



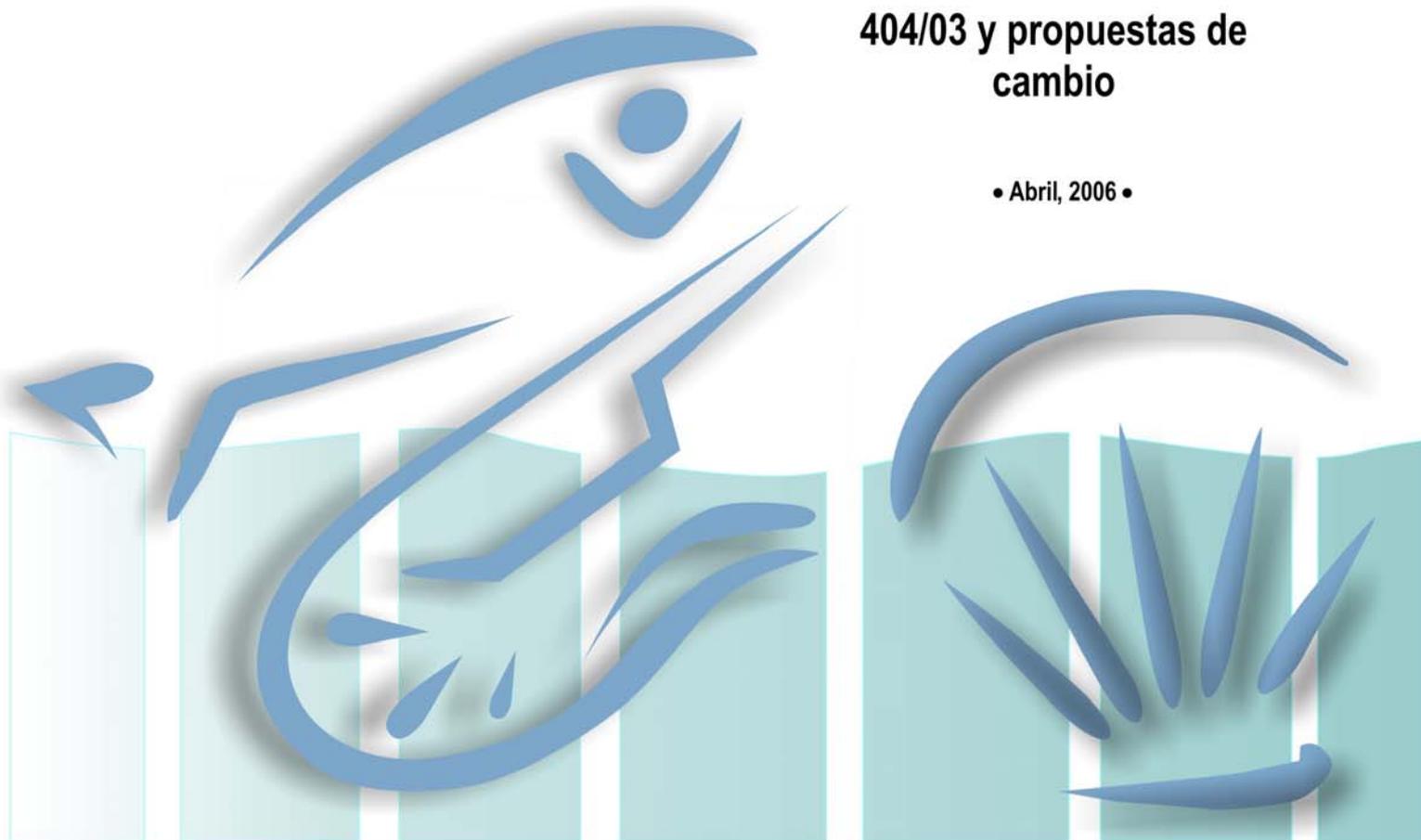
INFORME FINAL

TOMO I TEXTOS

FIP N° 2003-20

**Evaluación de las
metodologías y variables
consideradas en la
resolución SUBPESCA N°
404/03 y propuestas de
cambio**

• Abril, 2006 •





INFORME FINAL

TOMO I
TEXTOS

FIP N° 2003-20

**Evaluación de las
metodologías y variables
consideradas en la resolución
SUBPESCA N° 404/03 y
propuestas de cambio**

• Abril, 2006 •



REQUIRENTE

FONDO DE INVESTIGACIÓN PESQUERA, FIP
Presidente del Consejo:
Carlos Hernández Salas

EJECUTOR

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO, IFOP
Jefe División Investigación en Acuicultura:
Leonardo Guzmán Méndez

Director Ejecutivo:
Guillermo Moreno Paredes



JEFE DE PROYECTO

GASTÓN VIDAL SANTANA

AUTORES

GASTÓN VIDAL S.
M. SOLEDAD TOLEDO V.
MARTIN PLENCOVICH CH.
HERNAN MIRANDA P.
JAVIER AROS D.
MAURICIO PALMA A.



RESUMEN EJECUTIVO

El presente informe presenta los antecedentes, fundamentos, resultados, discusión y conclusiones finales del proyecto “Evaluación de las metodologías y variables consideradas en la resolución Subpesca N° 404/03 y propuesta de cambio”. El objetivo general del proyecto es evaluar la pertinencia de las metodologías y variables que exige la Resolución Subpesca N° 404/03 y si fuera necesario, proponer cambios debidamente fundados. Para alcanzar este objetivo se debieron desarrollar seis objetivos específicos

El primero de estos objetivos es *“Determinar la capacidad de las metodologías y variables descritas en la Resolución Subpesca N° 404/03, para funcionar como indicadores de las condiciones ambientales de los sitios de cultivo, haciendo especial referencia a las condiciones de oxigenación de los sedimentos y al grado de vulnerabilidad del sitio frente al aporte exógeno de materia orgánica”*, para lo cual se trabajó en los distintos tipos de centro de cultivo según las diferentes categorías en que han sido clasificados (D.S. N° 320 de 2001). Se evaluaron las metodologías para estimar variables tales como materia orgánica, granulometría, macrofauna bentónica, potencial redox y pH. Los estadísticos empleados fueron promedio, varianza, además de estimadores del tamaño óptimo de muestra usando como referente para definir la confiabilidad el coeficiente de variación. Los resultados fueron evaluados mediante estadística no paramétrica (Kruskal Wallis, Friedmann). Ciertas variables como materia orgánica y pH muestran una escasa dispersión entre las estimaciones de cada réplica, por lo que no es recomendable variar el número de tres réplicas por punto de muestreo. En cambio el potencial redox muestra una amplia dispersión entre réplicas, que se explica por el error introducido al muestrear con draga, por tanto se sugiere que las muestras sean recogidas mediante un toma muestras cilíndrico (core). Asimismo se recomienda cautela para el establecimiento de las estaciones de referencia, pues se requiere información previa del entorno, ya que es factible que los resultados de estos sitios muestren estimadores significativamente superiores (e.g. materia orgánica) que los sitios ubicados en el área con mayor biomasa del centro de cultivo. Por tanto la correntometría, batimetría, influencia de otros centros u otras actividades, son relevantes para orientar el establecimiento de los sitios de referencia.



Las determinaciones de oxígeno en la columna de agua no fueron reproducibles y por tanto muy difíciles de interpretar, se sugiere no continuar registrando esta variable con la frecuencia de muestreo que recomienda la resolución. La solución sería mediante sondas de registro continuo, pero tiene la limitante del costo.

Para el segundo objetivo específico *“Determinar los cambios que debiesen efectuarse a la Resolución Subpesca N° 404/03, para permitir al administrador implementar un mecanismo de control del cumplimiento del RAMA. Para ello deberán contemplarse las limitantes legales y reglamentarias existentes”*, se consideraron, en primer lugar, evaluar cinco métodos para determinar las condiciones de anoxia de los sedimentos en los centros de cultivo: determinación de oxígeno, amonio y ácido sulfhídrico en el líquido intersticial de los sedimentos, determinación de carbono orgánico total y asimilación de materia orgánica en los sedimentos utilizando trampas. La determinación de oxígeno en el líquido intersticial mediante microelectrodos tipo Crack está restringida a sedimentos de arenas muy finas a limo-arcilla. En sedimentos con arenas medias a gruesas y con gran número de especies bentónicas o restos de ellas existen elevadas probabilidades de romper la punta del electrodo cuyo diámetro (60 μm) está en el rango de la arena muy fina a limo – arcilla, lo que hace poco práctico la estimación de esta variable mediante este procedimiento en forma rutinaria.

El ácido sulfhídrico estuvo asociado al contenido de materia orgánica y varió inversamente con la diversidad, en tanto que los niveles de amonio en los sedimentos se asociaron fuertemente a la diversidad y variaron inversamente con el contenido de materia orgánica. El sulfuro presenta mayor facilidad para su determinación comparado con la determinación de oxígeno, del mismo modo, los niveles de sulfuro condicionan la diversidad y en definitiva su valor da cuenta de la aptitud que presenta un área para el cultivo. La determinación de carbono orgánico total es una buena herramienta para interpretar el grado de vulnerabilidad de un centro frente a las actividades de acuicultura, sin embargo, existe un limitado número de laboratorios que tienen implementada la técnica de análisis. Por ello, frente a estas limitaciones, no se percibe en el corto plazo, como una variable a



considerar dentro de la resolución. En cuanto a la medición de la materia orgánica, se estima que se debe seguir midiendo, principalmente debido a que la sedimentación de material orgánico en exceso es el factor gatillante para que ocurran cambios en las características del sedimento, como variación en el tamaño de partículas, contenido orgánico, contenido de agua y textura de los sedimentos y, luego, dependiendo de la magnitud en que ocurren estos procesos se establecen las condiciones para que las bacterias puedan metabolizar los compuestos orgánicos con la producción de compuestos nitrogenados y gases sulfuro y metano que deterioran el ambiente y que restringen la biodiversidad.

Respecto de las enmiendas o recomendaciones que deben ser tenidas en cuenta para las distintas variables consideradas, para la correntimetría se ha estimado que los datos deben ser más precisos, por el rol de las corrientes en el transporte del material particulado proveniente de las actividades de acuicultura, en la granulometría de los sedimentos, en los procesos de diagénesis y en la estructura del bentos. Cuando la velocidad de las corrientes es inhibida, por efecto de las instalaciones submarinas del centro, se producen cambios en la granulometría, favoreciendo la retención de sedimentos finos que son más aptos para retener materias orgánicas y favoreciendo el desarrollo de comunidades bentónicas cuya abundancia numérica está monopolizada por una o pocas especies.

Asimismo se recomienda que deba establecerse un procedimiento más riguroso la obtención de los datos de batimetría toda vez que el grado de exposición y carácter de las olas, determinan la granulometría y pendiente de las playas. Para la granulometría de los sedimentos se propone incorporar la determinación de porosidad, densidad aparente, curtosis y asimetría de los sedimentos. En lo que se refiere al contenido de materia orgánica se estima necesario modificar la forma como se obtienen las muestras y establecer la obligación de recoger muestras para determinar la asimilación de materia orgánica en centros de cultivo con fondos duros y semiduros.



Respecto de la macrofauna bentónica resulta importante establecer otra forma de análisis de los datos, incorporando al menos el uso de índices ecológicos (e.g. diversidad, dominancia y uniformidad).

Se propone eliminar el registro de pH para ambientes marinos, en atención a que el agua de mar posee una gran capacidad de absorber las variaciones de pH, limitando su potencialidad para evaluar condiciones anómalas. En cambio para ambientes lénticos es necesario continuar midiendo esta variable, ya que se presentan condiciones distintas que no distorsionan la potencialidad de uso de esta variable para evaluar cambios asociadas a las actividades de acuicultura. En cuanto al potencial redox se recomienda modificar la toma de muestras, reemplazando la draga por un toma de muestra cilíndrico (core). Se propone también cambiar la metodología para determinar la concentración de oxígeno disuelto en la columna de agua, ya que no entrega información que permita evaluar eventuales impactos de la acuicultura. Esta variable está afectada entre otros por la temperatura y salinidad del agua, actividad biológica y otros.

También se propone introducir la concentración de ácido sulfhídrico en el sedimento. Este es complementario del potencial redox y refleja adecuadamente el estado de óxido–reducción del sedimento.

Las metodologías evaluadas fueron satisfactorias, pero existen dificultades en la aplicación de al menos dos de ellas, la determinación de oxígeno en el líquido intersticial de los sedimentos, requiere especialización del operador, costo del equipamiento y las condiciones para la determinación hacen impracticable incorporar esta medición en la resolución, y la determinación de carbono orgánico total presenta limitaciones en su análisis debido a que actualmente hay muy pocos laboratorios en Chile con capacidades de equipamiento y personal entrenado para realizar el análisis con las demandas que implican las INFAs. En cuanto a las demás,

La determinación de sulfuro de hidrógeno es complementaria a las estimaciones de potencial redox. Se recomienda como requerimiento en las CPSs e INFAs para los

centros de categoría 3. La estimación de materia orgánica en los sedimentos no presenta dificultades técnicas y su aplicación en los centros clasificados en categoría 4, entregará información complementaria al registro visual para interpretar el grado de anoxia que presenten los centros de fondos duros o semiduros.

Según este estudio, las variables definitivas a controlar de acuerdo a las cinco categorías que establece la Resolución Subpesca 404/03 son las siguientes:

Cuadro 1. Variables a controlar en centros de cultivo Categoría 1

Variables	CPS	INFA
Batimetría	Si	----
Correntometría	Si	----
Materia orgánica	Si	Si
Granulometría	Si	Si

Cuadro 2. Variables a controlar en centros de cultivo Categoría 2

Variables	CPS	INFA
Batimetría	Si	----
Correntometría	Si	----
Materia orgánica	Si	Si
Granulometría	Si	Si
Macrofauna bentónica	Si	Si

Cuadro 3. Variables a controlar en centros de cultivo Categoría 3

Variables	Porciones de aguas marinas		Porciones de aguas terrestres	
	CPS	INFA	CPS	INFA
Batimetría	Si	----	Si	----
Correntometría	Si	----	Si	----
Materia orgánica	Si	Si	Si	Si
Granulometría	Si	Si	Si	Si
Macrofauna Bentónica	Si	Si	Si	Si
pH	----	----	Si	Si
Potencial redox	Si	Si	Si	Si
Acido Sulhídrico	Si	Si	Si	Si
Concentración de Oxígeno	Si	Si	Si	Si



Cuadro 4. Variables a controlar en centros de cultivo Categorí3 4

Variables	CPS	INFA
Batimetría	Si	----
Correntometría	Si	----
Asimilaci3n de materia orgánica en los sedimentos	----	Si
Registro visual	Si	Si

Cuadro 5. Variables a controlar en centros de cultivo Categorí3 5

Variables	CPS	INFA
Batimetría	Si	----
Correntometría	Si	----
Concentraci3n de oxígeno	Si	Si

Para el desarrollo del tercer objetivo específico *“Establecer los límites de aceptabilidad, técnicamente y legalmente fundados y estadísticamente respaldados, para las variables definitivas a controlar, tanto en la CPS como en la INFA”*, los valores de correntometría y batimetría se clasificaron en las categorías de muy sensible, moderadamente sensible, ligeramente sensible y no sensible, y las demás variables fueron clasificadas de acuerdo a los valores encontrados en óptimo, moderado, regular y malo. Por último, la importancia que adquirió cada variable como predictor de las condiciones de anoxia en los sedimentos fueron tomados de los resultados de un análisis de componentes principales y un análisis discriminante paso a paso.

Una vez identificadas las variables definitivas se elaboró un manual de operaci3n para la CPS e INFA y se determinaron los costos en que se incurriría para elaborar un informe en cada categoría considerada en la nueva propuesta, con lo que se dio cumplimiento a los objetivos específicos *“Elaborar un manual de operaci3n, en el cual estén descritas las metodologías de muestreo, transporte y análisis de las variables definitivas a controlar, tanto en la CPS como en la INFA”* y *“Realizar un análisis económico del costo de la aplicaci3n de los diseños de muestreos definitivos para cada categoría de clasificaci3n, tanto en el caso de la CPS como de la INFA”*.



Finalmente, para dar cumplimiento al sexto objetivo específico *“Determinar los criterios técnicos y legales que permitan acreditar la especialización o experiencia en materias marinas y ambientales de los profesionales que suscriban de la CPS o la INFA”* se utilizó como primer paso, la metodología “familia profesional” que identificó las familias de profesionales que calificarían para suscribir una CPS o INFA. En seguida se identificó el perfil de cada profesional requerido según cada variable ambiental mediante una metodología de Análisis Funcional, se identificaron las asignaturas básicas que cursan los profesionales relacionando variable ambiental con curso básico, proceso que finalizó en una relación de títulos profesionales con las variables consideradas en la resolución. Entre las asignaturas necesarias para abordar las metodologías consideradas en la CPS e INFA están química general, química orgánica, bioquímica, química inorgánica, zoología, botánica marina, ecología, oceanografía, oceanografía física, oceanografía química, química marina, monitoreo ambiental, cartografía, topografía, geografía (sistemas de información geográfica, fotogrametría y geodesia). Los profesionales que suscriban INFA o CPS deben contar con una formación amplia e integradora, de tal forma que puedan analizar y comprender a cabalidad el conjunto de información que resulta de cada INFA o CPS, más allá de las capacidades analíticas o de estudio de una o algunas de las variables consideradas en el reglamento. Mediante un análisis factorial de correspondencia simple se determinó que las profesiones que mejor califican para suscribir una CPS e INFA son las de Biólogo Marino e Ingeniero en Acuicultura. Se sugiere sin embargo realizar un estudio adicional tendiente a evaluar los objetivos y contenidos de las mallas curriculares de ambas carreras, particularmente de las asignaturas pertinentes para lograr competencias para suscribir INFA y CPS, con la finalidad de evaluar en profundidad, cual de las dos carreras provee mejores herramientas para suscribir los informes señalados según los términos mencionados previamente.



ÍNDICE GENERAL

RESUMEN EJECUTIVO	i
ÍNDICE GENERAL.....	ix
ÍNDICE DE CUADROS.....	xiii
ÍNDICE GENERAL ANEXOS.....	xvii
TOMO II.....	xvii
TOMO III.....	xiii
1. INTRODUCCI3N	1
2. OBJETIVOS.....	3
2.1 Objetivo General	3
2.2 Objetivos Específicos	3
3. ANTECEDENTES.....	5
4. METODOLOGÍA.....	10
4.1 Objetivo específico 1	10
A. Adquisici3n de equipos y materiales	10
B. Preparaci3n de muestreo.	11
1. Gestió n muestreo	11
2. Calendario y preparaci3n de muestreo	15
C. Muestreo segú n Resoluci3n (Subpesca) N° 404/2003.	19
1. Lugares de muestreo	19
2. Ubicaci3n de las estaciones de muestreo	23
3. Obtenci3n de muestras en terreno	23
D. Análisis de muestras	26
E. Análisis de datos	27
4.2 Objetivo específico 2	30
Evaluaci3n de metodologías alternativas a la Resoluci3n 404/2003.....	30
A. Preparaci3n de muestreo alternativo.	30
B. Muestreo metodología alternativa	31
C. Análisis de muestras	34
D. Análisis de datos.....	37
4.3 Objetivo específico 3	39
A. Reuniones técnicas.	40
B. Límites de aceptabilidad	40



4.4	Objetivo específico 4	48
	A. Elaboración de manual de operación	48
4.5	Objetivo específico 5	48
	A. Recopilación y registro de la información básica	48
	B. Determinación de estructura de costos	49
	C. Análisis de costos	50
4.6	Objetivo específico 6	52
	Determinar profesionales suscriptores de CPS e INFA	52
	A. Fase de pre-diagnóstico de los campos ocupacionales pertinentes ...	53
	B. Fase de selección de la figura profesional requerida	54
	C. Identificación de currículum básico	54
	D. Identificación de carreras impartidas por las Universidades Chilenas cuyos titulados califican para elaborar CPS e INFAs.	55
5.	RESULTADOS	56
5.1	Objetivo específico 1	56
	Muestreo según Resolución (Subpesca) N° 404/2003.....	56
	1. Caracterización preliminar del sitio (CPS)	56
	➤ Solicitud de concesión para centro de cultivo categoría 3	56
	➤ Solicitud de concesión para centro de cultivo categoría 5	59
	2. Información Ambiental (INFA)	60
	➤ Centro de cultivo Categoría 1	60
	Centro autorizado para cultivar pelillo	60
	Centro autorizado para cultivar choritos	61
	Centro autorizado para cultivar ostras	62
	➤ Centro de cultivo Categoría 2	64
	Centro autorizado para producir choritos	64
	Centro autorizado para cultivar salmones	69
	➤ Centro de cultivo Categoría 3	72
	Centro ubicado en cuerpo de agua dulce autorizado para cultivar salmones	72
	Centro autorizado para cultivar ostras	78
	Centro autorizado para cultivar salmones	85
	Centro autorizado para producir choritos	91
	➤ Centro de cultivo Categoría 4	97
	Centro autorizado para cultivar salmones	97



➤ Centro de cultivo Categoría 5	100
Centro autorizado para cultivar salmones	100
5.2 Objetivo específico 2	100
Evaluaci3n de metodologías alternativas a la Resoluci3n 404/2003.....	100
➤ Carbono orgánico total.....	100
➤ Asimilaci3n de materia orgánica en los sedimentos.....	102
➤ Concentraci3n de amonio en sedimentos	104
➤ Concentraci3n de sulfuro de hidrógeno en sedimentos	107
➤ Concentraci3n de oxígeno en sedimentos	109
➤ Variables y parámetros definitivos a controlar	110
➤ Fundamento normativo de las modificaciones propuestas ...	112
➤ Justificaci3n de las propuestas de modificaci3n	114
➤ Propuesta de modificaci3n de la Res.Nr 404 (Subpesca) de 2003	116
5.3 Objetivo específico 3	121
➤ Análisis estadístico	121
➤ Límites de aceptabilidad	128
➤ Fundamento legal para establecer los límites de aceptabilidad ambiental de un sitio	140
5.4 Objetivo específico 4	142
➤ Manual de Operaci3n	142
1. Variable por categoría	142
1.1 Caracterizaci3n preliminar del sitio	142
1.2 Informaci3n Ambiental	144
2. Ubicaci3n y Número de estaciones de muestreo	146
3. Metodología variable.....	148
5.5 Objetivo específico 5	160
A. Recopilaci3n y registro de la informaci3n	160
B. Procesamiento de datos para la determinaci3n de costos	161
C. Análisis de los datos y elaboraci3n de informe	164
5.6 Objetivo específico 6.....	180
Determinar profesionales suscriptores de CPS e INFA	
6. DISCUSI3N	188
7. CONCLUSIONES	199
8. PLAN DE ACTIVIDADES	204
8.1 Carta Gantt de Actividades del Proyecto	204
8.2 Actividades generales del Proyecto	205



9. PLAN DETALLADO DE ASIGNACI3N DE PERSONAL PROFESIONAL Y T3CNICO (HH).....	209
10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	213



ÍNDICE CUADROS

Cuadro 1. Variables a controlar en centros de cultivo Categoría 1.....	vi
Cuadro 2. Variables a controlar en centros de cultivo Categoría 2.....	vi
Cuadro 3. Variables a controlar en centros de cultivo Categoría 3.....	vi
Cuadro 4. Variables a controlar en centros de cultivo Categoría 4.....	vii
Cuadro 5. Variables a controlar en centros de cultivo Categoría 5.....	vii
Cuadro 6 y 7. Indicador de anoxia en los sedimentos.....	41
Cuadro 8. Indicador de anoxia en los sedimentos.....	42
Cuadro 9. Clasificaci3n de sitios seg3n la pendiente que presenta el fondo marino.....	43
Cuadro 10. Clasificaci3n de sitios seg3n la velocidad de las corrientes.....	44
Cuadro 11. Clasificaci3n de sitios seg3n los niveles de arena fina y arena muy fina que presentan los sedimentos.....	44
Cuadro 12. Clasificaci3n de sitios seg3n los niveles de limo - arcilla que presentan los sedimentos.....	45
Cuadro 13. Clasificaci3n de sitios seg3n los niveles de materia orgánica que presentan los sedimentos.....	45
Cuadro 14. Clasificaci3n de sitios seg3n el número de especies y abundancia de la macrofauna bentónica.....	46
Cuadro 15. Clasificaci3n de sitios seg3n los niveles de pH que presentan los sedimentos.....	46
Cuadro 16. Clasificaci3n de sitios seg3n los niveles de potencial redox.....	47
Cuadro 17. Clasificaci3n de sitios seg3n los niveles de oxígeno disuelto en la columna de agua.....	47
Cuadro 18. Esquema General de un Mapa Funcional.....	52
Cuadro 19. Categoría 1.....	110
Cuadro 20. Categoría 2.....	111



Cuadro 21. Categoría 3.....	111
Cuadro 22. Categoría 4.....	111
Cuadro 23. Categoría 5.....	111
Cuadro 24. Varianza total explicada.....	122
Cuadro 25. Matriz de componentes.....	122
Cuadro 26. Gráfico de componentes de variables medidas en centros clasificados en categoría 2.....	123
Cuadro 27. Prueba de los grupos promedios.....	123
Cuadro 28. Varianza total explicada.....	124
Cuadro 29. Medida de adecuación KMO, prueba de esfericidad de Bartlett y determinante matriz de correlación.....	124
Cuadro 30. Matriz de componentes.....	125
Cuadro 31. Gráfico de componentes de variables medidas en centros clasificados en categoría 3. el gráfico previo tiene el eje que pasa por el 0,0, es mejor incorporarlo, pues es más fácil apreciar el gráfico.....	126
Cuadro 32. Valores Eigen y lambda de Wilks.....	127
Cuadro 33. Coeficientes de función discriminante canónica estandarizada..	127
Cuadro 34. Rangos Y para los centros clasificados en categoría 2.....	129
Cuadro 35. Rangos Y para los centros clasificados en categoría 3.....	131
Cuadro 36. Índice Y para centro de cultivo de choritos clasificado en categoría 2.....	132
Cuadro 37. Índice Y para centro de cultivo de salmones clasificado en categoría 2.....	134
Cuadro 38. Índice Y para centro de cultivo de salmones (lago) clasificado en categoría 3.....	135



Cuadro 39. Índice Y para centro de cultivo de ostras clasificado en categoría 2.....	137
Cuadro 40. Índice Y para centro de cultivo de choritos clasificado en categoría 3.....	138
Cuadro 37. Índice Y para centro de cultivo de salmones clasificado en categoría 3.....	139
Cuadro 42. Elementos por categoría.....	160
Cuadro 43. Resumen comparativo de los costos de elaboraci3n de una CPS, por categoría.....	163
Cuadro 44. Resumen comparativo de los costos de elaboraci3n de una INFA, por categoría.....	164
Cuadro 45. Comparaci3n de costos por elemento C1.....	165
Cuadro 46. Comparaci3n de costos por elemento C1.....	165
Cuadro 47. Comparaci3n de costos por elemento C2.....	166
Cuadro 48. Comparaci3n de costos por elemento C2.....	167
Cuadro 49. Comparaci3n de costos por elemento C3.....	168
Cuadro 50. Comparaci3n de costos por elemento C3.....	169
Cuadro 51. Comparaci3n de costos por elemento C4.....	170
Cuadro 52. Comparaci3n de costos por elemento C4.....	170
Cuadro 53. Comparaci3n de costos por elemento C5.....	171
Cuadro 54. Comparaci3n de costos por elemento C5.....	171
Cuadro 55.....	172
Cuadro 56.....	173
Cuadro 57. Comparaci3n de costos CPS por categoría.....	174
Cuadro 58. Gráfico costo diferencial por categoría.....	175
Cuadro 59. Comparaci3n de costos del INFA por categoría.....	175



Cuadro 60. Costo diferencial (\$) por categoría.....	175
Cuadro 61. Sensibilización de la variación de costos de CPS por categoría, a la profundidad y tamaño del centro	176
Cuadro 62. Diferencia relativa entre costos de CPS v/s Tamaño y profundidad del centro.....	177
Cuadro 63. Sensibilización de la variación de costos de INFA por categoría, a la profundidad y tamaño del centro	179
Cuadro 64. Diferencia relativa entre costos de INFA v/s Tamaño y profundidad del centro.....	179



ÍNDICE GENERAL ANEXOS

TOMO II

ANEXO 1.	Tablas generales.....	1
ANEXO 2.	Ubicación geográfica de las concesiones.....	5
ANEXO 3	Batimetría de los centros de cultivo.....	20
ANEXO 4.	Dirección y velocidad de las corrientes (correntimetría) de los centros de cultivo.....	35
ANEXO 5.	Granulometría (Figuras) de los sedimentos en los centros de cultivo clasificados en categoría 2 y categoría 3.....	53
ANEXO 6.	Granulometría (Tablas) de los sedimentos en los centros de cultivo clasificados en categoría 2 y categoría 3.....	78
ANEXO 7.	Materia orgánica de los sedimentos en los centros de cultivo.....	98
ANEXO 8.	Potencial redox en los sedimentos en los centros de cultivo clasificados en categoría 3.....	113
ANEXO 9.	pH en los sedimentos en los centros de cultivo clasificados en categoría 3.....	124
ANEXO 10.	Información ambiental (INFA) y caracterización preliminar del sitio (CPS).....	136
ANEXO 11.	Índices de diversidad para centros de cultivo clasificados en categoría 2 y categoría 3.....	245
ANEXO 12.	Correlación de Spearman para los índices de diversidad de los centros de cultivo clasificados en categoría 2 y categoría 3.....	253
ANEXO 13.	Tamaño óptimo de muestra (TOM) para las variables medidas en las diferentes estaciones de muestreo de los centros de cultivo....	260
ANEXO 14.	Carbono orgánico total medido en los centros clasificados en categoría 3 (Mainstream-Puerto Rosales y Toralla-Punta Huenao).....	269



TOMO II (continuación)

ANEXO 15.	Contenido de materia orgánica producida por organismos en cultivo y recolectada con trampas de sedimento en los centros de cultivo Mainstream-Puerto Rosales, Pesquera Apiao-Rilan y IFOP-Putemún.	275
ANEXO 16.	Contenido de amonio en los sedimentos de los centros de cultivo Mainstream-Puerto Rosales, IFOP-Aysén e IFOP-Putemún.	283
ANEXO 17.	Contenido de sulfuro en los sedimentos de los centros de cultivo Mainstream-Puerto Rosales, IFOP-Aysén e IFOP-Putemún.	291
ANEXO 18.	Contenido de oxígeno en los sedimentos de los centros de cultivo Mainstream-Puerto Rosales, Pesquera Apiao-Rillán e IFOP-Aysén.	299
ANEXO 19.	Memoria de Cálculo.	306
ANEXO 20	Profesionales Suscriptores INFAs y CPS.	378
ANEXO 21.	Catastro mallas curriculares de Universidades chilenas relacionadas con materias marinas y ambientales.	405
ANEXO 22.	Antecedentes del taller de difusión inicio de proyecto.	528
ANEXO 23.	CD Archivos DBF.	540



1. INTRODUCCIÓN

La acuicultura en Chile se ha desarrollado de una manera vertiginosa acarreado beneficios económicos y sociales para gran parte de la población, pero también ha generado necesidades de protección del medio ambiente, dada las exigencias que surgen de los acuerdos comerciales vinculados con apertura de mercados internacionales, como también del resguardo de la propia acuicultura que hicieron aconsejable contar con un reglamento ambiental amplio que permita el despliegue de acciones correctivas, permitiendo consecuentemente un desarrollo sustentable de la actividad.

Por ello, en la normativa de carácter ambiental asociada a estas actividades, se incluye la Ley General de Pesca y Acuicultura (LGPA), donde en su artículo N° 74, establece que “la mantención de la limpieza y equilibrio ecológico de la zona concedida a los titulares de las concesiones y autorizaciones de acuicultura, cuya alteración tenga como causa la actividad acuícola, será de responsabilidad del concesionario, de conformidad con los reglamentos que se dicten”. Además, en su Artículo N° 87, dispone que “se deberá reglamentar las medidas de protección del medio ambiente para que los establecimientos de acuicultura operen en niveles compatibles con las capacidades de los cuerpos de agua lacustres, fluviales y marítimos”, es de esta normativa legal desde donde emana el Reglamento Ambiental Para la Acuicultura – RAMA (D. S. N° 320/01) que dispone requerimientos claros para el desarrollo ambientalmente sustentable de la actividad, permitiendo prevenir, mitigar y remediar los impactos asociados a esta actividad productiva.

Sin embargo, en esta normativa no se consideran aspectos que son importantes de considerar, como los niveles de aceptabilidad, bajo los cuales los cambios ambientales no son considerados como peligrosos. Para avanzar en este campo, resulta



imprescindible entender la capacidad de asimilación de acuerdo a las características locales de los cuerpos de agua que reciben tal contaminación y entender la interacción entre las variables ambientales y los factores de manejo que conducen a cambios ambientales severos.

Al respecto, se han realizado avances señalando que de las variables ambientales de un sitio destinado a la acuicultura, la profundidad y la velocidad de las corrientes están, a menudo, implicadas como las consideraciones primordiales que gobiernan el potencial para la degradación del fondo marino (Gowen & Bradbury, 1987, 1991; Iwama, 1991; Wu, 1995; Black, 2001). Por otro lado, la incorporación de material orgánico en los sedimentos conduce a una serie de cambios en los parámetros químicos y físicos, los cuales tienen efectos directos e indirectos sobre las comunidades bentónicas en el área.

Dentro de este contexto, el Consejo de Investigación Pesquera consideró relevante licitar el presente estudio, tendiente a disponer de antecedentes técnicos que fortalezcan la actual resolución en aspectos claves como son, determinar la capacidad de las variables consideradas en la resolución, determinar los límites de aceptabilidad de cada una de las variables y parámetros y finalmente, determinar los profesionales mas calificados para suscribir la caracterización preliminar del sitio y la información ambiental.



2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

- Evaluar la pertinencia de las metodologías y variables que exige la Resolución Subpesca N° 404/03 y si fuera necesario, proponer cambios debidamente fundados.

2.2 Objetivos específicos

- Determinar la capacidad de las metodologías y variables descritas en la Resolución Subpesca N° 404/03, para funcionar como indicadores de las condiciones ambientales de los sitios de cultivo, haciendo especial referencia a las condiciones de oxigenación de los sedimentos y al grado de vulnerabilidad del sitio frente al aporte exógeno de materia orgánica.
- Determinar los cambios que debiesen efectuarse a la Resolución Subpesca N° 404/03, para permitir al administrador implementar un mecanismo de control del cumplimiento del RAMA. Para ello deberán contemplarse las limitantes legales y reglamentarias existentes.
- Establecer los límites de aceptabilidad, técnicamente y legalmente fundados y estadísticamente respaldados, para las variables definitivas a controlar, tanto en la CPS como en la INFA.



- Elaborar un manual de operación, en el cual estén descritas las metodologías de muestreo, transporte y análisis de las variables definitivas a controlar, tanto en la CPS como en la INFA.

- Realizar un análisis económico del costo de la aplicación de los diseños de muestreos definitivos para cada categoría de clasificación, tanto en el caso de la CPS como de la INFA.

- Determinar los criterios técnicos y legales que permitan acreditar la especialización o experiencia en materias marinas y ambientales de los profesionales que suscriban de la CPS o la INFA.



3. ANTECEDENTES

El desarrollo de la acuicultura en Chile ha llevado a importantes beneficios económicos y sociales en el país, sin embargo; junto al beneficio anterior la importancia por parte del Estado de resguardar las condiciones ambientales asociadas a los distintos tipos de centros de cultivo. Se debe considerar que, al igual que todas las actividades productivas, la acuicultura genera interacciones, ya sean éstas positivas como negativas con el entorno donde se desarrolla.

En cuanto a la normativa de carácter ambiental asociada a estas actividades, se incluye la Ley General de Pesca y Acuicultura (LGPA), donde en su artículo N° 74, establece que *“la mantención de la limpieza y equilibrio ecológico de la zona concedida a los titulares de las concesiones y autorizaciones de acuicultura, cuya alteración tenga como causa la actividad acuícola, será de responsabilidad del concesionario, de conformidad con los reglamentos que se dicten”*. Además, en su Artículo N° 87, dispone que *“se deberá reglamentar las medidas de protección del medio ambiente para que los establecimientos de acuicultura operen en niveles compatibles con las capacidades de los cuerpos de aguas lacustres, fluviales y marítimos”*, es de esta normativa legal desde donde emana el Reglamento Ambiental Para la Acuicultura – RAMA (D.S. N° 320/01) que dispone requerimientos claros para el desarrollo ambientalmente sustentable de la actividad, permitiendo prevenir, mitigar y remediar los impactos asociados a esta actividad productiva.

El RAMA plantea distintas disposiciones ambientales basadas en aquellos principios amplios que le otorga la LGPA, haciendo distinción entre los sistemas de producción intensivos y extensivos. Entre otras disposiciones, se incluyen las siguientes:



- Prohíbe la liberación de ejemplares a los cuerpos de agua sin la debida autorización de este hecho.
- Dispone que los diversos desechos provenientes de las actividades acuícolas, deben disponerse con los respectivos permisos o autorizaciones de los organismos del Estado correspondientes en cada caso. Además, dispone que el lavado de redes debe realizarse de igual forma en establecimientos autorizados.
- Limita el uso de productos químicos farmacéuticos, antiincrustantes y desinfectantes en estas actividades.
- Exige planes de contingencia ante diversos eventos relacionados con el desarrollo de esta actividad, tales como mortalidades y escapes o desprendimientos masivos en los centros de cultivo y las pérdidas accidentales de alimento u otras sustancias o materiales.
- Regula las distancias mínimas que deben mantenerse entre centros de producción intensivos (2.778 m), así como entre un centro de producción intensivo y otro extensivo (400 m). Mencionando algunas excepciones.
- Para los cultivos ubicados en aguas continentales, dispone tiempos de rotación máximos; dispone que el cultivo debe llegar como máximo hasta la etapa de smolt (truchas hasta 300 g); prohíbe el uso de antiincrustantes con elementos tóxicos no degradables o bioacumulables; dispone que los alimentos que se suministren no podrán contener una digestibilidad inferior al 80% de la materia seca y establece que se deberá instalar sistemas detectores de alimento no digerido o sistemas para la captación de alimento y fecas.

Establece, además que en los centros de cultivo ubicados en tierra, las exigencias ambientales se basan en el cumplimiento de las normas de emisión correspondientes. Dependiendo del lugar donde se realice la emisión de contaminantes, se hará cumplir una de las siguientes normas de emisión vigentes:



- a) D.S. N° 90/2000 que “Establece norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales”.
- b) D.S. N° 609/1998, “Norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de RILES a sistemas de alcantarillado”. (Modificado por D.S. 3592/2000).
- c) D.S. N° 46/03, “Norma de emisión de residuos líquidos a aguas subterráneas”.

Desde el punto de vista de la exigencia en la entrega de información por parte de los titulares de los proyectos de acuicultura, el RAMA hace mención a aquellos proyectos nuevos, que deban ingresar al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) de la Ley 19.300, a los que se les exige la presentación de una **Caracterización Preliminar del Sitio (CPS)**, la que se define como la *“determinación de los parámetros y variables físicas, biológicas y químicas del área en que se pretende desarrollar acuicultura”*, la cual constituirá parte integrante de la Declaración de Impacto Ambiental (DIA) o Estudio de Impacto Ambiental (EIA), según corresponda, las que se presentarán a la Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA) para que los respectivos organismos del Estado emitan los Permisos Ambientales Sectoriales necesarios para la ejecución de cada proyecto en particular.

Según lo establecido en el artículo 3, letra n) del Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (D.S. N° 95/2001), los proyectos referidos a actividades de acuicultura que deben ingresar al SEIA, corresponden a aquellos que consideren el cultivo de los distintos recursos hidrobiológicos, tomado como parámetros las producciones proyectadas anualmente, así como la superficie que



abarcará este cultivo. (La Tabla 1,1 (**Anexo 1**) señala aquellos tipos de cultivo que deben ingresar al SEIA).

Por otro lado, a todos los centros de cultivo ya existentes a la fecha de promulgación de la Resolución 404/03, se les exige la presentación de **Información Ambiental (INFA)**, que se define como los *“antecedentes del estado ambiental del centro de cultivo en un momento determinado, basados en la medición de las condiciones del agua, del área de sedimentación y del área circundante a la misma”*. Esta INFA deberá considerar el sistema de producción utilizado, así como las producciones anuales proyectadas en la época del año de máxima biomasa de cultivo.

Para los efectos del RAMA, se debe entender que se supera la capacidad de un cuerpo de agua cuando el área de sedimentación presenta condiciones anaeróbicas, situación que indica la ausencia de oxígeno disuelto en el agua intersticial de los primeros 3 cm del sedimento. Si se presentan estas condiciones durante dos años consecutivos en un sistema de producción intensivo, significa que se debe reducir en un 30% el número de ejemplares a cultivar, tomando como base el número de ejemplares que ingresó al centro el año anterior, así mismo, si se presentaran estas condiciones en un sistema de producción extensivo, se debe disminuir en un 30% la biomasa inicial de ejemplares o algas a cultivar. Esta situación se aplicará de manera sucesiva mientras no se restablezcan las condiciones aeróbicas.

Los contenidos tanto de la CPS, como de la INFA son establecidos por la Resolución de la Subsecretaría de Pesca N° 404/2003, la que “Establece contenidos y metodologías para elaborar la Caracterización Preliminar del Sitio y la Información Ambiental” (Anexo 1; tabla 1,2 y 1,3).



El RAMA establece que esta Resolución, sólo podrá establecer requerimientos relativos a la descripción de la ubicación y topografía del centro, características hidrográficas del sector, número y ubicación de los sitios de muestreo, registro visual del área, información relativa a parámetros y variables ambientales en el sedimento y columna de agua. Para establecer estos requerimientos, se deberá tener presente el sistema de producción y el nivel anual de producción proyectado. Además, establece en su artículo 22 que esta Resolución será revisada, al menos, cada dos años y sometida a consulta de los Consejos Nacional y Zonales de Pesca.

Desde el punto de vista del personal que deba realizar los estudios que exige el RAMA en cuanto a la CPS e INFA, según lo establece su artículo 21, éstos deberán ser suscritos por un profesional que acredite especialización o experiencia en materias marinas y ambientales.

Por último, cabe señalar que para caracterizar ambientalmente los efectos derivados de una actividad productiva, en este caso la acuicultura, puede ser abordada al menos desde dos puntos de vista. Por un lado, el tema puede ser acometido estableciendo una línea de base, de tal forma que sea posible caracterizar de manera general el comportamiento de las variables a estudiar y sobre esta base definir la metodología de muestreo a aplicar, usando como elemento orientador la variabilidad ambiental. Por otra parte, el problema puede ser enfrentado analizando críticamente los métodos y técnicas a emplear en la evaluación de las variables y parámetros a caracterizar; una vez definida esta metodología y selección de las técnicas pertinentes, es factible realizar el estudio de lineamiento base que permite caracterizar de manera general el sistema en estudio.



4. METODOLOGÍA

4.1 Objetivo específico 1. *Determinar la capacidad de las metodologías y variables descritas en la Resolución Subpesca N° 404/03, para funcionar como indicadores de las condiciones ambientales de los sitios de cultivo, haciendo especial referencia a las condiciones de oxigenación de los sedimentos y al grado de vulnerabilidad del sitio frente al aporte exógeno de materia orgánica.*

A. ADQUISICIÓN DE EQUIPOS Y MATERIALES

Durante esta etapa y las que la suceden no se ha adquirido equipos propiamente tales, sólo se han realizado compras de instrumentos y materiales asociados a las mediciones de los equipos tales como electrodos de pH, electrodos de potencial redox, electrodos de oxígeno y el resto de materiales adquiridos corresponde a material de vidrio (matraces, pipetas pasteur y vasos precipitados), material para el fondeo de instrumentos y para el traslado de las muestras (pesos muertos, cabos, tamices y frascos para muestras) y los reactivos necesarios para los análisis de oxígeno, gas sulfhídrico y amonio.

Características:

- El electrodo de pH adquirido es de vidrio marca WTC (modelo Mettler).
- El electrodo de potencial redox es de vidrio marca WTC (modelo Pt 4800-MS-5).
- Los microelectrodos de oxígeno tipo Clark y guarda cátodos, fueron adquiridos a Diamond General Development Corp. Las especificaciones técnicas son:



- Largo = 14 cm
- Diámetro de la punta = 5 – 250 μm (en incrementos de 5 μm)
- Diámetro del mango = 6,7 mm
- Corriente = 300 picoamperómetros
- Espesor de la membrana = 10 – 20 μm
- Coeficiente de temperatura = + 5% por cada grado C

B. PREPARACIÓN DE MUESTREO

1. Gestión Muestreo

Se realizó el contacto con los representantes de las empresas para coordinar los muestreos relacionados con las INFA (Información Ambiental) y con funcionarios del Servicio Nacional de Pesca (Sernapesca) para los muestreos relacionados con las CPS (Caracterización Preliminar del Sitio). Según el plan inicial de la propuesta técnica correspondía coordinarse con los representantes de los Centros de Cultivos comprometidos al concursar el proyecto, teniendo que readecuar el lugar en algunos casos:

Información Ambiental (INFA)

Centro de cultivo Categoría 1:

- Cultivo extensivo de fondo: Originalmente, al elaborar la Oferta Técnica se acordó con don Alejandro Novoa, propietario de un centro de cultivo de *gracilaria* ubicado en San Pedro Nolasco, comuna de Maullín, sin embargo, al momento de contactarlo éste decidió no colaborar con el estudio FIP, siendo imposible muestrear en dicho lugar. Como alternativa, para cumplir con las bases técnicas, se gestionó con los representantes de Algas Marinas S.A. quienes cuentan con un centro ubicado en la desembocadura del río Pudeto,



comuna de Ancud. Las características del centro son similares al anterior, en cuanto a su condición de cultivo, climatológico y oceanográfico.

