos industriales es asumir el tratamiento como medida de protección al medio ambiente (Metcalf & Eddy, 1998)

Según el Artículo 11 y 12 del Anteproyecto de Reglamento para el Manejo de Lodos No Peligrosos Generados en Plantas de Tratamiento de Aguas, la digestión anaeróbica permite obtener lodos Clase B, los cuales son aptos para uso agrícola, con restricciones de aplicación según tipo y localización de suelos o cultivos previa autorización de los servicios competente (Salud y SAG), para lo cual se le deben realizar análisis fisicoquímicos y bacteriológicos. Además en su Artículo 33 establece que la autoridad competente podrá autorizar la disposición en un relleno sanitario cuando este no supere el 6% del peso base húmeda del total de residuos depositados, cuando ello no entorpezca la operación normal del relleno.

Debido a las características de los lodos del sedimentador y los volúmenes de éste, se debe diseñar un digestor anaerobio para la estabilización de la materia. El reactor diseñado es de primera generación con un tiempo de residencia de 24 días, igual al tiempo de retención de sólidos (Wef, 1992). En este tipo de reactor, la flora microbiana encargada de la digestión se encuentra suspendida. Este proceso de estabilización es el de mayor uso debido al gran interés que existe en el ahorro y recuperación de energías, y

en el deseo de obtener productos que permitan usos beneficiosos del lodo (Metcalf & Eddy, 1998).

Finalmente el presente estudio permitió establecer una propuesta metodológica para la valoración de impacto y/o efectos ambientales provocados por proyectos de pisciculturas basados principalmente en balases de masas y modelos matemáticos, además de la propuesta en el manejo de residuos con el fin de establecer un proceso bien estructurado permitirá un eventual ahorro de tiempo y trabajo en el flujo productivo de la empresa a través de procesos limpios, potenciando además la gestión ambiental dentro de la empresa salmonicultora de Chile, estableciendo una estrategia de gestión empresarial preventiva, aplicada a productos, procesos y organización del trabajo en el marco de los acuerdos de Producción Limpia (PL) y la normativa ambiental vigente.

6. CONCLUSIONES

- 1 La normativa ambiental vigente que involucra a los proyectos acuícolas de agua dulce construidos en tierra (pisciculturas), corresponde a 25 cuerpos legales de acuerdo a cuerpos legales adscritos a la Ley de Pesca y Acuicultura, legislación ambiental y permisos sectoriales ambientales relacionadas las cuales se relacionan con 6 instituciones que tienen competencia con este tipo de proyectos (Subsecretaría de Pesca, Servicio Nacional de Pesca (SERNAPESCA), Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS), Servicio de Salud, Dirección General de Aguas (DGA) y Servicio Agrícola Ganadero (SAG).

- 2 Es necesario precisar mecanismo para que el proceso de tramitación de pisciculturas, sea más rápido y eficiente, diseñar pautas metodológicas que permitan valorar en forma simple y objetiva, los impactos ambientales generados por la actividad de tal forma que le permita tanto a la institucionalidad del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental como a la sectorial, evaluar con un método oficial.

- 3 Una de las metodologías que pueden ser la más eficiente al momento de controlar y administrar el daño actual y potencial es la denominada Administración del Riesgo Ambiental (ARA), que permite la evaluación de riesgo y la administración de riesgo, mediante la cual se elaboran y aplican las políticas o normas de regulación para el control del posible efecto.

- 4 Tanto los modelos matemáticos como los balances de masa, corresponden a una herramienta complementaria al ARA siendo efectivos al momento de estimar o valorizar un impacto.
- 5 Las aguas residuales de un centro cultivo de salmonídeos en agua dulce, se mezclan rápidamente en la sección transversal de un río, la utilización de modelos unidimensionales permite calcular las variaciones longitudinales de las concentraciones de los constituyentes.
- 6 Las evaluaciones sobre los posibles impactos ambientales de los vertidos de aguas residuales se concentran en la presencia de oxígeno disuelto, siendo el punto clave la capacidad de asimilación de la DBO de las aguas receptora, los balances de masas permiten una aproximación de la demanda bioquímica de oxígeno a través de un cálculo teórico (DTeO), en base a la oxidación total de cada uno de los componente que conforman el residuo líquido.
- 7 La información generada en este estudio permitió establecer un plan preliminar de monitoreo para asegurar el correcto desempeño del proceso y dar cumplimiento a los requerimientos ambientales, además de una serie de recomendaciones para el manejo de los residuos generados, proceso primordial para el fomento del uso de mejores tecnologías disponibles, vinculando a los acuerdos de producción limpia.

- 8 Es necesario cumplir por parte de las empresas con la normativa ambiental vigente, como requisito para establecer un ciclo productivo, de esta manera un proceso bien estructurado permitirá un eventual ahorro de tiempo y trabajo en el flujo productivo, siendo la Producción Limpia (PL) una estrategia de gestión empresarial preventiva, aplicada a productos, procesos y organización del trabajo.
- 9 Estas estrategias apuntan principalmente al control de los procesos, al mejoramiento continuo y establecer un sistema de gestión ambiental, que asegure el cumplimiento de la normativa ambiental, permitiendo de esta forma la certificación ambiental basada en las normas ISO.
- 10 Para la salmonicultura de Chile, es importante aumentar los esfuerzos en la investigación científico-técnica para el desarrollo de metodología estándar, que ayuden a minimizar y valorizar los impactos ambientales en el contexto de la normativa ambiental vigente, lo que le permitirá generar procesos limpios manteniendo e incrementando los mercados internacionales.

7. BIBLIOGRAFIA

Alderman D, Rosenthal H, Smith, Sewart J, Weston D. Chemical Used in Mariculture. ICES Cooperative Research Report, Copenhagen 1994; 202.

Alvial A. Manejo Ambiental en Acuicultura, Tiempo de Soluciones. Memorias Seminario Internacional Acuicultura y Medio Ambiente. Fundación Chile 1993.

Aquanoticias. “Acuicultura Tierra Adentro”. Revista Aquanoticias N° 65 2001: 22 – 29.

Austreng E, Storebakken T, Asgard T. Growth rate estimates for cultured Atlantic salmon and Rainbow trout. *Aquaculture*, 1987; 60: 157 – 160.

Bardach E, Ryther H, Maclarney O. Acuicultura, crianza y cultivo de organismos marinos y agua dulce AGT Editor S.A., Mexico: DF Mexico, 1982: 741.

Barg C. Ordenaciones para la promoción de la ordenación medio ambiental del desarrollo de la acuicultura costera. Documento técnico de pesca 328. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) 1994: 138.

Bernstein B, Zalinski J. An optimum sampling desing and power test for environmental biologist. *Journal of Environmental Management*, 1993; 16: 35-43.

Beveridge M. Cage Aquaculture. Second Edition. Fishing News Book, Oxford: 1996: 346.

BIM. Bord Iascaigh Mhara is the Irish State Agency with responsibility for developing the Irish seafood industry (Agencia Estatal de Irlanda) 2002 (20 agosto 2002). Disponible en <http://www.bim.ie/aquaculture/environment.htm>.

Blackwell M.. The Environmental impact of virkons. Animal Health Division. 1997: 4.

Bohinski, P. Bioquímica. Quinta edición, editorial Arrison- Nesley. IberoAmérica, USA: 1991.

Bravo S. Revisión de los medicamentos utilizados para el control de las enfermedades de peces en Chile. Veterquímica 1993: 32.

Brown J.F, Gowen R.J, Mclusky D.S. The effect of salmon farming on the benthos of a Scottish sea loch. Journal of experimental Marine Biology and Ecology 1987; 109: 39 – 51.

Buschmann A. Impacto Ambiental de la Acuicultura. “El estado de la investigación en Chile y el mundo. Terram Publicaciones: 2001: 67.

Buschmann A.H, López D.A, Medina A. A review of the environmental effects and alternative production strategies of marine aquaculture in Chile. *Aquacultural Engineering* 1996; 15: 397-421.