- Cultivo extensivo suspendido: Este centro es de propiedad del Instituto de Fomento Pesquero y su actividad está vinculada con la captación de semillas de chorito y choro zapato. Sólo fue necesaria la comunicación con el Jefe del Centro, para acordar la fecha más apropiada para el muestreo de manera de no tener contratiempos.
- Cultivo extensivo suspendido: Originalmente, al elaborar la Oferta Técnica se acordó con el Sr. Medina, encargado de producción de los centros de ostras de propiedad de la Universidad Austral de Chile, para realizar el muestreo en el centro de cultivo de ostra chilena ubicado en Quetalmahue, Comuna de Ancud. Sin embargo, al momento en que el proyecto fue adjudicado por el FIP, este Centro se encontraba sin producción. En beneficio del estudio, se contactó al gerente técnico de la Fundación Chiquihue, para gestionar la utilización de uno de sus centros de ostras como lugar de muestreo, específicamente uno ubicado en Huelmo. Las características del centro son similares al anterior en cuanto a su condición de cultivo y climatológico.

Centro de cultivo Categoría 2:

- Cultivo extensivo suspendido: El muestreo en esta subcategoría, desde la gestación del proyecto se coordinó con don Germán Casanova, propietario de un centro de cultivo de choritos ubicado en el Estero Huito, comuna de Calbuco. De lo anterior, sólo fue necesario acordar la fecha de muestreo para no perturbar las actividades propias de cosecha o de mantenimiento, de dicho Centro.
- Cultivo intensivo: El centro de muestreo de esta categoría está vinculado al cultivo de salmonídeos para un programa de mejoramiento genético (IFOP).



Su adhesión con el proyecto está desde que se elaboró la propuesta técnica, de manera que sólo fue necesario comunicarse con el encargado de Centro, para coordinar la fecha más apropiada para realizar el muestreo.

Centro de cultivo Categoría 3:

- Cultivo en cuerpo de agua terrestre: El muestreo se gestionó desde un inicio y coordinó con el Jefe del Centro de cultivo de salmones ubicado en Puerto Rosales, Lago de Llanquihue, de propiedad de la empresa Salmones y Alimentos Mainstream S.A. No hubo inconvenientes y se otorgaron todas las facilidades para realizar el muestreo.
- Cultivo extensivo suspendido: Durante la elaboración de la Oferta Técnica se acordó con funcionarios de la empresa Toralla S.A., para la realización del muestreo de esta categoría, en uno de sus centros de chorito ubicado en Punta Huenao, Comuna Curaco de Vélez. Al momento de adjudicarse el proyecto, la empresa había realizado cambios de administración, desconociendo los acuerdos originales. De lo anterior, se gestionó la participación del Servicio Nacional de Pesca, quién envió una solicitud oficial directamente a los propietarios de la empresa, con resultados positivos, coordinando en el futuro con el Sr. Branco Papic y posteriormente con la Srta. Paula León, quienes dieron todas las facilidades para realizar el muestreo en dicho Centro.
- Cultivo extensivo suspendido: El muestreo desde sus inicios se gestionó y coordinó con don Ronald Gil, Gerente Regional, Empresa Pesquera Apiao, ubicado es el sector caleta Rilán, comuna de Castro. De lo anterior, sólo fue necesario acordar la fecha de muestreo para no perturbar las actividades propias de cosecha o de mantenimiento de dicho Centro.



- Cultivo intensivo: Originalmente, se acordó con el Jefe de producción de la Empresa Marine Harvest Chile S.A., muestrear uno de los centros de cultivo ubicado en el sector de Codihué, Parga. Sin embargo, cuando el proyecto fue adjudicado por el FIP, se retomaron las conversaciones con la empresa para la coordinación de los muestreos, informando el encargado del área medio ambiental, Santiago Urcelay, que el centro ya había cosechado y se encontraba en mantenimiento. De lo anterior, como alternativa dispuso dar todas las facilidades para muestrear en otro de sus centros de cultivo, uno ubicado en punta Teliupta, Isla Caucahué, Comuna de Quemchi, de igual categoría, el que se encontraba en máxima producción tal como lo exige la Resolución 404/2003.

Centro de cultivo Categoría 4:

- Cultivo intensivo en fondos duros y semiduros: Originalmente, se acordó con el Jefe de producción de Marine Harvest Chile S.A., muestrear uno de los centros de cultivo ubicado en el sector de Huelmo; igualmente, cuando la propuesta fue adjudicada y se retomaron las conversaciones con la empresa para la coordinación de los muestreos, dicho Centro ya había cosechado, por lo cual también dispuso dar las facilidades para muestrear en otro de sus centros de cultivo llamado Chulchuy ubicado en la Isla Lemuy, Comuna de Puqueldón, que cumple las características de un centro de categoría 4, señaladas por la Resolución 404/2003.

Centro de cultivo Categoría 5:

- Cultivo con profundidad mayor a 60 metros: El muestreo desde un principio se coordinó con el Jefe de un centro de cultivo de salmónes de propiedad de Aguas Claras S.A. ubicado en Canutillar. Este lugar estaba originalmente vinculado al estudio, por ello sólo fue necesario acordar la fecha de muestreo para no perturbar las actividades de cosecha o de mantenimiento del Centro.



Caracterización preliminar del sitio (CPS)

Solicitud de concesión para centro de cultivo Categoría 3:

Los antecedentes para la selección y muestreo de este lugar, fueron solicitados al Servicio Nacional de Pesca, Zonal Puerto Montt. De igual forma, la coordinación del muestreo se realizó con el personal de ese Servicio (Localidad de Contao).

Solicitud de concesión para centro de cultivo Categoría 5:

Los antecedentes para muestrear este sitio fueron solicitados al Servicio Nacional de Pesca, Zonal Puerto Montt. De igual forma, la coordinación del muestreo se realizó con personal de ese Servicio (Localidad de Cochamó).

2. Calendario y Preparación del Muestreo

Una vez definidos los lugares de muestreo definitivos, se procedió a confeccionar el calendario de muestreo, para luego preparar los materiales propios del muestreo. La contratación de embarcaciones para realizar los muestreos, se hizo sólo en los casos en que el propietario o Jefe de Centro no otorgaba este tipo de facilidades.

Preparación de soluciones para la fijación de muestras:

- Solución de acetona:alcohol (1:3) para tratar las muestras destinadas al análisis de granulometría de los sedimentos y que posean un elevado contenido de materia orgánica.
- Etanol 70% diluido en agua para preservar las muestras de Macrofauna bentónica.



- Para la fijación de oxígeno (Winkler modificado por Carpenter, 1965) se preparó la solución A formada por el ión manganoso y la solución B, formada por hidróxido de sodio y yoduro.

Calibración de equipos:

- Para la batimetría, se chequeó el estado y funcionamiento del ecosonda GARMIN Fishfinder modelo 250 verificando mediante calibraciones de tipo estáticas, realizando mediciones en profundidades conocidas en un rango de 5 a 60 metros.
- Para la Correntometría se utilizó un correntómetro doppler modelo Argonaut MD de SONTEK. Antes de ser instalado para el registro de la Correntometría, al equipo se verificaron cuatro características básicas en la operación del sistema: perfil de intensidad de la señal, nivel de ruido, reflexiones desde bordes y los datos seno/coseno. Finalmente, se procedía a la calibración del compás/inclinómetro.

Perfil de intensidad de la señal: Para este procedimiento se verificó que todos los haces tengan una visibilidad no obstruida y que no haya indicaciones de reflexiones desde objetos en su recorrido. Por otro lado, los haces activos debían ser similares en magnitud y en forma.

Nivel de ruido: El nivel de ruido de cada haz para el sistema fueron medidos directamente con un dispositivo ARGCHECK, teniendo los transductores fuera del agua. La salida debía mostrar un pico cercano a los transductores, el cual debía decaer inmediatamente a un nivel de ruido constante a través de todo el resto del perfil.



Reflexión desde un borde: En cada lugar, antes de su instalación se verificaron los tipos de borde dentro del rango de medición (superficie, fondo o estructuras sumergidas), este borde debía ser observado como un pico en el perfil de señal de retorno.

Datos seno/coseno: Esta información se recopilaba como un diagnóstico básico y típicamente se observa un nivel promedio de 125 counts a través de todo el perfil, con una pequeña variación en torno a ese valor. Sin embargo, la cantidad y naturaleza de la variación depende del ambiente. La única causa de preocupación hubiera sido si se observara una línea constante sin ninguna variación.

Calibración del compás: Las calibraciones se realizaron previo a cada instalación utilizando un software del Argonauta con propósito de minimizar los efectos de campos magnéticos ambientales en los datos del compás. Al principio, el programa en el modo monitoreo presenta una visualización gráfica de la orientación del compás. La visualización gráfica presenta tres perspectivas, a la derecha un compás indica la dirección donde apunta el eje X, a la izquierda se muestra el cabeceo y roleo, en forma tabular y gráfica, y en el centro se presenta un paralelepípedo en tres dimensiones con el símbolo X en el lado correspondiente al norte. Cuando este lado apunta hacia adentro de la pantalla, el eje X está apuntando al norte. Para empezar la calibración, el compás se coloca en el modo de calibración y el programa da instrucciones para iniciar la rotación del instrumento. Se rota el instrumento lentamente durante dos vueltas completas, variando el cabeceo y el roleo lo mas que se pueda. Cada vuelta toma casi un minuto.

- Para la granulometría en los sedimentos, se chequeó el estado de los tamices y se verificó la abertura de la trama de cada uno, utilizando para ello una lupa con reglilla incorporada en uno de sus oculares.



- Las balanzas fueron chequeadas utilizando masas patrones con el propósito de verificar la incertidumbre de las mediciones. Antes de iniciar la calibración, la balanza analítica se trasladó a un lugar libre de vibraciones, alejado de fuentes de calor, a una temperatura aproximada de 20°C y se procedió a realizar una limpieza acabada. Se utilizó masa patrón comercializada por Ohaus Corp. en el rango de 100 a 1 gramo y de 500 mg a 1 mg.
- El electrodo para la medición de *potencial redox*, antes de cada salida a terreno fue verificado si la superficie activa se encontraba sucia, si el electrodo estaba envenenado o si el amplificador varió su ganancia de tiempo. Para ello, se prepara una solución de quinhidrona (1 g/L) preparada en una solución tampón a pH 4,0 y otra solución de quinhidrona (1 g/L) preparada en una solución tampón a pH 7,0, y en ambas se procedió a chequear las mediciones de potencial redox.
- El electrodo para la *medición de pH* fue introducido en solución 1M HCl por 10 minutos y en 1M NaOH por otros 10 minutos, luego fue lavado con abundante agua con el propósito de liberar de la membrana los restos de proteínas u otro material orgánico de mediciones anteriores y que pudieran causar deficiencias en las mediciones. Posteriormente, se cambió la solución de KCl y se niveló a la altura recomendada por el fabricante. Para la calibración se utilizó una solución tampón ajuntada a pH 4,0 y una solución tampón ajustada a pH 10,0. Los valores medidos por el instrumento fueron chequeados con tiras de papel pH. Este procedimiento fue repetido antes de cada salida a terreno.

El electrodo para la medición de oxígeno en la columna de agua, se verificaba antes de cada muestreo, la superficie activa del electrodo fue limpiada utilizando una solución que provee el fabricante a base de ácido acético, luego se limpió la



membrana y cuando ésta presentaba deterioro por mediciones anteriores, fue sustituida de inmediato. De igual forma, la solución de electrolito localizada en la cámara de medición era sustituida antes de cada salida a terreno. La sonda de medición se calibró al 100% de oxígeno logrado en ambiente húmedo, al interior de la cámara de calibración proporcionada por el proveedor.

c. MUESTREO SEGÚN RESOLUCIÓN (SUBPESCA) N° 404/2003

1. Lugares de muestreo

Información Ambiental

El muestreo para obtener la Información Ambiental se realizó en los siguientes centros de cultivo:

Centro de cultivo Categoría 1:

- *Cultivo extensivo de fondo:* Concesión destinada al *cultivo de pelillo* de propiedad de Algas Marinas, ubicada a la desembocadura del río *Pudeto*, comuna de Ancud. Se determinó la batimetría del área concesionada, correntimetría euleriana y el contenido de materia orgánica.
- *Cultivo extensivo suspendido-ostras:* Concesión destinada al *cultivo de ostras* de propiedad del Fundación Chiquihue ubicada en *Huelmo*, comuna de Calbuco. Se determinó la batimetría del área concesionada, correntimetría euleriana y el contenido de materia orgánica.
- *Cultivo extensivo suspendido -choritos:* Concesión destinada al *cultivo de chorito* de propiedad del Instituto de Fomento Pesquero ubicada en el *Estero*



Castro, comuna de Castro. Se determinó la batimetría del área concesionada, correntimetría euleriana y el contenido de materia orgánica.

Centro de cultivo Categoría 2:

- *Cultivo extensivo suspendido –chorito*: Concesión destinada al cultivo de *choritos* de propiedad del Germán Casanova ubicada en el *Estero Huito*, comuna de Calbuco. Se determinó la batimetría del área concesionada, correntimetría euleriana, la granulometría de los sedimentos, la macrofauna bentónica y el contenido de materia orgánica.
- *Cultivo intensivo – salmones*: Concesión destinada al cultivo de salmones de propiedad del Instituto de Fomento Pesquero ubicada en *Ensenada Baja*, comuna de Aysén. Se determinó la batimetría del área concesionada, correntimetría euleriana, la granulometría de los sedimentos, la macrofauna bentónica y el contenido de materia orgánica.

Centro de cultivo Categoría 3:

- *Cultivo intensivo – salmones*: Concesión destinada al cultivo de salmones de propiedad del Mainstream Salmones y Alimentos, ubicada en *Puerto Rosales*, Lago de Llanquihue, comuna de Puerto Varas. Se determinó la batimetría del área concesionada, correntimetría euleriana, la granulometría de los sedimentos, la macrofauna bentónica, pH y potencial redox de los sedimentos, el contenido de materia orgánica y perfil de oxígeno en los sedimentos.
- *Cultivo extensivo suspendido - ostras*: Concesión destinada al cultivo de *ostras* de propiedad del Pesquera Apiao S. A., ubicada en *Rilán*, comuna de



Castro. Se determinó la batimetría del área concesionada, correntometría euleriana, la granulometría de los sedimentos, la macrofauna bentónica, pH y potencial redox de los sedimentos, el contenido de materia orgánica y perfil de oxígeno en los sedimentos.

- *Cultivo extensivo suspendido – choritos*: Concesión destinada al cultivo de *choritos* de propiedad de empresa Toralla, ubicada en Punta *Huenao*, comuna de Curaco de Vélez. Se determinó la batimetría del área concesionada, correntometría euleriana, la granulometría de los sedimentos, la macrofauna bentónica, pH y potencial redox de los sedimentos, el contenido de materia orgánica y perfil de oxígeno en los sedimentos.
- *Cultivo intensivo – salmones*: Concesión destinada al cultivo de *salmones* de propiedad del Marine Harvest Chile S.A., ubicada en *Teliupta*, comuna de Quemchi. Se determinó la batimetría del área concesionada, Correntometría euleriana, la granulometría de los sedimentos, la macrofauna bentónica, pH y potencial redox de los sedimentos, el contenido de materia orgánica y perfil de oxígeno en los sedimentos.

Centro de cultivo Categoría 4:

- *Cultivo intensivo - salmones*: Concesión destinada al cultivo de *salmones* de propiedad del Marine Harvest Chile ubicada en *Chulchuy*, comuna de Puqueldón. Se determinó la batimetría del área concesionada, correntometría euleriana y registro visual.



Centro de cultivo Categoría 5:

- *Cultivo intensivo - salmones* : Concesión destinada al cultivo de salmones de propiedad del Aguas Claras S.A. ubicada en el Estuario de Reloncaví, sector Canutillar, comuna de Puerto Varas. Se determinó la batimetría del área concesionada, perfil de oxígeno en la columna de agua y correntometría euleriana.

Caracterización Preliminar del Sitio

El muestreo para realizar la Caracterización Preliminar del Sitio (CPS) se realizó en las siguientes áreas solicitadas y articuladas con Sernapesca:

Solicitud de concesión para centro de cultivo Categoría 3:

- *Cultivo intensivo salmones*: Solicitud de concesión cuyo proyecto técnico indicó un nivel de producción superior a las 750 Ton/Año, ubicada en la comuna de Contao. Se determinó la batimetría del área concesionada, Correntometría euleriana, la granulometría de los sedimentos, la macrofauna bentónica, pH y potencial redox de los sedimentos, el contenido de materia orgánica y perfil de oxígeno en los sedimentos.

Solicitud de concesión para centro de cultivo Categoría 5:

- *Cultivo intensivo profundidad > 60 metros*: Solicitud de concesión cuya área solicitada supera los 60 metros de profundidad, ubicada en la localidad de Cochamó. Se determinó la batimetría del área solicitada, correntometría euleriana y el perfil de oxígeno en la columna de agua.



2. Ubicación de las Estaciones de Muestreo

Para la ubicación de las estaciones de muestreo de la información ambiental y de la caracterización preliminar del sitio se procedió de acuerdo a lo señalado, en la Resolución (Subpesca) 404/2003.

Para la **Información ambiental** se consideraron 3 estaciones de muestreo ubicadas en el área de sedimentación correspondientes a los módulos de cultivo con máxima biomasa, más dos estaciones de referencia, con 3 réplicas cada una. Para la caracterización preliminar del sitio, el área solicitada fue dividida en cuadrantes de 1 hectárea, de 100m x 100m, en donde cada vértice representó una estación de muestreo.

Para determinar la categoría del área concesionada, se procedió a determinar la batimetría del área concesionada, utilizando para ello, un ecosonda marca Garmin Fishfinder modelo 250 y un GPS marca Garmin (modelo GPSMAP, precisión 3 metros). Posteriormente, se ubicó el centro de la concesión y se procedió a instalar un correntómetro marca FSI (modelo 2D-ACM, resolución velocidad 0,01cm/s dirección 0,01°, precisión velocidad 1 cm/s dirección +/-2°), ubicándolo a 1 metro del fondo, el que permanecía por 4 días con registro efectivo para medir la velocidad y dirección de las corrientes. Esta actividad, siempre se realizó en cuadratura.

3. Obtención de Muestras en Terreno

- **Sedimento**

Una vez que se ubicaron las estaciones de muestreo, se procedió a lanzar una draga tipo Van veen de 0,1 m² de mordida y una vez que esta llega al fondo se



levanta junto con la muestra de sedimento, considerando v3lido el lanzamiento solo cuando esta sube cerrada y sin p3rdida de material. Cuando la concesi3n clasificaba como categor3a 3, se proced3a inmediatamente a medir pH utilizando un equipo marca WTW (modelo pH 330i, resoluci3n -2,00 +16,00, precisi3n +/- pH) con un electrodo de vidrio marca WTC (modelo Mettler) y potencial redox utilizando un equipo marca WTW (modelo Multiline P4, resoluci3n -1250 + 1250, precisi3n +/- 1mV) con un electrodo de vidrio marca WTC (modelo Pt 4800-MS-5) en los primeros 3 cent3metros del sedimento.

Una vez que se obtuvo la informaci3n de pH y potencial redox en la muestra de sedimento, se procedi3 a recolectar aproximadamente 100 g de sedimento tomados s3lo desde los 3 primeros cent3metros del sedimento recolectado por la draga para estimar el contenido de materia org3nica. La muestra fue recolectada en un envase pl3stico e introducida al interior de una caja tipo Coleman con hielo en su interior para su traslado. En seguida, se procedi3 a recolectar aproximadamente 130 g de sedimento tomados s3lo desde los 3 primeros cent3metros del sedimento recolectado para determinar la granulometr3a de los sedimentos. Cuando se observ3 macrofauna acompa1ante en la muestra, 3sta fue retirada de inmediato y, adem3s, cuando se observ3 que la muestra conten3a gran cantidad de materia org3nica, 3sta fue fijada con una mezcla acetona:alcohol (1:3) y en estos casos la muestra debi3 permanecer durante 24 horas antes de ser analizada. La muestra fue recolectada en un frasco pl3stico e introducida al interior de una caja tipo Coleman con hielo en su interior para su traslado.

El resto del material contenido en la draga fue vertido sobre un tamiz de 1mm, para eliminar el material de menor tama1o ayudado con un aspersor de agua. Las piedras y trozos calc3reos de mayor tama1o tambi3n fueron eliminados y la Macrofauna bent3nica fue recolectada del tamiz e introducida al interior de un frasco pl3stico que conten3a etanol al 70%.



- **Contenido de oxígeno**

Cuando correspondía, según la categoría del centro, se procedió a medir oxígeno disuelto en la columna de agua. Para ello, en la INFA se procedió a ubicar dos módulos de cultivo de donde se obtuvo las muestras y para la CPS se procedió a ubicar el centro de la solicitud de concesión para obtener las muestras de oxígeno según indicaciones de la Resolución Subpesca 404/2003. En ambos casos se utilizó una botella Niskin, la cual se sumergió a la profundidad de 10 metros, se dejó permanecer durante unos minutos y luego se lanza un mensajero para cerrar la botella y capturar el agua ubicada a esa profundidad. La botella fue subida a la cubierta de la embarcación y el agua fue recolectada al interior de un matraz Erlenmeyer con tapa esmerilada con capacidad de 125 ml y, finalmente, se agregó 1 ml de solución del ion manganeso y 1 ml de una solución de hidróxido de sodio y yoduro. El mismo procedimiento se aplicó para los siguientes 5 m hasta llegar a la medición más profunda que indica la resolución, ubicada a 1 m desde el fondo.

- **Sustrato de fondo**

Para la solicitud de concesión ubicada en Chulchuy se realizó un registro visual utilizando una grabación subacuática de la superficie del sustrato. La filmación se realizó en dos transectos, cada uno ubicado desde los vértices más distantes del área solicitada las cuales se cruzaron entre si, pasando por el punto medio de la solicitud, tal como lo indica la resolución Subpesca 404/2003.



D. ANÁLISIS DE MUESTRAS

Materia orgánica:

Las muestras de materia orgánica fueron ingresadas al laboratorio y procesadas de manera inmediata, para evitar la degradación causada por bacterias. En el laboratorio, al interior de un crisol de porcelana pesada y utilizando una balanza analítica marca AND (modelo GR-200, Max=210g, Min=10 mg, e=1mg, d=0,1mg) se colocó una submuestra de 10g. En seguida, la muestra fue puesta en una estufa de secado y mantenida a 60°C hasta alcanzar peso constante, luego la muestra fue puesta en una mufla marca termolyne (modelo Furnace) y fue calcinada a 450°C durante 5 horas. La muestra calcinada fue pesada y se calculó la pérdida de peso correspondiente a la materia orgánica.

Granulometría:

Las muestras fueron ingresadas al laboratorio y procesadas de la siguiente manera. Se pesó 100 g de sedimento y se colocó sobre dos tamices finos de 3 y 4 phi, para sacar cuantitativamente las fracciones de limos y arcilla, junto con el agua de lavado. El material que quedó retenido en el tamiz de 3 phi fue secado y tamizado separadamente con tamices de -1 a 3 phi utilizando un Shaker marca Cisa (modelo RP 08). Cada una de las fracciones que resultó del tamizado fue secado y pesado en una balanza analítica marca AND (modelo GR-200, Máx=210g, Min=10 mg, e=1mg, d=0,1mg).

Macrofauna bentónica:

Cada muestra obtenida durante el muestreo fue observada bajo lupa estereoscópica (Marca Leica) y se retiró los ejemplares vivos para su identificación y cálculo de la



biomasa. En la medida que fue posible cada organismo se identificó hasta nivel de especie, las que fueron agrupadas y pesadas utilizando una balanza analítica marca AND (modelo GR-200, Máx=210 g, Min=10 mg, e=1 mg, d=0,1 mg).

La información contenida en el correntómetro fue rescatada utilizando los software recomendados por el fabricante. De igual manera se procedió con la información almacenada en el ecosonda, GPS y analizadores de pH y potencial redox.

Oxígeno disuelto:

En el laboratorio, a la muestra contenida en el matraz se agregó 1 ml de ácido sulfúrico para disolver el precipitado formado al fijar la muestra. Posteriormente, la muestra es titulada con tiosulfato de sodio 0,14 N hasta que aparezca un color amarillo. Se agrega 0,5 ml de solución indicadora de almidón y se continúa titulado hasta que desaparece el color azul.

E. ANÁLISIS DE DATOS

Batimetría:

La data obtenida del ecosonda fue analizada utilizando el software Surfer 32.

Correntometría:

La data obtenida del correntómetro fue analizada utilizando los softwares recomendados por el fabricante. Con ello, fue posible obtener la distribución de la frecuencia de direcciones, la distribución de la frecuencia de la velocidad y el vector progresivo.



Granulometría:

Se calculó la frecuencia acumulada de la distribución de tamaños de los granos, la mediana y los curtiles 25 y 75. Utilizando el criterio de (Folk, R.L. and Ward, W.C. 1957) se determinó la curtosis y la asimetría de los granos.

La curtosis de los sedimentos fue calculado de acuerdo a la siguiente ecuación:

$Ko = (\Phi_{95} - \Phi_5) / (2,44 (\Phi_{75} - \Phi_{25}))$, y los datos fueron clasificados según el siguiente criterio: (1) muy platicúrtico (menor de 0,67), (2) platicúrtico (0,67 a 0,90), (3) Mesocúrtico (0,90 a 1,11), (4) leptocúrtico (1,11 a 1,50), (5) muy leptocúrtico (1,50 a 3,0) y (6) extremadamente leptocúrtico (mayor de 3,00).

La asimetría de los sedimentos fue calculado de acuerdo a la siguiente ecuación:

$Ski = ((\Phi_{16} + \Phi_{84} - 2 \Phi_{50}) / (2(\Phi_{84} - \Phi_{16}))) + (\Phi_5 + \Phi_{95} - 2 \Phi_{50}) / (2(\Phi_{95} - \Phi_5))$, y fueron clasificada según el siguiente criterio: (1) muy asimétrico hacia fino (+1, 0 a +0,3); (2) asimétrico a finos (+0,3 a +0,1); (3) casi asimétricos (+1,0 a -0,1); (4) asimétricos hacia gruesos (-0,1 a -0,3) y (5) muy asimétricos hacia gruesos (-0,3 a -1,0).

Materia orgánica:

La materia orgánica fue expresada como porcentaje. De las muestras obtenidas para cada estación, se calculó la media, desviación estándar, coeficiente de variación y se determinó el tamaño óptimo de muestra utilizando el criterio del coeficiente de variación. La información obtenida en las estaciones fue agrupada para calcular el grado de semejanza, utilizando un test no paramétrico de Kruskal Wallis. Se procedió de igual manera para la información de las estaciones de referencia y finalmente se agrupó toda la información de materia orgánica recolectada durante el muestreo.



Macrofauna bentónica:

El número de especies (S) y la abundancia relativa (N) fueron calculadas para cada punto de muestreo y con ellos se estimó el índice de Shannon-Wiener, Gleason y Menhinick. Luego se comparó el índice de Shannon-Wiener con el índice de Gleason y el índice de Shannon-Wiener con el índice de Menhinick, utilizando un análisis no paramétrico de Spearman.

PH y potencial redox:

Del valor pH de las muestras obtenidas para cada estación, se calculó la media, desviación estándar, coeficiente de variación y se determinó el tamaño óptimo de muestra utilizando el criterio del coeficiente de variación. La información obtenida en las estaciones fue agrupada para calcular el grado de semejanza, utilizando un test no paramétrico de Kruskal Wallis. Se procedió de igual manera para la información de las estaciones de referencia y, finalmente, se agrupó toda la información de pH recolectada durante el muestreo. La data obtenida para el valor del potencial redox fue analizada de forma similar.

Estimación del tamaño óptimo de muestra:

Las fórmulas a aplicar en este caso son:

$$N = (\sigma/\mu C)^2$$

Confiabilidad definida por el coeficiente variabilidad del estimador (Karandinos, 1976),

Análisis ambiental

Finalmente, la información contenida en cada concesión o solicitud de concesión fue interpretada y se evaluó la relación que existe entre las variables, utilizando análisis de componentes principales.



4.2 Objetivo Específico 2. *Determinar los cambios que se debiesen efectuar a la Resolución Subpesca N° 404/03, para permitir al administrador implementar un mecanismo de control del cumplimiento del RAMA. Para ello deberán contemplarse las limitantes legales y reglamentarias existentes.*

Evaluación de metodologías alternativas a la Resolución 404/2003

Se consideró pertinente evaluar el desempeño de nuevas mediciones para determinar el estado de anoxia de los sedimentos, entre estas metodologías figuran las siguientes:

- Contenido de carbono orgánico total (COT) en los sedimentos
- Concentración de oxígeno en los sedimentos utilizando microelectrodos tipo Clark
- Concentración de amonio en los sedimentos
- Concentración de sulfuro en los sedimentos
- Asimilación de materia orgánica en los sedimentos

A. PREPARACIÓN DE MUESTREO ALTERNATIVO

Carbono orgánico total (COT)

Se realizó una coordinación con los administradores de la empresa Mainstream y de Pesquera Apiao para acordar la fecha de muestreo y de esta manera preparar los materiales y equipos del laboratorio encargado de este análisis, en este caso con una profesional del Centro Regional Análisis Recursos y Medio Ambiente de la Universidad Austral de Chile (Puerto Montt, CERAM).



Asimilación de materia orgánica en sedimentos

Se compraron los materiales para confeccionar las trampas, básicamente construidas de tubos de PVC, dos embudos apilados en el interior y un tubo receptor de la materia orgánica. Adicionalmente, se prepararon los fondeos y boyas necesarios para instalar las quince trampas. También, se coordinó con los administradores de Mainstream, Pesquera Apiao y de IFOP Putemún.

Niveles de amonio, sulfuro de hidrógeno y oxígeno en los sedimentos

Se prepararon los cores de 75 mm de diámetro y de 10 cm de largo para obtener las muestras de sedimento en terreno. El diseño de los cores permitía que éstos cerraran en forma hermética. Adicionalmente, se adquirió nitrógeno gas y se prepararon las bolsas para trabajar en ambiente anaeróbico.

Se calibraron los equipos necesarios para realizar los análisis, entre ellos, el microelectrodo de oxígeno tipo Clark para microperfilar la columna de sedimento, el espectrofotómetro para la medición de amonio y de sulfuro de hidrógeno, para ello se utilizó cloruro de cobalto.

B. MUESTREO METODOLOGÍA ALTERNATIVA

Carbono orgánico total (COT)

Las muestras para determinar el contenido de carbono orgánico total en los sedimentos fueron recolectadas en dos centros de cultivo clasificados en Categoría 3. El primero ubicado en un cuerpo de agua terrestre destinado al cultivo de salmones de propiedad de Mainstream y, el segundo, un cultivo extensivo suspendido ubicado en Rilán, destinado al cultivo de ostras, de propiedad de



pesquera Apiao. Las muestras de sedimento fueron obtenidas con draga tipo Van veen de 0,1 m² en las mismas coordenadas en que se obtuvieron las muestras para la determinación de materia orgánica en la INFA.

La muestra fue tomada desde los primeros 3 cm del sedimento y aproximadamente 100 g fueron introducidos al interior de un frasco plástico. Los frascos fueron almacenados al interior de una caja tipo coleman, con gel pack en su interior, siendo trasladados rápidamente (3 hr) al laboratorio CERAM, ubicado en Puerto Montt.

Asimilación de materia orgánica en sedimentos

Las trampas de sedimento fueron instaladas en dos centros de cultivo clasificados como categoría 3 y en un centro de cultivo clasificado como categoría 1. El primero ubicado en un cuerpo de agua terrestre destinado al cultivo de salmones de propiedad de Mainstream, el segundo, en un cultivo extensivo suspendido ubicado en Rilán, destinado al cultivo de ostras, de propiedad de pesquera Apiao y el tercero en un cultivo extensivo suspendido destinado al cultivo de choritos de propiedad del Instituto de Fomento Pesquero, ubicado en Putemún. La ubicación correspondió a las mismas coordenadas utilizadas para la obtención de materia orgánica en las INFA. Las trampas permanecieron instaladas durante un periodo de tiempo que va desde los 15 días hasta los 20 días y luego fueron retiradas y se estimó la cantidad de materia orgánica que en ellas había sedimentado.

Concentración de amonio en sedimentos

Las muestras para determinar la concentración de amonio en los sedimentos fueron obtenidas desde tres centros de cultivo clasificados según la Res. Subpesca N° 404/03 en categoría 3, categoría 2 y categoría 1. El primero ubicado en un cuerpo de agua terrestre destinado al cultivo de salmones de propiedad de



Mainstream, el segundo en un cultivo intensivo ubicado en Ensenada Baja, destinado al cultivo de salmones, de propiedad del Instituto de Fomento Pesquero y el tercero en un cultivo extensivo suspendido destinado al cultivo de choritos de propiedad del Instituto de Fomento Pesquero, ubicado en Putemún.

La recolección de sedimentos se hizo utilizando cores con cierre hermético, en las mismas coordenadas en que se recolectó las demás variables contenidas en las INFA y siendo almacenados al interior de una caja tipo coleman con gel pack en su interior para su traslado hasta el laboratorio de IFOP.

Concentración de sulfuro de hidrógeno en sedimentos

Las muestras para determinar la concentración de sulfuro de hidrógeno en los sedimentos fueron obtenidas de centros de cultivo clasificados como categoría 3, categoría 2 y en un centro de cultivo clasificado como categoría 1. El primero ubicado en un cuerpo de agua terrestre destinado al cultivo de salmones de propiedad de Mainstream, el segundo en un cultivo intensivo ubicado en Ensenada Baja, destinado al cultivo de salmones, de propiedad del Instituto de Fomento Pesquero y el tercero en un cultivo extensivo suspendido destinado al cultivo de choritos de propiedad del Instituto de Fomento Pesquero, ubicado en Putemún.

La recolección de sedimentos se hizo utilizando cores con cierre hermético, en las mismas coordenadas en que se recolectó las demás variables contenidas en las INFA y siendo almacenados al interior de una caja tipo coleman con gel pack en su interior para su traslado hasta el laboratorio de IFOP.



Concentración de oxígeno en sedimentos

Las muestras para determinar oxígeno en los sedimentos fueron obtenidas de dos centros de cultivo clasificados como categoría 3 y en un centro de cultivo clasificado como categoría 1. El primero ubicado en un cuerpo de agua terrestre destinado al cultivo de salmones de propiedad de Mainstream, el segundo en un cultivo extensivo suspendido ubicado en Rilán, destinado al cultivo de ostras, de propiedad de pesquera Apiao y el tercero en un cultivo extensivo suspendido destinado al cultivo de choritos de propiedad del Instituto de Fomento Pesquero, ubicado en Putemún.

La recolección de sedimentos se hizo utilizando cores con cierre hermético, en las mismas coordenadas en que se recolectó las demás variables contenidas en las INFA y siendo almacenados al interior de una caja tipo coleman con gel pack en su interior para su traslado hasta el laboratorio de IFOP ubicado en Puerto Montt.

C. ANÁLISIS DE MUESTRAS

Carbono orgánico total (COT)

Las muestras de sedimento fueron acidificadas, purgadas para eliminar la materia orgánica y luego se oxidó con persulfato en un autoclave a temperaturas entre 116 y 130°C. Posteriormente, el dióxido de carbono resultante fue medido por espectroscopia infrarroja no dispersiva.

En general, las muestras siguieron el siguiente protocolo analítico:

A cada muestra se añadió 0.2 g de persulfato de potasio y 0.5 ml de solución H_3PO_4 1.2 N para ampollas prequemadas.



Para analizar el contenido de carbono orgánico disuelto se filtró la muestra utilizando filtros de 0.45 μm (pretratados con HNO_3 1:1). Luego se tomó 10 ml de cada muestra filtrada.

Se preparó patrones que cubran un intervalo de 0.1 a 40 mg de carbono/l diluyendo la solución patrón de carbono.

Se colocó las ampollas llenas en la unidad de purga y sellado. Luego se purgó a una velocidad de 60 ml/min durante 6 minutos con oxígeno purificado. Finalmente, las muestras fueron selladas.

Se colocó las muestras selladas, los blancos y el conjunto de patrones en rejillas al interior de un autoclave y fue mantenido en digestión durante 4 horas y a temperatura entre 116 a 130°C.

Se rompió las ampollas quemadas en el cortador del analizador de carbono, luego se barrió el CO_2 hacia la célula infrarroja con gas nitrógeno y finalmente, se registro el área de cada pico de CO_2 .

Para estimar la concentración de carbono orgánico total se preparó una curva estándar analítica que represente el área del pico de cada patrón frente a la concentración (mg/l) de los patrones de carbono orgánico.

Asimilación de materia orgánica en sedimentos

Los tubos receptores del material sedimentable al interior de las trampas de sedimento fueron trasladados al laboratorio de IFOP ubicado en Puerto Montt y en el lugar, el material fue filtrado en filtros de 47 mm de diámetro y con capacidad de retener partículas de 0,2 μm . Las muestras fueron pesadas y luego secadas para



estimar la cantidad de material sedimentado, finalmente, el contenido de cada trampa fue calcinado a 550°C para calcular la cantidad de materia orgánica contenida en cada una de ellas.

Concentración de amonio en sedimentos

La determinación de amonio se realizó de acuerdo a Solórzano (1969), para cuyo efecto el core junto con la muestra fue introducida al interior de una bolsa con ambiente saturado de nitrógeno gas, ya en su interior, la muestra de sedimento fue comprimida para extraer el líquido intersticial y proceder a su fijación con una solución que contenía fenol y nitroprusiato, para finalmente revelar el color con una solución oxidante basada en citrato y cloro.

Concentración de sulfuro de hidrógeno en sedimentos

La determinación de sulfuro se realizó de acuerdo a método del azul de metileno (Nusbaum, 1965), para cuyo efecto el core junto con la muestra fue introducida al interior de una bolsa con ambiente saturado de nitrógeno gas, ya en su interior la muestra de sedimento fue comprimida para extraer el líquido intersticial y proceder a su fijación y análisis con una solución de aminosulfúrico, cloruro férrico y ácido sulfúrico, hasta desarrollar color azul y comparar su coloración frente a una curva de calibración.

Concentración de oxígeno en sedimentos

La determinación de la concentración de oxígeno en el sedimento fue realizada de acuerdo a la metodología propuesta por Glud *et al.* (2000). La muestra fue procesada al interior de una bolsa con ambiente saturado de nitrógeno gas, en cuyo interior se utilizando micro-electrodos de tipo Clark con una referencia interna y cátodo



protegido (Revsbech 1989). El sensor fue conectado a un pico-amperímetro y un convertidor análogo digital que transfirió la señal a un computador (PC).

D. ANÁLISIS DE DATOS

Carbono orgánico total (COT)

El carbono orgánico total fue expresado como porcentaje y con los valores obtenidos se determinó la media, desviación estándar, coeficiente de variación y el tamaño óptimo de muestra utilizando el criterio del coeficiente de variación. Finalmente, los valores obtenidos en las tres estaciones de muestreo fue analizada utilizando un test estadístico no paramétrico de Kruskal Wallis, de la misma manera fueron tratados los valores de COT obtenidos en las estaciones de referencia y los datos agrupados de las cinco estaciones en su conjunto. Adicionalmente, se determinó la uniformidad de los valores de oxígeno en la columna de sedimento utilizando el método de Friedman para bloques aleatorizados.

Asimilación de materia orgánica en sedimentos

La cantidad de materia orgánica recolectada fue expresada en miligramos por unidad de tiempo en que las trampas permanecieron instaladas en el lugar. De los valores obtenidos en las 3 replicas de cada estación se calculó la media, desviación estándar, coeficiente de variación y el tamaño óptimo de muestra utilizando el criterio del coeficiente de variación. La información obtenida en las estaciones fue agrupada para calcular el grado de semejanza, utilizando un test no paramétrico de Kruskal Wallis. Se procedió de igual manera para la información de las estaciones de referencia y finalmente, se agrupó la data de las cinco estaciones y se evaluó utilizando el mismo análisis estadístico no paramétrico de Kruskal Wallis.



Concentración de amonio en sedimentos

El amonio recolectado en los sedimentos fue expresado como micromolar (μM) y con los valores obtenidos se determinó la media, desviación estándar, coeficiente de variación y el tamaño óptimo de muestra utilizando el criterio del coeficiente de variación. Finalmente, los valores obtenidos en las tres estaciones de muestreo fue analizada utilizando un test estadístico no paramétrico de Kruskal Wallis, de la misma manera fueron tratados los valores de amonio obtenidos en las estaciones de referencia y los datos agrupados de las cinco estaciones en su conjunto.

Concentración de sulfuro de hidrógeno en sedimentos

El sulfuro de hidrógeno fue expresado como porcentaje y con los valores obtenidos se determinó la media, desviación estándar, coeficiente de variación y el tamaño óptimo de muestra utilizando el criterio del coeficiente de variación. Finalmente, los valores obtenidos en las tres estaciones de muestreo fue analizada utilizando un test estadístico no paramétrico de Kruskal Wallis, de la misma manera fueron tratados los valores de sulfuro obtenidos en las estaciones de referencia y los datos agrupados de las cinco estaciones en su conjunto.

Concentración de oxígeno en sedimentos

El oxígeno en los sedimentos fue expresado como μM y con los valores obtenidos se determinó la media, desviación estándar, coeficiente de variación y se estimó el tamaño óptimo de muestra utilizando el criterio del coeficiente de variación. Finalmente, los valores obtenidos en las tres estaciones de muestreo fue analizada utilizando un test estadístico no paramétrico de Kruskal Wallis, de la misma manera fueron tratados los valores de oxígeno obtenidos en las estaciones de referencia y los datos agrupados de las cinco estaciones en su conjunto.



4.3 Objetivo Específico 3. *Establecer los límites de aceptabilidad, técnicamente y legalmente fundados y estadísticamente respaldados, para las variables definitivas a controlar, tanto en la CPS como en la INFA.*

Para desarrollar este objetivo se consideró analizar mediante análisis de componentes principales y análisis discriminante paso a paso a las variables medidas en los centros clasificados en categoría 2 (Germán casanova-Huito e IFOP-Aysén) como un solo grupo y a las variables medidas en los centros clasificados en categoría 3 (Mainstream-Puerto Rosales, Pesquera Apiao-Rilan, Toralla-Punta Huenao y Marine Harvest-Teliupta) también como un solo grupo.

Para el análisis de componentes principales se elaboró una tabla de autovalores que entrega el porcentaje de varianza explicada cada uno de los componentes. También se elaboró otra tabla que muestra la medida de adecuación de Kaiser-Meyer-Olkin, la prueba de esfericidad de Bartlett y el determinante de la matriz de correlación, todos elementos que dan cuenta de la adecuación de los datos al análisis. Adicionalmente se confecciona la matriz de componentes que da cuenta de los valores adquiridos por cada una de las variables dentro de cada componente y finalmente, se elaboró el gráfico de componentes que muestra la asociatividad de las variables dentro de los dos principales factores. En cuanto al análisis discriminante paso a paso se confeccionó una tabla que muestra los valores eigen de cada función junto con su porcentaje de varianza, su correlación canónica y las pruebas de las funciones Lambda de Wilks y Chi-cuadrado. Finalmente, se confeccionó una tabla con la función discriminante canónica estandarizada de las variables consideradas por el análisis.



A. REUNIONES TÉCNICAS

Se planificó una reunión con investigadores de la Sección de Estadística de la División de Pesquería del Instituto de Fomento Pesquero. En la reunión participó la Jefe de sección Sra. Zaida Young y los investigadores Hernán Miranda y Juan Carlos Saavedra. El contenido de la reunión estuvo centrado en la problemática a resolver dentro de la competencia del proyecto y la definición de los métodos estadísticos a utilizar. Se designó a Hernán Miranda quien participa de la propuesta y Juan Carlos Saavedra para apoyar en el seguimiento de los temas interpretativos y de validación de resultados.

Posterior a la reunión de coordinación se estableció reuniones de trabajo con los profesionales designados. En dichas reuniones se trabajó con los datos obtenidos durante las actividades de terreno del proyecto, fundamentalmente con la data de los centros de cultivo clasificados en categoría 2 y los clasificados en categoría 3. El procesamiento de la data se realizó utilizando el software estadístico SPSS.

B. LÍMITES DE ACEPTABILIDAD

Durante la formulación de la propuesta técnica no fue posible comprometer la obtención de los límites de aceptabilidad de cada variable considerada en la Res. Subpesca N° 404/03 ni tampoco los límites de aceptabilidad de la propia INFA, debido a que este estudio solo comprometió la elaboración de dos CPS y once INFAs, universo de muestras que no aseguraban la confiabilidad del resultado. Sin embargo, se realizó una aproximación tendiente a elaborar un procedimiento mediante el cual se podría obtener tales límites sobre la base de los datos obtenidos durante el proyecto e información obtenida de bibliografía diversa.