Cannavan A., Coyne R., Glenn Kennedy D., Smith P. Concentration of 22,23-dihydroivermectin B la detected in the sediments at an Atlantic salmon farm using orally administered ivermectin to control sea-lice infestation. *Aquaculture* 1999; 182: 229 – 240.

Canter L.W. “Manual de Evaluación de Impacto Ambiental”. Segunda edición McGraw Hill Madrid: 1998.

Centre of Environment, Fisheries and Aquaculture Science Inglaterra, 2002. Disponible en <http://www.cefas.co.uk/homepage.htm>.

Coll Morales J. *Acuicultura Marina Animal*. Ediciones Mundiprensa, Madrid, España: 1983: 669.

Compendio Acuicultura. *Acuicultura y Pesca Compendio y Directorio Chile* 2001. Producido por revista *Aquanoticias*: 2001: 400.

CONAMA Una Política Ambiental para el Desarrollo Sustentable. Hacerse cargo del pasivo ambiental 1998. (Consulta: 26 de Agosto 2002) disponible en www.conama.cl/14grandes_temas/hacerse_cargo_del_pasivo.htm - 38k.

CONAMA. “Una Política ambiental para el Desarrollo Sustentable, Gestión Integrada del Recurso Agua”, Documento de Discusión 1998 disponible en <http://www.conama.cl/documentodiscucion.html>.

CONAMA. Orientaciones para la evaluación de impacto ambiental en proyectos de cultivo y plantas procesadoras de recursos hidrobiológicos. Edición Sub Departamento de Evaluación de Impacto Ambiental CONAMA: 1999: 218.

Coneza Fdez-Vitora V. “Guía Metodológica para la Evaluación de Impacto Ambiental”. Ediciones Mundi-prensa, Madrid: 1993.

COOP. CONSELLERIA DE ORDENACION DO TERRITORIO E OBRAS PUBLICAS XUNTA DE GALICIA. “Guía metodológica para la elaboración de estudios de impacto ambiental”: 1991: 185.

Cornell G.E, Whoriskey F.G. The effects of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) cage culture on the water quality, zooplankton, benthos and sediments of Lac du Passage, Quebec. *Aquaculture*, 1993; 109: 101-117.

Costa-Pierce B.A, Soemarwoto O. Reservoir Fisheries and Aquaculture Development for Resettlement in Indonesia. ICLARM Technical Report, 23. ICLARM, Manila. evaluation of caged trout cultures influence on the littoral of Letoskie Lake. *Polkie Archivum Hydrobiologii* 1990; 34; 579-91.

Costa-Pierce B.A.. Environmental impacts of nutrients discharged from aquaculture: towards the evolution of sustainable, ecological aquaculture systems. En: Aquaculture and Water Resources Management D.J. Baird, M.C.M. Beveridge, L.A. Kelly & J.F. Muir, editores. Blackwell, Oxford: 1996.

Coyne R., Hiney M., O'Connor B., Kerry J., Cazabon D., Smith P. Concentration and persistence of oxytetracycline in sediments under a marine salmon farm. *Aquaculture*, 1994; 123: 31-42.

Cusack R, Johnson G. A study of dichlorvos (Nuvan; 2,2 dichlorvos (Nuvan; 2,2 dichloroethenyl dimetyl phosphato) a therapeutic agent for the treatment of salmonids infected with sea lice (*Lepeophtheirus salmonis*). *Aquaculture* 1990; 90 (2): 101 - 112.

Dayton P.K., Tegner M.J., Edwards P.B, Riser K.L. Sliding baselines, ghosts, and reduced expectations in kelp forest communities. *Ecological Applications* 1998; 8: 309-322.

Enell M, Lof J. Changes in sediment phosphorus, iron and manganese dynamics caused by fish farming impact. En: 11th Nordic Symposium on Sediments T. R. Gulderbrandsen & S. Samin, (Editores). 1985: 80-89.