El primer lugar, la propuesta considera construir un indicador basado en la formulación de ecuaciones lineales del tipo: (Cuadro 6 y 7):

Cuadro 6. Indicador de anoxia en los sedimentos

$$Y = P_1C_1 + P_2C_2 + P_3C_3 + P_4C_4 + P_nC_n$$

O bien

Cuadro 7

$$Y = \sum_{i=1}^n (P_i C_i)$$

En donde,

C_i = es la constante i considerada.

P_i = Es el parámetro i considerado

Y = es el indicador de anoxia en los sedimentos



Constantes (C_n)

Las constantes representarn el grado de explicaci3n o relevancia de los par3metros sobre el Indicador, y se comportan segun (Cuadro 8):

Cuadro 8

$$\sum_{i=1}^n (C_i) = 1$$

La constante que define cada variable o par3metro evaluado ser3 a partir del an3lisis de componentes principales, excepto para las variables batimetr3a, correntometr3a y concentraci3n de ox3geno, que en ambos casos por su importancia, se utilizar3 un valor el m3ximo de constante, igual a 1.

Par3metros o variables (P_i)

Los par3metros seleccionados ser3n de acuerdo a la categor3a en evaluaci3n, en este caso el ejemplo est3 referido a los elementos exigidos actualmente en el RAMA para la categor3a 3, y se definen como;

- 1.-Batimetr3a
- 2.-Correntometr3a
- 3.- Granulometr3a
 - Arena fina – muy fina
 - Limo - arcilla
- 4.- Materia org3nica



5.- Macrofauna

- N3mero de especies bent3nicas
- N3mero de organismos bent3nicos

6.- Potencial redox

7.- pH

8.- Oxigeno disuelto

Dado que la naturaleza de cada par3metro es distinta en cuanto a magnitud y unidad de medici3n, estas ser3n estandarizadas bajo una escala 3nica de magnitudes, las que en cada rango implicaran una interpretaci3n propia de cada variable o par3metro.

De esta manera cada P_i va desde un rango m3nimo de 1 a un rango m3ximo de 4, **[m3n., m3x.]** en donde el m3ximo indica la peor condici3n existente y el m3nimo la mejor condici3n existente.

Para este caso, la definici3n del rango de cada par3metro (P_i) se realiz3 utilizando datos bibliogr3ficos:

1.-Batimetr3a

En el cuadro 9 se describe la clasificaci3n de sitios seg3n la pendiente que presenta el fondo marino (Dosdat et al, 1996).

Cuadro 9

Pendiente (topograf3a)	Clasificaci3n	Descripci3n de clasificaci3n
< 10%	4	Malo
10 - 20 %	3	Regular
20 - 30 %	2	Bueno
> 30 %	1	3ptimo



2.-Correntometría

En el cuadro 10 se describe la clasificación de sitios según la velocidad de las corrientes, en cm/s (Velvin, 1999).

Cuadro 10

Velocidad de las corrientes	Clasificación	Descripción de clasificación
< 3	4	Muy sensible
4 - 6	3	Moderadamente sensible
7 - 10	2	Ligeramente sensible
10 - 25	1	No sensible

3.- Granulometría

En el cuadro 11 se describe la clasificación de sitios según los niveles de arena fina y arena muy fina que presentan los sedimentos (Clasificación según criterios de McLachlan, 1980).

Cuadro 11

Arena muy fina –fina (62 a 250 um)	Clasificación	Descripción de clasificación
> 35 %	4	Malo
10 – 34%	3	Regular
2 – 9%	2	Bueno
1%	1	Óptimo

En el cuadro 12 se describe la clasificación de sitios según los niveles de limo - arcilla que presentan los sedimentos (Clasificación según criterios de Wiegel, 1964).



Cuadro 12

Limo - arcilla (< 62 um)	Clasificaci3n	Descripci3n de clasificaci3n
> 26 %	4	Malo
6 – 25%	3	Regular
2 – 5%	2	Bueno
1%	1	3ptimo

4.- Materia Org3nica

En el cuadro 13 se describe la clasificaci3n de sitios segun los niveles de materia org3nica que presentan los sedimentos (Clasificaci3n segun criterios de Demaison y Moore, 1980).

Cuadro 13

Materia org3nica %	Clasificaci3n	Descripci3n de clasificaci3n
> 12,1	4	Malo
7,1 – 12,0	3	Regular
3,1 – 7,0	2	Bueno
1 – 3,0	1	Excelente

5.- Macrofauna

En el cuadro 14 se describe la clasificaci3n de sitios segun el nmero de especies y abundancia de la macrofauna bent3nica (Norwegian Standard 9410).



Cuadro 14

Clasificación	Descripción
Estado ambiental 1	Presencia de al menos 20 especies. Que ninguna de las especies represente mas que el 65% del número total de individuos.
Estado ambiental 2	Presencia de entre 5 y 19 especies. Que ninguna de las especies represente más que el 90% del número total de individuos.
Estado ambiental 3	Presencia de entre 1 y 4 especies (bajo número de especies)
Estado ambiental 4	Nula presencia de macrofauna, excepto Nematodo.

6.- PH

En el cuadro 15 se describe la clasificación de sitios según los niveles de pH que presentan los sedimentos (Schaanning, 1994).

Cuadro 15

pH (Alcalinidad)	Clasificación	Descripción de clasificación
< 6,9	4	Malo
6,9 – 7,2	3	Regular
7,21 – 7,7	2	Bueno
> 7,7	1	Óptimo

7.-Redox

En el cuadro 16 se describe la clasificación de sitios según los niveles de potencial redox, expresados como pE(-log(-e)) que presentan los sedimentos (Schaanning, 1994).



Cuadro 16

pE (-log(-e))	Clasificación	Descripción de clasificación
< -2,1	4	Malo
-2 – 0	3	Regular
0 – 2	2	Bueno
> 2	1	Óptimo

8.- Oxígeno disuelto en la columna de agua

En el cuadro 17 se describe la clasificación de sitios según los niveles de oxígeno disuelto en la columna de agua (Clasificación según criterios de Wheaton, 1982).

Cuadro 17

Concentración de oxígeno (ml/L)	Clasificación	Descripción de clasificación
< 3	4	Malo
3,1 a 5	3	Regular
5,1 a 6,5	2	Bueno
> 6,6	1	Óptimo



4.4 Objetivo Específico 4. *Elaborar un manual de operaci3n, en el cual est3n descritas las metodologías de muestreo, transporte y análisis de las variables definitivas a controlar, tanto en la CPS como en la INFA.*

A. ELABORACI3N DE MANUAL DE OPERACI3N

Se elabor3 un manual de operaci3n para las variables definitivas a controlar tanto para la CPS como para la INFA, utilizando el formato de la actual Resoluci3n Subpesca N° 404/03. En 3l se incluye las metodologías de muestreo, transporte y análisis de las variables nuevas y modificaciones a las variables que permanecen en la resoluci3n.

4.5 Objetivo Específico 5. *Realizar un análisis econ3mico del costo de la aplicaci3n de los diseños de muestreos definitivos para cada categoría de clasificaci3n, tanto en el caso de la CPS como de la INFA.*

Para el desarrollo de este objetivo se utilizaron las herramientas metodol3gicas de inventario y las metodologías de costeo. En cuanto a las estructuras de costos tanto para la CPS como para la INFA, se realizaron determinando el costo de cada uno de las variables y parámetros considerados para los diseños de muestreo definitivos para cada categoría.

La estructura general del análisis de costo se desarroll3 en base a la aplicaci3n de 5 etapas,

A. RECOPIACI3N Y REGISTRO DE INFORMACI3N BÁSICA

Durante esta etapa se desarrollaron planillas para el registro de las actividades necesarias de dar cumplimiento en los muestreos definitivos de cada categoría y que



tengan implicancia en el costo final de cada variable. Entre las actividades consideradas figuran; Horas-hombres, insumos, materiales, viáticos, movilización, reactivos, servicios externos, compra de *royalties* o patentes. Además de determinar su acceso real en el mercado. La recopilación de esta información permitió obtener matrices de datos que señalan los rendimientos y balances de materiales necesarios para cada actividad.

B. DETERMINACIÓN DE ESTRUCTURACIÓN DE COSTOS

El desarrollo de esta etapa se realizó para las CPS e INFA utilizando el procedimiento descrito en los siguientes tres pasos:

Identificación y descripción de cada uno de los elementos de costo.

Cada una de las actividades definida en la etapa previa fue categorizada y ordenada.

Valoración de los elementos de costos.

A cada actividad identificada en la etapa previa se asignó un valor monetario con el propósito otorgarle un carácter contable. Los criterios de valoración que se consideraron, según cada caso fue:

- Precio de adquisición.
- Precio de costos
- Precio de venta
- Precio de mercado



Clasificación de los elementos de costos

Durante este paso, se clasificó cada uno de los elementos de costos valorizados. Considerando que se requiere valorizar los elementos de costos por medio de costeo directo.

C. ANÁLISIS DE LOS COSTOS

El desarrollo de esta etapa se realizó considerando en los siguientes dos pasos:

Definir criterios de análisis comparativos entre categorías.

Se determinaron criterios que permiten comparar los costos de las distintas metodologías aplicadas exigidas en cada una de las categorías, para determinar patrones de comparación uniformes, entre centros clasificados en la misma o en distinta categoría.

Sensibilización unidimensional del costo de la aplicación del CPS e INFA por categoría.

- **Determinación de variables relevantes.**

Sobre el análisis de los resultados ulteriores se determinaron aquellas variables que presenten mayor relevancia en los costos totales, y que a su vez podrían implicar un mayor grado de variabilidad en la aplicación de la CPS e INFA, en Centros clasificados dentro de una misma categoría. Tales como ubicación geográfica, tipo de producción, tamaño del centro en hectáreas, entre otras.



Sensibilización

Una vez determinados los parámetros más apropiados en cada caso, éstos se ordenaron de acuerdo a sus magnitudes determinando así su efecto sobre el costo en la aplicación de los diseños de muestreos definitivos para cada categoría de clasificación, tanto en el caso de la CPS como de la INFA.

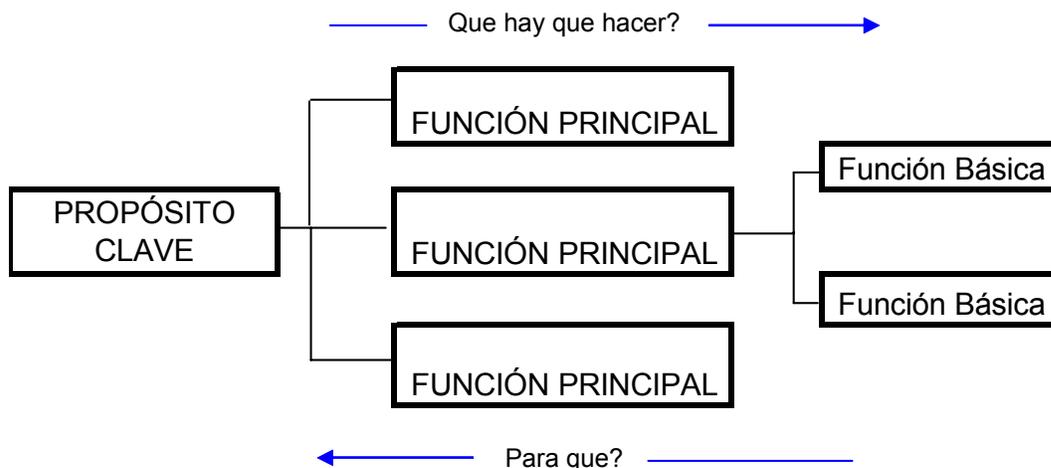


4.6 Objetivo Específico 6. *Determinar los criterios t3cnicos y legales que permitan acreditar la especializaci3n o experiencia en materias marinas y ambientales de los profesionales que suscriban de la CPS o la INFA.*

Determinar profesionales suscriptores de CPS e INFA

Para cumplir con el objetivo, como primer paso se utiliz3 la metodología “familia profesional” (www.ilo.org), identificándose las familias profesionales que calificarían como pertinentes para efectuar los análisis que detalla la Resoluci3n 404/03. Identificándose luego el perfil profesional requerido segun cada variable ambiental mediante la metodología de Análisis Funcional descrita en el cuadro 18 (Mertens, 1996). Posterior a este paso se identific3 los cursos básicos que deben haber cursado los profesionales relacionándose variables ambientales con cursos básicos, proceso que finaliz3 en relacionar títulos profesionales, con variables que solicita evaluar la normativa vigente.

Cuadro 18. Esquema General de un Mapa Funcional





A. FASE DE PRE-DIAGNÓSTICO DE LOS CAMPOS OCUPACIONALES PERTINENTES

- Reconocimiento en cada sector de la actividad las ocupaciones que tienen algún tipo de afinidad formativa y/o progresión en los itinerarios que se requieren.

Se recopiló la información de la oferta de carreras de pregrado relacionadas con materias marinas y ambientales de todas las universidades y además aquellas que hiciesen referencia en sus asignaturas a las disciplinas mencionadas.

- Fundamentar la familia ocupacional y profesional de acuerdo a su significado del quehacer y su afinidad formativa.

A este respecto, debe señalarse que se trabajó bajo la premisa de que una familia ocupacional se entiende como el conjunto amplio de ocupaciones que, por estar asociadas al proceso de producción de un bien y/o servicio, mantienen una singular afinidad formativa y un significado en términos de empleo. Así, el eje articulador de estas ocupaciones no es su pertenencia solo a un determinado sector de actividad, sino la convergencia de saberes conceptuales, actitudinales y procedimientos exigidos para el desempeño en las mismas (Salazar, GTZ 2000).

Es así como se identificó que la afinidad formativa del amplio conjunto de carreras profesionales de las ciencias marinas y ambientales presentan un tronco común de capacidades profesionales base (aptitudes, habilidades, destrezas), de contenidos formativos similares y de experiencias (códigos, lenguajes, usuarios, tecnología, materiales, contenidos, etc.) que proporcionan contextos de trabajo semejantes.



Esta familia profesional reconoce así, perfiles que -según el nivel de calificación al que las habilita la formación profesional que reciben- pueden desempeñarse en los ámbitos que requiere la Normativa con diferentes grados de autonomía.

B. FASE DE SELECCIÓN DE LA FIGURA PROFESIONAL REQUERIDA

Con el fin de efectuar una adecuada selección de la figura profesional que se requiere para cada variable ambiental a elaborar según la Res. SUBPESCA 404/03, se utilizó la metodología del análisis funcional (Mertens, 1996), basada en un enfoque de trabajo que permite acercarse a las competencias requeridas mediante una estrategia deductiva.

Esta metodología se aplica efectuando un mapa funcional (Anexo 20 Figura 20.1 y 20.2) de lo general a lo particular, iniciándose con la definición del propósito clave concluyendo en funciones o roles productivos simple, que son los denominados elementos de competencia, que son los que debe poder desarrollar en este caso el profesional con experiencia en materias marinas y ambientales.

C. IDENTIFICACIÓN DE CURRÍCULUM BÁSICO

Luego de realizado el mapa funcional e identificadas las funciones principales que debe realizar el profesional y las funciones básicas que debe manejar para que se logre el propósito clave, que se centra en que la autoridad cuente con información fidedigna para evaluar el status ambiental de las concesiones de acuicultura según el RAMA. Se revisaron y analizaron exhaustivamente las mallas curriculares de las carreras identificadas como pertenecientes a la familia profesional de las ciencias marinas y ambientales ofrecidas actualmente en Chile.



Es así como de los cursos ofrecidos (se identificaron aquellos que debían ser básicos para poder calificar como currículum de aquellos profesionales que suscribirán las CPSs e INFAs, es decir, para que cuenten con las capacidades técnicas adecuadas. (Anexo 20, Tabla 20.1)

Se distribuyeron los cursos, según las variables ambientales y respecto al mapa funcional el cual representa el perfil profesional que se requiere para cada una de ellas. (Anexo 20, Tabla 20.2)

D. IDENTIFICACIÓN DE CARRERAS IMPARTIDAS POR LAS UNIVERSIDADES CHILENAS CUYOS TITULADOS CALIFICAN PARA ELABORAR CPS E INFAs.

La identificación de las carreras se realizó tomando la matriz que contiene las variables ambientales relacionadas a cursos básicos que deben tener los profesionales que suscriban las CPS e INFAs, y revisándose posterior a esto cada malla curricular de la familia profesional de las ciencias marinas y ambientales, obteniéndose como resultado una matriz que relaciona variables ambientales v&s carrera profesional según Universidad que las imparte. (Anexo 20, Tabla 20.3 a 20.14)

Finalmente, se realizó un análisis factorial de correspondencia simple que permitió agrupar la información y obtener gráficas de correspondencia que permitieron visualizar globalmente las relaciones entre carreras y variables consideradas en la Res. Subpesca N° 404/03.



5. RESULTADOS

5.1 Objetivo específico 1. *Determinar la capacidad de las metodologías y variables descritas en la Resolución Subpesca N° 404/03, para funcionar como indicadores de las condiciones ambientales de los sitios de cultivo, haciendo especial referencia a las condiciones de oxigenación de los sedimentos y al grado de vulnerabilidad del sitio frente al aporte exógeno de materia orgánica.*

Muestreo según Resolución (Subpesca) N° 404/2003

1. Caracterización preliminar del sitio (CPS)

➤ **Solicitud de concesión para centro de cultivo categoría 3**

Área ubicada en el sector de Contao (**Anexo 2**, Tabla 2.1; Figura 2.1). Presenta fondo blando y una profundidad máxima de 30 m (**Anexo 3**; Figura 3.1), sin embargo, gran parte del área está dominada por una profundidad entre 8 y 24 metros. El nivel de oxigenación se registró en un rango de 11 y 12 mL/L a una profundidad cercana a los 11 metros (**Anexo 10**, Tabla 10.5).

La Correntometría (**Anexo 4**; Figuras 4.1, 4.2; **Anexo 10**, Tabla 10.6) indica que la velocidad de la corriente, en un 39,2% estuvo en el rango entre 1,5 y 3,0 cm/s y con una dirección en un 21,9% hacia el NE entre los 22,5° y 67,4°.

La granulometría (**Anexo 5**; Figura 5.1, 5.2, 5.3, 5.4; **Anexo 6**; Tabla 6.1; **Anexo 10**, Tabla 10.2) en el área demarcada por la grilla de muestreo está dominada por arena media con un valor promedio en porcentaje de 46,8% ± 20,17 desv. estándar (CV = 0,43), y en segundo orden, por arena fina con una media de 50,0%



$\pm 20,06$ desv. estándar ($CV = 0,40$). Al calificar la distribución de tamaños utilizando cuartiles 25 (1,52) y 75 (2,52), la muestra contenía en 25% del tamaño por debajo de 1,52 phi y un 25% del tamaño por sobre 2,52 phi. Por otro lado, la curtosis da cuenta de un sedimento platicúrtico cuyo valor es de 0,73, con granos finos fuertemente simétricos cuyo coeficiente de simetría es 1,75.

El contenido de materia orgánica varió entre 1,0 a 1,6% (**Anexo 7**; Figura 7.1; **Anexo 10**, Tabla 10.1), con un valor promedio de 1,2% $\pm 0,04$ (ee) con un coeficiente de variación (CV) de 13,57%. Utilizando el criterio del CV, el tamaño óptimo de muestra (TOM) para cada punto de muestreo es sólo de 1 muestra para obtener el valor verdadero del mesurado.

El potencial redox varió entre 90 y 222 mV (**Anexo 8**; Tabla 8.1, Figura 8.1; **Anexo 10**, Tabla 10.4). El promedio se situó en $176,6 \pm 7,85$ (ee) con un coeficiente de variación de 17,78%. El tamaño óptimo de muestra, es de sólo 1 muestra por sitios de muestreo para obtener una estimación confiable según los criterios definidos, excepto para la estación 9 en la que se requieren 5 muestras, puesto que presenta una mayor dispersión entre réplicas.

El pH en el sector de Contao varió entre 7,7 y 8,8 (**Anexo 9**; Tabla 9.1, Figura 9.1, **Anexo 10**, Tabla 10.4). El promedio de las 16 estaciones fue de $7,9 \pm 0,06$ (ee) con un coeficiente de variación de 3,28%, reflejando un sector con una pH más bien básico. Sólo se requiere 1 muestra para obtener una estimación confiable,

El número total de especies bentónicas (**Anexo 10**, Tabla 10.3) encontradas en la grilla de muestreo varió entre 1 y 15 con un promedio de $7 \pm 3,97$ desv. estándar ($N = 9$). El número total de individuos varió entre 120 y 1710, mostrando una abundancia numérica baja, con un promedio de 622 ± 491 Desv. estándar, entre las más abundantes se encuentra *Huarpe sp.* (35,0%), *Paraphoxus sp.* (32,8%) que



monopolizan más de dos tercios de la abundancia numérica, a las cuales se agregan, aunque con una abundancia notoriamente inferior, *Microphoxus sp.* (3,6%) y *Exosphaeroma lanceolata* (2,7%).

Las estimaciones de diversidad según Shannon-Wiener (**Anexo 11**, Tabla 11.1) mostraron un rango entre valores bajos (0,00) y valores intermedios (3,20), aunque en general estuvieron alrededor de valores más bien bajos (entre 1-2 bits por individuo), reflejando grandes diferencias espaciales en la riqueza de especies y en la distribución del número de individuos por especie, en tanto que los índices de Gleason y Menhinick variaron entre 0,42 a 4,83 y 0,18 a 0,62 respectivamente.

Al contrastar las variaciones de las estimaciones de diversidad entre los distintos índices empleados (**Anexo 12**, Tabla 12.1), se aprecia Shannon-Wiener: Gleason ($r = 0,908$; $p = 0,000001$) y Shannon-Wiener: Menhinick ($r = 0,855$; $p = <<0,05$) están correlacionados positivamente.

Adicionalmente como una manera de constatar la información recopilada en la INFA se realizó un registro visual, cuyo video e informe escrito se adjuntan.

1. Localización Geográfica del Centro:

41° 46' 46,5" S 72° 41' 40,78" W

41° 47' 19,93" S 72° 42' 15,66" W

41° 47' 15,77" S 72° 42' 23,5" W

41° 46' 41,30" S 72° 41' 50,59" W

2. Nombre del Titular: AAA sector Contao

3. Fecha y Hora en que se realizó el registro: 13/10/2004; 11:52 AM

4. Descripción de sedimentos, flora y fauna subacuática:

Al realizar la primera transecta se observó fondo arenoso blando durante todo el trayecto, no observándose macrofauna y macrófitas, visualizándose



solamente los orificios que dejan bivalvos enterrados en la arena, lo cual puede corresponder a presencia de navajuela (*Tagelus dombeii*). La ausencia de organismos se revierte en el segundo tramo de la segunda transecta en la cual se visualiza macrofauna y macrófitas en abundancia. Cabe señalar que gran parte de esta AAA queda expuesta en baja marea.

Flora: en el segundo tramo de la segunda transecta se observan algas feófitas (*Macrocystis pyrifera*) y algas verdes (*Ulva sp.*).

Fauna: En el último tramo de la segunda transecta cuando el bentos se transforma de fondo de arena blando a fondo duro se observa un banco de mitílidos y asociado a éstos, erizos (*Loxechinus albus* y *Arbacia dufresnei*) algas calcáreas adosadas a las rocas, actinias y esponja amarillas (*Clionopsis platei*).

5. Presencia de cubierta de microorganismos: No se observa
6. Presencia de burbujas de gas: no se observan
7. Dificultades técnicas encontradas en la campaña:

La velocidad a la cual es posible desplazarse con el bote no fue la óptima por lo cual las imágenes captadas, aunque son nítidas, no permiten observar el bentos con la detención para identificar con exactitud algunas especies que habitan el sector.

➤ **Solicitud de concesión para centro de cultivo categoría 5**

Esta solicitud se realizó para un área ubicada en el sector de Cochamó (**Anexo 2**; Tabla 2.2; Figura 2.2). Presenta una profundidad máxima de 120 m (**Anexo 3**; Figura 3.2), gran parte del área se encuentra entre 60 y 100 m. El nivel de oxigenación fluctuó entre 2,3 y 0,95 mL/L entre las profundidades de 10 a 114 metros (**Anexo 10**, Tabla 10.7).



La Correntometría (**Anexo 4**; Figuras 4.3, 4.4; **Anexo 10**, Tabla 10.8) indica que la velocidad de la corriente, en un 44,5% estuvo en el rango entre 3,1 y 5,0 cm/s y con una dirección en un 24,2% hacia el Este entre los 67,5° y 112,4°.

2. Información ambiental (INFA)

➤ Centros de Cultivo Categoría 1

Centro autorizado para cultivar pelillo

Este centro de cultivo pertenece a Algas Marinas S.A. y se encuentra ubicado en la desembocadura del Río Pudeto, comuna de Ancud (**Anexo 2**; Tabla 2.3; Figura 2.3, **Anexo 10**, Tabla 10.9). Su actividad productiva está centrada en el cultivo de pelillo en un nivel que no supera las 300 toneladas/año.

Presenta fondo blando y la profundidad máxima del sector es de 7 m, sin embargo, gran parte del centro presenta una profundidad entre 2 y 3 m (**Anexo 3**; Figura 3.3).

La Correntometría (**Anexo 4**; Figuras 4.5; 4.6; **Anexo 10**, Tabla 10.11) indica que la velocidad de la corriente, en su mayoría estuvo en el rango entre 20 y 40 cm/s, predominando la velocidad de 30 cm/s y con una dirección predominante hacia el Noroeste entre los 270° y 360°.

El contenido de materia orgánica en las tres estaciones ubicadas en el área con máxima biomasa se encuentra entre 1,07 % y 1,56 % (**Anexo 7**, Figura 7.2; **Anexo 10**, Tabla 10.10). Existen evidencias suficientes para señalar que existen diferencias significativas entre las estimaciones para los tres puntos de muestreo (Kruskal-Wallis; $H=7,26$, $p = 0,0265$).



En las estaciones de referencia se encontraron valores de materia orgánica de 0,66 % y 4,51% (**Anexo 7**, Figura 7.3), siendo significativamente diferentes ($H=3,970$, $p=0,0463$).

Las mediciones de las variables registradas en los tres puntos de muestreo ubicados en el área de máxima biomasa presentan valores bajos comparados con las estimaciones registradas en las dos estaciones de referencia, con valores significativamente diferentes ($H = 13,54$; $p = 0,0089$),

El tamaño muestral, utilizando el criterio del coeficiente de variación, indicó que es adecuado, según las estimaciones logradas, un máximo de tres réplicas para determinar un estimador confiable de la concentración de materia orgánica en muestras recolectadas en cada una de las estaciones (**Anexo 13**, Tabla 13.1).

Centro autorizado para cultivar choritos

Este centro de cultivo pertenece a IFOP en calidad de comodato y se encuentra ubicado en el Estero Castro (**Anexo 2**; Tabla 2.4; Figura 2.4; **Anexo 10**, Tabla 10.12). Su actividad productiva está relacionada con la producción de semillas de mitílicos mediante la captación de postlarvas desde el medio natural, en un nivel de producción que no supera las 300 toneladas/año.

La profundidad máxima del sector es de 21 m, sin embargo, gran parte del centro presenta entre 4 y 13 m (**Anexo 3**; Figura 3.4).

La Correntimetría (**Anexo 4**; Figuras 4.7, 4.8; **Anexo 10**, Tabla 10.14) indica que la velocidad de la corriente, fue de 10 cm/s, con una dirección predominante hacia el Norte 360°.



El contenido de materia orgánica en las tres estaciones ubicadas en el área de sedimentación del módulo de cultivo con máxima biomasa se encuentra entre 1,15 % y 6,17 % (**Anexo 7**; Figura 7.4; **Anexo 10**, Tabla 10.13), diferencias que no son significativas ($H = 2,40$, $p = 0,3012$).

En las estaciones de referencia se encontraron valores de materia orgánica de 2,35% y 7,22 % (**Anexo 7**, Figura 7.5), siendo éstos diferentes ($H = 3,85$, $p = 0,0495$).

Del mismo modo, las mediciones de las variables registradas en los tres puntos de muestreo ubicados en el área de sedimentación del módulo de cultivo con máxima biomasa comparadas con las estimaciones registradas en las dos estaciones de referencia, son significativamente diferentes ($H = 9,63$; $p = 0,0471$).

El tamaño muestral, utilizando el criterio del coeficiente de variación, indicó que para las estaciones 1, 2, R1 y R2 es suficiente tres muestras para obtener un estimador confiable del contenido en materia orgánica. Sin embargo, para la estación 3, según este criterio, son necesarias 165 muestras para determinar el contenido de materia orgánica con una confiabilidad de 0,05 (*i.e.* 5% de variación) (**Anexo 13**, Tabla 13.2).

Centro autorizado para cultivar ostras

Este centro de cultivo pertenece a Fundación Chiquihue y se encuentra en el sector de Huelmo, comuna de Calbuco (**Anexo 2**; Tabla 2.5; Figura 2.5, **Anexo 10**, Tabla 10.15). Su actividad productiva está relacionada con el cultivo de ostras, en un nivel de producción que no supera las 300 toneladas/ año.

La batimetría del sector indica que el centro está en una pendiente que va desde los 14 m de profundidad hasta llegar progresivamente a 44 m (**Anexo 3**; Figura 3.5).



La Correntimetría (**Anexo 4**; Figuras 4.9, 4.10; **Anexo 10**, Tabla 10.17) indica que la velocidad de la corriente fluctuó entre 3 y 5 cm/s, con una dirección predominante hacia el Sur Este 230°.

El contenido de materia orgánica en las tres estaciones ubicadas en el área de sedimentación del módulo de cultivo con máxima biomasa se encuentra entre 0,73 y 0,87% (**Anexo 7**; Figura 7.6; **Anexo 10**, Tabla 10.16), diferencias que no son significativas ($H = 2,98$, $P = 0,225$).

En las estaciones de referencia se encontraron valores de materia orgánica de 0,67 % y 0,85% (**Anexo 7**, Figura 7.7), las cuales difieren significativamente ($H = 3,85$, $p = 0,0495$).

Al analizar las mediciones de la variable registrada en los tres puntos de muestreo ubicados en el área de máxima sedimentación del cultivo comparadas con las estimaciones registradas en las dos estaciones de referencia, no difieren significativamente ($H = 8,33$; $p = 0,08$).

El tamaño óptimo de muestra, utilizando el criterio del coeficiente de variación, indica que es suficiente un máximo de tres réplicas para lograr un estimador confiable del contenido de materia orgánica según una confiabilidad de 0,05 (**Anexo 13**, Tabla 13.3).



➤ **Centro de Cultivo Categoría 2**

Centro autorizado para cultivar choritos

Este centro pertenece a Cultivos Marinos Germán Casanova y se encuentra ubicado en el Estero Huito, comuna de Calbuco (**Anexo 2**; Tabla 2.6; Figura 2.6; **Anexo 10**, Tabla 10.18) Su actividad comercial está centrada en el cultivo de choritos y su producción máxima proyectada se encuentra entre 301 y 750 toneladas/ año.

Presenta fondo blando y la profundidad máxima es de 12,5 m (**Anexo 3**; Figura 3.6), sin embargo, gran parte del área se encuentra entre los 6 y 9 metros.

La Correntimetría del área de estudio (**Anexo 4**; Figuras 4.11, 4.12; **Anexo 10**, Tabla 10.22), indica que la velocidad de la corriente estuvo en un 35,4% en una velocidad de 3,1 a 5,0 cm/s y que la dirección predominante fue hacia el SW entre 202,5° y 247,4°.

La granulometría en las tres estaciones ubicadas en el área de sedimentación del módulo de cultivo con máxima biomasa se encuentra dominado por arena media, arena fina y arena muy fina (**Anexo 5**; Figura 5.5, 5.6, 5.7, 5.8, 5.9; **Anexo 6**; Tabla 6.2, 6.3, 6.4, 6.5, 6.6; Anexo 10, Tabla 10.19).

Para la estación 1 se encontró un 22,2% ± 0,76 desv. estándar (CV = 3,45) de arena media, un 34,9% ± 0,85 desv. estándar (CV = 2,45) de arena fina y un 19,8% ± 1,53 desv. estándar (CV = 7,74) de arena muy fina. Al calificar la distribución de tamaños de los granos utilizando el cuartil 25 (1,66), mediana (2,38) y cuartil 75 (3,09), la muestra contenía en 25% del tamaño de los granos por debajo de 1,66 phi y un 25% del tamaño de los granos por sobre 3,09 phi. Por



otro lado, la curtosis da cuenta de un sedimento platicurtico cuyo valor es de 0,73, con granos finos fuertemente asimétricos cuyo valor es 1,43.

En la estación 2 se encontró un $69,3\% \pm 7,07$ desv. estándar ($CV = 0,1$) de arena fina y un $22,6\% \pm 9,73$ desv. estándar ($CV = 0,42$) de arena muy fina. Al calificar la distribución de tamaños de los granos utilizando el cuartil 25 (2,26), mediana (2,62) y cuartil 75 (2,98), la muestra contenía en 25% del tamaño de los granos por debajo de 2,26 phi y un 25% del tamaño de los granos por sobre 2,98 phi. Por otro lado, la curtosis da cuenta de un sedimento platicurtico cuyo valor es de 0,73, con granos finos fuertemente asimétricos cuyo valor es 3,15.

Finalmente, en la estación 3, un $23,0\% \pm 3,75$ desv. estándar ($CV = 0,16$) de arena media y un $66,8\% \pm 11,2$ desv. estándar ($CV = 0,16$) de arena fina. Al calificar la distribución de tamaños de los granos utilizando el cuartil 25 (2,00), mediana (2,37) y cuartil 75 (2,75), la muestra contenía en 25% del tamaño de los granos por debajo de 2,00 phi y un 25% del tamaño de los granos por sobre 2,75 phi. Por otro lado, la curtosis da cuenta de un sedimento platicurtico cuyo valor es de 0,73, con granos finos fuertemente asimétricos cuyo valor es 2,75.

En las estaciones de referencia, la granulometría estuvo dominada por arena gruesa, arena media, arena fina y arena muy fina. En la estación de referencia 1 se encontró un $21,1\% \pm 7,85$ desv. estándar ($CV = 0,37$) de arena gruesa, un $30,5\% \pm 8,34$ desv. estándar ($CV = 0,27$) de arena media, un $22,2\% \pm 6,81$ desv. estándar ($CV = 0,30$) de arena fina y un $14,3\% \pm 1,75$ desv. estándar ($CV = 0,12$) de arena muy fina. Al calificar la distribución de tamaños de los granos utilizando el cuartil 25 (0,98), mediana (1,80) y cuartil 75 (2,62), la muestra contenía en 25% del tamaño de los granos por debajo de 0,98 phi y un 25% del tamaño de los granos por sobre 2,62 phi. Por otro lado, la curtosis da cuenta de un sedimento platicurtico cuyo valor es de 0,73, con granos finos fuertemente asimétricos cuyo valor es 0,95.



En cambio, en la estación de referencia 2 se encontró un $50,0\% \pm 2,65$ desv. estándar ($CV = 0,05$) de arena fina y un $30,4\% \pm 5,69$ desv. estándar ($CV = 0,18$) de arena muy fina. Al calificar la distribución de tamaños de los granos utilizando el cuartil 25 (2,27), mediana (2,77) y cuartil 75 (3,27), la muestra contenía en 25% del tamaño de los granos por debajo de 2,27 phi y un 25% del tamaño de los granos por sobre 3,27 phi. Por otro lado, la curtosis da cuenta de un sedimento platicúrtico cuyo valor es de 0,73, con granos finos fuertemente asimétricos cuyo valor es 2,77.

El contenido de materia orgánica en las tres estaciones ubicadas en el área de sedimentación del módulo de cultivo con máxima biomasa se encuentra entre 1,4 y 11,3%, con un amplio rango (**Anexo 7**; Figura 7.8; **Anexo 10**, Tabla 10.20), cifras que difieren significativamente entre sitios de muestreo ($H=7,20$, $p=0,0273$), siendo la estación 1 la que marca la diferencia.

En las estaciones de referencia se encontraron también marcadas diferencias entre las estimaciones de materia orgánica 1,16% y 3,47% (**Anexo 7**, Figura 7.9), las cuales también difieren significativamente ($H = 3,85$, $p = 0,0495$).

Del mismo modo, las mediciones de esta variable registradas en los tres puntos de muestreo ubicados en el área de sedimentación del módulo de cultivo con máxima biomasa comparadas con las estimaciones registradas en las dos estaciones de referencia, son significativamente diferentes ($H = 12,90$; $p = 0,0118$).

El tamaño muestral, utilizando el criterio del coeficiente de variación, para las tres estaciones que se encuentran en el área de sedimentación del centro de cultivo muestra que son suficientes tres réplicas para lograr un estimador confiable de contenido de materia orgánica en muestras recolectadas para cada una de las estaciones (**Anexo 13**, Tabla 13.4)



El número total de especies bentónicas (**Anexo 10**, Tabla 10.21) encontradas en la estación 1 varió entre 7 y 16 y su promedio fue de 12 (± 5), en tanto que el número total de individuos varió entre 310 y 1020, con una media de de 713 (± 365). Tanto la riqueza de especies como la abundancia numérica fueron bajas. Entre las más abundantes se encontraba ***Polydora sp1.*** (24%), ***Nassarius dentifer*** (23,1%), un organismo indeterminado de la familia ***Dorvilleidae*** (10,9%) y ***Aulacomya ater*** (9,1%). En la estación 2, el rango de la riqueza de especies estuvo entre 9 y 13, en promedio hubo 11 (± 2) especies; en cuanto a la abundancia numérica ésta varió entre 350 y 960 con un promedio de 607 (± 310) individuos, reflejando también una riqueza de especies y abundancia numérica bajas. Las más abundantes, ***Polydora sp1.*** (41,3%), ***Prionospio crensanzi*** (17,1%), ***Macoma inordita*** (10,9%) y un organismo indeterminado de la familia ***Eusiridae*** (5,2%). Para la estación 3, el número de especies encontradas varió entre 16 y 17 y en promedio fue de 16 (± 1), en tanto que el número de individuos varió entre 910 y 1380 con una media de 1190 (± 248). Las más abundantes fueron ***Macoma inordita*** (23,7%), ***Prionospio crensanzi*** (13,7), ***Polydora sp1.*** (12,6) y ***Scoloplos sp2.*** (11,4%).

En la estación de referencia 1 el número de especies varió entre 11 y 18, con un promedio de 14 (± 4) y el rango del número de individuos varió entre 530 y 1.250 Con un promedio de 1003 (± 410); las más abundantes fueron ***Polydora sp2*** (50,2%), ***Linucula pisum*** (7,0%) y ***Rhynchospio glutaea*** (5,4%). Para la estación de referencia 2 el número total de especies encontradas varió entre 18 y 23 y el promedio fue de 21 (± 3), mientras que el número de individuos estuvo entre 1180 y 3350 y la media fue de 2467 (± 1140); las más abundantes fueron ***Polydora sp1.*** (35,4%), ***Macoma inordita*** (17,5%) y una especie indeterminada de la familia ***Leptoplanidae.***



La diversidad según Shannon-Wiener (**Anexo 11**, Tabla 11.2) mostró un rango entre valores bajos (2,13) y valores intermedios (2,79), aunque en general los valores estuvieron entre 2-3 bits por individuos, reflejando la existencia de diferencias espaciales en la riqueza de especies y en la distribución del número de individuos por especie. Los índices de Gleason y Menhinick variaron entre 3,93 a 6,84 y 0,31 a 0,61, respectivamente.

Al evaluar el comportamiento del índice de Shannon-Wiener con otros índices (**Anexo 12**, Tabla 12.2) utilizando una correlación de Spearman, se encontró que para la estación 1, Shannon-Wiener : Gleason ($r = 0,577$; $p = 0,666$), Shannon-Wiener : Menhinick ($r = 1,000$; $p = <<0,05$) datos que reflejan correlación entre Shannon-Wiener : Menhinick lo cual indica que Shannon-Wiener en esta estación varía en función de la abundancia numérica.; estación 2, Shannon-Wiener : Gleason ($r = 0,500$; $p = 0,666$), Shannon-Wiener : Menhinick ($r = 0,500$; $p = 0,666$); lo cual refleja que no existe correlación entre Shannon-Wiener y ambos índices y para la estación 3, Shannon-Wiener : Gleason ($r = 0,500$; $p = 0,666$), Shannon-Wiener : Menhinick ($r = 1,000$, $p = <<0,05$) indican la no correlación entre Shannon-Wiener y Gleason, pero si entre Shannon-Wiener : Menhinick por lo tanto este varía en función de las variaciones de la abundancia numérica de cada especie.

En cuanto a la estación de referencia 1, Shannon-Wiener: Gleason ($r = -0,5$; $p = 0,6666$), Shannon-Wiener: Menhinick ($r = -1,000$; $p = <<0,05$) y para la estación de referencia 2 las correlaciones de Shannon-Wiener : Gleason ($r = 1$; $p = <<0,05$), Shannon-Wiener : Menhinick ($r = 1$; $p = <<0,05$). En la estación referencia 1 existe correlación entre Shannon-Wiener y Menhinick por lo cual varía en función de las variaciones de la abundancia numérica de cada especie. Para la estación de referencia 2 existen correlaciones significativas por tanto las variaciones de Shannon-Wiener muestran variaciones tanto en función de la riqueza de especies como en abundancia numérica.



Centro autorizado para cultivar salmones

Este centro de cultivo pertenece al Instituto de Fomento Pesquero y se encuentra ubicado en Ensenada Baja, Aysén (**Anexo 2**; Figura 2.7; **Anexo 10**, Tabla 10.23). Su actividad está centrada en el cultivo de salmones y su producción máxima proyectada se encuentra entre 301 y 750 toneladas/ año.

Presenta fondo blando y la profundidad máxima es de 8 m (**Anexo 3**; Figura 3.7), sin embargo, gran parte del área se encuentra entre los 5 y 7 metros.

La Correntometría del área de estudio (**Anexo 4**; Figuras 4.13, 4.14; **Anexo 10**, Tabla 10.26), indica que la velocidad de la corriente estuvo en un 41% en una velocidad de 1,5 a 3,0 cm/s y que la dirección predominante fue hacia el SE entre 112,5° y 157,4°.

La granulometría en las tres estaciones ubicadas en el área de sedimentación del módulo de cultivo con máxima biomasa se encuentra dominada por arena gruesa, arena media, arena fina y arena muy fina (**Anexo 5**; Figura 5.10, 5.11, 5.12, 5.13, 5.14; Tabla 6.7, 6.8, 6.9, 6.10, 6.11; **Anexo 10**, Tabla 10.26).

Para la estación 1 se encontró un 26,7% \pm 28,11 desv. estándar (CV = 1,05) de arena gruesa, un 15,5% \pm 4,15 desv. estándar (CV = 0,26) de arena media, un 32,9% \pm 14,16 desv. estándar (CV = 0,43) de arena fina y un 20,2% \pm 15,08 desv. estándar (CV = 0,74) de arena muy fina. Al calificar la distribución de tamaños de los granos utilizando el cuartil 25 (1,44), mediana (2,20) y cuartil 75 (2,96), la muestra contenía en 25% del tamaño de los granos por debajo de 1,44 phi y un 25% del tamaño de los granos por sobre 2,96 phi. Por otro lado, la curtosis da cuenta de un sedimento platicurtico cuyo valor es de 0,73, con granos finos fuertemente asimétricos cuyo valor es 1,25.



En la estación 2 se encontró un $18,5\% \pm 10,56$ desv. estándar ($CV = 0,57$) de arena gruesa, un $35,2\% \pm 17,80$ desv. estándar ($CV = 0,50$) de arena media, un $29,2\% \pm 17,3$ desv. estándar ($CV = 0,59$) de arena fina y un $14,3 \pm 11,92$ desv. estándar ($CV = 0,83$) de arena muy fina. Al calificar la distribución de tamaños de los granos utilizando el cuartil 25 (1,15), mediana (1,86) y cuartil 75 (2,57), la muestra contenía en 25% del tamaño de los granos por debajo de 1,86 phi y un 25% del tamaño de los granos por sobre 2,57 phi. Por otro lado, la curtosis da cuenta de un sedimento platicurtico cuyo valor es de 0,73, con granos finos fuertemente asimétricos cuyo valor es 1,13.

Finalmente, en la estación 3 se encontró un $16,3\% \pm 3,21$ desv. estándar ($CV = 0,19$) de arena gruesa, un $24,3\% \pm 2,17$ desv. estándar ($CV = 0,89$) de arena media, un $18,6\% \pm 3,76$ desv. estándar ($CV = 0,20$) de arena fina y un $37,5\% \pm 6,36$ desv. estándar ($CV = 0,16$) de arena muy fina. Al calificar la distribución de tamaños de los granos utilizando el cuartil 25 (1,02), mediana (2,69) y cuartil 75 (3,71), la muestra contenía en 25% del tamaño de los granos por debajo de 1,02 phi y un 25% del tamaño de los granos por sobre 3,71 phi. Por otro lado, la curtosis da cuenta de un sedimento platicurtico cuyo valor es de 0,73, con granos finos fuertemente asimétricos cuyo valor es 0,65.

En cuanto a las estaciones de muestreo de referencia, la granulometría estaba dominada por arena gruesa, arena media, arena fina y arena muy fina. En la estación de referencia 1 se encontraron un $12,6\% \pm 4,90$ desv. estándar ($CV = 0,38$) de arena media, un $36,0\% \pm 11,55$ desv. estándar ($CV = 0,32$) de arena fina y un $40,3\% \pm 9,32$ desv. estándar ($CV = 0,23$) de arena muy fina. Al calificar la distribución de tamaños de los granos utilizando el cuartil 25 (2,07), mediana (2,79) y cuartil 75 (3,46), la muestra contenía en 25% del tamaño de los granos por debajo de 2,07 phi y un 25% del tamaño de los granos por sobre 3,46 phi. Por otro lado, la curtosis da cuenta de



un sedimento platicurtico cuyo valor es de 0,73, con granos finos fuertemente asimétricos cuyo valor es 1,71.

En cambio, en la estación de referencia 2 se encontraron un 10,2% \pm 3,30 desv. estándar (CV = 0,32) de arena gruesa, un 12,3% \pm 3,15 desv. estándar (CV = 0,25) de arena media, un 42,3 \pm 3,26 desv. estándar (CV = 0,07) de arena fina y un 32,9% \pm 4,78 desv. estándar (CV = 0,14) de arena muy fina. Al calificar la distribución de tamaños de los granos utilizando el cuartil 25 (2,03), mediana (2,62) y cuartil 75 (3,21), la muestra contenía en 25% del tamaño de los granos por debajo de 2,03 phi y un 25% del tamaño de los granos por sobre 3,21 phi. Por otro lado, la curtosis da cuenta de un sedimento platicurtico cuyo valor es de 0,73, con granos finos fuertemente asimétricos cuyo valor es 1,92.

El contenido de materia orgánica en las tres estaciones ubicadas en el área de sedimentación del módulo de cultivo con máxima biomasa se encuentra entre 4,9% y 28,2% (**Anexo 7**; Figura 7.10; **Anexo 10**, Tabla 10.25), al comparar las distribuciones se aprecia que no existen diferencias significativas en el contenido de materia orgánica entre los sitios de muestreo (Kruskal-Wallis; $H = 4,35$, $p = 0,1133$).

En las estaciones de referencia se encontraron valores de materia orgánica de 4,1% y 34,1% (**Anexo 7**; Figura 7.11), los cuales no difieren significativamente ($H=0,047$, $p = 0,8273$).

Del mismo modo, las mediciones de esta variable registradas en los tres puntos de muestreo ubicados en el área de sedimentación del módulo de cultivo con máxima biomasa comparadas con las estimaciones registradas en las dos estaciones de referencia, no difieren significativamente ($H = 4,56$; $p = 0,3347$).



En esta situación, según la información recogida, el tamaño óptimo de muestra estimado según el coeficiente de variación, indica que en todos los casos se requiere recolectar una gran cantidad de muestras para obtener un estimador confiable según los criterios definidos, sólo la estación de referencia R1, requeriría un tamaño más pequeño cercano a las 3 réplicas (**Anexo 13**, Tabla 13.5).

La macrofauna bentónica encontrada en el sector fue realmente escasa, en algunas de las estaciones no fue posible encontrar organismos.

➤ **Centro de cultivo en categoría 3**

Centro ubicado en cuerpo de agua dulce autorizado para cultivar salmones.

Este centro pertenece a la empresa Mainstream y se encuentra ubicado en Puerto Rosales (Lago de Llanquihue), comuna de Puerto Varas (**Anexo 2**; Tabla 2.7; Figura 2.8; **Anexo 10**, Tabla 10.27). Su actividad comercial está centrada en la producción de smolt de salmón atlántico y su nivel de producción máximo proyectado se encuentra sobre las 750 toneladas/ año.

Presenta fondo blando y la profundidad máxima es de 12 m (**Anexo 3**; Figura 3.8), sin embargo, gran parte del área corresponde a profundidades entre 5 y 8 metros. El nivel de oxigenación se encuentra cercano a 1,1 mL/L a una profundidad de 10 metros.

El estudio de corrientes (**Anexo 4**; Figuras 4.15, 4.16; **Anexo 28**; Tabla 10.32) indica que la dirección predominante es hacia el Suroeste con un 52,4% y una velocidad de 62,6% entre el rango 5,1 a 10,0 cm/s



La granulometría en las tres estaciones ubicadas en el área de sedimentación del módulo de cultivo con máxima biomasa se encuentra dominada por arena fina y arena muy fina (**Anexo 5**; Figura 5.15, 5.16, 5.17, 5.18, 5.19; **Anexo 6**; Tabla 6.12, 6.13, 6.14, 6.15, 6.16; **Anexo 10**, Tabla 10.28).

Para la estación 1 se encontró un $50,5\% \pm 0,70$ desv. estándar ($CV = 0,01$) de arena fina y un $32,0\% \pm 2,83$ desv. estándar ($CV = 0,08$) de arena muy fina. Al calificar la distribución de tamaños de los granos utilizando el cuartil 25 (2,24), mediana (2,73) y cuartil 75 (3,23), la muestra contenía en 25% del tamaño de los granos por debajo de 2,24 phi y un 25% del tamaño de los granos por sobre 3,23 phi. Por otro lado, la curtosis da cuenta de un sedimento platicúrtico cuyo valor es de 0,73, con granos finos fuertemente asimétricos cuyo valor es 2,39.

En la estación 2 se encontró un $52,8\% \pm 0,28$ desv. estándar ($CV = 0$) de arena fina y un $41,1\% \pm 0,35$ desv. estándar ($CV = 0$) de arena muy fina. Al calificar la distribución de tamaños de los granos utilizando el cuartil 25 (2,41), mediana (2,88) y cuartil 75 (3,35), la muestra contenía en 25% del tamaño de los granos por debajo de 2,41 phi y un 25% del tamaño de los granos por sobre 3,35 phi. Por otro lado, la curtosis da cuenta de un sedimento platicúrtico cuyo valor es de 0,73, con granos finos fuertemente asimétricos cuyo valor es 2,63.

Finalmente, en la estación 3 se encontró un $40,8\% \pm 0,25$ desv. estándar ($CV = 0$) de arena fina y un $47,3\% \pm 10,15$ desv. estándar ($CV = 0,21$) de arena muy fina. Al calificar la distribución de tamaños de los granos utilizando el cuartil 25 (2,61), mediana (3,14) y cuartil 75 (3,67), la muestra contenía en 25% del tamaño de los granos por debajo de 2,61 phi y un 25% del tamaño de los granos por sobre 3,67 phi. Por otro lado, la curtosis da cuenta de un sedimento platicúrtico cuyo valor es de 0,73, con granos finos fuertemente asimétricos cuyo valor es 2,58.



En cuanto a las estaciones de referencia, la granulometría estaba dominada por arena fina, arena muy fina y fango. En la estación de referencia 1 se encontraron un $14,6\% \pm 0,11$ desv. estándar ($CV = 0$) de arena fina, un $43,7\% \pm 7,00$ desv. estándar ($CV = 0,16$) de arena muy fina y un $39,3\% \pm 7,61$ desv. estándar ($CV = 0,19$) de fango. Al calificar la distribución de tamaños de los granos utilizando el cuartil 25 (3,18), mediana (3,76) y cuartil 75 (4,33), la muestra contenía en 25% del tamaño de los granos por debajo de 3,18 phi y un 25% del tamaño de los granos por sobre 4,33 phi. Por otro lado, la curtosis da cuenta de un sedimento platicurtico cuyo valor es de 0,73, con granos finos fuertemente asimétricos cuyo valor es 2,84.

En cambio, en la estación de referencia 2 se encontró un $49,2\% \pm 0,2$ desv. estándar ($CV = 0\%$) de arena fina y un $40,1\% \pm 2,22$ desv. estándar ($CV = 0,05$) de arena muy fina. Al calificar la distribución de tamaños de los granos utilizando el cuartil 25 (2,46), mediana (2,96) y cuartil 75 (3,47), la muestra contenía en 25% del tamaño de los granos por debajo de 2,46 phi y un 25% del tamaño de los granos por sobre 3,47 phi. Por otro lado, la curtosis da cuenta de un sedimento platicurtico cuyo valor es de 0,73, con granos finos fuertemente asimétricos cuyo valor es 2,53.

El contenido de materia orgánica en las tres estaciones ubicadas en el área de sedimentación del módulo de cultivo con máxima biomasa se encuentra entre 11,9% y 22,4% (**Anexo 7**; Figura 7.12), concentraciones que difieren significativamente ($H = 7,2$; $p = 0,0273$), siendo la estación 1 la que presenta el mayor contenido.

En las estaciones de referencia se encontraron valores de materia orgánica de 7,8% y 15,9% (**Anexo 7**; Figura 7.13), los cuales también difieren significativamente ($H = 3,85$; $p = 0,0495$).



Del mismo modo, las mediciones de la variable registradas en los tres puntos de muestreo ubicados en el área de sedimentación del módulo de cultivo con máxima biomasa comparadas con las estimaciones registradas en las dos estaciones de referencia, son significativamente diferentes ($H = 13,50$; $p = 0,0091$).

El tamaño óptimo de muestra, según el coeficiente de variación, muestra que con sólo una excepción (R1) aunque también confiable, es más que suficiente con un número de 3 réplicas por punto de muestreo (**Anexo 13**, Tabla 13.6).

El potencial redox en las tres estaciones en el área de sedimentación del módulo de cultivo con máxima biomasa se encuentra entre $-78,0$ y $-136,9$ (**Anexo 8**; Tabla 8.2, Figura 8.2; **Anexo 10**, Tabla 10.30), estimaciones que no difieren significativamente entre si ($H = 2,48$, $p = 0,2881$).

En las estaciones de referencia se encontraron valores de potencial redox de $-35,9$ y $-71,8$ (**Anexo 8**; Figura 8.3), que tampoco difieren significativamente entre si ($H = 0,047$, $p = 0,8273$).

Al analizar las mediciones de potencial redox registradas en los tres puntos de muestreo ubicados en el área de sedimentación del módulo de cultivo con máxima biomasa comparadas con las estimaciones registradas en las dos estaciones de referencia, se encontró que los valores son significativamente diferentes ($H=11,06$; $p = 0,0258$).

La información estimada muestra que el tamaño óptimo de muestra solo para las estaciones 1 y 2 que se encuentran en el área de sedimentación del centro de cultivo es posible recolectar 2 muestras para lograr un estimador confiable. Para el resto de las estaciones, debido a la variabilidad de la información, se requiere



recolectar entre 10 y 48 muestras para obtener el valor verdadero (**Anexo 13**, Tabla 13.10).

El pH en las tres estaciones ubicadas en el área de sedimentación del módulo de cultivo con máxima biomasa se encuentra entre 6,4 y 8,6 (**Anexo 9**; Tabla 9.2, Figura 9.2; **Anexo 10**, Tabla 10.30), estimaciones que no difieren entre si ($H=3,22$, $p = 0,1992$), siendo la estación 2 la que presenta una mayor concentración de protones.

En las estaciones de referencia se encontraron valores de pH de 6,8 y 7,1 (**Anexo 9**; Figura 9.3), los cuales difieren significativamente entre si ($H=4,09$, $p = 0,0431$).

Al analizar las mediciones de la pH registrados en los tres puntos de muestreo ubicados en el área de sedimentación del módulo de cultivo con máxima biomasa comparadas con las estimaciones registradas en las dos estaciones de referencia, se encontró que no existen diferencias significativas ($H = 8,36$; $p = 0,0790$).

El tamaño muestral, utilizando el criterio del coeficiente de variación, indicó que solo para las estaciones 1 ubicada en el área de sedimentación del centro de cultivo es necesario recolectar 10 muestras para obtener un valor verdadero de esta variable. El resto de las estaciones, debido a la poca variabilidad de la información obtenida, se requiere recolectar menos de 3 muestras para lograr una estimación confiable del pH (**Anexo 13**, Tabla 13.14).

El número total de especies bentónicas (**Anexo 18**, Tabla 10.31) encontradas en la estación 1 varió entre 3 y 6 y su media fue de 4 (± 2), en tanto que el número total varió entre 1220 y 3300 individuos con una media de 2423 (± 1078). Entre las más abundantes se encontraban *Tubifex sp.* (58%), *Piscicola sp.* (16%) y un organismo indeterminado de la familia *Chironomidae* (15,9%). En la estación 2,



se encontró entre 3 y 6 con una media de 5 (± 2) especies y un rango en el número de individuos de 4970 y 6000, con una media de 5430 (± 524) individuos. Las más abundantes fueron *Tubifex sp.* (75,1%) y un organismo indeterminado de la familia *Chironomidae* (17,5%). Para la estación 3, el rango del número de especies fue de 9 y 10 y el promedio 10 (± 1), mientras que el número de individuos varió entre 1110 y 3600, con una media de de 2417 (± 1309), encontrándose entre las más abundantes, *Piscicola sp.* (21,6%), *Tubifex sp.* (20,5%), *Pissidium sp.* (11,9%) y *Nais pardalis* (11,3%).

En la estación de referencia 1 el número de especies encontradas varió entre 3 y 7 y la media fue de 5 (± 2), en cuanto al número de individuos el rango fue de 820 y 1750 y su promedio de 1240 (± 471), siendo las más abundantes, una especie indeterminada de la familia *Chironomidae* (41,2%), *Tubifex sp.* (29,3%) y *Glossiphonia sp.* (22,1%). Para la estación de referencia 2 el número total de especies varió entre 2 y 6, que en promedio representaron 4 (± 2) especies, en tanto que el rango del número de individuos fue de 910 y 2410 con una media de 1517 (± 790), siendo las más abundantes *Tubifex sp.* (57,3%), *Glossiphonia sp.* (18,9%), *Pissidium sp.* (10,5%) y *Neolepton sp.* (9,2%).

La estimación de diversidad según Shannon-Wiener (**Anexo 11**, Tabla 11.3) mostró un rango entre valores bajos (0,90) y valores intermedios (1,71), aunque en general estuvieron cercanos a valores mas bien bajos (entre 1 y 2 bits por individuo), reflejando las grandes diferencias espaciales en la riqueza de especies y en la distribución del número de individuos por especie. Los índices de Gleason y Menhinick variaron entre 0,39 a 3,28 y 0,04 a 0,31, respectivamente.

Al evaluar el comportamiento del índice de Shannon-Wiener (**Anexo 12**, Tabla 12.3) utilizando una correlación de Spearman se encontró que para la estación 1 Shannon-Wiener : Gleason ($r = 1$; $p = << 0,05$), Shannon-Wiener : Menhinick



($r=0,500$; $p=0,666$), para la estación 2 Shannon-Wiener : Gleason ($r = -0,500$; $p = 0,666$), Shannon-Wiener : Menhinick ($r = -0,500$; $p = 0,666$) y para la estación 3 Shannon-Wiener : Gleason ($r = 1$; $p = <<0,05$), Shannon-Wiener : Menhinick ($r = 0,500$, $p = 0,666$). Al analizar los datos obtenidos se observa que en el caso de la estación 1 y 3 existe correlación significativa entre Shannon-Wiener y Gleason, variando por tanto respecto a la riqueza de especies, en cambio para el caso de la estación 2 el análisis refleja que no existe correlación entre Shannon-Wiener y los índices de diversidad de Gleason y Menhinick.

En cuanto a la estación de referencia 1 las correlaciones de Shannon-Wiener : Gleason ($r = 0,5$; $p = 0,666$), Shannon-Wiener : Menhinick ($r = 1,00$; $p = <<0,05$) y para la estación de referencia 2 Shannon-Wiener : Gleason ($r = 1,00$; $p = <<0,05$), Shannon-Wiener : Menhinick ($r = ,500$; $p = 0,666$). Al efectuar el análisis de los resultados se puede observar que en la estación de referencia 1 existe correlación significativa entre Shannon-Wiener y Menhinick variando por tanto respecto a la abundancia numérica siendo el caso contrario la estación referencia 2 existiendo correlación significativa entre Shannon-Wiener y Gleason, variando por tanto respecto a la riqueza de especies

Centro autorizado para cultivar ostras

Este centro de cultivo pertenece a la empresa Pesquera Apiao y se encuentra ubicado en Rilán, comuna de Castro (**Anexo 2**; Tabla 2.8; Figura 2.9; **Anexo 18**, Tabla10.35). Su actividad comercial está centrada en la producción de ostras y su nivel de producción máximo proyectado se encuentra sobre las 750 toneladas/ año.



Presenta fondo blando y la profundidad máxima es de 32 m (**Anexo 3**; Figura 3.9), sin embargo, gran parte del área corresponde a profundidades entre 12 y 28 metros. El nivel de oxígeno fluctuó entre 0,41 y 0,15 mL/L.

La Correntimetría (**Anexo 4**; Figuras 4.17, 4.18) indicó una velocidad predominante en un 45,3% entre 5,1 y 10 cm/s y una dirección predominante hacia el SW entre los 202,5° y los 247,4°.

La granulometría en las tres estaciones ubicadas en el área de sedimentación del módulo de cultivo con máxima biomasa se encuentra dominado por arena gruesa, arena media y arena fina (**Anexo 5**, Figura 5.20, 5.21, 5.22, 5.23, 5.24; **Anexo 6**; Tabla 6.17, 6.18, 6.19, 6.20, 6.21; **Anexo 10**, Tabla 10.36).

Para la estación 1 se encontró un 17,0% \pm 2,38 desv. estándar (CV = 0,13) de arena gruesa, un 52,8% \pm 2,45 desv. estándar (CV = 0,04) de arena media y un 24,8% \pm 2,45 desv. estándar (CV = 0,09) de arena fina. Al calificar la distribución de tamaños de los granos utilizando el cuartil 25 (1,09), mediana (1,56) y cuartil 75 (2,03), la muestra contenía en 25% del tamaño de los granos por debajo de 1,09 phi y un 25% del tamaño de los granos por sobre 2,03 phi. Por otro lado, la curtosis da cuenta de un sedimento platicúrtico cuyo valor es de 0,73, con granos finos fuertemente asimétricos cuyo valor es 1,43.

En la estación 2 se encontró un 19,3% \pm 0,98 desv. estándar (CV = 0,05) de arena gruesa, un 57,7% \pm 0,85 desv. estándar (CV = 0,04) de arena media y un 18,8% \pm 0,85 desv. estándar (CV = 0,04) de arena fina. Al calificar la distribución de tamaños de los granos utilizando el cuartil 25 (1,04), mediana (1,47) y cuartil 75 (1,90), la muestra contenía en 25% del tamaño de los granos por debajo de 1,04 phi y un 25% del tamaño de los granos por sobre 1,90 phi. Por otro lado, la



curtosis da cuenta de un sedimento platicurtico cuyo valor es de 0,73, con granos finos fuertemente asimétricos cuyo valor es 1,47.

Finalmente, en la estación 3 se encontró un $16,4\% \pm 0,5$ desv. estándar (CV = 0,03) de arena gruesa, un $52,1\% \pm 4,15$ desv. estándar (CV = 0,07) de arena media y un $26,4\% \pm 4,15$ desv. estándar (CV = 0,15) de arena fina. Al calificar la distribución de tamaños de los granos utilizando el cuartil 25 (1,10), mediana (1,58) y cuartil 75 (2,06), la muestra contenía en 25% del tamaño de los granos por debajo de 1,10 phi y un 25% del tamaño de los granos por sobre 2,06 phi. Por otro lado, la curtosis da cuenta de un sedimento platicurtico cuyo valor es de 0,73, con granos finos fuertemente asimétricos cuyo valor es 1,43.

En cuanto a las estaciones de muestreo de referencia, la granulometría estaba dominada por arena gruesa, arena media y arena fina. En la estación de referencia 1 se encontró un $17,4\% \pm 0,47$ desv. estándar (CV = 0,02) de arena gruesa, un $54,1\% \pm 5,02$ desv. estándar (CV = 0,09) de arena media y un $16,6\% \pm 5,02$ desv. estándar (CV = 0,30) de arena fina. Al calificar la distribución de tamaños de los granos utilizando el cuartil 25 (0,94), mediana (1,40) y cuartil 75 (1,87), la muestra contenía en 25% del tamaño de los granos por debajo de 0,94 phi y un 25% del tamaño de los granos por sobre 1,87 phi. Por otro lado, la curtosis da cuenta de un sedimento platicurtico cuyo valor es de 0,73, con granos finos fuertemente asimétricos cuyo valor es 1,31.

En cambio, en la estación de referencia 2 se encontró un $32,0\% \pm 0,86$ desv. estándar (CV = 0,02) de arena media y un $57,3\% \pm 0,68$ desv. estándar (CV = 0,01) de arena fina. Al calificar la distribución de tamaños de los granos utilizando el cuartil 25 (1,77), mediana (2,21) y cuartil 75 (2,64), la muestra contenía en 25% del tamaño de los granos por debajo de 1,77 phi y un 25% del tamaño de los granos por sobre



2,64 phi. Por otro lado, la curtosis da cuenta de un sedimento platicúrtico cuyo valor es de 0,73, con granos finos fuertemente asimétricos cuyo valor es 2,19.

El contenido de materia orgánica en las tres estaciones ubicadas en el área de sedimentación del módulo de cultivo con máxima biomasa se encuentra entre 0,89% y 1,24% (**Anexo 7**; Figura 7.14; **Anexo 10**, Tabla 10.37), al comparar las distribuciones de estos valores se aprecia que no existen diferencias significativas entre los sitios de muestreo (Kruskal-Wallis; $H = 0,80$ $p = 0,6703$), siendo la estación 3, la que presenta el mayor contenido de materia orgánica.

En las estaciones de referencia se encontró valores de materia orgánica de 0,98% y 1,31% (**Anexo 7**; Figura 7.15), siendo estos valores significativamente diferentes ($H = 3,85$, $p = 0,0495$).

Al analizar las mediciones de la variable registradas en los tres puntos de muestreo ubicados en el área de sedimentación del módulo de cultivo con máxima biomasa comparadas con las estimaciones registradas en las dos estaciones de referencia, se encontró que estas no difieren significativamente ($H = 5,56$; $p = 0,2340$).

El tamaño muestral, utilizando el criterio del coeficiente de variación, indicó que para las estaciones 2 y 3 se requiere recolectar 10 y 12 muestras, respectivamente, para obtener un estimador con una confiabilidad de 0,05 según los criterios definidos, al contrario del resto de las estaciones, para las cuales se requiere menos de tres réplicas (**Anexo 13**, Tabla 13.7).

El potencial redox en las tres estaciones ubicadas en el área de sedimentación del módulo de cultivo con máxima biomasa se encuentra entre 314,2 mV y 389,4 mV (**Anexo 8**; Tabla 8.3; Figura 8.4; **Anexo 10**, Tabla 10.38). Al comparar las distribuciones de estos valores se aprecia que no existen diferencias significativas



entre los sitios de muestreo (Kruskal-Wallis; $H = 1,68$, $p = 0,429$), siendo la estación 1 la que presenta mayor contenido de compuestos químicos reducidos.

En las estaciones de referencia se encontraron valores de potencial redox de 311,7 mV y 350,5 mV (**Anexo 8**; Figura 8.5), valores que no difieren significativamente ($H=0,0$, $p = 1,0$).

Del mismo modo, las mediciones de potencial redox registradas en los tres puntos de muestreo ubicados en el área de sedimentación del módulo de cultivo con máxima biomasa comparadas con las estimaciones registradas en las dos estaciones de referencia, no presentan diferencias significativas ($H=4,31$; $p=0,3649$).

El tamaño muestral, utilizando el criterio del coeficiente de variación, indicó que solo para la estación 2 que se encuentra en el área de sedimentación del centro de cultivo, es necesario recolectar 5 muestras para obtener un estimador confiable. El resto de las estaciones, debido a la poca variabilidad de la información obtenida, se requiere recolectar menos de 3 muestras para obtener un estimador con una confiabilidad de 0,05 del potencial redox (**Anexo 13**, Tabla 13.11)

El pH en las tres estaciones ubicadas en el área de sedimentación del módulo de cultivo con máxima biomasa se encuentra entre 7,4 y 7,6 (**Anexo 9**; Tabla 9.3, Figura 9.4; **Anexo 10**, Tabla 10.38). Al comparar las distribuciones de estos valores se aprecia que no existen diferencias significativas entre los sitios de muestreo (Kruskal-Wallis; $H = 4,50$, $p = 0,1054$).

En las estaciones de referencia se encontraron valores de pH de 7,3 y 7,5 (**Anexo 9**; Figura 9.5).



Del mismo modo, las mediciones de pH registrados en los tres puntos de muestreo ubicados en el área de sedimentación del módulo de cultivo con máxima biomasa comparadas con las estimaciones registradas en las dos estaciones de referencia, se encontró que no existen diferencias significativas ($H=3,98$; $p=0,4079$).

El tamaño muestral, utilizando el criterio del coeficiente de variación, indicó que para las 3 estaciones ubicadas en el área de sedimentación del centro de cultivo junto con las dos estaciones de referencia es necesario recolectar 1 muestra para obtener un estimador confiable (**Anexo 13**, Tabla 13.15).

El número total de especies bentónicas (**Anexo 10**, Tabla 10.39) encontradas en la estación 1 el varió entre 14 y 22, con un valor promedio de 18 (± 4) y el número total de individuos varió entre 2.730 y 4.170, con un valor promedio de 3480 (± 722), las especies más abundantes fueron ***Neolepton sp.*** (30,2%), ***Lunucula pisum*** (22,5%) y ***Daphnia pulex*** (15%). En la estación 2, el número de especies varió entre 7 y 21, con un valor promedio de 14 (± 7) y el número total de individuos varió entre 230 y 2570, con un valor promedio de 1190 (± 1225), siendo las más abundantes, ***Lunucula pisum*** (26,2%), ***Prionospio crensanzi*** (15,6%), ***Ostracodo sp2.*** (10,9%) y ***Neolepton sp.*** (8,1%). Para la estación 3, el número de especies encontradas varió entre 4 y 17 con un valor promedio de 12 (± 7) y el número de individuos varió entre 100 y 1520 con un valor promedio de 777 (± 712), siendo las especies más abundantes, ***Lunucula pisum*** (24,8%), ***Mytilus chilensis*** (12,1%), ***Trivisia*** (7%) y una especie no determinada de la familia *Maldanidae* (5,2%).

En la estación de referencia 1 el número de especies encontradas varió entre 23 y 27 con un valor promedio de 24 (± 2) y el número de individuos varió entre 4.560 y 6.150 con un valor promedio de 5260 (± 812), siendo las más abundantes, ***Lunucula pisum*** (24,6%), ***Ostracodo sp2*** (12%), ***Prionospio crensanzi*** (9,1%) y



Ophelia sp (9,1%). Para la estación de referencia 2 el número total de especies encontradas varió entre 17 y 22 con un valor promedio de 19 (± 3) y el número de individuos varió entre 1.270 y 4.120 con un valor promedio de 2.443 (± 1490), siendo las más abundantes ***Lunucula pisum*** (9%), ***Neolepton sp*** (7,4%) y ***Ostracodo sp2*** (6,7%) y ***Neolepton sp.*** (9,2).

Las estimaciones de diversidad según Shannon-Wiener (**Anexo 11**, Tabla 11.4) mostraron un rango de valores intermedios entre 1,72 y 3,85, con valores intermedios de 3,07, aunque en general estuvieron alrededor 2-3,5 bits por individuo, reflejando diferencias espaciales en la riqueza de especies y en la distribución del número de individuos por especie. Los índices de Gleason y Menhinick variaron entre 2,45 a 6,55 y 0,27 a 0,56, respectivamente.

Al contrastar las variaciones del índice de Shannon-Wiener (**Anexo 12**, Tabla 12.4) con las estimaciones de los otros índices usados mediante una correlación no paramétrica de Spearman se encontró que para la estación 1 Shannon-Wiener : Gleason ($r = 0,500$; $p = 0,666$), Shannon-Wiener : Menhinick ($r = 0,500$; $p = 0,66$), estación 2 Shannon-Wiener : Gleason ($r = 1$; $p = <<0,05$) y Shannon-Wiener : Menhinick ($r = -0,5$; $p = 0,666$) y para la estación 3 Shannon-Wiener : Gleason ($r = 1$; $p = <<0,05$) y Shannon-Wiener : Menhinick ($r = 1$; $p = <<0,05$), indicando en caso de la estación 1 la no correlación entre el índice de Shannon-Wiener y los índices de Gleason y Menhinick., caso contrario a lo observado en la estación 3 donde Shannon-Wiener varía significativamente tanto como consecuencia de variaciones de la riqueza de especies como variaciones de la abundancia numérica. La estación 2 correlaciona significativamente a Shannon-Wiener y Gleason.

En cuanto a la estación de referencia 1 las correlaciones de Shannon-Wiener: Gleason ($r = 0,500$; $p = 0,666$), Shannon-Wiener : Menhinick ($r = 0,500$; $p = 0,666$)



y para la estación de referencia 2 Shannon-Wiener : Gleason ($r = 0,500$; $p = 0,666$) y Shannon-Wiener: Menhinick ($r = -1,000$; $p = <<0,05$), mostrando que en la estación de referencia 1 no se correlacionan significativamente. Respecto a la estación de referencia 2 existe una correlación inversa entre Shannon-Wiener: Menhinick.

Centro autorizado para cultivar salmones

Este centro de cultivo pertenece a la empresa Marine Harvest Chile S.A. y se encuentra ubicado en Teliupta, Comuna de Quemchi (**Anexo 2**; Tabla 2.9; Figura 2.10; **Anexo 10**; Tabla 10.42). Su actividad comercial está centrada en el cultivo de salmones y su nivel de producción máximo proyectado se encuentra sobre las 750 toneladas/año.

Presenta fondo blando y la profundidad máxima es de 100 m (**Anexo 3**; Figura 3.10), sin embargo, gran parte del área corresponde a profundidades entre 10 y 50 metros. El nivel de oxígeno en la columna de agua fluctuó entre 0,41 y 0,26 mL/L entre 10 y 42 m de profundidad.

La Correntometría (**Anexo 4**; Figuras 4.19, 4.20; **Anexo 10**, Tabla 10.47) indica una velocidad predominante de las corrientes de 10 cm/s y una dirección predominante hacia el SW entre los 180° y los 270°.

La granulometría en las tres estaciones ubicadas en el área de sedimentación del módulo de cultivo con máxima biomasa se encuentra dominada por arena gruesa, arena media, arena fina y arena muy fina (**Anexo 5**, Figura 5.25, 5.26, 5.27, 5.28, 5.29; **Anexo 6**; Tabla 6.22, 6.23, 6.24, 6.25, 6.26; **Anexo 10**, Tabla 10.43).



Para la estación 1 se encontró un $36,4\% \pm 1,66$ desv. estándar ($CV = 0,04$) de arena media y un $54,6\% \pm 1,66$ desv. estándar ($CV = 0,03$) de arena fina. Al calificar la distribución de tamaños de los granos utilizando el cuartil 25 (1,68), mediana (2,14) y cuartil 75 (2,59), la muestra contenía en 25% del tamaño de los granos por debajo de 1,68 phi y un 25% del tamaño de los granos por sobre 2,59 phi. Por otro lado, la curtosis da cuenta de un sedimento platicurtico cuyo valor es de 0,73, con granos finos fuertemente asimétricos cuyo valor es 2,02.

En la estación 2 se encontró un $8,3\% \pm 1,49$ desv. estándar ($CV = 0,17$) de arena gruesa, un $45,4\% \pm 0,46$ desv. estándar ($CV = 0,01$) de arena media y un $42,8\% \pm 0,46$ desv. estándar ($CV = 0,01$) de arena fina. Al calificar la distribución de tamaños de los granos utilizando el cuartil 25 (1,34), mediana (1,89) y cuartil 75 (2,44), la muestra contenía en 25% del tamaño de los granos por debajo de 1,34 phi y un 25% del tamaño de los granos por sobre 2,44 phi. Por otro lado, la curtosis da cuenta de un sedimento platicurtico cuyo valor es de 0,73, con granos finos fuertemente asimétricos cuyo valor es 1,49.

Finalmente, en la estación 3 se encontró un $23,2\% \pm 2,22$ desv. estándar ($CV = 0,09$) de arena media, un $54,5\% \pm 2,22$ desv. estándar ($CV = 0,04$) de arena fina y un $11,3\% \pm 1,85$ desv. estándar ($CV = 0,16$) de arena muy fina. Al calificar la distribución de tamaños de los granos utilizando el cuartil 25 (1,91), mediana (2,37) y cuartil 75 (2,82), la muestra contenía en 25% del tamaño de los granos por debajo de 1,91 phi y un 25% del tamaño de los granos por sobre 2,82 phi. Por otro lado, la curtosis da cuenta de un sedimento platicurtico cuyo valor es de 0,73, con granos finos fuertemente asimétricos cuyo valor es 2,24.

En cuanto a las estaciones de muestreo de referencia, la granulometría estaba dominada por arena muy gruesa, arena gruesa, arena media y arena muy fina. En la estación de referencia 1 se encontró un $11,5\% \pm 2,20$ desv. estándar ($CV =$



0,19) de arena gruesa, un $37,2\% \pm 4,76$ desv. estándar ($CV = 0,12$) de arena media y un $39,2\% \pm 4,76$ desv. estándar ($CV = 0,12$) de arena fina. Al calificar la distribución de tamaños de los granos utilizando el cuartil 25 (1,13), mediana (1,82) y cuartil 75 (2,48), la muestra contenía en 25% del tamaño de los granos por debajo de 1,13 phi y un 25% del tamaño de los granos por sobre 2,48 phi. Por otro lado, la curtosis da cuenta de un sedimento platicurtico cuyo valor es de 0,73, con granos finos fuertemente asimétricos cuyo valor es 1,16.

En cambio, en la estación de referencia 2 se encontró un $26,1\% \pm 2,35$ desv. estándar ($CV = 0,09$) de arena muy gruesa, un $17,0\% \pm 0,98$ desv. estándar ($CV = 0,05$) de arena media y un $42,9\% \pm 0,98$ desv. estándar ($CV = 0,02$) de arena fina. Al calificar la distribución de tamaños de los granos utilizando el cuartil 25 (0,52), mediana (1,99) y cuartil 75 (3,46), la muestra contenía en 25% del tamaño de los granos por debajo de 0,52 phi y un 25% del tamaño de los granos por sobre 3,46 phi. Por otro lado, la curtosis da cuenta de un sedimento platicurtico cuyo valor es de 0,73, con granos finos fuertemente asimétricos cuyo valor es 0,58.

El contenido de materia orgánica en las tres estaciones ubicadas en el área de sedimentación del módulo de cultivo con máxima biomasa se encuentra entre 1,23 y 3,91% (**Anexo 7**, Figura 7.16; **Anexo 10**, Tabla 10,44). Al comparar las distribuciones de estos valores se aprecia que existen diferencias significativas entre los sitios de muestreo (Kruskal-Wallis; $H = 7,20$ $p = 0,0273$), siendo la estación 3, la que presenta mayor contenido de materia orgánica.

En las estaciones de referencia se encontraron valores de materia orgánica de 0,68% y 1,35% (**Anexo 7**, Figura 7.17), encontrándose que estos valores difieren significativamente entre si ($H = 3,85$, $p = 0,0495$).



Del mismo modo, las mediciones registradas en los tres puntos de muestreo ubicados en el área de sedimentación del módulo de cultivo con máxima biomasa comparadas con las estimaciones registradas en las dos estaciones de referencia, son significativamente diferentes ($H = 12,90$; $p = 0,0118$).

El tamaño muestral, utilizando el criterio del coeficiente de variación, indicó que para la estación 3 se requiere recolectar 10 y para la estación de referencia 2 se requiere analizar un mínimo de 13 muestras para obtener un estimador confiable del contenido de materia orgánica, en las demás estaciones sólo es suficiente recolectar hasta 3 muestras para obtener un valor confiable, según la confiabilidad definida. (**Anexo 13**, Tabla 13.8).

El potencial redox en las tres estaciones ubicadas en el área de sedimentación del módulo de cultivo con máxima biomasa se encuentra entre $-213,4$ mV y 64 mV (**Anexo 8**; Tabla 8.4; Figura 8.6; Anexo 10, Tabla 10.45). Al comparar las distribuciones de estos valores se aprecia que existen diferencias significativas entre los sitios de muestreo (Kruskal-Wallis; $H = 6,48$, $p = 0,0390$), siendo la estación 1, la que presenta mayor contenido de compuestos químicos reducidos.

En las estaciones de referencia se encontraron valores de potencial redox de $-16,3$ mV y $70,8$ mV (**Anexo 8**, Figura 8.7), encontrándose que éstos no difieren significativamente ($H = 1,19$, $p = 0,2752$).

Al analizar las mediciones de potencial redox registradas en los tres puntos de muestreo ubicados en el área de sedimentación del módulo de cultivo con máxima biomasa comparadas con las estimaciones registradas en las dos estaciones de referencia, se encontró que existen diferencias significativas ($H = 10,96$; $p=0,027$).



El tamaño muestral, utilizando el criterio del coeficiente de variación, indicó que tanto para las estaciones que se encuentran en el área de sedimentación del centro de cultivo como en las estaciones de referencia es necesario recolectar un número muy superior a las tres muestras recolectadas. En la estación de referencia 1 debido a la alta dispersión de los valores obtenidos es necesario recolectar a lo menos 37.690 muestras para lograr una confiabilidad de 0,05 (**Anexo 13**, Tabla 13.12).

El pH en las tres estaciones ubicadas en el área de sedimentación del módulo de cultivo con máxima biomasa se encuentra entre 7,2 y 8,5 (**Anexo 9**; Tabla 9.4; Figura 9.6; **Anexo 10**, Tabla 10.45). Al comparar las distribuciones de estos valores se aprecia que no existen diferencias significativas entre los sitios de muestreo (Kruskal-Wallis; $H = 4,18$, $p = 0,1235$).

En las estaciones de referencia se encontraron valores de pH de 7,2 a 7,5 (**Anexo 9**; Figura 9.7).

Del mismo modo, las mediciones de pH registrados en los tres puntos de muestreo ubicados en el área de sedimentación del módulo de cultivo con máxima biomasa comparadas con las estimaciones registradas en las dos estaciones de referencia, no presentan diferencias significativas ($H = 7,22$; $p = 0,1246$).

El tamaño muestral, utilizando el criterio del coeficiente de variación, indicó que para las 3 estaciones ubicadas en el área de sedimentación del centro de cultivo junto con las dos estaciones de referencia es necesario recolectar un máximo de 2 muestras para obtener el valor verdadero de este parámetro (**Anexo 13**, Tabla 13.16).

El número total de especies bentónicas (**Anexo 10**, Tabla 10,46) encontradas en la estación 1 varió entre 3 y 7 con un valor promedio de 5 (± 2) y el número total de



individuos varió entre 150 y 570 con un valor promedio de 373 (± 211), entre las más abundantes se encontraba *Capitella capitata* (65,8%), *Nassarius dentifer* (10,4%), *Nassarius gagy* (7,1%) y una especie no determinada de la familia *Dorvilleidae* (6,7%). En la estación 2, se encontró que el número de especies varió entre 4 y 8 con un valor promedio de 6 (± 2) y el número total de individuos varió entre 260 y 1940 con un valor promedio de 833 (± 959), siendo las más abundantes, *Capitella capitata* (64,8%), *Nassarius dentifer* (23,2%) y *Anfipodax* (5,1%). Para la estación 3, el número de especies encontradas varió entre 1 y 5 con un valor promedio de 3 (± 2) y el número de individuos varió entre 510 y 1.670 con un valor promedio de 1.250 (± 643), encontrándose entre las más abundantes, *Capitella capitata* (87,1%) y *Nassarius dentifer* (10,4%).

En la estación de referencia 1 el número de especies encontradas varió entre 9 y 19 con un valor promedio de 14 (± 5) y el número de individuos varió entre 320 y 1.280 con un valor promedio de 920 (± 523), siendo las más abundantes, *Nassarius dentifer* (26,9%), una especie no determinada de la familia *Paraonidae* (17,7%), *Lumbrineris sp.* (8,8%) y *Cirratulus cirratus* (7,3%). Para la estación de referencia 2 el número total de especies encontradas varió entre 12 y 16 con un valor promedio de 14 (± 2) y el número de individuos varió entre 360 y 870 con un valor promedio de 533 (± 292), siendo las más abundantes *Lumbrineris sp.* (17,9%), *Nassarius dentifer* (16,1%), *Prionospio crensanzi* (12,5%) y una especie no determinada de la familia *Paraonidae* (7,7%).

Las estimaciones de diversidad según Shannon-Wiener (**Anexo 11**, Tabla 11.5) mostraron un rango entre 0,00 y valores intermedios (1,87), aunque en general estuvieron alrededor de valores más bien bajos (entre 1-2 bits por individuo), reflejando grandes diferencias espaciales en la riqueza de especies y el número de individuos por especie. Los índices de Gleason y Menhinick variaron entre 1,25 a 6,11 y 0,04 a 0,63, respectivamente.



Al evaluar el comportamiento del índice de Shannon-Wiener (**Anexo 12**, Tabla 12.5) utilizando una correlación de Spearman se encontró que para la estación 1 Shannon-Wiener : Gleason ($r = 1$, $p = <<0,05$), Shannon-Wiener : Menhinick ($r = 0,500$; $p=0,666$), para la estación 2 Shannon-Wiener : Gleason ($r = 1$; $p = <<0,05$), Shannon-Wiener : Menhinick ($r = -0,5$; $p = 0,666$) y para la estación 3 Shannon-Wiener : Gleason ($r = 1$; $p = <<0,05$), Shannon-Wiener : Menhinick ($r = 1$; $p = <<0,05$). En cuanto a la estación de referencia 1 las correlaciones de Shannon-Wiener : Gleason ($r = 1$; $p = <<0,05$), Shannon-Wiener : Menhinick ($r = 0,500$; $p = 0,666$) y para la estación de referencia 2 las correlaciones de Shannon-Wiener : Gleason ($r= 1$; $p = <<0,05$) y Shannon-Wiener : Menhinick ($r = 1,00$ $p = <<0,05$), resultados que muestran que las variaciones de índice de Shannon-Wiener en las estaciones 1, 2 y referencia 1 se encuentran en función de las variaciones de la riqueza de especies y en el caso de la estación 3 y referencia 2 existe correlación significativa tanto para la variaciones de la riqueza de especies como el número de individuos.

Centro autorizado para cultivar choritos

Este centro de cultivo pertenece a la empresa Toralla y se encuentra ubicado en Punta Huenao, Comuna de Curaco de Velez (**Anexo 10**, Tabla 10.50). Su actividad comercial está centrada en el cultivo de chorito y su nivel de producción máximo sobre las 750 toneladas/año.

Presenta fondo blando y la profundidad máxima es de 35 m (**Anexo 3**; Figura 3.11), sin embargo, gran parte del área se encuentra entre los 15 y 30 metros. El nivel de oxígeno en la columna de agua varió entre 4,5 a 9,6 mL/L entre los 10 y 34 m de profundidad.



La correntometría (**Anexo 4**; Figuras 4.21, 4.22; **Anexo 10**, Tabla 10.47) indica una velocidad predominante de las corrientes que fluctúa entre 5 y 10 cm/s y una dirección predominante hacia el SW entre los 260° y los 300°.

La granulometría en las tres estaciones ubicadas en el área de sedimentación del módulo de cultivo con máxima biomasa se encuentra dominada por arena gruesa, arena media, arena fina y arena muy fina (**Anexo 5**, Figura 5.30, 5.31, 5.32, 5.33, 5.34; **Anexo 6**, Tabla 6.27, 6.28, 6.29, 6.30, 6.31; **Anexo 10**, Tabla 10.51).

Para la estación 1 se encontró un 24,9% \pm 5,25 desv. estándar (CV = 0,21) de arena media, 34,4% \pm 2,94 desv. estándar (CV = 0,098) de arena fina, , 22,8% \pm 3,23 desv. estándar (CV = 0,14) de arena muy fina y un 15,2% \pm 8,95 desv. estándar (CV = 0,58) de fango. Al calificar la distribución de tamaños de los granos utilizando el cuartil 25 (1,93), mediana (2,66) y cuartil 75 (3,38), la muestra contenía en 25% del tamaño de los granos por debajo de 1,93 phi y un 25% del tamaño de los granos por sobre 3,38 phi. Por otro lado, la curtosis da cuenta de un sedimento platicurtico cuyo valor es de 0,73, con granos finos fuertemente asimétricos cuyo valor es 1,58.

En la estación 2 se encontró un 10,9% \pm 1,34 desv. estándar (CV = 0,12) de arena fina, 60,9% \pm 6,80 desv. estándar (CV = 0,11) de arena muy fina y un 22,4% \pm 6,13 desv. estándar (CV = 0,27) de fango. Al calificar la distribución de tamaños de los granos utilizando el cuartil 25 (3,14), mediana (3,55) y cuartil 75 (3,96), la muestra contenía en 25% del tamaño de los granos por debajo de 3,14 phi y un 25% del tamaño de los granos por sobre 3,96 phi. Por otro lado, la curtosis da cuenta de un sedimento platicurtico cuyo valor es de 0,73, con granos finos fuertemente asimétricos cuyo valor es 3,75.