Ervik A., Hansen P.K., Aure J., Stigebrandt A., Johannessen P, Jahnsen T. Regulating the local environmental impact of intensive marine fish farming. I. The concept of the MOM system (Modelling-Ongrowing fish farm-Monitoring). *Aquaculture* , 1997; 158: 85-94.

FAO. Informes sobre temas hídricos. Prevención de la contaminación del agua por la agricultura y actividades afines. En anales de la consulta de experto organizada por FAO Chile 1993: 385.

Federation of European Aquaculture Producers (Aquamedia). Production sustainability and management “Organic aquaculture” 2002. Disponible en http://www.aquamedia.org/production/culturemethods/organic_en.asp.

Findlay R.H., Watling L, Mayer L.M. Environmental impact of salmon net-pen culture on marine benthic communities in marine: a case of study. *Estuaries* 1995; 18: 145-179.

Flores H. Control Ambiental en maricultura. Contaminación por alimentación en cultivos de peces. Curso de Nutrición y Alimentación de Salmonídeos. Universidad Católica de Temuco: 1995.

Folke C, Kautsky N. The role of ecosystems for a sustainable development of aquaculture. *Ambio* 1989; 18: 234-243.

Fondo de Investigación Pesquera (FIP). Determinación de la capacidad de carga en el lago Rupanco, X Región. Informe Final Proyecto FIP 1993; IT/93-27.

Fondo de Investigación Pesquera (FIP). Evaluación de impacto ambiental del fósforo proveniente de los alimentos utilizados en la salmonicultura informe final FIP 1997; 94-02

Frid C.L.J, Mercer T.S. Environmental monitoring of cage fish farming in macrodital environments. Marine Pollution Bulletin, 1989; 20: 379 – 383.

Gallardo V. A, Palacios A. Apuntes. Seminario Taller sobre “Planificación y Gestión de la Zona Costera”. Un análisis de caso: Lenga. Doc. Centro EULA. Universidad de Concepción: 1991.

Gillibrand PA., Turell W. R. The use of simple models in the regulation of the impact of fish farms on water quality in Scottish sea lochs. Aquaculture 1997; 159: 33 – 46.

Gomez O.D. “Evaluación de Impacto Ambiental”. Segunda edición, editorial Agrícola Española S.A. Madrid: 1994.

Gowen R.J, Bradbury, N.B. The ecological impact of salmonid farming in coastal waters: a review. Oceanography and Marine Biology Annual Review 1987; 25: 563-575.

Hansen PK, Ervik A, Schaanning M, Johannessen P, Aure J, Jahnsen T, Stigebrandt A. Regulating the local environmental impact of intensive marine fish farming. II. The concept of the MOM system (Modelling-Ongrowing fish farm-Monitoring). *Aquaculture* 2001; 194: 75-92.

Holby O, Hall P.O.J. Chemical fluxes and mass balances in a marine fish cage farm. III Silicon. *Aquaculture* 1994; 120: 3 – 4.

Horsberg T. E, Varma K.J. Single dose study of florfenicol in Atlantic Salmon, held at ambient water temperatures in sea water. *Aquaflor VET. Report A 25878* 1993; 3: 437 – 443.

Jensen A. Marine Ecotoxicological Tests with Seaweeds. In: *Ecotoxicological Testing For The Marine Environment*. G. Persoone, E. Jaspers, and C. Claus (Eds). State Univ. Ghent and Inst. Mar. Scient. Res., Bredene. Belgium: 1984; 1: 798.

Jones J.G. Pollution from fish farms. *Journal of the institution of water and environmental management* 1990; 4: 14 – 18.

Kupka-Hansen P., Pittman K., Ervik A. Organic waste from marine fish farm-effects on the seabed. En: *Marine Aquaculture and Environment*. Nordic Council of Ministers, Copenhagen: 1991: 105-119.

Levings C.D, Ervik P, Johannessen A, Aure J. Ecological criteria used to help site fish farms in fjords. *Estuaries* 1995; 18: 81 – 90.

Linsley R.K, Kohler M.A, Paulhus J.L.H. *Hidrología para Ingenieros*. McGraw-Hill ed. Méjico: 1992.

Lunestad B.T. Fate and effects of antibacterial agents in aquatic environments. In: *Chemotherapy in Aquaculture: From Theory to Reality* (ed. by C. Michel & D. Alderman). Paris: Office International des Epizooties, 1992: 152-161.

Mackay D. *Multimedia environmental models. The fugacity approach*. Lewis publishers, USA: Chelsea Mi, 1991.

Martinsen B, Horsberg T. E., Varma K, Sams R. Single dose pharmacokinetic study of florfenicol in Atlantic salmon in sea water at 11°C. *Aquaculture* 1993; 112: 1 – 11.

McGhie T.K, Crawford C.M, Michell I.M, O'Brien D. The degradation of fish-cage waste in sediments during fallowing. *Aquaculture* 2000; 187: 351-366.

Mendez R. La acuicultura en Chile: un buen balance. *Aquanoticias internacional* 1998; 45: 13 – 21.

American Z.O, Phillips M.J. Solid waste production from rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson, cage culture. *Aquaculture and Fisheries Management* 1985; 16: 55-70.

Messieh N. Disposal of fish wastes in Atlantic Canadá. *Unep Industry and Environment* 1992: 29 – 33.

Metcalf & Hedí. *Ingeniería de aguas residuales. Tratamiento, Vertido y Reutilización*. McGraw – Hill Tercera edición. México: 1998.

Penczak T, Galicka W., Molinski M., Kusto E., Zalewski M. The enrichment of a mesotrophic lake by carbon, phosphorus and nitrogen from the cage aquaculture of rainbow trout *Salmo gairdneri*. *Journal of Applied Ecology* 1982; 19: 371-393.

Petts J, Cairney T, Smith M. *Risk - Based contaminated land investigation and assessment*. Chichester, UK: John Wiley & Sons, 1997.

Raa J. ¿Cual es el futuro de la acuicultura? *Aquanoticias Internacional* 1997; 36.

Redshaw C. Ecotoxicological risk assessment of chemicals used in aquaculture: a regulatory viewpoint. *Aquaculture* 1995; 26: 629-637.

Ross A., Horsman P.V. *The use Nuvan 500 EC in the salmon farming industry*. Reporty by the Marine conservation society, 1988.

Ross A. Nuvan use in salmon farming. The antithesis of the precautionary principle. Marine pollution bulletin 1989; 20: 372-374.

Salmonchile. Asociación de la Industria del Salmón Estadística históricas 2002 visitado 20 agosto 2002. Disponible en <http://www.salmonchile.cl/estadisticas/estadisticashistoricas.html>.

Samuelson O.B. The fate antibiotics chemotherapeutics in marine aquaculture sediments. In: Chemotherapy in Aquaculture: From Theory to Reality (ed. by C. Michel & D. Alderman). Paris: Office International des Epizooties, 1992: 162-173.

Sawyer C. Chemistry for sanitary Engineers. McGraw – Hill ed. USA, New York: 1960.

Silbert W. Assessing environmental impacts of finfish aquaculture in marine waters. Aquaculture 1992; 107: 67 – 79.

Smith P. Is sediment deposition the dominant fate of oxytetracycline used in marine fish farms; a review of available evidence. Aquaculture 1996; 146: 157 – 169.

Spencer R. Bacterial Disease, Antibiotics and the environment in marine Finnish culture: A review, report to the marine working group, Scottish Wildlife and Countryside Link 1993.

SUBPESCA Subsecretaria de Pesca. "Propuesta Política Nacional de Acuicultura". 2002. Documento de Trabajo versión 2. Disponible en www.subpesca.cl.

The Ministry of Agriculture British Columbia, 2002. Disponible en www.eao.gov.bc.ca/project/AQUACULT/SALMON/Report/final/vol1/toc.htm.

The Scottish Quality Salmon, 2002. Disponible en <http://www.scottishsalmon.co.uk/codesofpractice/index.html>.