Finalmente, en la estación 3 se encontró un $51,4\% \pm 11,15$ desv. estándar ($CV = 0,21$) de arena muy fina y un $38,2\% \pm 13,17$ desv. estándar ($CV = 0,34$) de fango. Al calificar la distribución de tamaños de los granos utilizando el cuartil 25 (3,29), mediana (3,77) y cuartil 75 (4,26), la muestra contenía en 25% del tamaño de los granos por debajo de 3,29 phi y un 25% del tamaño de los granos por sobre 4,26 phi. Por otro lado, la curtosis da cuenta de un sedimento platicurtico cuyo valor es de 0,73, con granos finos fuertemente asimétricos cuyo valor es 3,36.

En cuanto a las estaciones de muestreo de referencia, la granulometría estaba dominada por arena muy gruesa, arena gruesa, arena media y arena muy fina. En la estación de referencia 1 se encontró un $32,5\% \pm 0,64$ desv. estándar ($CV = 0,02$) de arena media, $38,6\% \pm 1,07$ desv. estándar ($CV = 0,02$) de arena fina, y un $12,3\% \pm 1,11$ desv. estándar ($CV = 0,09$) de arena muy fina. Al calificar la distribución de tamaños de los granos utilizando el cuartil 25 (1,50), mediana (2,15) y cuartil 75 (2,79), la muestra contenía en 25% del tamaño de los granos por debajo de 1,50 phi y un 25% del tamaño de los granos por sobre 2,79 phi. Por otro lado, la curtosis da cuenta de un sedimento platicurtico cuyo valor es de 0,73, con granos finos fuertemente asimétricos cuyo valor es 1,43.

En cambio, en la estación de referencia 2 se encontró un $20,4\% \pm 3,19$ desv. estándar ($CV = 0,15$) de arena gruesa, $34,9\% \pm 3,97$ desv. estándar ($CV = 0,11$) de arena media y un $21,1\% \pm 4,57$ desv. estándar ($CV = 0,21$) de arena. Al calificar la distribución de tamaños de los granos utilizando el cuartil 25 (0,85), mediana (1,56) y cuartil 75 (2,28), la muestra contenía en 25% del tamaño de los granos por debajo de 0,85 phi y un 25% del tamaño de los granos por sobre 2,28 phi. Por otro lado, la curtosis da cuenta de un sedimento platicurtico cuyo valor es de 0,73, con granos finos fuertemente asimétricos cuyo valor es 0,94.

El contenido de materia orgánica en las tres estaciones ubicadas en el área de sedimentación del módulo de cultivo con máxima biomasa se encuentra entre



1,99% y 2,55% (**Anexo 7**; Figura 7.18; **Anexo 10**, Tabla 10.52), concentraciones que no difieren significativamente ($H = 3,31$; $p = 0,1905$), siendo la estación 3 la que presenta el mayor contenido.

En las estaciones de referencia se encontraron valores de materia orgánica de 1,31% y 1,50% (**Anexo 7**; Figura 7.19), los cuales no difieren significativamente ($H=0,78$; $p = 0,3758$).

Las mediciones de la variable registradas en los tres puntos de muestreo ubicados en el área de sedimentación del módulo de cultivo con máxima biomasa comparadas con las estimaciones registradas en las dos estaciones de referencia, son significativamente diferentes ($H = 11,53$; $p = 0,0212$).

El tamaño óptimo de muestra, según el coeficiente de variación, muestra que con sólo una réplica por punto de muestreo es suficiente para obtener una estimación confiable del contenido de materia orgánica (**Anexo 13**, Tabla 13.9).

El potencial redox en las tres estaciones ubicadas en el área de sedimentación del módulo de cultivo con máxima biomasa se encuentra entre 84,2 mV y 141,7 mV (**Anexo 8**; Tabla 8.5, Figura 8.8; **Anexo 10**, Tabla 10.53). Al comparar las distribuciones de estos valores se aprecia que no existen diferencias significativas entre los sitios de muestreo (Kruskal-Wallis; $H = 3,82$, $p = 0,1479$), siendo la estación 3, la que presentó el valor mayor.

En las estaciones de referencia se encontraron valores de potencial redox de 104,8 mV y 293,4 mV (**Anexo 8**, Figura 8.9), encontrándose que éstos difieren significativamente ($H = 3,85$, $p = 0,0495$).

Al analizar las mediciones de potencial redox registradas en los tres puntos de muestreo ubicados en el área de sedimentación del módulo de cultivo con máxima



biomasa comparadas con las estimaciones registradas en las dos estaciones de referencia, se encontró que existen diferencias significativas ($H=9,76$; $p = 0,0446$).

El tamaño muestral, utilizando el criterio del coeficiente de variación, indicó que tanto para las estaciones que se encuentran en el área de sedimentación del centro de cultivo como en las estaciones de referencia es necesario recolectar un número inferior a las tres muestras recolectadas (**Anexo 13**, Tabla 13.13).

El pH en las tres estaciones ubicadas en el área de sedimentación del módulo de cultivo con máxima biomasa se encuentra entre 6,7 y 7,2 (**Anexo 9**; Tabla 9.5; Figura 9.8; **Anexo 10**, Tabla 10.53). Al comparar las distribuciones de estos valores se aprecia que no existen diferencias significativas entre los sitios de muestreo (Kruskal-Wallis; $H = 1,70$, $p = 0,4268$).

En las estaciones de referencia se encontraron valores de pH de 7,2 y 7,5 (**Anexo 9**; Figura 9.9), que no difieren significativamente ($H=0,04$, $p = 0,8273$).

Las mediciones de pH registrados en los tres puntos de muestreo ubicados en el área de sedimentación del módulo de cultivo con máxima biomasa comparadas con las estimaciones registradas en las dos estaciones de referencia, presentan diferencias significativas ($H = 10,21$; $p = 0,0369$).

El tamaño muestral, utilizando el criterio del coeficiente de variación, indicó que para las 3 estaciones ubicadas en el área de sedimentación del centro de cultivo junto con las dos estaciones de referencia es necesario recolectar sólo una muestra para obtener el valor verdadero de este parámetro (**Anexo 13**, Tabla 13.17).

El número total de especies bentónicas (**Anexo 10**, Tabla 10.54) encontradas en la estación 1 varió entre 16 y 20 con un valor promedio de 18 (± 2) y el número



total de individuos varió entre 310 y 620 con un valor promedio de 477 (± 156), siendo la más abundante ***Tharyx longisetosa*** (12,5). En la estación 2, se encontró que el número de especies varió entre 7 y 15 con un valor promedio de 12 (± 4) y el número total de individuos varió entre 220 y 370 con un valor promedio de 280 (± 79), siendo las más abundantes, ***Tharyx longis*** (27%) y, ***Tharyx longisetosa*** (15,4%) Para la estación 3, el número de especies encontradas varió entre 7 y 9 con un valor promedio de 8 (± 1) y el número de individuos varió entre 130 y 280 con un valor promedio de 197 (± 76), encontrándose entre las más abundantes, ***Taryx sp*** (27,1%) y ***Pinnixa sp*** (11,8%).

En la estación de referencia 1 el número de especies encontradas varió entre 11 y 16 con un valor promedio de 13 (± 3) y el número de individuos varió entre 790 y 1500 con un valor promedio de 1103 (± 362), siendo las más abundantes, ***Nucula pisum*** (49,5%) y ***Neolepton*** (22%). Para la estación de referencia 2 el número total de especies encontradas varió entre 18 y 24 con un valor promedio de 21 (± 3) y el número de individuos varió entre 2070 y 4760 con un valor promedio de 3103 (± 1449), siendo la más abundantes ***Scoloplos sp*** (24,4%), ***Platynereis australis*** (16,2%) y ***Capitella capitata*** (10,4%).

Las estimaciones de diversidad según Shannon-Wiener (**Anexo 11**, Tabla 11.6) mostraron un rango entre valores bajos (1,81) y valores intermedios (2,91), aunque en general estuvieron alrededor de valores más bien bajos (entre 2-3 bits por individuo), reflejando grandes diferencias espaciales en la riqueza de especies y en la distribución del número de individuos por especie. Los índices de Gleason y Menhinick variaron entre 2,92 a 7,16 y 0,35 a 0,91, respectivamente.

Al evaluar el comportamiento de las variaciones del índice de Shannon-Wiener en contraposición con los otros dos índices aplicados (**Anexo 12**, Tabla 12.6) utilizando una correlación de Spearman se encontró que para la estación 1 Shannon-Wiener :



Gleason ($r = -0,5$, $p = 0,666$), Shannon-Wiener : Menhinick ($r = -1,000$; $p = <<0,05$), para la estación 2 Shannon-Wiener : Gleason ($r = 0,86$; $p=0,333$), Shannon-Wiener : Menhinick ($r = 0,86$; $p = 0,33333$) y para la estación 3 Shannon-Wiener : Gleason ($r = 1,000$; $p = <<0,05$), Shannon-Wiener : Menhinick ($r=1,000$; $p = <<0,05$), en el caso de la estación de referencia 1 las correlaciones de Shannon-Wiener : Gleason ($r = 1,00$; $p = <<0,05$), Shannon-Wiener : Menhinick ($r = 1,00$; $p = <<0,05$) y para la estación de referencia 2 las correlaciones de Shannon-Wiener : Gleason ($r = 1$; $p=<<0,05$) y Shannon-Wiener : Menhinick ($r = -0,500$ $p = 0,666$).

Los resultados nos indican que respecto a la estación 1 existe correlación significativa para la variación del número de individuos, en el caso de las estaciones 3 y referencia 1 existe correlación significativa tanto para la variación de la riqueza de especies como el número de individuos y respecto a la estación de referencia 2 se observa correlación significativa Shannon-Wiener: Gleason lo cual indica sensibilidad respecto a la riqueza de especies.

➤ **Centro de cultivo Categoría 4**

Centro autorizado para cultivar salmones

Este centro de cultivo pertenece a la empresa Marine Harvest Chile S.A. y se encuentra ubicado en Punta Chulchuy, comuna de Puqueldón (**Anexo 2**; Tabla 2.10; Figura 2.11, **Anexo 10**, Tabla 10.58). Su actividad comercial está centrada en la producción de salmones y su nivel de producción máximo proyectado se encuentra sobre las 750 toneladas/año.

La correntimetría (**Anexo 4**; Figuras 4.23, 4.24; **Anexo 10**, Tabla 10.47) indica una velocidad predominante de las corrientes que fluctúa entre 5 y 10 cm/s y una dirección predominante hacia el W de 450°.



Presenta fondo semiduro y la profundidad máxima es de 105 m (**Anexo 3:** Figura 3.12).

Se adjunta video y un informe escrito de registro visual.

1. Localización Geográfica del Centro:
42° 38' 38,76" S 73° 43' 26,60" W
42° 38' 32,56" S 73° 43' 18,36" W
42° 38' 52,41" S 73° 43' 01,98" W
42° 38' 55,95" S 73° 43' 06,69" W
2. Nombre del Titular: Marine Harvest Chile S.A.
3. N° Registro Nacional Acuicultura: 1308
4. Fecha y Hora en que se realizó el registro: 31/03/2004; 15:54 PM
5. Descripción de sedimentos, flora y fauna subacuática

Sedimento color gris oscuro, no se observa a simple vista restos de alimento para salmones, observándose en ciertos sectores de ambas transectas sedimento color gris muy fino sobre las rocas y organismos bentónicos. Se observa abundancia de macrofauna y macrófitas a lo largo de ambas transectas de la filmación.

Flora: se observa en algunos sectores presencia de algas verdes (*Ulva sp.*) y algas rojas (*Callophylis sp.*).

Fauna: Se observa a lo largo de ambas transectas gran abundancia de erizo rojo (*Loxechinus albus*) y erizo de mar (*Arbacia dufresnei*). Se observan además esponjas amarillas (*Clionopsis platei*) en bajo número, gastrópodos, mitílicos, estrellas de mar, ostiones, corales y el pez, *Pinguipes chilensis*.



Organismos del phylum Cnidaria, Clase Hidrozoa se observan en abundancia en ambas transectas de la filmaci3n. al igual que An3lidos, Clase Polychaeta sedentarios de la familia Sabellidae .

6. Presencia de cubierta de microorganismos: No se observa a simple vista, sobre el bentos, presencia de una capa o cubierta de microorganismos
7. Presencia de burbujas de gas: no se observan burbujas de gas



➤ **Centro de cultivo Categoría 5**

Centro autorizado para cultivar salmones

Este centro de cultivo pertenece a la empresa Aguas Claras S.A. y se encuentra ubicado en el Estuario de Reloncaví, sector Canutillar (**Anexo 2**: Tabla 2.11; Figura 2.12; **Anexo 10**, Tabla 10.60). Su actividad comercial está centrada en la producción de salmones y la profundidad máxima es de 130 m (**Anexo 3**; Figura 3.13). El nivel de oxígeno varió desde 0,78 a 0,1 mL/L entre los 10 y los 65 m de profundidad.

La Correntimetría (**Anexo 4**; Figuras 4.25, 4.26; **Anexo 10**, Tabla 10.61) indica una dirección predominante hacia el E con una frecuencia de 29,5% entre los 67,5° y los 112,4° y una frecuencia en la velocidad de un 22,6% en un rango superior a los 30,1 cm/s.

5.2 Objetivo específico 2. *Determinar los cambios que debiesen efectuarse a la Resolución Subpesca N° 404/03, para permitir al administrador implementar un mecanismo de control del cumplimiento del RAMA. Para ello deberán contemplarse las limitantes legales y reglamentarias existentes.*

Evaluación de metodologías alternativas a la Resolución 404/2003

➤ **Carbono orgánico total**

Centro de cultivo Categoría 3: El contenido de carbono orgánico total (**Anexo 14**; Tabla 14.1) medido en el centro de cultivo de salmones de propiedad de Mainstream, en las tres estaciones ubicadas en el área de sedimentación del módulo de cultivo con máxima biomasa se encontró entre 0,59 y 1,91% (**Anexo 14**; Figura 14.1). Al comparar las distribuciones de estos valores se aprecia que



existen diferencias significativas entre los sitios de muestreo (Kruskal-Wallis; $H = 7,2$; $p = 0,0273$). Siendo la estación 3 la que presenta mayor contenido de COT.

En las estaciones de referencia (**Anexo 14**; Figura 14.2) se encontraron valores de COT de 0,78 y 1,9%, que difieren significativamente ($H=3,857$, $p=0,0495$).

Del mismo modo, las mediciones de esta variable registradas en los tres puntos de muestreo ubicados en el área de sedimentación del módulo de cultivo con máxima biomasa comparadas con las estimaciones registradas en las dos estaciones de referencia, son significativamente diferentes ($H = 11,93$; $p = 0,0179$).

El tamaño muestral, utilizando el criterio del coeficiente de variación, indicó que para las estaciones 1 y 3 solamente se requiere recolectar menos de 3 muestras para obtener el valor verdadero de la muestra, en cambio para la estaciones 2 (13 muestras), referencia 1 (65 muestras) y referencia 2 (11 muestras) se requiere recolectar un número superior a las tres muestras recolectadas para obtener una estimación confiables.

Centro de cultivo Categoría 3: El contenido de carbono orgánico total (Anexo 14; Tabla 14.2) medido en el centro de choritos de propiedad de Toralla, en las tres estaciones ubicadas en el área de sedimentación del módulo de cultivo con máxima biomasa se encontró entre 0,38 y 0,63% (**Anexo 14**; Figura 14.3). Al comparar las distribuciones de estos valores se aprecia que no existen diferencias significativas entre los sitios de muestreo (Kruskal-Wallis; $H = 5,64$ $p = 0,0594$), siendo la estación 1 la que presenta mayor contenido de COT.

En las estaciones de referencia (**Anexo 14**; Figura 14.4) se encontraron valores de COT de 0,10 y 0,41%, que difieren significativamente ($H = 3,97$, $p = 0,0463$).



Del mismo modo, las mediciones de esta variable registradas en los tres puntos de muestreo ubicados en el área de sedimentación del módulo de cultivo con máxima biomasa comparadas con las estimaciones registradas en las dos estaciones de referencia, son significativamente diferentes ($H = 12,42$; $p = 0,0145$).

El tamaño muestral, utilizando el criterio del coeficiente de variación, indicó que para la totalidad de las estaciones solo es necesario obtener un número menor a 2 muestras para determinar su valor verdadero.

➤ **Asimilación de materia orgánica en los sedimentos**

Centro de cultivo Categoría 3: El contenido de materia orgánica en las trampas de sedimento (**Anexo 15**; Tabla 15.1) medido en el centro de salmones de propiedad de Mainstream, en las tres estaciones ubicadas en el área de sedimentación del módulo de cultivo con máxima biomasa se encontró entre 0,27 y 0,65 mg (**Anexo 15**; Figura 15.1). Al comparar las distribuciones de estos valores se aprecia que no existen diferencias significativas entre los sitios de muestreo (Kruskal-Wallis; $H=5,42$; $p = 0,0665$), siendo las trampas ubicadas en la estación 2 la que recolectó mayor contenido de materia orgánica.

En las estaciones de referencia (**Anexo 15**; Figura 15.2) las trampas de sedimento recolectaron entre 0,02 y 0,07 mg, valores que difieren significativamente ($H = 3,85$; $p = 0,0495$).

Del mismo modo, las mediciones de esta variable registradas en los tres puntos de muestreo ubicados en el área de sedimentación del módulo de cultivo con máxima biomasa comparadas con las estimaciones registradas en las dos estaciones de referencia, son significativamente diferentes ($H = 12,83$; $p = 0,0121$).



El tamaño muestral, utilizando el criterio del coeficiente de variación, indicó que para la estación 1 es necesario instalar 9 trampas de sedimento y para la estación de referencia 1 son necesarias 15 trampas para estimar un valor confiable de sedimentación.

Centro de cultivo Categoría 3: El contenido de materia orgánica recolectado en las trampas de sedimento (**Anexo 15**; Tabla 15.2) en el centro de ostras de propiedad de Pesquera Apiao, en las tres estaciones ubicadas en el área de sedimentación del módulo de cultivo con máxima biomasa se encontró entre 0,28 y 2,91 mg (**Anexo 15**; Figura 15.3). Al comparar las distribuciones de estos valores se aprecia que no existen diferencias significativas entre los sitios de muestreo (Kruskal-Wallis; $H=3,46$; $p = 0,1767$), siendo las trampas de la estación 2 las que recolectaron mayor contenido de materia orgánica.

En las estaciones de referencia (**Anexo 15**; Figura 15.4) las trampas de sedimento recolectaron 0,03 y 0,35 mg de materia orgánica, que difieren significativamente ($H = 3,85$; $p = 0,0495$).

Del mismo modo, las mediciones de esta variable registradas en los tres puntos de muestreo ubicados en el área de sedimentación del módulo de cultivo con máxima biomasa comparadas con las estimaciones registradas en las dos estaciones de referencia, no difieren significativamente ($H = 8,97$; $p = 0,618$).

El tamaño muestral utilizando el criterio del coeficiente de variación, indicó que se requiere instalar entre 14 y 40 trampas de sedimento para estimar la sedimentación con una confiabilidad de 0,05 según el criterio aplicado.

Centro de cultivo Categoría 1: El contenido de materia orgánica recolectado en las trampas de sedimento (**Anexo 15**; Tabla 12.3) medido en el centro de



salmones de propiedad de Mainstream, en las tres estaciones ubicadas en el área de sedimentación del módulo de cultivo con máxima biomasa se encontró entre 1,97 y 4,07 mg (**Anexo 15**; Figura 15.5). Al comparar las distribuciones de estos valores se aprecia que no existen diferencias significativas entre los sitios de muestreo (Kruskal-Wallis; $H=5,68$; $p = 0,0582$), siendo las trampas ubicadas en la estación 2 la que recolectaron mayor contenido de materia orgánica.

En las estaciones de referencia (**Anexo 15**; Figura 15.6) las trampas de sedimento recolectó valores de materia orgánica de 0,15 y 0,16 mg, las cuales no difieren significativamente ($H = 0,19$; $p = 0,6579$).

Del mismo modo, las mediciones de esta variable registradas en los tres puntos de muestreo ubicados en el área de sedimentación del módulo de cultivo con máxima biomasa comparadas con las estimaciones registradas en las dos estaciones de referencia, son significativamente diferentes ($H = 12,31$; $p = 0,0152$).

El tamaño muestral, utilizando el criterio del coeficiente de variación con una confiabilidad de 0,05, indicó que solo en la estación 1 es necesario instalar 5 trampas de sedimento y para el resto de las estaciones sólo es necesario un número menor a 2 trampas de sedimento.

➤ **Concentración de amonio en sedimentos**

Centro de cultivo Categoría 3: El contenido de amonio en los sedimentos (**Anexo 16**; Tabla 16.1) medido en el centro de salmones de propiedad de Mainstream, en las tres estaciones ubicadas en el área de sedimentación del módulo de cultivo con máxima biomasa se encontró entre 215,07 y 293,43 μM (**Anexo 16**; Figura 16.1). Al comparar las distribuciones de estos valores se aprecia que existen diferencias significativas entre los sitios de muestreo (Kruskal-



Wallis; $H = 7,20$ $p = 0,0273$), siendo la estación 2 la que presenta mayor contenido de amonio.

En las estaciones de referencia (**Anexo 16**; Figura 16.2) se encontró valores de amonio de 21,93 y 21,97 μM , que no difieren significativamente ($H = 0$, $p = 1$).

Del mismo modo, las mediciones de esta variable registradas en los tres puntos de muestreo ubicados en el área de sedimentación del módulo de cultivo con máxima biomasa comparadas con las estimaciones registradas en las dos estaciones de referencia, son significativamente diferentes ($H = 12,84$; $p = 0,0121$).

No obstante las diferencias entre los sitios de referencia y aquellos afectados por las actividades cultivo muestra que el tamaño óptimo de muestra, utilizando el criterio del coeficiente de variación, indicó que para la totalidad de las estaciones sólo es necesario 1 muestra para lograr un estimador confiable.

Centro de cultivo Categoría 2: El contenido de amonio en los sedimentos (**Anexo 16**; Tabla 16.2) medido en el centro de salmones de propiedad de IFOP, en las tres estaciones ubicadas en el área de sedimentación del módulo de cultivo con máxima biomasa se encontró entre 232,31 y 660,10 μM (**Anexo 16**; Figura 16.3). Al comparar las distribuciones de estos valores se aprecia que existen diferencias significativas entre los sitios de muestreo (Kruskal-Wallis; $H = 6,48$ $p = 0,0390$). Siendo la estación 1 la que presenta mayor contenido de amonio.

En las estaciones de referencia (**Anexo 16**; Figura 16.4) se encontraron valores de amonio de 46,68 y 68,44 μM , que difieren significativamente ($H=3,97$, $p = 0,0463$).

Del mismo modo, las mediciones de esta variable registradas en los tres puntos de muestreo ubicados en el área de sedimentación del módulo de cultivo con máxima



biomasa comparadas con las estimaciones registradas en las dos estaciones de referencia, son significativamente diferentes ($H = 13,25$; $p = 0,0101$).

El tamaño muestral, utilizando el criterio del coeficiente de variación, indicó que para la totalidad de las estaciones sólo es necesario 1 muestra para lograr un estimador confiable.

Centro de cultivo Categoría 1: El contenido de amonio en los sedimentos (**Anexo 16**; Tabla 16.3) medido en el centro de choritos de propiedad de IFOP, en las tres estaciones ubicadas en el área de sedimentación del módulo de cultivo con máxima biomasa se encontró entre 120,77 y 185,47 μM (**Anexo 16**; Figura 16.5). Al comparar las distribuciones de estos valores se aprecia que existen diferencias significativas entre los sitios de muestreo (Kruskal-Wallis; $H = 7,20$ $p = 0,0273$), siendo la estación 3 la que presenta el contenido más alto.

En las estaciones de referencia (**Anexo 16**; Figura 16.6) se encontraron valores de amonio de 16,93 y 25,33 μM , que difieren significativamente ($H=3,85$, $p = 0,0495$).

Del mismo modo, las mediciones de esta variable registradas en los tres puntos de muestreo ubicados en el área de sedimentación del módulo de cultivo con máxima biomasa comparadas con las estimaciones registradas en las dos estaciones de referencia, son significativamente diferentes ($H = 13,50$; $p = 0,0091$).

El tamaño muestral, utilizando el criterio del coeficiente de variación, indicó que para la totalidad de las estaciones sólo es necesario 1 muestra para obtener un estimador confiable.



➤ **Concentración de sulfuro de hidrógeno en sedimentos**

Centro de cultivo Categoría 3: El contenido de sulfuro en los sedimentos (**Anexo 17**; Tabla 17.1) medido en el centro de salmones de propiedad de Mainstream, en las tres estaciones ubicadas en el área de sedimentación del módulo de cultivo con máxima biomasa se encontró entre 105,73 y 348,40 uM (**Anexo 17**; Figura 17.1). Al comparar las distribuciones de estos valores se aprecia que existen diferencias significativas entre los sitios de muestreo (Kruskal-Wallis; $H = 7,20$, $p = 0,0273$), siendo la estación 1 la que presenta mayor contenido de sulfuro.

En las estaciones de referencia (**Anexo 17**; Figura 17.2) se encontraron valores de 10,49 y 28,00 uM, que difieren significativamente ($H = 3,85$, $p = 0,0495$).

Del mismo modo, las mediciones de esta variable registradas en los tres puntos de muestreo ubicados en el área de sedimentación del módulo de cultivo con máxima biomasa comparadas con las estimaciones registradas en las dos estaciones de referencia, son significativamente diferentes ($H = 13,50$; $p = 0,0091$).

El tamaño muestral, utilizando el criterio del coeficiente de variación, indicó que para la totalidad de las estaciones sólo es necesario obtener un número menor a 2 muestras por cada estación para lograr un estimador confiable.

Centro de cultivo Categoría 2: El contenido de sulfuro en los sedimentos (**Anexo 17**; Tabla 17.2) medido en el centro de salmones de propiedad de IFOP, en las tres estaciones ubicadas en el área de sedimentación del módulo de cultivo con máxima biomasa se encontró entre 51,34 y 1856,45 uM (**Anexo 17**; Figura 17.3). Al comparar las distribuciones de estos valores se aprecia que no existen diferencias significativas entre los sitios de muestreo (Kruskal-Wallis; $H = 5,60$; $p = 0,0608$), siendo la estación 1 la que presenta el contenido más alto.



En las estaciones de referencia (**Anexo 17**; Figura 17.4) se encontró valores de sulfuro de 12,38 y 39,29 uM, que difieren significativamente ($H = 3,85$, $p = 0,0495$).

Mientras que las mediciones de esta variable registradas en los tres puntos de muestreo ubicados en el área de sedimentación del módulo de cultivo con máxima biomasa comparadas con las estimaciones de las dos estaciones de referencia, son significativamente diferentes ($H = 12,90$; $p = 0,0118$).

El tamaño muestral, utilizando el criterio del coeficiente de variación, indicó que para la estación 1 se requieren 28 muestras para determinar un valor confiable y para el resto de las estaciones, solo es necesario un número inferior a dos muestras por estación.

Centro de cultivo Categoría 1: El contenido de sulfuro en los sedimentos (**Anexo 17**; Tabla 17.3) medido en el centro de choritos de propiedad de IFOP, en las tres estaciones ubicadas en el área de sedimentación del módulo de cultivo con máxima biomasa se encontró entre 40,83 y 68,43 uM (**Anexo 17**; Figura 17.5). Al comparar las distribuciones de estos valores se aprecia que no existen diferencias significativas entre los sitios de muestreo (Kruskal-Wallis; $H = 5,42$; $p = 0,0665$), siendo la estación 2 la que presenta el mayor contenido de sulfuro.

En las estaciones de referencia (**Anexo 17**; Figura 17.6) se encontraron valores de 12,97 y 15,73 uM, que tampoco difieren significativamente ($H=0,42$, $p=0,5127$).

En cambio, las mediciones registradas en los tres puntos de muestreo del área de sedimentación del módulo de cultivo con máxima biomasa comparadas con las estimaciones de las dos estaciones de referencia, son significativamente diferentes ($H = 12,23$; $p = 0,0157$).



El tamaño muestral, utilizando el criterio del coeficiente de variación, indicó que para la totalidad de las estaciones solo es necesario un número menor a 2 muestras por cada estación para obtener un estimador confiable.

➤ **Concentración de oxígeno en sedimentos**

Centro de cultivo Categoría 3: El contenido promedio de oxígeno en los sedimentos (**Anexo 18**; Tabla 18.1) medido en el centro de salmones de propiedad de Mainstream, en las tres estaciones ubicadas en el área de sedimentación del módulo de cultivo con máxima biomasa se encontró entre 9,4 uM y 1,2 uM entre 0,5 y 2 cm de profundidad en los sedimentos (**Anexo 18**, Figura 18.1).

En las estaciones de referencia (**Anexo 18**; Figura 18.2) se encontraron valores promedio de oxígeno de 17,4 uM y 2,4 uM entre 0,5 y 2 cm de profundidad en los sedimentos.

El método de Friedman para bloques aleatorios ($N = 20$; $df = 2$) adquiere un valor de X^2 igual a 1,368 ($p = 0,504$) indicando que las diferencias entre los bloques cuyas variables son profundidad y concentración de oxígeno son significativas.

Centro de cultivo Categoría 3: El contenido promedio de oxígeno en los sedimentos (**Anexo 18**; Tabla 18.2) medido en el centro de ostras de propiedad de Pesquera Apiao, en las tres estaciones ubicadas en el área de sedimentación del módulo de cultivo con máxima biomasa se encontró entre 4,1 uM y 1,2 uM entre 0,5 y 2 cm de profundidad en los sedimentos (**Anexo 18**, Figura 18.3).

En las estaciones de referencia (**Anexo 18**; Figura 18.4) se encontró valores promedio de oxígeno de 7,7 uM y 2,8 uM entre 0,5 y 2 cm de profundidad en los sedimentos.



El método de Friedman para bloques aleatorios ($N = 20$; $df = 2$) adquiere un valor de X^2 igual a 7,053 ($p = 0,029$) indicando que las diferencias entre los bloques cuyas variables son profundidad y concentración de oxígeno no es significativa.

Centro de cultivo Categoría 2: El contenido promedio de oxígeno en los sedimentos (**Anexo 18**; Tabla 18.3) medido en el centro de salmones de propiedad de IFOP ubicado en Ensenada Baja, Aysén, en las tres estaciones ubicadas en el área de sedimentación del módulo de cultivo con máxima biomasa se encontró entre 4,4 uM y 0,8 uM entre 0,5 y 2 cm de profundidad en los sedimentos (**Anexo 18**, Figura 18.5).

En las estaciones de referencia (**Anexo 18**; Figura 18.6) se encontró valores promedio de oxígeno de 4,4 uM y 1,3 uM entre 0,5 y 2 cm de profundidad en los sedimentos.

El método de Friedman para bloques aleatorios ($N = 20$; $df = 2$) adquiere un valor de X^2 igual a 2,211 ($p = 0,331$) indicando que las diferencias entre los bloques cuyas variables son profundidad y concentración de oxígeno son significativas.

- Variables y parámetros definitivos a controlar

Cuadro 19. Categoría 1

Variables	CPS	INFA
Batimetría	Si	----
Correntimetría	Si	----
Materia orgánica	Si	Si
Granulometría	Si	Si



Cuadro 20. Categoría 2

Variables	CPS	INFA
Batimetría	Si	----
Correntometría	Si	----
Materia orgánica	Si	Si
Granulometría	Si	Si
Macrofauna bentónica	Si	Si

Cuadro 21. Categoría 3

Variables	Porciones de aguas marinas		Porciones de aguas terrestres	
	CPS	INFA	CPS	INFA
Batimetría	Si	----	Si	----
Correntometría	Si	----	Si	----
Materia orgánica	Si	Si	Si	Si
Granulometría	Si	Si	Si	Si
Macrofauna Bentónica	Si	Si	Si	Si
pH	----	----	Si	Si
Potencial redox	Si	Si	Si	Si
Acido Sulfhídrico	Si	Si	Si	Si
Concentración de Oxígeno	Si	Si	Si	Si

Cuadro 22. Categoría 4

Variables	CPS	INFA
Batimetría	Si	----
Correntometría	Si	----
Asimilación de materia orgánica en los sedimentos	----	Si
Registro visual	Si	Si

Cuadro 23. Categoría 5

Variables	CPS	INFA
Batimetría	Si	----
Correntometría	Si	----
Concentración de oxígeno	Si	Si



➤ Fundamento normativo de las modificaciones propuestas.

Respecto del sustento legal que habilita para proponer modificaciones a Resolución Nr. 404 del Subsecretario de Pesca, del 31 de enero de 2003, que “Establece Contenidos y Metodologías para Elaborar la Caracterización Preliminar del Sitio y la Información Ambiental” (publicada en el Diario Oficial del 10.02.2003), hay que tener presente lo siguiente:

1. El D. S. 320 (MINECON) de 24 de agosto de 2001, Reglamento Ambiental para la Acuicultura, en su título III, fue dictado en virtud de lo dispuesto por el artículo 87, de la Ley General de Pesca y Acuicultura, el que dispone que mediante el ejercicio de la potestad reglamentaria, el ejecutivo deberá “reglamentar las medidas de protección del medio ambiente para que los establecimientos que exploten concesiones o autorizaciones de acuicultura operen en niveles compatibles con las capacidades de los cuerpos de agua lacustres, fluviales y marítimos”.
2. Entre otras disposiciones, el mencionado Reglamento establece la obligación por parte de los solicitantes de concesiones o autorizaciones de acuicultura y de los titulares de tales derechos, de entregar a la autoridad información ambiental considerada esencial para los efectos de evaluar los proyectos presentados (CPS) y de controlar las condiciones ambientales de los centros de cultivo en operación (INFA).

Lo anteriormente expuesto, como ya se ha dicho, persigue que la autoridad disponga de la información necesaria (CPS) para poder efectuar un “pronunciamiento ambiental” respecto de la futura área de sedimentación, pronunciamiento que sólo será favorable si el área mencionado presenta condiciones aeróbicas.



Igualmente la información ambiental (INFA) pretende que la autoridad controle el cumplimiento de la obligación del titular de una concesión o autorización de acuicultura, en cuanto a que opere su centro a niveles compatibles con las capacidades de los cuerpos de agua, para lo cual siempre deberá mantener condiciones aeróbicas en la superficie del área de sedimentación.

El artículo 16 del Reglamento dispone que los contenidos y metodologías para elaborar la CPS, “serán fijados por resolución de la Subsecretaría”. Agrega el inciso 2º de la citada norma que la resolución sólo podrá establecer requerimientos relativos a:

- Descripción de la topografía del centro.
- Características hidrográficas del sector.
- Número y ubicación de los sitios de muestreo.
- Registro visual del área.
- Información relativa a parámetros.
- Variables ambientales en el sedimento y en la columna de agua.

Además señala que se deberá considerar los distintos sistemas de producción y las producciones anuales proyectadas.

Por su parte, el artículo 22 del Reglamento dispone que la resolución debe ser revisada, al menos cada dos años y sometida a consulta de los Consejos Nacional y Zonales de Pesca. De esta manera se obliga a monitorear, actualizar o modificar periódicamente un procedimiento sustentado en parámetros variables e imprecisos en su medición.

Las disposiciones analizadas se enmarcan en el mandato expreso del artículo 87 de la Ley General de Pesca y Acuicultura, en cuanto a que la actividad de



acuicultura “opere en niveles compatibles con los cuerpos de agua fluviales, lacustres y marítimos”.

- Justificación de las propuestas de modificación.

Las propuestas de modificación a los contenidos y metodologías para Res. Nr. 404/2003, deben plantearse en el marco fijado por el inciso segundo del artículo 16 inciso 2º, por lo que sólo pueden referirse a los requerimientos ya indicados. Se encuentran técnica y económicamente fundadas, análisis que forma el cuerpo principal de este proyecto por lo que sólo se hará un esbozo de ellos:

Así respecto de la correntimetría se ha estimado que los datos a obtener deben ser más precisos, toda vez que ella no sólo interviene en el transporte del material particulado proveniente de las actividades de acuicultura, sino que además se manifiesta en la estructura granulométrica de los sedimentos, en los procesos de diagénesis y en la estructura del bentos. Cuando la velocidad de las corrientes es reducida, por ejemplo debido a las instalaciones submarinas del centro, se producen cambios en la estructura granulométrica del fondo, favoreciendo la aparición de arenas muy finas que son más aptas para retener materias orgánicas favoreciendo con ello la aparición de poliquetos.

Por otra parte debe establecerse un procedimiento que haga más rigurosa la obtención de los datos de batimetría toda vez que la pendiente de una playa es función de la granulometría y del carácter de las olas.

En cuanto a la determinación de la granulometría de los sedimentos se propone una modificación en lo referente al análisis de los datos ya que la actual resolución no contempla la determinación de porosidad, densidad aparente, curtosis y asimetría de los sedimentos.



En lo que se refiere al contenido de materia orgánica se estima necesario modificar la manera de obtención de las muestras y además establecer la obligación de obtención de muestras para determinar la asimilación de materia orgánica en centros de cultivo con fondos duros y semiduros, asunto este último que la actual resolución no exige.

Respecto de la macrofauna bentónica resulta importante establecer otra forma de análisis de los datos, proponiéndose utilizar los parámetros ecológicos diversidad, mediante Shannon – Wiener, dominancia y uniformidad.

Se propone eliminar la variable pH, en atención a que el agua de mar posee una gran capacidad de absorber las variaciones de pH, haciendo que a través de su análisis no se pueda determinar condiciones anómalas del sedimento. Sí se considera mantener esta variable cuando se trata de ambientes lénticos, ya que respecto de ellos se presentan condiciones distintas que no distorsionan el resultado del análisis. En cuanto al potencial redox se considera modificar el procedimiento de la toma de muestras, ya que mediante el uso de la draga actualmente exigida, se modifica la estructura del sedimento. Se propone también cambiar la metodología destinada a obtener el valor de la variable oxígeno disuelto en la columna de agua debido a que con el actual sistema se ve fuertemente influida por factores como temperatura y salinidad del agua, actividad biológica y otros que pudieran ser ajenos a la actividad de acuicultura.

También se propone introducir un nuevo indicador el cual está dado por la concentración de ácido sulfhídrico en el sedimento. Este es complementario del potencial redox y refleja adecuadamente el estado de oxidación-reducción del sedimento.



- Propuesta de modificación de la Res. 404 (Subpesca) de 2003.

A continuación se indicarán las modificaciones propuestas. Para ello se hará referencia expresa al numeral o letra que corresponda en la mencionada Resolución 404/2003.

1.- Modifícase la Resolución N° 404 del Subsecretario de Pesca, del 31 de enero de 2003, que Establece Contenidos y Metodologías para Elaborar la Caracterización Preliminar del Sitio y la Información Ambiental, en el sentido que a continuación se indica:

I. En el sentido de reemplazar el numeral 4, por el siguiente:

“4.- La CPS deberá contener los elementos que en cada caso se indican, dependiendo de la categoría en que se encuentre el centro de cultivo”:

A. Los centros de cultivo clasificados en categoría 1 deberán incluir en la CPS:

- a) Batimetría;***
- b) Correntometría euleriana;***
- c) Materia orgánica del sedimento; y***
- d) Granulometría del sedimento.***

B. Los centros de cultivo clasificados en categoría 2 deberán incluir en la CPS:

- a) Batimetría;***
- b) Correntometría euleriana;***
- c) Materia orgánica del sedimento;***
- d) Granulometría del sedimento; y***
- b) Macrofauna bentónica.***



C. Los centros de cultivo clasificados en categoría 3 deberán incluir en la CPS:

- a) Batimetría;**
- b) Correntometría euleriana;**
- c) Materia orgánica del sedimento;**
- d) Granulometría del sedimento;**
- e) Macrofauna bentónica;**
- f) Potencial redox en el sedimento;**
- g) Acido sulfhídrico; y**
- h) Perfil de oxígeno disuelto en la columna de agua.**

Además tratándose de cuerpos de aguas terrestres deberá incluirse pH.

D. Los centros de cultivo clasificados en categoría 4 deberán incluir en la CPS:

- a) Batimetría;**
- b) Correntometría euleriana; y**
- c) Registro visual.**

E. Los centros de cultivo clasificados en categoría 5 deberán incluir en la CPS:

- a) Batimetría;**
- b) Correntometría euleriana;**
- c) Registro visual; y**
- d) Perfil de oxígeno disuelto en la columna de agua.”**

II. En el sentido de reemplazar el inciso primero del numeral 6, por el siguiente:

“6. La Información Ambiental deberá referirse a los elementos indicados para la CPS en el numeral 4º de la presente resolución los que serán



analizados una vez al año en el período de máxima biomasa del cultivo. En todo caso no será exigida la batimetría ni la correntimetría euleriana.”

III. En el sentido de eliminar la letra “c” del numeral 6.

IV. En el sentido de reemplazar el inciso 1º, del número 2, de la letra D, del numeral 7, por el siguiente:

“2. Información Ambiental

Se deberán considerar, al menos, 3 estaciones en el área de sedimentación correspondientes a los módulos de cultivo con máxima biomasa, más 2 estaciones de referencia ubicadas en la línea de la transecta que une los dos vértices mas cercanos a la costa, con 3 réplicas cada una. En caso de que los vértices se ubiquen en tierra, las estaciones de referencia se desplazarán en dirección al centro de la concesión hasta alcanzar una profundidad mínima de 5 m.”

V. En el sentido de reemplazar la letra E, del numeral 7, por la siguiente:

“E. Para realizar los análisis de macrofauna bentónica, deberá obtenerse 3 muestras de sedimento en cada estación. La muestra del sedimento se deberá obtener a través de una draga tipo Van Veen, Petit Ponar o Ponar de 0,1 m² de mordida. La draga debe venir cerrada y contener sedimento como mínimo hasta 5 cm del borde superior de ésta.”

VI. En el sentido de agregar la siguiente letra F, al numeral 7:

“F. Para realizar los análisis de granulometría, materia orgánica, pH y potencial redox y ácido sulfhídrico, deberá obtenerse 3 muestras de sedimento en cada estación. La muestra del sedimento se deberá obtener mediante buceo a través de Core. El Core debe taparse inmediatamente luego de tomada la muestra, con el fin de perturbar en forma mínima la muestra colectada.”



VII. En el sentido de reemplazar las letras A, B, y C del numeral 8 por la siguiente, pasando la letra D a ser C:

“A. En todas las categorías de centros de cultivo, se deberá realizar la batimetría del área de la concesión por medio de un ecosonda de registro continuo, conectado a un GPS con precisión de 15 metros como mínimo. Las mediciones deben realizarse en transectas desde la costa hasta el límite del área solicitada, cruzándola cada dos kilómetros. Los datos deben ser corregidos por el nivel de reducción de sonda de acuerdo a las condiciones de marea del día y la hora de muestreo para el sector analizado.

B. se deberá presentar un perfil batimétrico en una copia del plano de la concesión, de acuerdo a lo señalado en el numeral 7º B, de la presente resolución, donde se diagramen las isobatas cada 10 metros, indicando en la gráfica como mínimo la ubicación de los vértices del área solicitada.”

VIII En el sentido de reemplazar el numeral 9, por el siguiente:

“9. El estudio de corrientes se realizará conforme a las alternativas que se indican a continuación:

- a) Registrar la velocidad de corrientes (cm/s) a 1 metro del fondo y a 60 metros de profundidad cuando se trate de centros de cultivo con profundidades mayores a 60 metros, utilizando equipos acústicos o mecánicos, los que deberán tener una resolución mínima de 0,5 cm/s. La medición deberá efectuarse en el punto medio de la concesión que deberá ser georeferenciado en coordenadas UTM (Datum WGS 84). El equipo deberá registrar la velocidad y dirección de la corriente, como mínimo cada 10 minutos, por lo menos por 4 días continuos de registro efectivo en cuadratura, considerando desde un día previo a la cuadratura.***



b) Utilizar el perfilador acústico de corrientes Doppler, el que deberá fondearse en superficie o a 1 metro del fondo y a 60 metros de profundidad cuando se trate de centros de cultivo con profundidades mayores a 60 metros. El equipo deberá entregar la distribución de frecuencias de velocidades y dirección de corriente para cada capa, indicando claramente el estrato de la columna de agua que corresponde. Para estos efectos deberá dividirse imaginariamente la columna de agua en 10 capas iguales y registrar la velocidad y dirección de la corriente en cada una de ellas, como mínimo cada 10 minutos, por lo menos durante un ciclo mareal (12 horas), en cuadratura.”

IX. En el sentido de reemplazar la letra a, del numeral 12, por la siguiente:

“a) Se deberá extraer 100 gramos de sedimento desde un sacatestigo de 10 cm de diámetro y sólo hasta 3 cms. de profundidad. En los centros de cultivo ubicados sobre fondos duros o semiduros deberán instalarse trampas de sedimento.”

X. En el sentido de reemplazar la primera parte de la letra D, del numeral 14, por la siguiente:

“D. Para efectuar la medición del potencial redox y pH, sólo podrá hacerse con muestras de sedimento tomadas directamente por corer.”

XI. En el sentido de reemplazar el numeral 15, por el siguiente:

15.”La medición de oxígeno disuelto en la columna de agua se realizará mediante sondas de registro continuo instaladas a 1 metro del fondo o a 60 metros de este en caso de centros cuya profundidad sea superior a 60 metros. Los registros deben ser diarios durante el período de 12 meses que comprende la INFA.”



XII. En el sentido de agregar el siguiente numeral 15 bis:

“15 bis: La medición del sulfuro de hidrógeno de los 3 primeros centímetros de sedimento, se deberá realizar mediante el uso de aceptores de electrones.

2.- Transcribese copia de la presente resolución al Servicio Nacional de Pesca, a la Comisión Nacional del Medio Ambiente y a la Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante.

5.3 Objetivo específico 3. *Establecer los límites de aceptabilidad, técnicamente y legalmente fundados y estadísticamente respaldados, para las variables definitivas a controlar, tanto en la CPS como en la INFA.*

➤ **Análisis estadístico**

Al aplicar un análisis de componentes principales sin rotación sobre las 7 variables medidas y considerando en conjunto dos centros de cultivo de la categoría 2, se aprecia que la varianza total resume el 64,56% de la variabilidad total en 2 componentes (**Cuadro 24**), de los cuales, el primero explica el 38,81% de la variabilidad. El determinante de la matriz de correlación se adecua satisfactoriamente al análisis ($3,72E-03$).

**Cuadro 24.** Varianza total explicada

Componente	Autovalores		
	Total	Varianza (%)	Acumulativo (%)
1	2,71	38,81	38,81
2	1,80	25,74	64,56

El primer componente está representado por arena fina-muy fina, arena media y arena gruesa-muy gruesa, mientras que el segundo componente está representado por el número de organismos bentónicos, el número de especies bentónicas y el contenido de limo arcilla (fango) en los sedimentos (**Cuadro 25**).

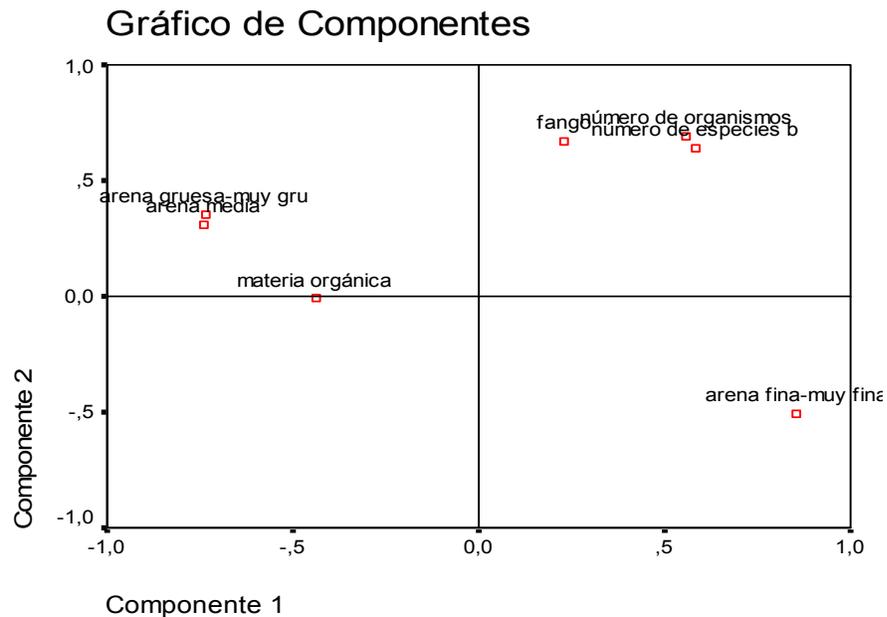
Cuadro 25. Matriz de componentes

	Componente	
	1	2
Materia orgánica	-0,439	-1,03E-02
Arena gruesa-muy gruesa	-0,736	0,351
Arena media	-0,739	0,307
Arena fina-muy fina	0,854	-0,505
Limo - arcilla	0,231	0,667
Número de especies bentónicas (S)	0,583	0,638
Número de organismos bentónicos (N)	0,559	0,691

De acuerdo al gráfico de componentes, el primer componente está correlacionado positivamente con arena fina-muy fina. El mismo componente se relaciona negativamente con arena gruesa-muy gruesa y con arena media. El segundo componente está correlacionado positivamente con el número de organismos bentónicos (N), con el contenido de limo arcilla (fango) y con el número de especies bentónicas (**Cuadro 26**).



Cuadro 26. Gráfico de componentes de variables medidas en centros clasificados en categoría 2.



Al aplicar un análisis discriminante paso a paso a la misma informaci3n, se aprecia que ninguna de las variables califica para el análisis (**Cuadro 27**).

Cuadro 27. Prueba de los grupos promedios

Paso	Wilks' Lambda	F	df1	df2	Sig.Prob.?
Arena gruesa-muy gruesa	0,882	2,012	1	15	0,176
Arena media	1,000	0,003	1	15	0,956
Arena fina-muy fina	0,947	0,835	1	15	0,375
Limo - Arcilla	0,918	1,332	1	15	0,267
Número de especies bentónicas (S)	0,929	1,155	1	15	0,300
Número de organismos bentónicos (N)	0,823	3,218	1	15	0,093
Materia orgánica	0,972	0,428	1	15	0,523



Al aplicar un an3lisis de componentes principales sin rotaci3n a las nueve variables medidas y considerando en conjunto tres centros de cultivo de la categor3a 3, se aprecia que tres componentes resumen el 77,19% de la variaci3n (**Cuadro 28**), de los cuales, el primero explica el 47,12% de la variabilidad. El determinante de la matriz de correlaci3n, el estad3stico de KMO y la prueba de esfericidad de Bartlett indican que las variables se correlacionan y se adecuan satisfactoriamente al an3lisis (**Cuadro 29**).

Cuadro 28. Varianza total explicada

Componente	Autovalores		
	Total	Varianza (%)	Acumulativo (%)
1	4,24	47,12	47,12
2	1,64	18,27	65,40
3	1,06	11,78	77,19

Cuadro 29. Medida de adecuaci3n KMO, prueba de esfericidad de Bartlett y determinante matriz de correlaci3n.

Medida de adecuaci3n de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO)		0,472
Prueba de esfericidad de Bartlett	Chi cuadrado	424,05
	grados de libertad	36
	Sig	0,00
Determinante matriz de correlaci3n		2,60E-05

En el primer componente est3 representado claramente arena fina-muy fina, arena media, materia org3nica, arena gruesa muy gruesa, limo arcilla (fango) y potencial redox,, en tanto que el segundo componente est3 representado por el n3mero de especies bent3nicas, pH y por el n3mero de organismos bent3nicos (**Cuadro 30**).

**Cuadro 30.** Matriz de componentes

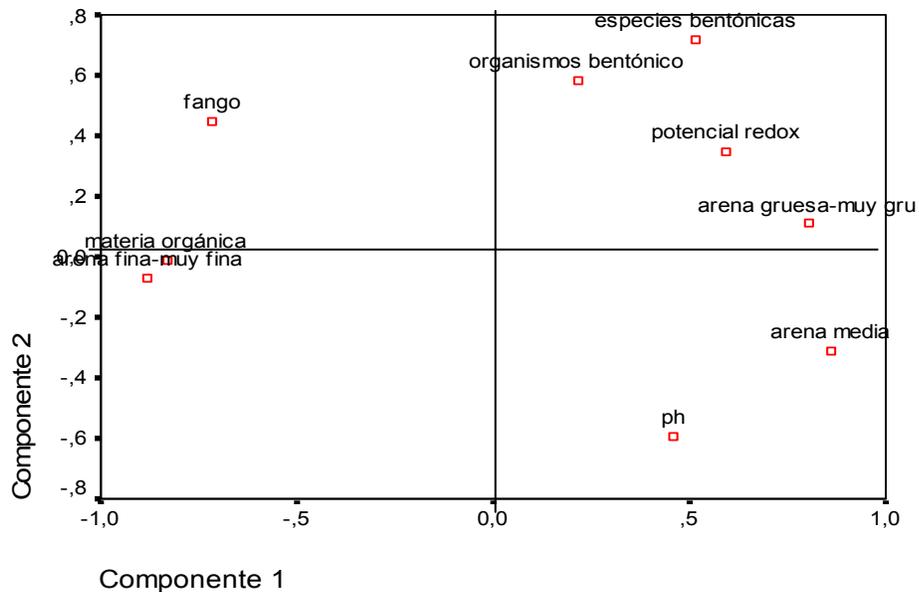
	Componente		
	1	2	3
Materia orgánica	-0,832	-1,05E-02	0,163
Arena gruesa-muy gruesa	0,804	0,109	0,197
Arena media	0,862	-0,311	-0,11
Arena fina-muy fina	-0,879	-6,77E-02	0,127
Limo - arcilla	-0,714	0,446	-0,229
Potencial redox	0,593	0,348	-0,551
pH	0,460	-0,595	0,351
Número de especies bentónicas (S)	0,517	0,721	7,39E-02
Número de organismos bentónicos (N)	0,205	0,582	0,694

De acuerdo al gráfico de componentes, el primer componente está correlacionado positivamente con arena gruesa-muy gruesa, arena media y potencial redox, El mismo componente se relaciona negativamente con arena fina-muy fina y con materia orgánica, y en menor grado con la fracción limo arcilla (fango). El segundo componente está correlacionado positivamente con el número de especies bentónicas y el número de organismos bentónicos (**Cuadro 31**).



Cuadro 31. Gráfico de componentes de variables medidas en centros clasificados en categoría 3.

Gráfico de Componentes



Al aplicar un análisis discriminante paso a paso a la misma información, se aprecia que tres funciones resumen el 100% de la variabilidad total (**Cuadro 32**), de los cuales, el primero explica el 66,1% de la variabilidad. La correlación canónica indica que solo la función 1 y 2 discriminan, pero ambas explican el 96,1% de la varianza.



Cuadro 32. Valores Eigen y lambda de Wilks.

Función	Valores Eigen			
	Valor Eigen	Varianza (%)	Acumulado (%)	Correlación canónica
1	12,29	66,1	66,1	0,962
2	5,56	29,9	96,1	0,921
3	0,72	3,9	100,0	0,649
Prueba de funciones	Lambda de Wilks			
	Lambda de Wilks	Chi - cuadrado	grados de libertad	Sig.
1 de 3	0,007	273,34	15	0,000
2 de 3	0,088	132,35	8	0,000
3	0,579	29,80	3	0,000

Las dos principales funciones discriminantes canónicas utilizando los coeficientes estandarizados (**Cuadro 33**) son:

D1: -0,425 materia orgánica + 0,365 arena media + 0,627 potencial redox + 0,085 pH – 0,206 N.

D2: 0,668 materia orgánica- 0,299 arena media + 0,869 potencial redox – 0,588 pH + 0,598 N.

Cuadro 33. Coeficientes de función discriminante canónica estandarizada.

Variables	Función		
	1	2	3
Materia orgánica	-0,425	0,668	0,652
Arena media	0,365	-0,299	0,771
Potencial redox	0,627	0,869	-0,106
pH	0,085	-0,588	0,175
Número de organismos bentónicos	-0,206	0,598	-0,528



➤ Límites de aceptabilidad

Para determinar los límites de aceptabilidad de una INFA en centros clasificados en categoría 2, se utilizó la siguiente ecuación;

$$Y = P_1C_1^a + P_2C_2^b + P_3C_3^c + P_4C_4^d + P_4C_4^e + P_4C_4^f$$

De acuerdo con los resultados de este estudio, los valores C para los centros clasificados en categoría 2 provienen de los valores que adquirió cada variable dentro del componente 1 en la matriz de componentes que resultó del análisis multivariado de componentes principales, que en este caso consideró una muestra de dos centros de cultivo (centro de cultivo de choritos y centro de cultivo de salmones) y cuyos valores son los siguientes:

C_a (Batimetría)	= 1
C_b (Correntimetría)	= 1
C_c (Arena fina – muy fina)	= 0,85
C_d (Limo – arcilla)	= 0,23
C_e (Materia orgánica)	= 0,44
C_f (Número de especies bentónicas)	= 0,58

Para los casos de batimetría y correntimetría se asignó un valor máximo igual a 1, debido a que se considera que estas variables condicionan la vulnerabilidad de los sitios destinados para la acuicultura.

Con el propósito de construir una tabla de clasificación de índice Y (indicador ambiental) para centros clasificados como categoría 2 se asignó en la ecuación, los siguientes valores P: Un valor P igual a 1 para centros de cultivo considerados como Óptimos, P igual a 2 para centros de cultivo considerados como Buenos, P



igual a 3 para centros de cultivo considerados como Regular y P igual a 4 para centros considerados como Malos.

$$Y_{\text{Óptimo}} = a (1*1) + b (1*1) + c (1*0,85) + d (1*0,23) + e (1*0,44) + f (1* 0,58) = 4,1$$

$$Y_{\text{Bueno}} = a (2*1) + b (2*1) + c (2*0,85) + d (2*0,23) + e (2*0,44) + f (2* 0,58) = 8,2$$

$$Y_{\text{Regular}} = a (3*1) + b (3*1) + c (3*0,85) + d (3*0,23) + e (3*0,44) + f (3* 0,58) = 12,3$$

$$Y_{\text{Malo}} = a (3*1) + b (3*1) + c (3*0,85) + d (3*0,23) + e (3*0,44) + f (3* 0,58) = 16,4$$

A continuación, el cuadro 34 indica los rangos en que Y, para los centros clasificados en categoría 2, será considerado como óptimo, bueno, regular o malo.

Cuadro 34. Rangos Y para los centros clasificados en categoría 2

Y (indicador ambiental)	Clasificación	Descripción de clasificación
12,4 a 16,4	4	Malo
8,3 a 12,3	3	Regular
4,2 a 8,2	2	Bueno
4,1	1	Óptimo

Por otro lado, para determinar los límites de aceptabilidad de una INFA en centros clasificados en categoría 3, se utilizó la siguiente ecuación;

$$Y = P_1C_1^a + P_2C_2^b + P_3C_3^c + P_4C_4^d + P_4C_4^e + P_4C_4^f + P_4C_4^g + P_4C_4^h + P_4C_4^i$$

De acuerdo con los resultados de este estudio, los valores C para los centros clasificados en categoría 3 provienen de los valores que adquirió cada variable



dentro del componente 1 en la matriz de componentes que resultó del análisis multivariado de componentes principales, que en este caso consideró una muestra de cuatro centros de cultivo (Centro de cultivo de salmones ubicado en lago, centro de cultivo de ostras, centro de cultivo de choritos y centro de cultivo de salmones en mar) y cuyos valores son los siguientes:

C_a (Batimetría)	= 1
C_b (Correntometría)	= 1
C_c (Arena fina – muy fina)	= 0,88
C_d (Limo – arcilla)	= 0,71
C_e (Materia orgánica)	= 0,83
C_f (Número de especies bentónicas)	= 0,51
C_g (pH)	= 0,46
C_h (Potencial redox)	= 0,59
C_i (Oxígeno disuelto en la columna de agua)	= 1

Para los casos de batimetría, correntometría y concentración de oxígeno en la columna de agua se asignó un valor máximo igual a 1, debido a que se considera que estas variables condicionan la vulnerabilidad de los sitios destinados para la acuicultura.

Al igual que para la categoría 2, con propósito de construir una tabla de clasificación de índice Y (indicador ambiental) para centros clasificados como categoría 2 se asignó en la ecuación, los siguientes valores P: Un valor P igual a 1 para centros de cultivo considerados como Óptimos, P igual a 2 para centros de cultivo considerados como Buenos, P igual a 3 para centros de cultivo considerados como Regular y P igual a 4 para centros considerados como Malos.



$$Y_{\text{3ptimo}} = a (1*1) + b (1*1) + c (1*0,88) + d (1*0,71) + e (1*0,83) + f (1* 0,51) + g (1*0,46) + h (1*0,59) + i (1*1) = 6,9$$

$$Y_{\text{Bueno}} = a (2*1) + b (2*1) + c (2*0,88) + d (2*0,71) + e (2*0,83) + f (2* 0,51) + g (2*0,46) + h (2*0,59) + i (2*1) = 13,9$$

$$Y_{\text{Regular}} = a (3*1) + b (3*1) + c (3*0,88) + d (3*0,71) + e (3*0,83) + f (3* 0,51) + g (3*0,46) + h (3*0,59) + i (3*1) = 20,9$$

$$Y_{\text{Malo}} = a (4*1) + b (4*1) + c (4*0,88) + d (4*0,71) + e (4*0,83) + f (4* 0,51) + g (4*0,46) + h (4*0,59) + i (4*1) = 27,9$$

A continuaci3n, el cuadro 35 indica los rangos en que Y para los centros clasificados en categor3a 3, ser3 considerado como 3ptimo, bueno, regular o malo.

Cuadro 35. Rangos Y para los centros clasificados en categor3a 2

Y (indicador ambiental)	Clasificaci3n	Descripci3n de clasificaci3n
21,0 a 27,9	4	Malo
14,0 a 20,9	3	Regular
7,0 a 13,9	2	Bueno
6,9	1	3ptimo

A continuaci3n, una aplicaci3n de la metodolog3a propuesta considerando los valores P reales y ajustados a los rangos sugeridos para cada variable en la secci3n metodolog3a, obtenidos durante la confecci3n de INFAs para las categor3as 2 y 3 realizadas durante este estudio.



➤ Centro de cultivo de choritos clasificados en categoría 2:

Estaciones ubicadas en área de máxima sedimentación

$$Y (\text{Estación 1}) = a (3*1) + b (3*1) + c (4*0,85) + d (3*0,23) + e (3*0,44) + f (2* 0,58) = 11,88$$

$$Y (\text{Estación 2}) = a (3*1) + b (3*1) + c (4*0,85) + d (1*0,23) + e (1*0,44) + f (2* 0,58) = 11,23$$

$$Y (\text{Estación 3}) = a (3*1) + b (3*1) + c (4*0,85) + d (1*0,23) + e (1*0,44) + f (2* 0,58) = 11,23$$

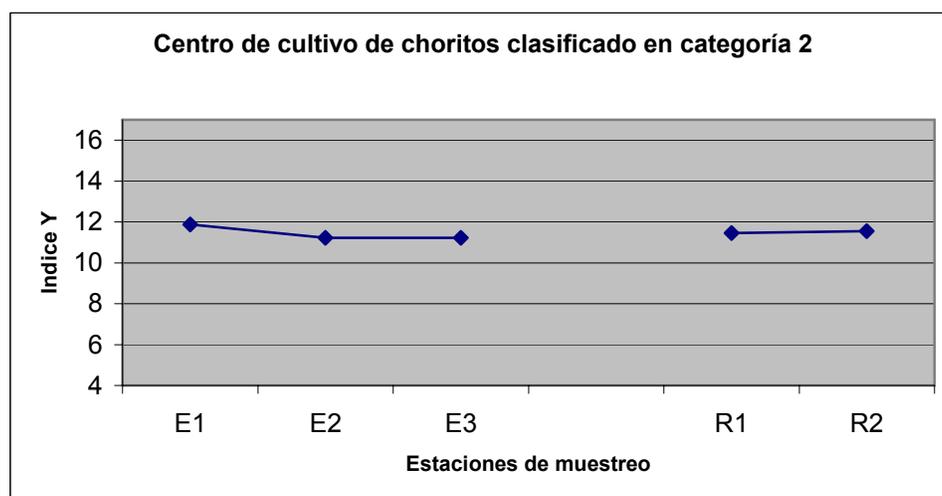
Estaciones de referencia

$$Y (\text{Estación R1}) = a (3*1) + b (3*1) + c (4*0,85) + d (2*0,23) + e (1*0,44) + f (2* 0,58) = 11,46$$

$$Y (\text{Estación R2}) = a (3*1) + b (3*1) + c (4*0,85) + d (3*0,23) + e (2*0,44) + f (1* 0,58) = 11,55$$

A continuación, el cuadro 36 grafica los valores del indicador Y para las estaciones ubicadas en el área de sedimentación de los módulos con máxima biomasa y para las estaciones de referencia. Según el criterio de clasificación utilizado en el cuadro 34, este centro de cultivo se encontraría en una condición de Regular.

Cuadro 36





- **Centro de cultivo de salmones clasificado en categoría 2:**

Estaciones ubicadas en área de máxima sedimentación

$$Y (\text{Estación 1}) = a (4*1) + b (4*1) + c (4*0,85) + d (2*0,23) + e (4*0,44) + f (4* 0,58) = 15,94$$

$$Y (\text{Estación 2}) = a (4*1) + b (4*1) + c (4*0,85) + d (1*0,23) + e (4*0,44) + f (4* 0,58) = 15,71$$

$$Y (\text{Estación 3}) = a (4*1) + b (4*1) + c (4*0,85) + d (1*0,23) + e (3*0,44) + f (4* 0,58) = 15,27$$

Estaciones de referencia

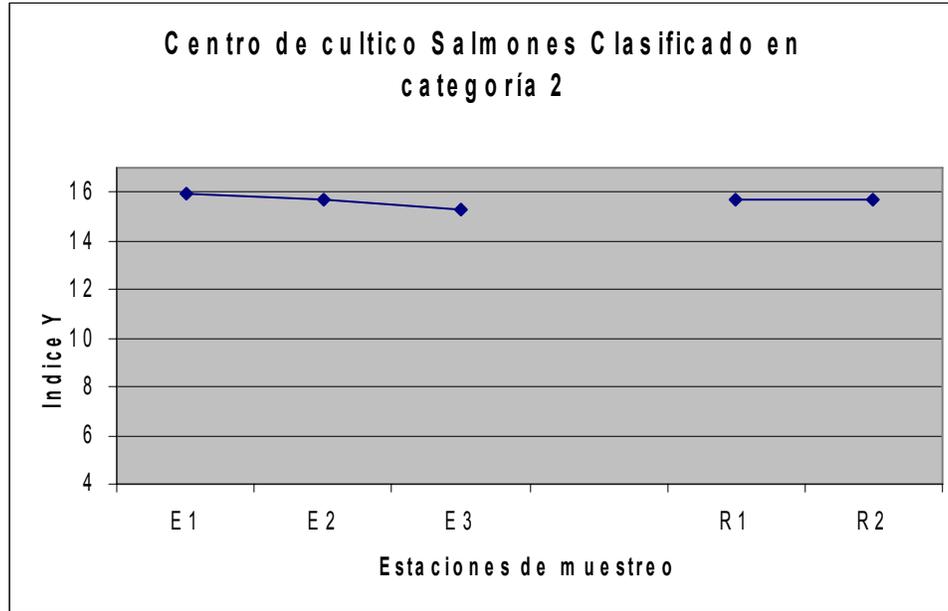
$$Y (\text{Estación de referencia 1}) = a (4*1) + b (4*1) + c (4*0,85) + d (1*0,23) + e (4*0,44) + f (4* 0,58) = 15,71$$

$$Y (\text{Estación de referencia 2}) = a (4*1) + b (4*1) + c (4*0,85) + d (1*0,23) + e (4*0,44) + f (4* 0,58) = 15,71$$

A continuación, el cuadro 37 grafica los valores del indicador Y para las estaciones ubicadas en el área de sedimentación de los módulos con máxima biomasa y para las estaciones de referencia. Según el criterio de clasificación utilizado en el cuadro 34, este centro de cultivo se encontraría en una condición de Malo.



Cuadro 37



- **Centro de cultivo de salmones (lago) clasificado en categoría 3:**

Estaciones ubicadas en área de máxima sedimentación

$$Y (\text{Estación 1}) = a (3*1) + b (2*1) + c (4*0,88) + d (2*0,71) + e (4*0,83) + f (3* 0,51) + g (2*0,46) + h (3*0,59) + i (4*1) = 21,48$$

$$Y (\text{Estación 2}) = a (3*1) + b (2*1) + c (4*0,88) + d (2*0,71) + e (4*0,83) + f (3* 0,51) + g (2*0,46) + h (3*0,59) + i (4*1) = 21,48$$

$$Y (\text{Estación 3}) = a (3*1) + b (2*1) + c (4*0,88) + d (3*0,71) + e (4*0,83) + f (2* 0,51) + g (4*0,46) + h (4*0,59) + i (4*1) = 23,19$$



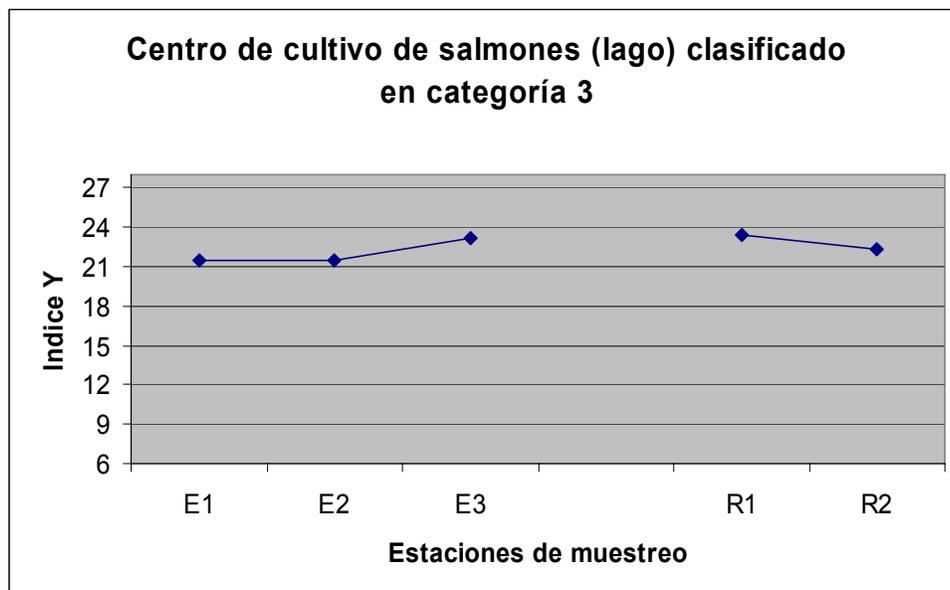
Estaciones de referencia

$$Y (\text{Estaci3n de referencia 1}) = a (3*1) + b (2*1) + c (4*0,88) + d (4*0,71) + e (4*0,83) + f (3* 0,51) + g (3*0,46) + h (3*0,59) + i (4*1) = 23,36$$

$$Y (\text{Estaci3n de referencia 2}) = a (3*1) + b (2*1) + c (4*0,88) + d (3*0,71) + e (3*0,83) + f (3* 0,51) + g (4*0,46) + h (3*0,59) + i (4*1) = 22,28$$

A continuaci3n, el cuadro 38 grafica los valores del indicador Y para las estaciones ubicadas en el 3rea de sedimentaci3n de los m3dulos con m3xima biomasa y para las estaciones de referencia. Seg3n el criterio de clasificaci3n utilizado en el cuadro 35, este centro de cultivo se encontrar3a en una condici3n de Malo.

Cuadro 38





- Centro de cultivo de ostras clasificado en categoría 3:

Estaciones ubicadas en área de máxima sedimentación

$$Y (\text{Estación 1}) = a (2*1) + b (2*1) + c (2*0,88) + d (1*0,71) + e (1*0,83) + f (3* 0,51) + g (2*0,46) + h (1*0,59) + i (4*1) = 14,34$$

$$Y (\text{Estación 2}) = a (2*1) + b (2*1) + c (2*0,88) + d (1*0,71) + e (1*0,83) + f (3* 0,51) + g (2*0,46) + h (1*0,59) + i (4*1) = 14,34$$

$$Y (\text{Estación 3}) = a (2*1) + b (2*1) + c (2*0,88) + d (1*0,71) + e (1*0,83) + f (3* 0,51) + g (2*0,46) + h (1*0,59) + i (4*1) = 14,34$$

Estaciones de referencia

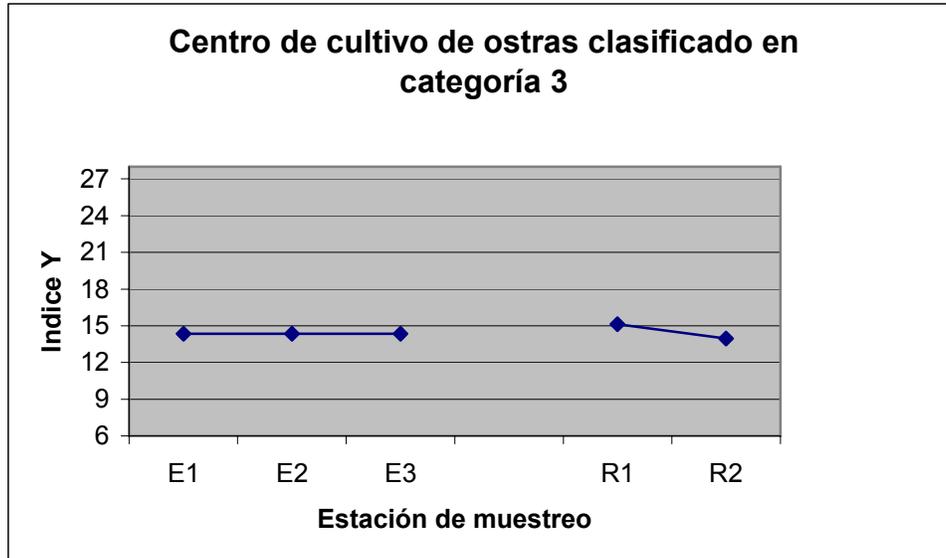
$$Y (\text{Estación de referencia 1}) = a (2*1) + b (2*1) + c (1*0,88) + d (1*0,71) + e (3*0,83) + f (3* 0,51) + g (2*0,46) + h (1*0,59) + i (4*1) = 15,12$$

$$Y (\text{Estación de referencia 2}) = a (2*1) + b (2*1) + c (1*0,88) + d (1*0,71) + e (1*0,83) + f (4* 0,51) + g (2*0,46) + h (1*0,59) + i (4*1) = 13,97$$

A continuación, el cuadro 39 grafica los valores del indicador Y para las estaciones ubicadas en el área de sedimentación de los módulos con máxima biomasa y para las estaciones de referencia. Según el criterio de clasificación utilizado en el cuadro 35, este centro de cultivo se encontraría en una condición de Regular.



Cuadro 39



- Centro de cultivo de choritos clasificado en categorí3 3:

Estaciones ubicadas en á3rea de máx3ma sedimentaci3n

$$Y (\text{Estaci3n 1}) = a (2^*1) + b (2^*1) + c (4^*0,88) + d (4^*0,71) + e (1^*0,83) + f (2^* 0,51) + g (3^*0,46) + h (2^*0,59) + i (2^*1) = 16,77$$

$$Y (\text{Estaci3n 2}) = a (2^*1) + b (2^*1) + c (4^*0,88) + d (4^*0,71) + e (1^*0,83) + f (2^* 0,51) + g (3^*0,46) + h (2^*0,59) + i (2^*1) = 16,77$$

$$Y (\text{Estaci3n 3}) = a (2^*1) + b (2^*1) + c (4^*0,88) + d (4^*0,71) + e (1^*0,83) + f (2^* 0,51) + g (3^*0,46) + h (1^*0,59) + i (2^*1) = 16,18$$

Estaciones de referencia

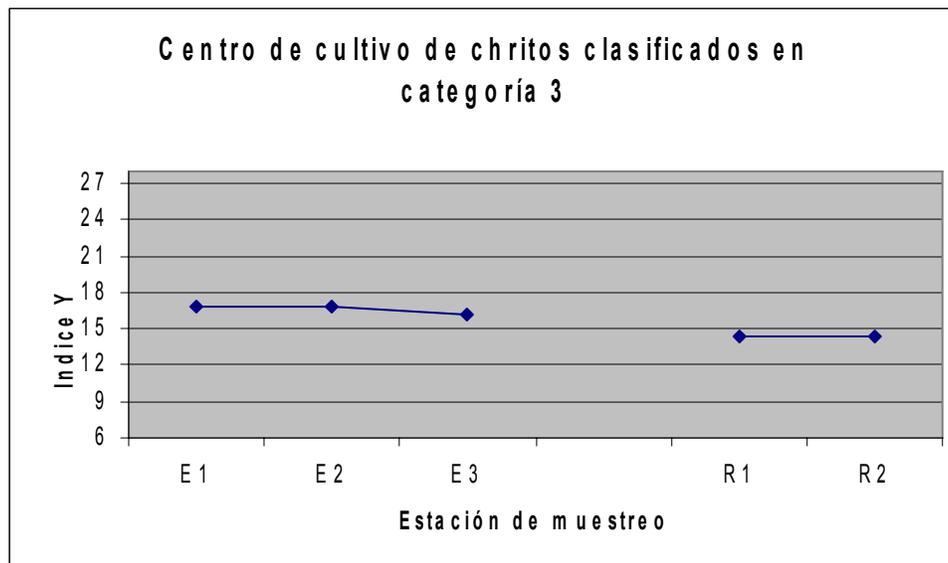
$$Y (\text{Estaci3n de referencia 1}) = a (2^*1) + b (2^*1) + c (4^*0,88) + d (2^*0,71) + e (1^*0,83) + f (2^* 0,51) + g (2^*0,46) + h (1^*0,59) + i (2^*1) = 14,3$$

$$Y (\text{Estaci3n de referencia 2}) = a (2^*1) + b (2^*1) + c (4^*0,88) + d (2^*0,71) + e (1^*0,83) + f (1^* 0,51) + g (2^*0,46) + h (2^*0,59) + i (2^*1) = 14,38$$



A continuaci3n, el cuadro 40 grafica los valores del indicador Y para las estaciones ubicadas en el 3rea de sedimentaci3n de los m3dulos con m3xima biomasa y para las estaciones de referencia. Seg3n el criterio de clasificaci3n utilizado en el cuadro 35, este centro de cultivo se encontrar3a en una condici3n de Regular.

Cuadro 40



- Centro de cultivo de salmones clasificado en categor3a 3:

Estaciones ubicadas en 3rea de m3xima sedimentaci3n

$$Y (\text{Estaci3n 1}) = a (1*1) + b (2*1) + c (4*0,88) + d (1*0,71) + e (1*0,83) + f (3* 0,51) + g (1*0,46) + h (2*0,59) + i (4*1) = 15,23$$

$$Y (\text{Estaci3n 2}) = a (1*1) + b (2*1) + c (4*0,88) + d 1*0,71) + e (1*0,83) + f (3* 0,51) + g (2*0,46) + h (3*0,59) + i (4*1) = 16,28$$

$$Y (\text{Estaci3n 3}) = a (1*1) + b (2*1) + c (4*0,88) + d (2*0,71) + e (2*0,83) + f (3* 0,51) + g (2*0,46) + h (4*0,59) + i (4*1) = 18,41$$



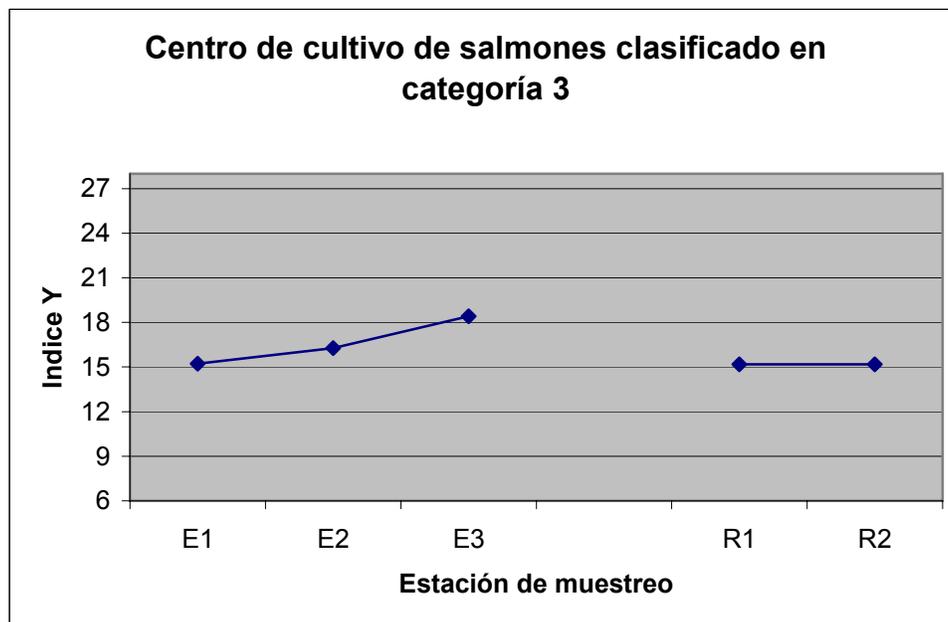
Estaciones de referencia

$$Y (\text{Estaci3n de referencia 1}) = a (1 \cdot 1) + b (2 \cdot 1) + c (4 \cdot 0,88) + d (1 \cdot 0,71) + e (1 \cdot 0,83) + f (2 \cdot 0,51) + g (2 \cdot 0,46) + h (2 \cdot 0,59) + i (4 \cdot 1) = 15,18$$

$$Y (\text{Estaci3n de referencia 2}) = a (1 \cdot 1) + b (2 \cdot 1) + c (4 \cdot 0,88) + d (1 \cdot 0,71) + e (1 \cdot 0,83) + f (2 \cdot 0,51) + g (2 \cdot 0,46) + h (2 \cdot 0,59) + i (4 \cdot 1) = 15,18$$

A continuaci3n, el cuadro 41 grafica los valores del indicador Y para las estaciones ubicadas en el 3rea de sedimentaci3n de los m3dulos con m3xima biomasa y para las estaciones de referencia. Seg3n el criterio de clasificaci3n utilizado en el cuadro 35, este centro de cultivo se encontrar3a en una condici3n de Regular.

Cuadro 41





➤ **Fundamento legal para establecer los límites de aceptabilidad ambiental de un sitio.**

El D. S. 320 (MINECON) de 24 de agosto de 2001, Reglamento Ambiental para la Acuicultura, fue dictado en virtud de lo preceptuado por el artículo 87, de la Ley General de Pesca y Acuicultura, el que dispone que mediante el ejercicio de la potestad reglamentaria, el ejecutivo deberá “reglamentar las medidas de protección del medio ambiente para que los establecimientos que exploten concesiones o autorizaciones de acuicultura operen en niveles compatibles con las capacidades de los cuerpos de agua lacustres, fluviales y marítimos”.

La autoridad deberá disponer de la información necesaria (CPS) para poder efectuar un “pronunciamiento ambiental” respecto de la futura área de sedimentación de un centro de cultivo cuya solicitud de concesión o autorización se encuentra en trámite. El artículo 17 del Reglamento señala que tal pronunciamiento sólo será favorable si el área mencionado presenta condiciones aeróbicas.

Igualmente la información ambiental (INFA) destinada a permitir que la autoridad controle el cumplimiento de la obligación del titular de una concesión o autorización de acuicultura, en cuanto a que debe operar su centro a niveles compatibles con las capacidades de los cuerpos de agua, deberá demostrar que el titular mantiene condiciones aeróbicas en la superficie del área de sedimentación de su centro de cultivo.

Por su parte, el artículo 2, letras g y h, respectivamente señalan que condiciones aeróbicas es aquella que indica la presencia de oxígeno disuelto en el agua intersticial de los primeros 3 cm de sedimento y condición anaeróbica es aquella que indica la ausencia de oxígeno en la forma señalada, caso en el cual el



reglamento entiende que se supera la capacidad de carga de un cuerpo de agua (artículo 3º inciso 2).

De acuerdo a lo anterior la sola presencia de oxígeno en el agua intersticial de los primeros 3 cm de sedimento, es elemento suficiente para los efectos de emitir un pronunciamiento ambiental favorable o para permitir que continúe operando un centro de cultivo, al menos con los niveles de producción informados.

Sin embargo se ha estimado que en atención a la multiplicidad de variables que establece la Res. Nr. 404/2003, las cuales en su conjunto permiten determinar la presencia o no de oxígeno, debe establecerse límites de aceptabilidad de las mismas.

Cabe destacar que la Resolución, por mandato del artículo 16 del D. S. 320/2001, sólo puede establecer requerimientos relativos a los siguientes aspectos: descripción de la topografía del centro, características hidrográficas del sector, número y ubicación de los sitios de muestreo, registro visual del área, información relativa a parámetros y variables ambientales en el sedimento y en la columna de agua. Por ello no resulta posible establecer límites de aceptabilidad en la resolución.

Tampoco se pueden incorporar en el Reglamento, toda vez que los límites de aceptabilidad están referidos específicamente a las variables a medir, las que se establecen en la Resolución por cuanto son esencialmente variables y por lo mismo sujetos a revisión cada dos años.

Sin embargo, es el Reglamento el que puede establecer que la resolución que fija los contenidos y las metodologías para elaborar la CPS, señale los límites de aceptabilidad para cada una de las variables. La propuesta de modificación de éste, deberá estar avalada por informes técnicos fundados de la Subsecretaría de Pesca, del Consejo Nacional de Pesca y de los Consejos Zonales que



corresponda, según lo establece el artículo 87 de la Ley General de Pesca y Acuicultura.

5.4 Objetivo Específico 4. *Elaborar un manual de operación, en el cual estén descritas las metodologías de muestreo, transporte y análisis de las variables definitivas a controlar, tanto en la CPS como en la INFA.*

➤ Manual de operación

1. VARIABLES POR CATEGORÍA

1.1. Caracterización Preliminar del Sitio (CPS)

La CPS deberá contener los elementos que en cada caso se indican, dependiendo de la categoría en que se encuentre el centro de cultivo:

A. Los centros de cultivo clasificados en categoría 1 deberán incluir en la CPS:

- a) Batimetría;
- b) Materia orgánica del sedimento;
- c) Granulometría;
- d) Correntometría euleriana;

B. Los centros de cultivo clasificados en categoría 2 deberán incluir en la CPS:

- a) Batimetría;
- b) Granulometría del sedimento;
- c) Materia orgánica del sedimento;
- d) Macrofauna bentónica;
- e) Correntometría euleriana



C. Los centros de cultivo clasificados en categoría 3 deberán incluir en la CPS:

En porciones de aguas marinas,

- a) Batimetría;
- b) Granulometría del sedimento;
- c) Materia orgánica del sedimento;
- d) Macrofauna bentónica;
- e) Potencial redox en el sedimento;
- f) Correntometría euleriana;
- g) Ácido Sulfhídrico
- h) Concentración de oxígeno disuelto

En porciones de aguas terrestres,

- a) Batimetría;
- b) Granulometría del sedimento;
- c) Materia orgánica del sedimento;
- d) Macrofauna bentónica;
- e) pH y Potencial redox en el sedimento;
- f) Correntometría euleriana;
- g) Ácido Sulfhídrico
- h) Concentración de oxígeno

D. Los centros de cultivo clasificados en categoría 4 deberán incluir en la CPS:

- a) Batimetría;
- b) Correntometría euleriana;
- c) Registro visual



- E. Los centros de cultivo clasificados en categoría 5 deberán incluir en la CPS:
- a) Batimetría;
 - b) Correntometría euleriana;
 - c) Concentración de oxígeno
- 1.2. Información Ambiental (INFA)
- A. Los centros de cultivo clasificados en categoría 1 deberán incluir en la INFA:
- a) Materia orgánica del sedimento;
 - b) Granulometría
- B. Los centros de cultivo clasificados en categoría 2 deberán incluir en la INFA:
- a) Granulometría del sedimento;
 - c) Materia orgánica del sedimento;
 - d) Macrofauna bentónica
- C. Los centros de cultivo clasificados en categoría 3 deberán incluir en la INFA:
- En porciones de aguas marinas
- a) Granulometría del sedimento;
 - b) Materia orgánica del sedimento;
 - c) Macrofauna bentónica;
 - d) Potencial redox en el sedimento;
 - e) Ácido Sulfhídrico
 - f) Oxígeno disuelto



En porciones de agua terrestres

- a) Granulometría del sedimento;
- b) Materia orgánica del sedimento;
- c) Macrofauna bentónica;
- d) pH y Potencial redox en el sedimento;
- e) Ácido Sulfhídrico;
- f) Oxígeno disuelto

D. Los centros de cultivo clasificados en categoría 4 deberán incluir en la INFA:

- a) Registro visual;
- b) Asimilación de materia orgánica en sedimento

E. Los centros de cultivo clasificados en categoría 5 deberán incluir en la CPS:

- a) Oxígeno disuelto

A la información ambiental indicada deberá adicionarse lo siguiente:

- a) Bitácora de la aplicación del Plan de Contingencia señalado en el artículo 5°, D.S. N° 320 de 2001, ya citado, Reglamento Ambiental para la Acuicultura;
- b) En el caso de centros de cultivo de especies bentónicas exóticas deberán presentarse los resultados de una prospección por medio de buceo y/o grabación subacuática en el área de la concesión que dé cuenta del asentamiento de este tipo de especies en el área.



- c) Sólo en caso que conforme al D.S. N° 320 de 2001, ya citado, se requiera información complementaria a los centros de cultivo clasificados en categoría 1, 2, 4 y 5 deberá incluirse en ella, el potencial redox en el sedimento.

2. UBICACIÓN Y NÚMERO DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO

Ubicación y número de las estaciones de muestreo para la toma de muestras requeridas para la realización de los análisis de granulometría, materia orgánica, macrofauna bentónica, pH y potencial redox y Ácido Sulfhídrico se someterá a las reglas que se indican a continuación:

- A. Se determinarán estaciones de muestreo sólo en el caso que el centro de cultivo se encuentre en sectores de fondos blandos.
- En caso que el centro de cultivo comprenda conjuntamente, fondos blandos y fondos duros o semiduros, deberán ser muestreados de ambas formas de acuerdo a cada tipo de sustrato.
- B. El área solicitada, el centro de cultivo y las estaciones de muestreo, cuando corresponda, deberán estar representadas en una copia del plano de la concesión acompañado al proyecto técnico de conformidad con el artículo 10 del D.S. N° 290 de 1993 del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, Reglamento de Concesiones y Autorizaciones de Acuicultura.