Tsutsumi H. Impact of fish net pen culture on the benthic environment of a cove in South Japan. *Estuarios* 1991; 18: 108-115.

US EPA 2002. Disponible en <http://www.epa.gov/owow/wtr1/oceans/yoto/oceanrpt/aquacult.html>.

van Leeuwen C, Hermens J. Risk assessment of chemicals: an introduction. Netherlands: Kluwer Academic Publishers 1995: 374.

Wef. "Manual of Practice N° 8. Design of municipal waste water treatment plants. Edición Wef & ASCE ed. New York, USA: 1992

Westman W. Ecology Impact Assessment and Environmental Planning. John Wiley & Sons ed. 1985: 530.

Weston D.P. Quantitative examination of macrobenthic community changes along an organic enrichment gradient. *Marine Ecology Progress Series* 1990; 61: 233-244.

Weston D.P. Environmental considerations in the use of antibacterial drugs in aquaculture. En: *Aquaculture and Water Resources Management* (D.J. Baird, M.C. Beveridge, L.A. Kelly & J.F. Muir, ed.). Blackwell, Oxford: 1996.

Zaror C. "Introducción a la Ingeniería Ambiental para la Industria de Proceso. Universidad de Concepción ed. Concepción, Chile: 2002: 613.

8. ANEXOS

ANEXO 1. PLANO PISCICULTURA MOLCO

ANEXO 2. FLUJO DE PRODUCCIÓN ANUAL DEL PROYECTO

Etapa	Mes Cultivo	N° días Mes	Tª °C	W (grs)	Cantidad (unidades)	Traslado alevines	Mort. (%)	Número Muertos	Biomasa Mortalidad (kg)	Biomasa Producción (kg)	Caudal Mensual (L/Seg)
Ova Ojo	Julio	31	8,5	0,1	4.586.630	0	15			0	16
Start Feeding	Agosto	31	8,5	0,2	3.898.635	0	3	687.994	103	780	29
Alevín	Septiembre	30	8,5	0,4	3.781.676	0	3	116.959	34	1.428	24
Alevín	Octubre	31	8,5	0,7	3.668.226	0	2	113.450	63	2.670	46
Alevín	Noviembre	30	8,5	1,3	3.594.862	0	2	73.365	75	4.781	81
Alevín 3grs	Diciembre	31	8,5	2,5	3.522.964	0	2	71.897	137	8.735	148
Alevín	Enero	31	8,5	4,3	3.452.505	0	1	70.459	237	14.703	249
Alevín	Febrero	28	8,5	6,9	3.417.980	0	1	34.525	193	23.724	399
Alevín	Marzo	31	8,5	11,9	3.383.800	0	1	34.180	322	40.339	678
Alevín 15 grs.	Abril	30	8,5	15,0	3.326.100	2.492.997	5	57.700	777	49.892	844
Alevín	Mayo	31	8,5	30,1	791.448	0	5	41.655	939	23.823	413
Alevín	Junio	31	8,5	47,5	751.875	0	5	39.572	1.535	35.690	620
Smolt	Julio	31	8,5	70,0	714.282	0		37.594	2.208	50.000	870
									6.624		

RESIDUOS										
Conversión Económica Teórica (kg/kg)	% Peso Corporal diario	Alimento a Suministrar (kg)	% Proteina por peso del pez	Alimento No Consumido 10% (kg)	Alimento Consumido 90% (kg)	Excretas son un13% del Alimento Consumido (kg)	Orina es un12% del Alimento Consumido (kg)	Cantidad de Amonio total diario del Alimento (Kgs)	Cantidad de Amonio total por mes (Kgs)	Cantidad de fosforo total por mes (Kgs)
1,8	0,02	1.589	54	159	1.430	186	172	2,5	79,0	20,7
1,4	0,05	954	54	95	859	112	103	1,6	47,4	12,4
1,2	0,06	1.566	54	157	1.409	183	169	2,5	77,8	20,4
1,2	0,06	2.624	54	262	2.362	307	283	4,3	130,4	34,1
1,1	0,06	4.501	50	450	4.051	527	486	6,7	207,0	58,5
1,1	0,07	6.825	50	683	6.143	799	737	10,1	314,0	88,7
1,1	0,08	10.136	50	1.014	9.123	1.186	1.095	16,7	466,3	131,8
1,1	0,07	18.630	50	1.863	16.767	2.180	2.012	27,6	857,0	242,2
1,1	0,15	11.362	50	1.136	10.226	1.329	1.227	17,4	522,7	147,7
1,1	0,06	13.492	50	1.349	12.143	1.579	1.457	20,0	620,6	175,4
1,1	0,08	14.742	50	1.474	13.268	1.725	1.592	21,9	678,2	191,7
1,1										
		86.423		8.642	77.781	10.112	9.334	131	4.000	1.124