C. Las estaciones de muestreo deberán ser enumeradas correlativamente.

Para determinar el número de estaciones de muestreo, se seguirán las reglas siguientes:

1. Caracterización preliminar del sitio

El área solicitada deberá ser dividida en cuadrantes de 1 hectárea (100 metros por 100 metros), donde cada vértice representará una estación de muestreo.

2. Información Ambiental

Se deberán considerar, al menos, 3 estaciones en el área de sedimentación correspondientes a los módulos de cultivo con máxima biomasa, más 2 estaciones de referencia ubicadas en la línea de la transecta que une los dos vértices mas cercanos a la costa, con 3 réplicas cada una. En caso de que los vértices se ubiquen en tierra, las estaciones de referencia se desplazarán en dirección al centro de la concesión hasta alcanzar una profundidad mínima de 5 m.

En caso de presentarse problemas técnicos, podrá solicitarse, previamente a la Subsecretaría de Pesca, la utilización de un modelo para muestrear el área adyacente a los módulos de cultivo. Dicha modelación determinará el área de mayor sedimentación y deberá considerar la velocidad de decantación de partículas, profundidad y una correntometría euleriana de al menos quince días de registro continuo, en dos profundidades equidistantes entre fondo de las redes y el sedimento.



- D. Para realizar los análisis de macrofauna bentónica, deberá obtenerse 3 muestras de sedimento en cada estación. La muestra del sedimento se deberá obtener a través de una draga tipo Van veen, Petit Ponar o Ponar de 0,1 m² de mordida. La draga debe venir cerrada y contener sedimento como mínimo hasta 5 cm del borde superior de ésta.

- E. Para realizar los análisis de granulometría, materia orgánica, pH y potencial redox y Ácido Sulfhídrico, deberá obtenerse 3 muestras de sedimento en cada estación. La muestra del sedimento se deberá obtener mediante buceo a través de Core. El Core debe taparse inmediatamente luego tomada la muestra, con el fin de perturbar en forma mínima la muestra colectada.

3. METODOLOGÍA VARIABLES

- La medición de la batimetría se someterá a las reglas que se indican a continuación:
 - A. Se deberá realizar la batimetría del área de la concesión por medio de un ecosonda de registro continuo, con GPS incorporado, el cual registre la totalidad del área concedida o solicitada.
 - B. Se deberá entregar un perfil batimétrico en una copia del plano de la concesión, donde se diagramen las isobatas cada 10 metros, indicando en la gráfica como mínimo la ubicación de los vértices del área solicitada. La información debe presentar la corrección a cota cero entre la alta y baja marea.



- El estudio de corrientes se realizará conforme a las alternativas que se indican a continuación:
 - A. Registrar la velocidad de corrientes a 1 metro del fondo (cm/s), utilizando un correntómetro (registro continuo) fondeado en el centro de la concesión. El equipo debe ser programado para recolectar la información de dirección y magnitud de las corrientes, posibilitando la emisión de series de tiempo cada 10 minutos por lo menos por 15 días, registrando datos efectivos comenzando un día previo a un período de cuadratura y finalizando al cuarto día de registro efectivo en sicigia.
 - B. Utilizar el perfilador acústico de corrientes Doppler, entregando la distribución de frecuencias de velocidades y dirección de corriente para cada capa, indicando claramente el estrato de la columna de agua que corresponde. Para estos efectos, deberá dividirse imaginariamente la columna de agua en 10 capas iguales y registrar la velocidad y dirección de la corriente en cada una de ellas, como mínimo cada 10 minutos, por lo menos durante un ciclo efectivo en cuadratura.
 - C. La información obtenida debe ser sometida como mínimo a:
 - Un análisis estadístico de frecuencias por rangos de dirección y magnitud para una rosa de 8 direcciones,
 - Un análisis de series de tiempo que comprende estadística básica y diagrama de vector progresivo (DVP).

- El registro visual se realizará conforme a las reglas que se indican a continuación:
 - A. En la CPS, se realizará el registro visual por medio de grabación subacuática de la superficie del sustrato consistente en dos transectas, las que deberán ubicarse a partir de los vértices más distantes del área solicitada y cruzarse entre sí, pasando por el punto medio de la misma.



En la Informaci3n Ambiental, se realizar3 el registro visual del 3rea de sedimentaci3n por medio de grabaci3n del bentos, siguiendo la direcci3n de 2 transectas de 100 metros de longitud cada una, trazadas perpendicularmente entre s3 bajo los m3dulos de cultivo con m3xima biomasa.

- B. La grabaci3n subacu3tica podr3 ser realizada por buceo o por sistema remoto. Deber3 contar con iluminaci3n suficiente y foco adecuado para permitir la observaci3n de los diferentes componentes del bentos.

- C. La grabaci3n deber3 ser realizada por medio de una c3mara de video digital y entregada en formato VHS, CD o DVD. El video deber3 estar claramente etiquetado y deber3 contener la siguiente informaci3n:
 - a) N3mero de solicitud de acuicultura;
 - b) N3mero en el Registro Nacional de Acuicultura (en el caso de ser entregado en Informaci3n Ambiental);
 - c) Localizaci3n geogr3fica del centro;
 - d) Nombre del titular;
 - e) Fecha de la grabaci3n.

- D. La grabaci3n de cada transecta debe comenzar en la superficie y deber3 efectuarse en forma ininterrumpida debiendo registrar lo siguiente:
 - a) Audio o grabaci3n en una pizarra de la informaci3n correspondiente al n3mero de solicitud de acuicultura y n3mero en el Registro Nacional de Acuicultura (en el caso de ser entregado en la Informaci3n Ambiental), nombre del titular, nombre del lugar y fecha de la grabaci3n;



- b) Grabación en superficie: grabación en 360° del área de estudio, dirección en que se efectuará la transecta (referencias a tierra), identificando la transecta;
 - c) Grabación subacuática: registro de profundidad y rumbo (profundímetro y brújula) 4 veces como mínimo. Los sistemas remotos de grabación, deberán disponer de esta información en forma continua; y
 - d) Regreso a superficie: grabación en 360° del área de estudio, dirección en que se efectuó la transecta (referencias a tierra), identificación de la transecta.
- E. La grabación deberá ser acompañada de un informe escrito que contenga una descripción y discusión de lo observado en el registro visual y registrando, los siguientes aspectos:
- a) Localización geográfica del centro;
 - b) Nombre del titular;
 - c) Número de solicitud de acuicultura y número en el Registro Nacional de Acuicultura (en el caso de ser entregado en la Información Ambiental);
 - d) Plano de ubicación de los módulos de cultivo, respecto de la concesión de acuicultura y dirección de las transectas;
 - e) Fecha y hora en que se realizó el registro;
 - f) Descripción de los sedimentos, flora y fauna subacuática;
 - g) Presencia de cubiertas de microorganismos;
 - h) Presencia de burbujas de gas;
 - i) Cualquier dificultad técnica encontrada en la campaña; y
 - j) Número de individuos incorporados y biomasa por módulo en cultivo durante ese año, si corresponde.



- La medición de la granulometría del sedimento se realizará conforme a la metodología que se indican a continuación:
 - A. Se deberá extraer aproximadamente 130 gramos de sedimento desde el Core y sólo hasta 3 centímetros del sedimento.
 - B. Si en las submuestras se detecta la presencia de macrofauna, ésta deberá ser retirada. En el caso que la submuestra contenga una alta cantidad de materia orgánica, deberá aplicarse el siguiente procedimiento:
 - a) La muestra deberá ser tratada con una mezcla acetona: alcohol (1: 3)
 - b) Se deberá dejar la muestra 24 horas en la solución aludida en la letra anterior y luego se lavará con agua.
 - C. Para la determinación de la granulometría se deberá lavar 100 gramos de la submuestra sobre dos tamices finos (3 y 4 phi), sacando cuantitativamente las fracciones de limos y arcillas junto con el agua de lavado. El sedimento más grueso (3 phi), que queda retenido en los tamices deberá ser secado y tamizado separadamente con tamices de -1 a 3 phi. Con el resto de las fracciones se calcularán los porcentajes de grava y arena.
 - D. El cálculo deberá contemplar el factor humedad de la muestra. Para su determinación deberán utilizarse aproximadamente 30 gramos de la submuestra en una cápsula previamente tarada. La muestra previamente pesada debe ser colocada en una estufa a 100 a 105°C durante 8 a 9 horas. Posteriormente, la muestra deberá ser retirada



de la estufa, colocada en un desecador, dejarse enfriar a temperatura ambiente durante una hora y luego se volverá a pesar. Luego, deberá colocarse en la estufa por 3 a 4 horas, enfriarla del modo descrito anteriormente y pesada nuevamente. Este procedimiento deberá repetirse hasta lograr un peso constante.

- E. Para calcular materia seca en la muestra húmeda se deberá utilizar la siguiente fórmula:

Peso seco (sedimento) = $\frac{\text{Peso húmedo (sedimento)} \times \text{Peso seco (humedad)}}{\text{Peso húmedo (humedad)}}$ - b
Peso húmedo (humedad) donde "b" corresponde a la corrección de sales disueltas contenidas en el agua intersticial del sedimento.

$b = \frac{\text{Peso húmedo (sedimento)} \times \text{Peso agua evaporada (humedad)}}{\text{salinidad} \times \text{Peso húmedo (humedad)}} \times 1.000$

- F. Los resultados deberán ser entregados en porcentaje (%) de la fracción sedimentaria contenida para cada una de las estaciones de muestreo.
- G. Con los datos se deberá obtener la curtosis y asimetría de los sedimentos.
- H. La porosidad de los sedimentos será obtenida midiendo los volúmenes de agua en sedimentos húmedos y el volumen de las partículas, por otro lado, la densidad aparente será determinada pesando el sedimento y posteriormente expresándolo como unidad de volumen de sedimento húmedo.



- El contenido de materia orgánica del sedimento será determinado conforme a la metodología que se indica a continuación:
 - A. Se deberá extraer aproximadamente 100 gramos de sedimento desde el Core y sólo hasta 3 centímetros de profundidad;
 - B. Tales submuestras se trasladarán refrigeradas (4°C), en cooler que contienen freezpack, hasta llegar al laboratorio;
 - C. Se deberá tomar una submuestra de 10 gramos y mantener a 60° C hasta alcanzar peso constante;
 - D. Se deberá calcinar la submuestra a 450° C (mufla) durante 5 horas;
 - E. Se deberá pesar la muestra calcinada; y
 - F. Se deberá calcular la pérdida de peso correspondiente a materia orgánica y expresarlo en porcentaje.

- El análisis de macrofauna bentónica se realizará conforme a la metodología que se indica a continuación:
 - A. Una vez obtenida la muestra de sedimento deberán, en la embarcación, ser separados los organismos del sedimento del detritus a través de un tamiz de 1 mm ayudado con un aspersor de agua.
 - C. Finalizado el tamizado con agua, se deben eliminar las piedras y trozos calcáreos de gran tamaño. Como solución preservante se deberá utilizar etanol al 70% diluido en agua potable.
 - D. En el laboratorio, deberán separarse bajo lupa los organismos de la macrofauna de las partículas de detrito y agrupar los organismos por Phylla, para posteriormente identificar hasta nivel de especie, como mínimo, a nivel de familia.
 - E. Una vez identificados los organismos deberán ser pesados por separado por cada familia o especie incluyendo los exoesqueletos



(peso húmedo) en una balanza analítica (+/- 0.0001, gramos de precisión). Con los datos obtenidos, se calculará la abundancia y biomasa por metro cuadrado, porcentaje de poliquetos, porcentaje de capitélidos, índice de Shannon Wiener (H'), coeficiente de Pielou (J).

- La medición del potencial redox y pH del sedimento se realizará conforme a la metodología que se indica a continuación:
 - A. La medición del pH y potencial redox de los tres primeros centímetros del sedimento, se deberá realizar directamente por medio de microelectrodos diseñados para tal fin.
 - B. Se deberá utilizar un pH-metro que tenga compensador de temperatura, el microelectrodo de la sonda redox deberá ser de platino, oro o grafito, diseñado para medir en sedimentos.
 - C. Previo a las mediciones ya señaladas, deberá calibrarse el pH-metro y la sonda redox para agua de mar o agua dulce, según corresponda, de acuerdo a las instrucciones del fabricante.
 - D. Para efectuar la medición del potencial redox y pH, se podrán tomar directamente muestras de sedimentos por medio de Corer. Una vez en la embarcación, se procederá a introducir los microelectrodos en los primeros 3 centímetros del sedimento y registrar los valores entregados por los equipos.
- La medición de oxígeno disuelto en la columna de agua se realizará conforme a la metodología que se indica a continuación:



- A. Se deber3n realizar mediciones en la columna de agua en las cuales se registren las concentraciones de ox3geno disuelto (mL/L) y porcentaje de saturaci3n, a los 10 m de profundidad, mediante una sonda de registro continuo.
 - B. En la Informaci3n Ambiental se deber3n entregar los datos de los 12 3ltimos meses, en forma de tablas y gr3ficos.
 - C. En el caso de la CPS, el perfil de ox3geno disuelto se deber3 realizar en el centro del 3rea solicitada en concesi3n. En el caso de la Informaci3n Ambiental, el perfil de ox3geno disuelto se deber3 realizar en dos m3dulos de cultivo.
- La medici3n de 3cido Sulfh3drico en sedimento se realizar3 conforme a la metodolog3a que se indica a continuaci3n:
 - A. Separaci3n de sulfuros solubles e insolubles, pretratar la muestra con una soluci3n de Hidr3xido de sodio 6N y una soluci3n de Cloruro de aluminio
 - ⇒ Disolver el contenido total de un frasco de 100g de $AlCl_3 \cdot 6H_2O$ en 144 ml de agua destilada.
 - ⇒ Utilizar NaOH 6N
 - ⇒ En un frasco de vidrio de 100 ml a3adir 0,2 ml (4 gotas) de NaOH 6N. Llenar el frasco con la muestra y a3adir posteriormente 0.2 ml (4 gotas) de soluci3n $AlCl_3$. T3pese sin dejar burbujas y mezclar en3rgicamente para flocular el contenido. Variar los vol3menes de las soluciones hasta obtener una buena clarificaci3n. Obtener un Ph entre 6-9. Posteriormente dejar sedimenta y extraer sobrenadante.



- B. Pretratar la muestra con una solución de Acetato de Zinc y una solución de Hidróxido de Sodio para eliminar sustancias que puedan interferir :
- ⇒ Disuelva 220 g $\text{Zn}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ en 870 ml de agua para obtener 1 L de solución
 - ⇒ Utilizar NaOH 6N
 - ⇒ En un frasco de vidrio introducir 0,15 ml (3 gotas) de solución de Acetato de Zinc llénese con la muestra y añadir 0,10 ml (2 gotas) de solución de NaOH 6N. Tápese sin dejar burbujas y mezclar enérgicamente. Variar el volumen de los reactivos añadidos de acuerdo con la muestra, de modo que el precipitado resultante no sea excesivamente voluminoso. Añadir NaOH hasta obtener un PH sobre 9.
 - ⇒ Esperar 30 minutos para que decante el precipitado, rellenar el frasco con agua destilada y proceder a suspender este, posteriormente extraer la muestra
- C. Método el Azul de Metileno
- ⇒ Solución madre de ácido aminosulfúrico: disuélvase 27 g de N,N-dimetil-p-fenilendiamina oxalato en una mezcla fría de 50 ml de ácido sulfúrico concentrado y 20 ml de agua destilada. Enfriar y diluir a 100 ml con agua destilada. Conservar en frascos topacio.
 - ⇒ Reactivo de Ácido aminosulfúrico: diluir 25 ml de solución madre de ácido aminosulfúrico con 975 ml de ácido sulfúrico 1+1. Conservar en frasco topacio.
 - ⇒ Solución de cloruro férrico: Disolver 10 g de $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ en 40 ml de agua.
 - ⇒ Solución ácido sulfúrico 1+1



- ⇒ Solución de ácido de monosfosfato diamónico: Disolver 400 g $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ en 800 ml de agua destilada
 - ⇒ Solución de Azul de metileno I: Diluir 1 g de colorante y completar 1 L de agua destilada. Estandarizar solución frente a soluciones de sulfuro de concentración conocida, ajustando la concentración de modo que 0,05 ml (una gota)= 1,0 mg de sulfuro/l
 - ⇒ Solución de Azul de metileno II: Diluir 10 ml de solución I de azul de metileno ajustada a 100 ml.

 - ⇒ Transferir 7,5 ml de muestra a dos tubos de ensayo, añadir al tubo A 0,5 ml de reactivo de ácido aminosulfúrico y 0,15 ml (3 gotas) de solución FeCl_3 . Mezclar por inversión lenta una vez. Al tubo B añadir 0,5 ml de H_2SO_4 1+1 y 0,15 ml (3 gotas) de solución FeCl_3 mezclar. Esperar el desarrollo del color azul que denota presencia de S^{2-} . Esperar 3-5 minutos y añadir $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ a cada tubo.

 - ⇒ Posteriormente medir con espectrofotómetro (para uso a $\lambda = 664$ nm). Para medir concentraciones de sulfuro de 0,1 a 2,0 m/l utilizar una cubeta de recorrido de luz de 1 cm.
- La medición Asimilación de Materia Orgánica en Sedimentos se realizará conforme a la metodología que se indica a continuación:
 - A. Fondear las trampas a una profundidad de 5 m del fondo de la estructura de cultivo:

A un costado de la estructura de cultivo en el caso de cultivo de salmones.



Entre líneas en el caso del cultivo de moluscos.

- B. Luego de 15 días de recolección de sedimento retirar las trampas, se deben tapar los tubos bajo el agua antes de levantar la trampa.
- C. Una vez en la embarcación se debe esperar unos 10 minutos para que decante el sedimento para posteriormente proceder a destornillar los tubos interiores y envolverlos en papel alusafol con todo su contenido.
- D. Introducir los tubos en cooler con freeze pack para luego de efectuada la recolección de todas las trampas trasladarlos al laboratorio.
- E. Una vez en el laboratorio, retirar con las pinzas cualquier organismo pequeño que esté en el tubo.
- F. Pesar los filtros (47 mm de diámetro y con capacidad de retener partículas de 0,2 μm .) y filtrar las muestras vertiendo el contenido de los tubos a través del filtro, utilizando una bomba de vacío
- G. Una vez filtrada toda la muestra contenida en los tubos sacar el filtro de la bomba de vacío y pesar en balanza analítica (con una precisión de ± 0.0001 gramos, registrándose así el peso húmedo del filtro
- H. Posteriormente secar los filtros con sedimento en estufa a 550°C hasta obtener un peso constante.



4.3 Objetivo Específico 5. *Realizar un análisis económico del costo de la aplicación de los diseños de muestreos definitivos para cada categoría de clasificación, tanto en el caso de la CPS como de la INFA.*

A. Recopilación y registro de la información.

El análisis económico del costo de la aplicación de los muestreos definitivos para cada categoría de clasificación esta basado en la información técnica generada en los resultados previos, en los que se colectaron las variables que definían los costos mas representativos de la aplicación de cada elemento exigido por la Res 404/03, tanto para la realización de la CPS, como la de los INFA.

La información recopilada de las actividades en terreno, análisis de datos y muestras, y que presentaron preponderancia en los costos fueron: (1) Horas hombres en análisis de información, (2) principales insumos, (3) tiempos y consumos de operación en terreno, (4) servicios externos para análisis de muestras, (5) sub contrato de buzos profesionales y artesanales. Estas fueron individualizadas para cada elemento de que se exige en cada categoría que se describe en el numeral 4 de la resolución 404/03, es decir:

Cuadro 42. Elementos por categoría

ELEMENTO	CATEGORIA				
	1	2	3	4	5
Batimetría*	Si	Si	Si	Si	Si
Granulometría en Sedimentos	-	SI	Si	-	-
Materia Orgánica en Sedimentos	Si	Si	Si	-	-
Macrofauna Bentónica	-	Si	Si	-	-
pH y Potencial Redox en Sedimento	-	-	Si	-	-
Correntometría Euleriana*	-	-	Si	Si	Si
Perfil de Oxigeno Disuelto en Columna de Agua	-	-	Si	-	Si
Registro Visual	-	-	-	Si	-



B. Procesamiento de datos para la determinación de costos.

Una vez identificada la información técnica, en cuanto a las variables a ser consideradas, éstas se cuantificaron bajo dos supuestos, los que posteriormente se sensibilizan, el primero es considerar una dimensión promedio del centro de cultivo, el cual según información obtenida en Sernapesca es de **8,72 Há** por centro. Y segundo considerar como profundidad máxima por centro 30 m.

La valorización de los elementos de costos se realizó, en la mayoría de los casos, a precios de adquisición y/o mercados, obtenidos por medio de cotizaciones, esta situación fue característica para los insumos y subcontratos. Mientras que los costos de operación se realizaron precios de costo para el IFOP, esto para horas hombre, transporte, alojamiento y alimentación. En el caso de los materiales necesarios para realizar muestreos y que fueran de auto construcción, se valorizaron como costo de adquisición de los materiales. En todos los casos evaluados para cada categoría solo se consideran los costos de operación necesarios para obtener la información, excepto en aquellos casos, en que los elementos de información ambiental propuestos impliquen la adquisición de equipos no contemplados para la exigencia original. El valor del equipo se incorporo como costo, equivalente al valor de depreciación lineal mensual, con una vida útil estimada de 5 años.

La clasificación de los costos se realizó según lo propuesto en la metodología y según las tablas presentadas anteriormente, para las variables propuestas en cada categoría, de esta manera se obtuvo una estructura de costos característica para categoría, con los costos de aplicar



con los actuales requisitos de la Resolución 404/03, y los nuevos propuestos.

En los cuadros 43 y 44 se describen las estructuras de costos de manera sintética.



Cuadro 43. Resumen comparativo de los costos de elaboración de una CPS, por categoría.

COSTO DE ELABORACION DE UN CPS POR CATEGORIA SEGÚN REQUERIMIENTOS ACTUALES					
Elementos	Categoría				
	1	2	3	4	5
Batimetría*	\$ 137.848	\$ 136.104	\$ 126.420	\$ 126.420	\$ 126.420
Granulometría en Sedimentos		\$ 372.337	\$ 355.451		
Materia Orgánica en Sedimentos	\$ 351.485	\$ 240.392	\$ 226.505		
Macrofauna Bentónica		\$ 940.192	\$ 926.305		
pH y Potencial Redox en Sedimento			\$ 203.660		
Correntometría Euleriana*	\$ 262.840	\$ 262.840	\$ 240.840	\$ 240.840	\$ 240.840
Perfil de Oxígeno Disuelto en Columna de Agua			\$ 301.120		\$ 295.920
Registro Visual				\$ 500.000	
Costos CPS según categorías	\$ 752.173	\$ 1.951.865	\$ 2.380.301	\$ 867.260	\$ 663.180
Costos CPS según categorías	\$ 1.396.759	\$ 3.092.365	\$ 4.759.481	\$ 1.107.433	\$ 1.488.531
Batimetría*	\$ 137.848	\$ 136.104	\$ 126.420	\$ 126.420	\$ 126.420
Granulometría en Sedimentos + Trampas en C 4	\$ 697.511	\$ 669.737	\$ 621.519		
Materia Orgánica en Sedimentos	\$ 298.560	\$ 273.492	\$ 225.273	\$ 218.173	
Macrofauna Bentónica		\$ 1.750.192	\$ 1.727.973		
Potencial Redox en Sedimento + pH en Lagos.			\$ 221.328		
Concentración de H ₂ S			\$ 474.858		
Correntometría Euleriana*	\$ 262.840	\$ 262.840	\$ 262.840	\$ 262.840	\$ 262.840
Perfil de Oxígeno con sondas			\$ 1.099.271		\$ 1.099.271
Registro Visual				\$ 500.000	
Elementos	1	2	3	4	5
	Categoría				
COSTO DE ELABORACION DE UN CPS POR CATEGORIA SEGÚN REQUERIMIENTOS PROPUESTOS					



Cuadro 44. Resumen comparativo de los costos de elaboración de una INFA, por categoría.

COSTO DE ELABORACION DE UN INFA POR CATEGORIA SEGÚN REQUERIMIENTOS ACTUALES					
Elementos	Categoría				
	1	2	3	4	5
Granulometría en Sedimentos		\$ 145.711	\$ 128.824		
Materia Orgánica en Sedimentos	\$ 218.130	\$ 107.037	\$ 93.150		
Macrofauna Bentónica		\$ 338.837	\$ 324.950		
pH y Potencial Redox en Sedimento			\$ 86.660		
Perfil de Oxígeno Disuelto en Columna de Agua			\$ 148.920		\$ 148.920
Registro Visual				\$ 500.000	
Costos INFA según categorías	\$ 218.130	\$ 591.585	\$ 782.505	\$ 500.000	\$ 148.920
Costos INFA según categorías	\$ 434.044	\$ 941.294	\$ 2.170.840	\$ 709.840	\$ 1.068.080
Granulometría en Sedimentos	\$ 271.984	\$ 244.211	\$ 205.742		
Materia Orgánica en Sedimentos	\$ 162.060	\$ 133.247	\$ 95.818	\$ 209.840	
Macrofauna Bentónica		\$ 563.837	\$ 541.618		
Redox en Sedimento (C4 c/de trampa) + pH en lagos			\$ 94.578		
Perfil de Oxígeno con sonda			\$ 1.068.080		\$ 1.068.080
Concentración de H ₂ S en sedimentos			\$ 165.003		
Registro Visual				\$ 500.000	
Elementos	1	2	3	4	5
	Categoría				

Y las estructuras de costos en extenso pueden ser observadas en la memoria de cálculo en el **anexo 19**.

C. Análisis de los datos.

Categoría 1

Al observar en detalle las diferencias entre las variables propuestas y las exigidas en la Res 404/03, en el caso de las CPS, se puede definir que se incrementa un 86% los costos totales, debido principalmente a la incorporación del análisis de granulometría. De la misma manera se puede observar que el costo de materia orgánica disminuye en 15%, esto debido a que al incorporar el análisis granulométrico, se proratee el costo de muestreo entre dos análisis (cuadro 45).



Cuadro 45

COMPARACION DEL COSTO POR ELEMENTO C1				
Elementos	Metodología		Dif. Abs.	Dif. Rel.
	Original	Propuesto		
Batimetría*	\$ 137.848	\$ 137.848	0	0%
Granulometría en Sedimentos		\$ 697.511	697.511	-
Materia Orgánica en Sedimentos	\$ 351.485	\$ 298.560	-52.925	-15%
Correntometría Euleriana*	\$ 262.840	\$ 262.840	0	0%
Costos CPS según Elemento	\$ 752.173	\$ 1.396.759	644.586	86%

En el caso de la INFA (cuadro 46), el costo también se incrementa por la incorporación de medir granulometría, sin embargo los costos son menores que en las CPS por que el número de muestras exigidas es menor.

Cuadro 46

COMPARACION DEL COSTO POR ELEMENTO C1				
Elementos	Metodología		Dif. Abs.	Dif. Rel.
	Original	Propuesto		
Granulometría en Sedimentos		\$ 271.984	271.984	-
Materia Orgánica en Sedimentos	\$ 218.130	\$ 162.060	-56.070	-26%
Costos INFA según Elemento	\$ 218.130	\$ 434.044	215.914	99%



Categoría 2

La categoría 2 presenta un incremento total del 58 % en los costos de la CPS (cuadro 47), ya que el número de variables a medir no se modifica, este incremento debe su razón a la profundidad del análisis de las muestras que es más amplia de lo que exige actualmente la RES 404/03, incrementando el número de horas hombres en el análisis. Otra razón del aumento de costos está en que las muestras para los análisis de sedimento se deben realizar por medio de un toma muestras cilíndrico (“core”) y no de una draga, las que quedan restringidas sólo para las muestras de macrofauna bentónica.

Cuadro 47

COMPARACION DEL COSTO POR ELEMENTO C2				
Elementos	Metodología		Dif. Abs.	Dif. Rel.
	Original	Propuesto		
Batimetría*	\$ 136.104	\$ 136.104	0	0%
Granulometría en Sedimentos	\$ 372.337	\$ 669.737	297.400	80%
Materia Orgánica en Sedimentos	\$ 240.392	\$ 273.492	33.100	14%
Macrofauna Bentónica	\$ 940.192	\$ 1.750.192	810.000	86%
Correntometría Euleriana*	\$ 262.840	\$ 262.840	0	0%
Costos CPS según Elemento	\$ 1.951.865	\$ 3.092.365	1.140.500	58%

Para el caso del INFA (cuadro 48), los costos también incrementan, pero en menor magnitud, ya que como se comentó anteriormente, el número de muestras a analizar es menor, sin embargo proporcionalmente el incremento del costo es el mismo, 59%

**Cuadro 48**

COMPARACION DEL COSTO POR ELEMENTO C2				
Elementos	Metodologia		Dif. Abs.	Dif. Rel.
	Original	Propuesto		
Granulometría en Sedimentos	\$ 145.711	\$ 244.211	98.500	68%
Materia Orgánica en Sedimentos	\$ 107.037	\$ 133.247	26.210	24%
Macrofauna Bentónica	\$ 338.837	\$ 563.837	225.000	66%
Costos INFA según Elemento	\$ 591.585	\$ 941.294	349.710	59%

Categoría 3

El análisis de los costos para elaborar la CPS en los centros clasificados en categoría 3 (cuadro 49), muestra un incremento del 100% en los costos totales, equivalentes a \$ 2.379.181, lo cual es el resultado, principalmente de la incorporación de la medición de H₂S y la de medición de oxígeno por medio de una sonda de registro continuo, los que se suman a los incrementos ya explicados en el análisis de sedimentos y macrofauna.

Sobre el efecto en el costo de la exigencia de medir pH, solo en lagos, esta no tiene ninguna implicancia en costos, ya que su análisis se obtiene del análisis de potencial redox, no incurriéndose en nuevos costos.



Cuadro 49

COMPARACION DEL COSTO POR ELEMENTO C3				
AGUAS MARINAS				
Elementos	Metodologia		Dif. Abs.	Dif. Rel.
	Original	Propuesto		
Batimetría*	\$ 126.420	\$ 126.420	0	0%
Granulometría en Sedimentos	\$ 355.451	\$ 621.519	266.068	75%
Materia Orgánica en Sedimentos	\$ 226.505	\$ 225.273	-1.232	-1%
Macrofauna Bentónica	\$ 926.305	\$ 1.727.973	801.668	87%
Potencial Redox en Sedimento	\$ 203.660	\$ 221.328	17.668	9%
pH (solo aguas terrestres)	-	-	-	-
Concentraci3n de H ₂ S en sedimentos	-	\$ 474.858	-	-
Correntometría Euleriana*	\$ 240.840	\$ 262.840	22.000	9%
Perfil de Oxígeno (c/ sonda)	\$ 301.120	\$ 1.099.271	798.151	265%
Costos CPS según Elemento	\$ 2.380.301	\$ 4.759.481	2.379.181	100%

AGUAS TERRESTRES				
Elementos	Metodologia		Dif. Abs.	Dif. Rel.
	Original	Propuesto		
Batimetría*	\$ 126.420	\$ 126.420	0	0%
Granulometría en Sedimentos	\$ 355.451	\$ 621.519	266.068	75%
Materia Orgánica en Sedimentos	\$ 226.505	\$ 225.273	-1.232	-1%
Macrofauna Bentónica	\$ 926.305	\$ 1.727.973	801.668	87%
Potencial Redox en Sedimento	\$ 203.660	\$ 110.664	-92.996	-46%
pH (solo aguas terrestres)	-	\$ 110.664	-	-
Concentraci3n de H ₂ S en sedimentos	-	\$ 474.858	-	-
Correntometría Euleriana*	\$ 240.840	\$ 262.840	22.000	9%
Perfil de Oxígeno (c/ sonda)	\$ 301.120	\$ 1.099.271	798.151	265%
Costos CPS según Elemento	\$ 2.380.301	\$ 4.759.481	2.379.181	100%

El análisis de costos en la elaboraci3n de una INFA (cuadro 50), es similar al de otras categorías, se incrementa el costo total del análisis con las nuevas exigencias, sin embargo éste se mantiene más bajo que el de la CPS. Y el principal incremento está asociado al uso de la sonda permanente en el análisis de oxígeno.



Cuadro 50

COMPARACION DEL COSTO POR ELEMENTO C3				
AGUAS MARINAS				
Elementos	Metodología		Dif. Abs.	Dif. Rel.
	Original	Propuesto		
Granulometría en Sedimentos	\$ 128.824	\$ 205.742	76.918	60%
Materia Orgánica en Sedimentos	\$ 93.150	\$ 95.818	2.668	3%
Macrofauna Bentónica	\$ 324.950	\$ 541.618	216.668	67%
Potencial Redox en Sedimento	\$ 86.660	\$ 94.578	7.918	9%
pH (solo lagos)	-	-	-	-
Concentración de H ₂ S en sedimentos	-	\$ 165.003	-	-
Perfil de Oxígeno (c/ sonda)	\$ 148.920	\$ 1.068.080	919.160	617%
Costos INFA según Elemento	\$ 782.505	\$ 2.170.840	1.388.335	177%

AGUAS MARINAS				
Elementos	Metodología		Dif. Abs.	Dif. Rel.
	Original	Propuesto		
Granulometría en Sedimentos	\$ 128.824	\$ 205.742	76.918	60%
Materia Orgánica en Sedimentos	\$ 93.150	\$ 95.818	2.668	3%
Macrofauna Bentónica	\$ 324.950	\$ 541.618	216.668	67%
Potencial Redox en Sedimento	\$ 86.660	\$ 47.289	-39.371	-45%
pH (solo lagos)	-	\$ 47.289	-	-
Concentración de H ₂ S en sedimentos	-	\$ 165.003	-	-
Perfil de Oxígeno (c/ sonda)	\$ 148.920	\$ 1.068.080	919.160	617%
Costos INFA según Elemento	\$ 782.505	\$ 2.170.840	1.388.335	177%

Categoría 4

El análisis del costo de la CPS para la categoría 4 (cuadro 51), muestra que existiría un incremento aproximado del 28% en los costos totales de esta categoría, el cual está principalmente asociado a exigir análisis de asimilación materia orgánica en los sedimentos, obteniendo las muestras por medio de trampas de sedimento.



Cuadro 51

COMPARACION DEL COSTO PORELEMENTO C4				
Elementos	Metodologia		Dif. Abs.	Dif. Rel.
	Original	Propuesto		
Batimetría*	\$ 126.420	\$ 126.420	0	0%
Materia Orgánica en Sedimentos (c/ trampas)		\$ 218.173	218.173	-
Correntometría Euleriana*	\$ 240.840	\$ 262.840	22.000	9%
Registro Visual	\$ 500.000	\$ 500.000	0	0%
Costos CPS según Elemento	\$ 867.260	\$ 1.107.433	240.173	28%

En el caso de la determinación de los costos para la elaboración del INFA en un centro categoría 4 (cuadro 52), se mantiene la misma relación y los costos se incrementan por la exigencia del análisis de asimilación de materia orgánica.

Cuadro 52

COMPARACION DEL COSTO PORELEMENTO C4				
Elementos	Metodologia		Dif. Abs.	Dif. Rel.
	Original	Propuesto		
Materia Orgánica en Sedimentos (c/ trampas)		\$ 209.840	209.840	-
Registro Visual	\$ 500.000	\$ 500.000	0	0%
Costos INFA según Elemento	\$ 500.000	\$ 709.840	209.840	42%



Categoría 5

Los costos de elaboración de la CPS de un centro categoría 5 (cuadro 53), se incrementa en un 124%, esto por que se incorpora la medición de oxígeno por medio de una sonda permanente, lo cual provoca un incremento sustancial en el costo de esa variable que llega al 271%.

Cuadro 53

COMPARACION DEL COSTO POR ELEMENTO C5				
Elementos	Metodología		Dif. Abs.	Dif. Rel.
	Original	Propuesto		
Batimetría*	\$ 126.420	\$ 126.420	0	0%
Correntometría Euleriana*	\$ 240.840	\$ 262.840	22.000	-
Perfil de Oxígeno Disuelto en Columna de Agua	\$ 295.920	\$ 1.099.271	803.351	271%
Costos CPS según Elemento	\$ 663.180	\$ 1.488.531	825.351	124%

El uso de una sonda se vuelve proporcionalmente más caro aun en el caso de las INFA (cuadro 54), por que esta presenta un costo marcadamente menor de elaboración que en las CPS, y por lo tanto el incremento impacta mas, llegando a un incremento del 617%.

Cuadro 54

COMPARACION DEL COSTO POR ELEMENTO C5				
Elementos	Metodología		Dif. Abs.	Dif. Rel.
	Original	Propuesto		
Perfil de Oxígeno Disuelto en Columna de Agua	\$ 148.920	\$ 1.068.080	919.160	617%
Costos INFA según Elemento	\$ 148.920	\$ 1.068.080	919.160	617%



Comparación por Elementos

Con las estructuras de costos definidas para cada categoría, se calcularon los costos promedios de obtener la información de cada variable exigido en cada categoría, comparándolos con los nuevos elementos exigidos (cuadro 55).

Esta comparación al ser evaluada en la CPS, mostró que el mayor incremento promedio se presenta en la variable oxígeno, que al ser medida con sondas, se incrementa en 268%. Otros incrementos notables son los de granulometría y macrofauna, con 82% y 86% respectivamente, este incremento se basa principalmente en el incremento en las horas hombres en los análisis de las muestras.

El costo de análisis de materia orgánica disminuye por efecto de prorratear el costo de la toma de muestras entre más variables exigidas. Batimetría y correntometría, dadas su características no presentan cambios, excepto correntometría con un pequeño aumento por horas hombres en el análisis de información, que en todo caso no incrementan el costo en más de 9%

Cuadro 55

COMPARACION DEL COSTO POR ELEMENTO					
Elementos	Metodología		Elementos	Prop - Original	
	Original	Propuesto		Dif. Abs.	Dif. Rel.
Batimetría*	\$ 130.642	\$ 130.642	Batimetría*	0	0%
Granulometría en Sedimentos	\$ 363.894	\$ 662.922	Granulometría en Sedimentos + Trampas en C 4	299.028	82%
Materia Orgánica en Sedimentos	\$ 272.794	\$ 253.875	Materia Orgánica en Sedimentos	-18.919	-7%
Macrofauna Bentónica	\$ 933.248	\$ 1.739.082	Macrofauna Bentónica	805.834	86%
pH y Potencial Redox en Sedimento	\$ 203.660	\$ 221.328	Potencial Redox en Sedimento + pH en Lagos.	17.668	9%
-	-	\$ 474.858	Concentración de H ₂ S	-	-
Correntometría Euleriana*	\$ 249.640	\$ 262.840	Correntometría Euleriana*	13.200	5%
Perfil de Oxígeno Disuelto en Columna de Agua	\$ 298.520	\$ 1.099.271	Perfil de Oxígeno con sondas	800.751	268%
Registro Visual	\$ 500.000	\$ 500.000	Registro Visual	0	0%



En el caso de los costos promedios por variable en cada categoría, para elaborar un INFA (cuadro 56), esta muestra el mismo comportamiento que en los costos de una CPS, es decir el mayor incremento está asociado a la medición de oxígeno, y luego granulometría y macrofauna, pero con diferencias por efecto del número menor de muestras.

Cuadro 56

COMPARACION DEL COSTO POR ELEMENTO					
Elementos	Metodología		Elementos	Prop - Original	
	Original	Propuesto		Dif. Abs.	Dif. Rel.
Granulometría en Sedimentos	\$ 137.267	\$ 240.646	Granulometría en Sedimentos + Trampas en C 4	103.378	75%
Materia Orgánica en Sedimentos	\$ 139.439	\$ 150.241	Materia Orgánica en Sedimentos	10.802	8%
Macrofauna Bentónica	\$ 331.894	\$ 552.728	Macrofauna Bentónica	220.834	67%
pH y Potencial Redox en Sedimento	\$ 86.660	\$ 94.578	Redox en Sedimento + pH en lagos	7.918	9%
Perfil de Oxígeno Disuelto en Columna de Agua	\$ 148.920	\$ 1.068.080	Perfil de Oxígeno con sonda	919.160	617%
-	-	\$ 165.003	Concentración de H ₂ S en sedimentos	-	-
Registro Visual	\$ 500.000	\$ 500.000	Registro Visual	0	0%

Comparación por Categoría

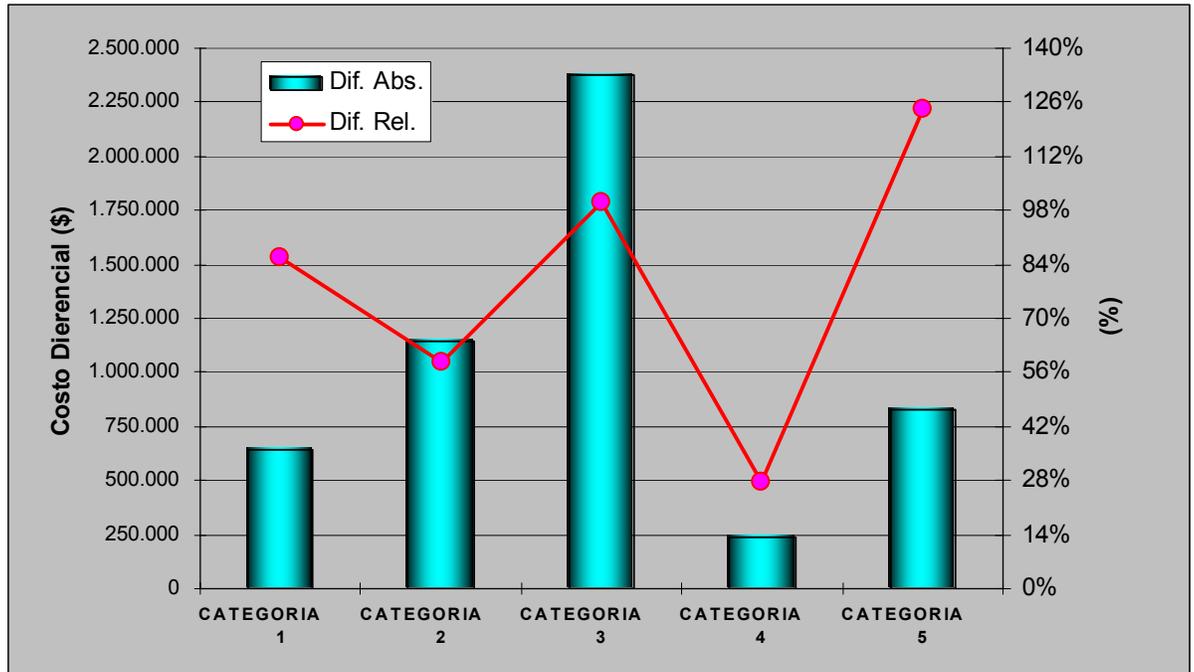
La evaluación de los costos totales por categoría indica que las categorías en que se incrementa en mayor manera los costos, son aquellas en que se exige la medición de oxígeno por medio de sondas, es decir, la categoría 3 y la categoría 5. Estos resultados se pueden observar detalladamente en el cuadro 57 y apreciar gráficamente en el cuadro 58.

Cuadro 57

COMPARACION DEL COSTO DEL CPS POR CATEGORIA				
CATEGORIAS	Metodología		Dif. Abs.	Dif. Rel.
	Original	Propuesto		
CATEGORIA 1	\$ 752.173	\$ 1.396.759	644.586	86%
CATEGORIA 2	\$ 1.951.865	\$ 3.092.365	1.140.500	58%
CATEGORIA 3	\$ 2.380.301	\$ 4.759.481	2.379.181	100%
CATEGORIA 4	\$ 867.260	\$ 1.107.433	240.173	28%
CATEGORIA 5	\$ 663.180	\$ 1.488.531	825.351	124%



Cuadro 58. Gráfico costo diferencial por categoría



En el caso de los costos por categorías en la elaboración de un INFA, la relación de incremento de costos proporcionales más altos en la categoría 3 y 5, se mantiene, aunque en diferentes magnitudes por los efectos de costos absolutos distintos al elaborar una CPS y una INFA. Al igual que para el análisis de la CPS, a continuación el cuadro 59 y cuadro 60 presenta una comparación entre categorías.