SUPUESTOS

Calculo del Amonio Total Kg/día Coeficiente Producción Amonio	0,092
Cálculo del Fosforo Total Porcentaje Fosforo en Alimento	1,3 %
Cantidad de Buffodine (Iodo)	1 ml / 1 l. Agua

Calculo del Amonio Total Kg/día Coeficiente Producción Amonio	0,092
Cálculo del Fosforo Total Porcentaje Fosforo en Alimento	1,3 %
Calculo del Fosforo Total Kg 1 ton. De salmón genera	10 Kg.Fosforo

Formula Amonio (kg/día)= (Biomasa (Kg) x % Peso Corporal x % Proteina del alimento) x 0,092

Criterio: 1 tonelada de salmon en Piscicultura produce 10 Kg de fosforo total (Jensen 1994)
Jensen P., 1994 "Training courses for fish farmers. Dept. of Aquaculture: Horsens college technical"

ANEXO 3. TABLA FLUJO FARMACIA

	UNIDAD	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
N° Ovas con Ojo	Unidades							4.586.630						
N° Alevines	Unidades								3.898.635	3.781.676	3.668.226	3.594.862	3.522.964	
N° Smolts	Unidades													
Biomasa (Kg)	Kilos							826	780	1.513	2.568	4.673	8.807	
Flujo Agua (L / Seg)	L/Seg							16	29	24	46	81	148	
Consumo de Antibióticos														
FLORFENICOL (Oral)	Kilos											0,5		0,5
Consumo de Vacunas														
AQUAYER (Aquatic Health)	Litros												87,4	87,4
Consumo de Desinfectantes														
BUFFODINE	Litros							3,0						3,0
VIRKONS	Kilos							10,0	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	22,5

	UNIDAD	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
N° Ovas con Ojo	Unidades							4.586.630						
N° Alevines	Unidades	3.452.505	3.417.980	3.383.800	3.326.100	791.448	751.875		3.898.635	3.781.676	3.668.226	3.594.862	3.522.964	
N° Smolts	Unidades							714.282						
Biomasa (Kg)	Kilos	14.846	23.584	40.267	49.892	23.823	35.714	50.000	780	1.513	2.568	4.673	8.807	
Flujo Agua (L / Seg)	L/Seg	249	399	678	844	413	620	887	29	24	46	81	148	
Consumo de Antibióticos														
FLORFENICOL	Kilos		1,5									0,5		2,0
Consumo de Vacunas														
AQUAYER (Aquatic Health)	Litros												87,4	87,4
Consumo de Desinfectantes														
BUFFODINE	Litros							3,0						3,0
VIRKONS	Kilos	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	10,0	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	37,5

Supuestos	
AQUAYER (Aquatic Health)	1 litro vacuna = 100 kg peces
FLORFENICOL	10 Mg/ kilo pez Durante 10 días

ANEXO 4. PLANILLAS BALANCES DE MASAS

CALCULO DEMANDA TEORICA DE OXIGENO

Composición Proximal de Alimento

Proteína	0,5	50%
Lípidos	0,2	20%
Humedad	0,1	10%
Nitrogeno	0,08	8%
Fosforo	0,013	1,30%
Cenizas	0,1	10%

Supuestos de Trabajo

Días/año	365 días
Horas/día	20 horas

Total Alimento	86423 kg
Total Mortalidad	6624 kg

Residuos

Alimento No Consumido	8642 kg/anales
Fecas	10112 kg/anales
Orina	9334 kg/anales
Amonio	4000 kg/anales
Fosforo	1124 kg/anales

Horas	1,6
	1,4
	1,3
	0,5
	0,2

Alimento no consumido 10% del alimento entregado
 Excretas 13% alimento consumido
 Orina 12% del alimento consumido

0,1
 0,13
 0,12

CALCULO TOTAL DE CONTAMINANTE POR COMPUESTO

Total contaminante alimento

Proteína	0,80	kg/h
Lípidos	0,32	kg/h
Humedad	0,16	kg/h
Nitrogeno	0,13	kg/h
Fosforo	0,02	kg/h
Cenizas	0,16	kg/h



Total de todos los residuos

Proteína	0,80	kg/h
Lípidos	0,32	kg/h
Nitrogeno	1,32	kg/h
Fosforo	0,17	kg/h
Cenizas	1,13	kg/h
Total	3,74	kg/h

Flujo Total de Agua a Tratar

→ 1000 lt/seg
 3600000 lt/h

Base de Calculo (1 hora)

1 hora

Total a Tratar	3600000 kg
Total Contaminante	3,7 kg

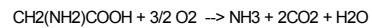
PROTEINAS

Tomando una proteina promedio tipo de 200 aminoacidos

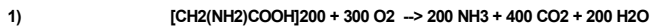
Aminoacido (Glicina) (CH₂(NH₂)COOH)

Reacción de Oxidación Teorica

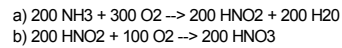
Reacción igualada de la demanda carbonosa de oxigeno



Para una proteina:



Reacción igualada de la demanda nitrogenosa de oxigeno



3) Determinación de la DTeO

PM prot. 15000 g/gmol

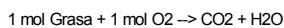
DTeO 112 gO₂/mol Prot.

DTeO prot. 0,0075 gr. O₂ / gr. Prot.

Total Prot. 800 gr.

DTeO Proteína	6,0 gr. O ₂
---------------	------------------------

LIPIDOS



CALCULO DEMANDA TEORICA DE OXIGENO

CALCULO TOTAL DE CONTAMINANTE POR COMPUESTO

Total de todos los residuos luego del sedimentador

Proteina	0,12	kg/h
Lipidos	0,05	kg/h
Nitrogeno	0,20	kg/h
Fosforo	0,03	kg/h
Cenizas	0,17	kg/h
<hr/>		
Total	0,56	kg/h

Flujo Total de Agua que sale del sedimentador **1000** lt/seg
3600000 lt/h

Base de Calculo (1 hora) **1** hora

Total a Tratar **3600000** kg
Total Contaminante **0,6** kg

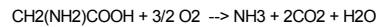
PROTEINAS

Tomando una proteina promedio tipo de 200 aminoacidos

Aminoacido (Glicina) (CH₂(NH₂)COOH)

Reacción de Oxidación Teórica

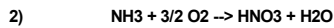
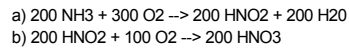
Reacción igualada de la demanda carbonosa de oxígeno



Para una proteina:



Reacción igualada de la demanda nitrogenosa de oxígeno



3) Determinación de la DTeO **PM prot. 15000 g/gmol**

DTeO **112 gO₂/mol Prot.**

DTeO prot. **0,0075 gr. O₂ / gr. Prot.** **Total Prot. 120 gr.**

DTeO Proteina	0,9 gr. O ₂
---------------	------------------------

LIPIDOS

1 mol Grasa + 1 mol O₂ --> CO₂ + H₂O

PM grasa **7500 g/gmol**

Total Lipidos **48 gr.**

Moles Lip. **0,006 mol**

DTeO grasa	0,20 gr O ₂
------------	------------------------

NITROGENO

Considerando todo nitrogeno amoniacal

Reacción igualada de la demanda nitrogenosa de oxígeno