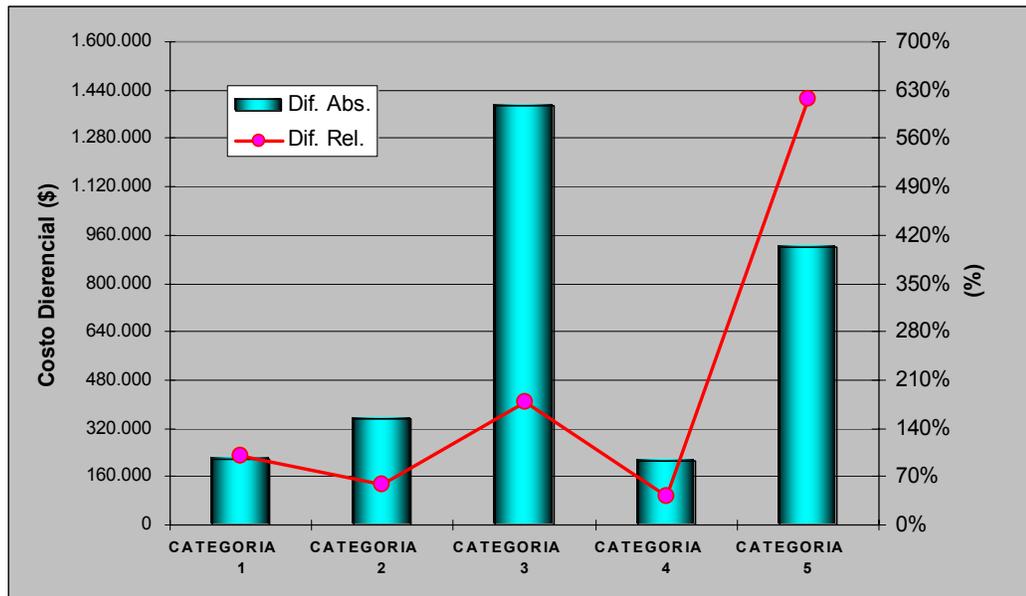


Cuadro 59

COMPARACION DEL COSTO DEL INFAPOR CATEGORIA

CATEGORIAS	Metodologia		Dif. Abs.	Dif. Rel.
	Original	Propuesto		
CATEGORIA 1	\$ 218.130	\$ 434.044	215.914	99%
CATEGORIA 2	\$ 591.585	\$ 941.294	349.710	59%
CATEGORIA 3	\$ 782.505	\$ 2.170.840	1.388.335	177%
CATEGORIA 4	\$ 500.000	\$ 709.840	209.840	42%
CATEGORIA 5	\$ 148.920	\$ 1.068.080	919.160	617%

Cuadro 60. Costo diferencial (\$) por categoría





Sensibilizaci3n de los costos incrementales de elaborar CPS y INFA, al tama1o del centro y a la profundidad de toma de muestras de sedimentos.

La estructuraci3n de los costos por categor3a se bas3 en dos supuestos que podr3an afectar el resultado de la toma de decisiones, ante lo cual estos son sensibilizados para cada categor3a, tanto en la elaboraci3n de las CPS, como la de los INFA

El an3lisis de sensibilidad analiz3 como variable de respuesta el incremento relativo del costo por categor3a, al variar el tama1o del centro, evaluando tres tama1os 9 H3, 13 H3 y 18 H3, esto como primera variable. Y como segunda variable se evalu3 el efecto de la profundidad del centro en los costos incrementales por categor3a, para esto se usaron dos niveles de profundidades; menores a 30m y mayores a 30 m. Esto asociado al efecto en los costos de buceo para toma de muestras con "core".

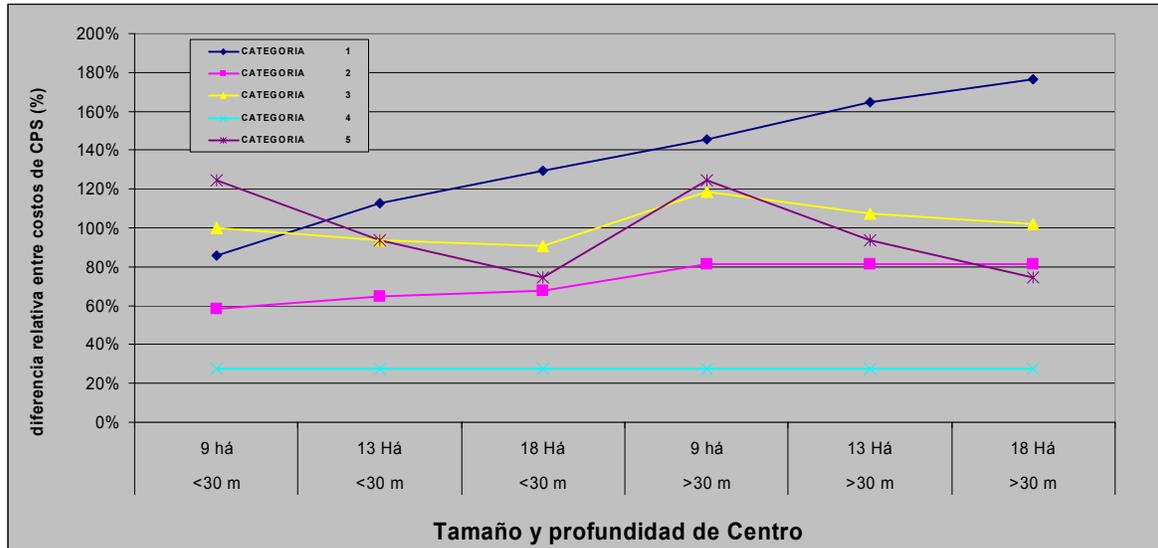
De esta manera se concret3 el an3lisis de 6 escenarios por categor3a cuyos resultados se presentan en el cuadro 61 y 62.

Cuadro 61

SENSIBILIZACION DE LA VARIACION DE COSTOS DE CPS POR CATEGORIA, A LA PROFUNDIDAD Y TAMA1O DEL CENTRO							
Variacion del Tama1o de Centro		9 h3	13 H3	18 H3	9 h3	13 H3	18 H3
Profundidad		<30 m	<30 m	<30 m	>30 m	>30 m	>30 m
CATEGORIA	1	86%	113%	129%	146%	165%	176%
CATEGORIA	2	58%	65%	68%	81%	81%	81%
CATEGORIA	3	100%	94%	91%	119%	107%	102%
CATEGORIA	4	28%	28%	28%	28%	28%	28%
CATEGORIA	5	124%	94%	75%	124%	94%	75%



Cuadro 62. Diferencia relativa entre costos de CPS v/s Tama1o y profundidad del centro



Como se puede observar para la categoría 1, tanto el incremento en la profundidad del centro como el del tama1o del mismo, tienen un efecto negativo en los costos, ya que incrementan las diferencias relativas entre el costo actual y el costo de evaluar las variables propuestas.

En la categoría 2 el efecto del cambio en la profundidad implica un incremento en el diferencial de costos, el cual es mayor al efecto que provoca el incremento en el tama1o del centro, lo que se puede interpretar como que los costos de los centros de categoría 2 son más sensibles a la profundidad del centro que a su extensión en área.

En la categoría 3 el efecto del cambio en la profundidad implica un incremento en el diferencial de costos, denotando el efecto del buceo en su estructura de costos, sin embargo el incremento en el tama1o del centro provoca una disminuci3n del diferencial de costo, esta particular situaci3n es resultado de que se disminuye la diferencia de costos de evaluar oxígeno, el



cual en la situación actual depende del tamaño del centro, sin embargo para la situación propuestas para medir oxígeno que es usando sonda, no se ve afectada por el tamaño del centro. Esta situación se repite en los centros categoría 5.

Con respecto a los centros categoría 4, estos no se ven afectados por el cambio de tamaño del centro ni por el cambio en la profundidad, esto por las variables exigidas para estos centros, no dependen de estas variables sensibilizadas.

Para el caso de la elaboración del INFA, al sensibilizar el efecto del tamaño del centro y la profundidad respecto al incremento relativo del costo por categoría, los resultados muestran que sin importar la categoría no existe un efecto asociado al tamaño del centro, esto debido a que las variables exigidas a medir no están en relación al área del centro, situación que si ocurre en las CPS.

La evaluación del efecto de la profundidad del centro afecta el costo incremental solo en aquellas categorías en que las variables propuestas para medir sedimentos exigen el uso de un buzo. Estas categorías son la 1, 2 y 3, esta misma situación es la que determina que las categorías 4 y 5 no se vean afectadas por las variables sensibilizadas.

Los resultados de la sensibilización del incremento en el costo relativo de la aplicación de las nuevas propuestas para el INFA, con respecto a la profundidad y tamaño de centro se presentan en el cuadro 63 y 64.

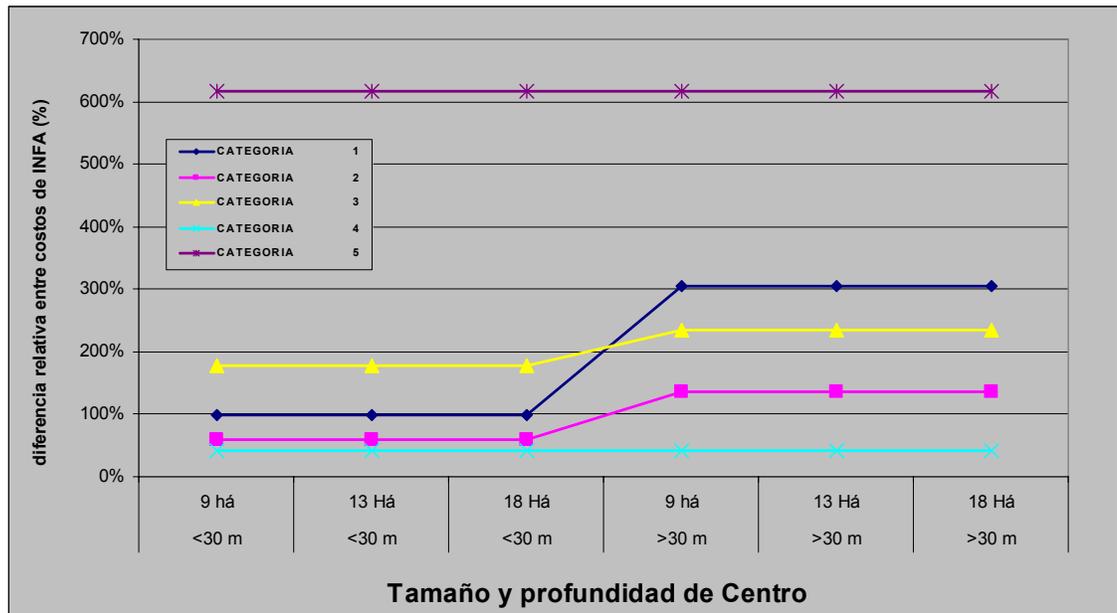


Cuadro 63

SENSIBILIZACION DE LA VARIACION DE COSTOS DE INFA POR CATEGORIA, A LA PROFUNDIDAD Y TAMAÑO DEL CENTRO

Variacion del Tamaño de Centro		9 há	13 Há	18 Há	9 há	13 Há	18 Há
Profundidad		<30 m	<30 m	<30 m	>30 m	>30 m	>30 m
CATEGORIA	1	99%	99%	99%	305%	305%	305%
CATEGORIA	2	59%	59%	59%	135%	135%	135%
CATEGORIA	3	177%	177%	177%	235%	235%	235%
CATEGORIA	4	42%	42%	42%	42%	42%	42%
CATEGORIA	5	617%	617%	617%	617%	617%	617%

Cuadro 64





5.6. Objetivo Específico 6. *Determinar los criterios técnicos y legales que permitan acreditar la especialización o experiencia en materias marinas y ambientales de los profesionales que suscriban de la CPS o la INFA.*

De acuerdo a la metodología aplicada, los profesionales que podrían suscribir para cada una de las variables consideradas en la Res. Subpesca N° 404/03, son los siguientes (Anexo 20 y 21).

- 1. PH, Redox, Oxígeno en la columna de agua, Medición continua de Oxígeno disuelto (Terreno):** Químicos Marinos, Ingenieros Ambientales, Ingenieros en Acuicultura, Ingenieros en Prevención de Riesgos y Medio Ambiente, Biólogos Marinos, Ecólogos Marinos, Biólogos, Ingenieros Pesqueros, Biotecnólogos Marinos, Bioingenieros, Ingenieros en Medio Ambiente y Recursos Naturales, Oceanógrafos, Magíster en Oceanografía, Magíster en Cs Mención Oceanografía.
- 2. Determinar Oxígeno en la columna de agua (Laboratorio):** Químicos Marinos, Ingenieros Ambientales, Ingenieros en Acuicultura, Ingenieros en Prevención de Riesgos y Medio Ambiente, Biólogos Marinos, Ecólogos Marinos, Biólogos, Ingenieros Pesqueros, Biotecnólogos Marinos, Bioingenieros, Bioquímicos, Ingenieros en Medio Ambiente y Recursos Naturales, Oceanógrafos, Magíster en Oceanografía, Magíster en Cs Mención Oceanografía.



3. Materia Orgánica en sedimento, Granulometría y Ácido Sulhídrico en sedimento

- a. Terreno: Químicos Marinos, Ingenieros Ambientales, Ingenieros en Acuicultura, Ingenieros en Prevención de Riesgos y Medio Ambiente, Biólogos Marinos, Ecólogos Marinos, Biólogos, Ingenieros Pesqueros, Biotecnólogos Marinos, Bioingenieros, Ingenieros en Medio Ambiente y Recursos Naturales, Oceanógrafos, Magister en Oceanografía Magíster en Cs Mención Oceanografía.
- a. Laboratorio: Químicos Marinos, Ingenieros Ambientales, Ingenieros en Acuicultura, Biólogos Marinos

4. Macrofauna Bentónica

- a. Terreno: Químicos Marinos, Ingenieros Ambientales, Ingenieros en Acuicultura, Ingenieros en Prevención de Riesgos y Medio Ambiente, Biólogos Marinos, Ecólogos Marinos, Biólogos, Ingenieros Pesqueros, Biotecnólogos Marinos, Bioingenieros, Ingenieros en Medio Ambiente y Recursos Naturales, Oceanógrafos, Magister en Oceanografía.
- b. Laboratorio: Biólogos Marinos, Ecólogos Marinos, Biólogos, Ingenieros en Acuicultura.

5. Registro Visual

- a. Terreno: Toda persona que tenga credencial de Buzo comercial según requerimientos de la ARMADA DE CHILE



b. Laboratorio (Descripción del bentos): Biólogos Marinos, Ecólogos Marinos, Biólogos, Ingenieros en Acuicultura.

6. **Correntrometría:** Biólogos Marinos, Ingenieros en Acuicultura, Oceanógrafos, Magíster en Oceanografía, Magíster en Cs Mención Oceanografía

7. Batimetría

a. Terreno: Químicos Marinos, Ingenieros Ambientales, Ingenieros en Acuicultura, Ingenieros en Prevención de Riesgos y Medio Ambiente, Biólogos Marinos, Ecólogos Marinos, Biólogos, Ingenieros Pesqueros, Biotecnólogos Marinos, Bioingeniería, Ingenieros en Medio Ambiente y Recursos Naturales, Oceanógrafos, Magíster en Oceanografía, Magíster en Cs Mención Oceanografía.

b. Laboratorio: Cartógrafos, Geógrafos, Ingenieros en Geomensura, Ingenieros en ejecución en Geomensura, Ingenieros Civiles en Geografía, Ingenieros en Geomática, Ingenieros en Geoinformación

8. Asimilación Materia Orgánica

a. Terreno: Químicos Marinos, Ingenieros Ambientales, Ingenieros en Acuicultura, Ingenieros en Prevención de Riesgos y Medio Ambiente, Biólogos Marinos, Ecólogos Marinos, Biólogos, Ingenieros Pesqueros, Biotecnólogos Marinos, Bioingenieros, Ingenieros en Medio Ambiente y Recursos Naturales, Oceanógrafos, Magister en Oceanografía Magíster en Cs Mención Oceanografía.



- b. Asimilación Materia Orgánica (Laboratorio): Químicos Marinos, Ingenieros Ambientales, Ingenieros en Acuicultura, Biólogos Marino.

El D. S. 320 (MINECON) de 24 de agosto de 2001, Reglamento Ambiental para la Acuicultura, en el contexto del título tercero denominado “De la Caracterización Preliminar del Sitio y de la Información Ambiental”, dispone en el artículo 21 “para los efectos de este reglamento, la CPS y la información ambiental deberán ser suscritos por un profesional que acredite especialización o experiencia en materias marinas y ambientales.” Esta disposición se reitera en el numeral 16 de la Resolución Nr. 404 (SUBPESCA) de 2003, que establece contenidos y metodologías para elaborar la CPS y la INFA, cuando indica que la CPS y la INFA “deberá ser firmada por el profesional responsable de su elaboración”.

A este respecto se hace necesario precisar que dado el alto grado de complejidad y la gran trascendencia que tienen tanto la información que proporciona la CPS así como la INFA, su suscripción debe ser hecha:

- Por un profesional que acredite especialización en materias marinas y ambientales, o
- Por un profesional que acredite experiencia en materias marítimas o ambientales.

Quien suscribe la información es la persona que se hace responsable por el contenido de ésta y que en consecuencia da la garantía necesaria respecto de la seriedad del informe y del cumplimiento de las normas que lo regulan. Por esa razón el Reglamento exige que en primer lugar, se trate de un Profesional, es decir es una persona natural que dispone de un título “que se otorga a un egresado de un instituto profesional o de una universidad que ha aprobado un programa de estudios cuyo nivel y contenido le confieren una formación general y científica necesaria para un adecuado desempeño profesional” según definición



del artículo 31, inciso 7, de la ley Nr. 18.962 del 2 de marzo de 1990 (Publicada en el D. O. del 10 de marzo de 1990), Orgánica Constitucional de Enseñanza.

Debemos considerar que de acuerdo a esta ley, “profesional” es aquel que ha egresado no sólo de una universidad, sino que también de un instituto profesional, ya que el D. S. 320, no distingue a que profesional se refiere, por lo que debemos entender que tanto el profesional universitario o de instituto profesional pueden suscribir CPS o INFA.

Además de profesional, este suscriptor debe acreditar especialización en materias marinas y ambientales, es decir el programa de estudios que aprobó para obtener un título profesional le debe haber conferido una formación general y científica adecuada para su desempeño profesional respecto de las materias señaladas. Podemos agregar que la especialización en las materias señaladas, puede ser obtenida posteriormente al título profesional, sea por la vía de la obtención de un grado académico (licenciado, magíster y doctor), que sólo otorgan las universidades o por la realización de cursos de especialización, independientemente del organismo que los dicte. Las circunstancias de título profesional y de especialización deben ser acreditadas ante la Subsecretaría de Pesca mediante los instrumentos públicos o privados idóneos para cada caso.

Según el artículo 21 de del D. S. 320/2001, el profesional que suscribe la CPS o la INFA, puede además de la especialización o en lugar de ella, acreditar experiencia en materias marinas y ambientales. Dicha acreditación se efectuará de la forma habitual, es decir con certificados, copia de informes y cualquier otro tipo de documento que de cuenta de la actividad que justifica la experiencia del profesional.



De acuerdo a lo se1alado, son muchos los profesionales, sea por especializaci3n o por experiencia, los que pueden estar habilitados para suscribir CPS o INFA.

Sin embargo dada la amplitud de la norma en an1lisis, esta no permite efectuar una discriminaci3n fundada respecto de que especializaci3n en materias marinas y ambientales es la que resulta aplicable a este profesional que debe suscribir los informes. Igual cosa ocurre respecto de la experiencia. As3 por ejemplo, podr3a ocurrir que el profesional en cuesti3n no tenga la especializaci3n apropiada, que la malla curricular de la carrera o del estudio post3tulo que efectu3 no le otorgue suficientemente las capacidades t3cnicas ni las destrezas adecuadas. De igual manera se presenta el problema si es que consideramos la experiencia, m1s a3n cuando la vigencia de la norma tiene un poca m1s de dos a1os, tiempo insuficiente para formar experiencia en los profesionales que deber1n suscribir los informes.

En resumen, no existen los elementos objetivos que permitan establecer con cierta precisi3n cuales son los profesionales id3neos para hacerse responsables de la suscripci3n de la CPS y de la INFA.

Por las razones expuestas es que se ha estimado introducir las modificaciones de car1cter legal y reglamentaria destinadas a precisar las caracter3sticas espec3ficas que deber1n tener los profesionales que podr1n suscribir los informes mencionados.

A este respecto cabe tener presente que la Constituci3n Pol3tica de la Rep3blica en su art3culo 19, n3mero 16, al establecer la libertad de trabajo y su protecci3n proh3be "cualquier discriminaci3n que no se base en la capacidad o idoneidad personal". Agrega que "ninguna clase de trabajo puede ser prohibida, salvo que



se oponga al moral o a la salubridad públicas, o que lo exija el interés nacional y una ley lo declare así”.

El número 19 del mencionado artículo, al consagrar la libertad de empresa, garantiza a todas las personas el derecho a desarrollar cualquier actividad económica, pero al mismo tiempo establece una limitante “que no sea contraria a la moral, al orden público o a la seguridad nacional, respetando las normas legales que la regulan”. Entendiendo por orden público el conjunto de principios, normas o reglas que miran a los intereses generales de mayor importancia para la sociedad.

Por ello se dice que sólo la ley puede limitar el ejercicio del trabajo o de una actividad económica, teniendo presente que tal limitación “no podrá afectar los derechos en su esencia ni imponer condiciones, tributos o requisitos que impidan su libre ejercicio” (artículo 19 Nr. 26).

El estudio presentado ha establecido un procedimiento técnico destinado a determinar las características especiales que deberán reunir los profesionales habilitados para suscribir CPS e INFA. Para ello mediante el análisis de las correspondientes mallas curriculares, se identificó un conjunto de carreras profesionales dictadas por universidades chilenas que presentan contenidos formativos similares, lenguajes, tecnologías, etc. cuyos egresados pueden cumplir con los requisitos técnicos que requiere esta actividad tan compleja que nos ocupa.

Mediante la aplicación de metodologías de análisis, denominadas de multivariado de correspondencia simple, detalladas latamente en el estudio presentado, se ha podido determinar que al menos los profesionales biólogos marinos y ingenieros



en acuicultura, cumplen con las condiciones que los habilita para suscribir los informes que exige el D. S. 320, Reglamento Ambiental para la Acuicultura.

Por otra parte se ha estimado que el requisito de experiencia es de muy difícil cuantificación, por lo que se sugiere no ser considerado y circunscribir la suscripción de CPS e INFA a profesionales con las especialidades en materias marinas y ambientales que el presente estudio indica.

Cabe reiterar que la exigencia de determinados títulos profesiones para efectuar labores específicas, no debe significar una limitación ilegítima a las Libertades Constitucionales, en este caso a la libertad de trabajo y a la libertad de empresa, por ello debe establecerse por ley.



6. DISCUSIÓN

El estudio contempla una gama variada de objetivos, no necesariamente relacionados directamente entre ellos, por lo que a fin de facilitar el desarrollo de la discusión, ésta se presentará abordando secuencialmente cada objetivo específico. En las situaciones que ello sea necesario, se establecerán las relaciones pertinentes entre objetivos específicos de este estudio.

En cuanto al primer objetivo específico *“Determinar la capacidad de las metodologías y variables descritas en la Resolución Subpesca N° 404/03, para funcionar como indicadores de las condiciones ambientales de los sitios de cultivo, haciendo especial referencia a las condiciones de oxigenación de los sedimentos y al grado de vulnerabilidad del sitio frente al aporte exógeno de materia orgánica”*, se le otorgó mayor énfasis a la evaluación de la capacidad de las metodologías para estimar determinadas variables en los sedimentos, tales como materia orgánica, granulometría, macrofauna bentónica, potencial redox y ph. La evaluación se hizo en los distintos tipos de centros de cultivo según las diferentes categorías en que han sido clasificados (D.S.N° 320 de 2001).

Los resultados muestran que ciertas variables tales como pH y materia orgánica muestran una escasa dispersión entre los estimadores de cada réplica en la mayoría de los centros de cultivo prospectados, de tal forma que en determinados casos, sólo es necesaria una muestra para lograr un estimador confiable, según el criterio aplicado en este estudio. No obstante a fin de mantener la confiabilidad y estimadores de dispersión, además de asegurar que la calidad de la información sea la apropiada en estos casos, no es conveniente disminuir la cantidad de réplicas de tres a dos.



Asimismo se observó que la variabilidad de las estimaciones de variables como concentración de materia orgánica, pH y macrofauna bentónica no necesariamente puede concordar con la estimada para otras variables como es el caso del potencial redox. Este resultado orienta a pensar que en la estimación obtenida para esta variable incorpora un error que puede estar relacionado con la metodología e instrumental utilizado para la toma de muestra. Es difícil determinar la incertidumbre de la medición pero el error en su mayor parte para esta variable, se introduce por la forma como se extrae la muestra de sedimento, esto es, mediante el uso de una draga. La perturbación que provoca la draga al momento en que toca la superficie del sedimento y la forma como extrae la muestra de sedimento, produce una presión sobre los espacios intersticiales provocando una movilidad no cuantificable de los gases sulfhídrico, amonio y metano que se encuentran disueltos en el líquido intersticial, lo que determina que la celda del electrodo conectado al analizador de potencial redox registre los milivoltios generados por estos compuestos reductores que provienen de las zonas más profundas del sedimento donde naturalmente ocurren los procesos de respiración anaeróbica, entregando un falso estado de anaerobiosis en los 3 primeros centímetros de sedimento tal como el reglamento establece (Resolución Subpesca N° 404/03). Esto determina que la variabilidad de las estimaciones de potencial redox sea extremadamente alta determinando en consecuencia que una estimación confiable, según el criterio aplicado en este estudio, pueda ser lograda con un número muy alto de réplicas. Por ejemplo, para el centro de cultivo ubicado en Teliupta (salmones, categoría 3) el tamaño óptimo de muestra (TOM) para la estación 1 es de 2.806 muestras y para la estación de referencia 1 se requiere recolectar y analizar 37.690 muestras para lograr un estimador confiable ($D= 0,05$). Sin embargo, esta variable no siempre mostró diferencias tan marcadas entre réplicas, ya que en un centro de cultivo de ostras ubicado en Rilán (Pesquera Apiao, categoría 3) el TOM requerido fue de 5 muestras en la estación 2. Estos resultados están mostrando la necesidad de modificar el criterio de muestreo definido para esta variable a fin de acotar la varianza que se



introduce por efecto de la forma como se recoge la muestra, por lo que se sugiere que para muestras destinadas al análisis químico del sedimento, sean recogida con un toma muestras cilíndrico (core), lo que permitirá disminuir la perturbación a los sedimentos introducida por la forma como opera la draga.

En cuanto a la materia orgánica se observa una variabilidad menor entre réplicas. Sólo en un centro ubicado en Aysén (IFOP-Ensenada Baja, Categoría 2) se observó una alta dispersión, reflejándose en un TOM que varió entre 7 y 326 réplicas, y para los sitios restantes con valores intermedios. El análisis de la información para los demás centros de cultivos estudiados generó una estimación del TOM, en la mayoría de los casos, suficiente con tres muestras recolectadas. Por lo tanto, para las variables pH y materia orgánica es pertinente continuar muestreando 3 réplicas por punto.

Por otro lado, en algunos centros se observó una variabilidad adicional, relacionada entre las estimaciones logradas en las estaciones de muestreo y las estaciones de referencia. De este modo, en el centro de cultivo de algas ubicado en la desembocadura del río Pudeto, la estación de referencia presentaba un contenido de materia orgánica casi cuatro veces superior al promedio de la misma variable en las estaciones ubicadas bajo el área de sedimentación de los cultivo con máxima biomasa. Este ejemplo se repite en el centro de cultivo de choritos (IFOP – Putemún) y en el centro de cultivo de ostras (Pesquera Apiao – Rilán), lo que obliga a que en adelante se deberá tener un mejor conocimiento de lo que acontece en el entorno, en particular, lo relacionado con otras actividades de acuicultura cercanas, con actividades complementarias a la acuicultura, con accidentes topográficos que afectan el área de muestreo y dinámica del cuerpo de agua. Por tanto, previo a determinar la ubicación de las estaciones de muestreo, se debe estudiar el área, considerando la correntometría, la batimetría y la influencia que pudiera ejercer los demás centros de cultivo u otras actividades



aledañas. En términos generales, las estaciones de muestreo deberían localizarse en puntos cercanos a la costa, sin embargo, para los casos en que un muestreo en una INFA muestre estimadores más altos en los sitios de referencia que aquellos logrados en el área de mayor influencia de la actividad de cultivo, pues en estas situaciones se deberán repetir los muestreos de los sitios de referencia, a fin de contar con información confiable de los sectores que sirven de referente respecto de los cambios originados por la actividad de cultivo.

Durante el desarrollo del segundo objetivo específico *“Determinar los cambios que debiesen efectuarse a la Resolución Subpesca N° 404/03, para permitir al administrador implementar un mecanismo de control del cumplimiento del RAMA”* se implementa la evaluación de nuevas metodologías que tiendan a determinar de mejor manera el grado de vulnerabilidad de un determinado centro de cultivo.

Las metodologías evaluadas fueron las siguientes: Determinación de oxígeno, amonio y ácido sulfhídrico en líquido intersticial de los sedimentos, determinación de carbono orgánico total y asimilación de materia orgánica en los sedimentos utilizando trampas de sedimento.

Respecto de la determinación de oxígeno en el líquido intersticial, la utilización de microelectrodos tipo Crack está restringida a sedimentos de arenas muy finas a limo-arcilla. En sedimentos con arenas medias a gruesas y con gran número de especies bentónicas o restos de ellas existen elevadas probabilidades de romper la punta del electrodo cuyo diámetro (60 μm) está en el rango de la arena muy fina a limo – arcilla, lo que hace poco práctico usar de manera rutinaria la estimación de esta variable mediante este procedimiento.

La determinación de ácido sulfhídrico demostró que esta variable siempre estuvo asociada al contenido de materia orgánica y varió inversamente con la diversidad, a



su vez los niveles de amonio en los sedimentos se asociaron fuertemente a la diversidad y varió inversamente con el contenido de materia orgánica. Por otro lado, el sulfuro presenta mayor facilidad en su determinación comparado con la determinación de oxígeno, del mismo modo, los niveles de sulfuro condicionan la diversidad y en definitiva su valor da cuenta de la aptitud que presenta un área para el cultivo.

La determinación de carbono orgánico total se presentó como una buena herramienta para interpretar el grado de vulnerabilidad de un determinado centro de cultivo frente a las actividades de acuicultura, sin embargo, existe un limitado número de laboratorios que tienen implementada la técnica de análisis, por ello, frente a estas limitaciones no se percibe, en el corto plazo, como una variable a considerar dentro de la resolución.

En cuanto a la medición de la materia orgánica, no obstante la variabilidad entre réplicas, se estima que se debe seguir midiendo, principalmente debido a que la sedimentación de material orgánico en exceso es el factor gatillante para que ocurran cambios en las características del sedimento, como variación en el tamaño de partículas, contenido orgánico, contenido de agua y textura de los sedimentos y, luego, dependiendo de la magnitud en que ocurren estos procesos se establecen las condiciones propicias para que las bacterias puedan metabolizar los compuestos orgánicos y de esta manera producir los compuestos nitrogenados, gas sulfuro y gas metano que deterioran el ambiente y que en definitiva restringen la biodiversidad.

Pese a la importancia de medir el material orgánico, la resolución no contempla su determinación para centros con fondos duros y semiduros, como tampoco en los centros que se ubican a profundidades mayores a los 60m, por la dificultad práctica que representa lanzar una draga en este tipo de centros. Muchos de estos



centros presentan baja velocidad de las corrientes, baja renovación del agua, baja concentración de oxígeno y la topografía del fondo los hace muy vulnerables al estrés ambiental. Por ello, durante este estudio se instalaron trampas de sedimento para medir la capacidad de asimilación de los sedimentos. Según Hargrave (1994) concentraciones menores a 4 g C/m² por día pueden producir algún de impacto sobre la comunidad bentónica. A este respecto, este estudio sólo se limitó a evaluar la factibilidad de su instalación, al análisis y variabilidad en su medición. Los resultados, en este respecto, indicaron bajos inconvenientes en su utilización y se recomienda la utilización de trampas sobre todo en centros de cultivos como los ya descritos. En una primera etapa permitirán proveer información objetiva de la cantidad de materia orgánica que está siendo incorporada al ambiente como consecuencia de la actividad de acuicultura.

La granulometría de los sedimentos, en sus distintas fracciones de arena fina a limo-arcilla estuvo asociada a la materia orgánica y a la baja diversidad, y probablemente representará una variable valiosa cuando se desee realizar estudios para modelar diagénesis. Es necesario precisar que los sedimentos finos habitualmente se encuentran en lugares en que existe alta sedimentación y donde la velocidad de las corrientes es baja, esto conduce a que la materia orgánica sea elevada y existan pocas especies de organismos bentónicos, pero con una abundancia numérica elevada, en especial de poliquetos. Por su importancia, se sugiere incorporar la granulometría como una variable a determinar en los centros clasificados en categoría 1, ya que esto permitiría contar con información más acabada de la situación ambiental de este tipo de centro. Respecto del análisis granulométrico se recomienda incluir la determinación de los parámetros curtosis, asimetría, porosidad y densidad aparente de los sedimentos, con el propósito de interpretar de mejor manera las características texturales de los sedimentos.



La medición de oxígeno en la columna de agua resultó ser una variable poco útil para determinar el estado de anoxia que pueda presentar un centro de cultivo. Su valor fluctúa considerablemente con la temperatura, salinidad del agua, actividad biológica y procesos de mezcla debido a la dinámica del cuerpo de agua, por lo tanto, una medición puntual realizada cada dos meses como lo establece la resolución es insuficiente, porque no refleja adecuadamente las variaciones de la concentración de oxígeno en la columna de agua. Como una manera de subsanar esa dificultad se plantea que la determinación de los niveles de oxígeno se debe realizar utilizando una sonda de registro continuo que permita obtener determinaciones diarias de la variable. Indudablemente que el costo en que debe incurrir cada usuario para determinar la variable se incrementa en aproximadamente 7 veces respecto del costo actual. Si el costo se constituye en una limitante para considerar la inclusión de registradores continuos para medir esta variable, pues en ese caso, no se considera relevante continuar registrando la concentración de oxígeno disuelto, pues la frecuencia y la variabilidad que muestra por los condicionantes señalados previamente, sugieren como más conveniente eliminar su estimación del RAMA.

El pH no presentó diferencias significativas para las estaciones de los centros de cultivo en que se requería su medición. Esta variable mide el grado de acidez en que se encuentra el sedimento producto del metabolismo bacteriano que coloniza las distintas capas del sedimento. Sin embargo, la enorme capacidad tampón que ejerce el agua de mar neutraliza los ácidos manteniendo un pH cercano a 7,0 en la mayoría de los centros de cultivo evaluados. Por tanto, es una variable que no reflejaría la magnitud de los procesos metabólicos que ocurren en el sedimento marino y no es posible entregar una respuesta ambiental utilizando su valor, excepto en lagos donde el efecto tampón es menor. En definitiva, se desestima su determinación para los ambientes marinos y se recomienda mantenerla en los ambientes lacustres.



El potencial redox, pese a las limitaciones en el método de medición y en la variabilidad de sus resultados, representa la única variable de la Resolución 404/03 que da cuenta de la magnitud de los procesos que ocurren en los sedimentos, excepto por la interferencia que produce el hierro fortaleciendo las mediciones de potencial redox positivas y normalmente se confunden con las del oxígeno. A este respecto, el sulfuro da mejor cuenta del grado de anoxia de los sedimentos, no obstante es necesario precisar que la metodología tiene dificultades en su determinación. La restricción más severa tiene que ver con la exposición de la muestra a un ambiente con oxígeno, por lo tanto, la toma de muestra y el traslado al laboratorio para su determinación debe ser en la más estricta anoxia. Pese a las dificultades en la determinación, se sugiere la permanencia de la variable potencial redox en la resolución.

La macrofauna bentónica vive en la interfase agua – sedimento y tiene una movilidad muy limitada, hecho que le impide evitar la exposición a sustancias contaminantes, convirtiendo a determinadas especies bentónicas en buenas indicadoras frente a la presencia de diversos agentes contaminantes. Bajo condiciones de enriquecimiento orgánico, la macrofauna responde con un patrón de distribución espacial característico asociado con el gradiente orgánico y bajo condiciones extremas, la macrofauna desaparece completamente debido a las condiciones fuertemente reductoras que caracterizan a estos ambientes (compuestos sulfurados y metano). Por la importancia que reviste la variable, se sugiere incorporar la determinación de los índices de Shannon Wiener (H'), Gleason y Mennhinick, pues en su conjunto permiten tener una mejor comprensión de lo que ocurre entre números de especies y distribución del número de ejemplares por especie.

Respecto del objetivo específico *“Establecer los límites de aceptabilidad, técnicamente y legalmente fundados y estadísticamente respaldados, para las*



variables definitivas a controlar, tanto en la CPS como en la INFA”, los límites de aceptación en que deben operar los centros de cultivo fueron estimados en base a un indicador “*y*”, cuya aproximación utiliza la magnitud de cada una de las variables y el peso que adquieren las variables en el análisis multivariado de componentes principales. La aproximación introduce una clasificación de los centros bajo la condición de óptimo, bueno, regular y malo, hecho que permitirá a la autoridad controlar el cumplimiento de la obligación del titular de una concesión o autorización de acuicultura, en cuanto a operar su centro a niveles compatibles con la capacidad ambiental de un cuerpo de agua. Las restricciones que presenta esta aproximación se vinculan con el universo de centros considerados en el análisis, dos para centros clasificados en categoría 2 y cuatro para centros clasificados en categoría 3. Para una mejor aproximación, necesariamente, se deberá considerar toda la información obtenida en las INFAs de manera que los pesos y la importancia de cada una de las variables esté estimada por un número apropiado de muestras. El estudio ha mostrado que la aplicación de un criterio de análisis multivariado como el análisis de componentes principales provee una herramienta objetiva para segregar del conjunto de variables medidas, aquellas que dan cuenta en una mayor proporción de la variabilidad de las variables dependientes. Por otro lado, se ha introducido un criterio objetivo basado en estimadores y definición de categorías, que permiten calificar el estado de situación de cada centro y al mismo tiempo, prever con anticipación los cambios que están ocurriendo como consecuencia del uso que se le está dando a un centro en particular.

El objetivo específico “*Realizar un análisis económico del costo de la aplicación de los diseños de muestreos definitivos para cada categoría de clasificación, tanto en el caso de la CPS como de la INFA*” conduce al procesamiento de la información en cuanto a la cuantificación de las variables de relevancia en la valorización de los costos, son sin duda discutibles en cuanto a las características seleccionadas como promedios para evaluar cada centro, y de la misma manera también es



posible discutir si la valorización de las variables, fue la más adecuada o que tan cerca están de los valores reales transados en el mercado. Aunque estos cuestionamientos son válidos, la selección de las características estándares para el centro a que se le evalúan los parámetros exigidos en la resolución Subpesca N° 404/03, tanto en su exigencia actual como en las propuestas, fueron definidos para valores promedios nacionales según información del Sernapesca, valores sobre los cuales se desarrolló el análisis de sensibilidad, con el cual se pudo definir el efecto del tamaño y la profundidad sobre los costos de elaboración de las INFAs y CPSs y así evaluar escenarios distintos al supuesto.

Con respecto a la valorización de los costos cuantificados, ésta se basa en la necesidad de desarrollar una evaluación de costos de aplicación de la resolución de manera comparativa, de modo que ésta sea representativa del efecto neto de los cambios propuestos, aunque es posible que estos variaran si se hubiesen valorado de manera distinta, su efecto no es relevante en el objetivo final que es determinar la variación de costos en forma comparada. Sobre la validez de los costos usados, ésta se ratifica bajo dos parámetros, el primero, todos los costos externos provienen de valores cotizados a varios proveedores, y los laboratorios subcontratados son proveedores ampliamente conocidos de estos servicios. El segundo parámetro que ratifica el uso de los costos del INSTITUTO, es que la variabilidad de costos utilizado por los consultores para definir y levantar la información ambiental es demasiado amplia y no permitiría aproximarse a los costos que significa incorporar nuevas variables a la resolución.

Finalmente, con el desarrollo del objetivo específico *“Determinar los criterios técnicos y legales que permitan acreditar la especialización o experiencia en materias marinas y ambientales de los profesionales que suscriban de la CPS o la INFA”* por tratarse de una resolución vinculada a un reglamento que da atribuciones al cuerpo fiscalizador para dictar acciones referidas a los niveles de



producción de un determinado centro de cultivo, es que los profesionales que suscriban dicho documento INFA o CPS deben contar con una formación amplia e integradora, de tal forma que puedan analizar y comprender a cabalidad el conjunto de información que resulta de cada INFA o CPS, más allá de las capacidades analíticas o de estudio de una o algunas de las variables consideradas en el reglamento. Según este estudio usando criterios cualitativos y cuantitativos, en el sistema educacional chileno existen dos profesionales que poseerían títulos habilitadores para dicho efecto, es el caso de los Biólogos Marinos y de los Ingenieros en Acuicultura, puesto que cuentan con una malla curricular que atiende al mayor número de variables consideradas en la Resolución y que los capacitaría para suscribir dicho documento (véase resultados). Sin embargo, se estima conveniente, a fin de lograr una mayor sustentación a una solución de este tema, y puesto que ello está más allá de lo comprometido en este estudio, que se efectúe un estudio que evalúe los contenidos de las diferentes asignaturas contempladas en las mallas curriculares de las dos carreras que calificarían para suscribir una INFA o CPS. A priori no es posible entregar una respuesta definitiva, pero es obvio que los objetivos, la profundidad, la orientación y la valorización académica de cada asignatura (créditos) en cada carrera selecta, como así también respecto de los aspectos teóricos y prácticos que se consideren, tanto de terreno como de laboratorio, incorporan criterios diferenciales derivados de los roles diferentes de cada profesión en sus responsabilidades profesionales.

No fueron considerados en el análisis los profesionales con grados académicos de magíster o doctor con especialidad en el área marina, por cuanto la posibilidad de suscribir una INFA o CPS estará dada por el título habilitador y no por el grado académico logrado. Según la normativa nacional, es el título profesional el que habilita para ejercer actividades profesionales y no el grado el académico, sin perjuicio que este último representa el desarrollo de capacidades y habilidades específicas.



7. CONCLUSIONES

- Durante la calibración de los equipos y estandarización de las metodologías analíticas se observa una buena precisión y exactitud en el valor de los parámetros y variables consideradas en la propuesta, sin embargo, al aplicar los mismos procedimientos en muestras obtenidas de los diferentes centros de cultivo, se observa para cada punto particular de muestreo una amplia distribución en torno a las estimaciones, por tanto se concluye que una alta variabilidad de las estimaciones se produce por el análisis de muestras muy heterogéneas y si se desea mantener la confiabilidad del estimador, necesariamente debe traducirse en un incremento del Tamaño Optimo de Muestra (TOM),
- Ciertas variables como materia orgánica y pH muestran una escasa dispersión entre réplicas, por lo que no es recomendable variar el número de tres réplicas por punto de muestreo.
- Las estaciones de referencia que se escojan deben presentar el menor impacto sobre los sedimentos de manera que puedan reflejar el verdadero efecto que ocasiona una determinada actividad de acuicultura, por tanto su ubicación deben estar orientadas por una evaluación previa a la elaboración de la INFA que incluya estudios de batimetría y correntometría del centro a estudiar, además de una evaluación de lo que ocurre en el entorno.
- La variable potencial redox es valiosa por cuanto refleja de manera indirecta la concentración de oxígeno que presentan los sedimentos, sin embargo, representa la variable con menor precisión dentro de la resolución, expresando su máxima variabilidad en los centros de cultivo que presentan la



mayor profundidad, esto quizá se debe a la perturbación que sufre la muestra durante la extracción y posterior traslado hacia la superficie, en que existe mayor probabilidad que los gases reductores se movilicen a los 3 primeros centímetros en que se debe realizar la medición. Por tanto, en el corto plazo, la variable se debe mantener en la resolución, con modificaciones en la manera como se recolecta la muestra, la cual debe recogerse con un toma muestras cilíndrico (cores) para evitar perturbaciones en la columna de sedimento.

- Para la granulometría se propone incorporar la determinación de porosidad, densidad aparente, curtosis y asimetría de los sedimentos.
- En cuanto al contenido de materia orgánica se estima necesario establecer la obligación de recoger muestras, mediante trampas de sedimento, para determinar la asimilación de materia orgánica en centros de cultivo con fondos duros y semiduros.
- Para la variable macrofauna bentónica es importante incorporar otra forma de análisis de los datos, introduciendo al menos el uso de índices ecológicos (e.g. diversidad, dominancia y uniformidad).
- El agua de mar posee una gran capacidad de absorber las variaciones de pH, limitando su potencialidad para evaluar condiciones anómalas. Por esta motivo se propone eliminar el registro de pH para ambientes marinos. En cambio para ambientes lénticos es necesario continuar midiendo esta variable, ya que se presentan condiciones distintas que no distorsionan la potencialidad de esta variable para evaluar cambios asociadas a la acuicultura.



- La correntimetría debe ser más precisa, por el rol de las corrientes en el transporte del material particulado, en la granulometría de los sedimentos, en los procesos de diagénesis y en la estructura del bentos. Los sedimentos finos favorecen la retención de materia orgánica y consecuentemente el desarrollo de comunidades bentónicas monopolizadas numéricamente por una o pocas especies.

- Los sedimentos en playas constituyen un escenario ecológico altamente cambiante en el plano temporal, en condiciones de invierno con un incremento en la acción del oleaje y cambios de dirección de las olas produce remoción de la arena, afectando la extensión y pendiente de las playas; en el verano, se produce el fenómeno inverso. La sucesión de periodos de erosión y acreción produce cambios en la estructura granulométrica de los sedimentos y en sus propiedades físicas asociadas con los consiguientes efectos en la biota, por lo tanto se recomienda incorporar las determinaciones de granulometría en centros clasificados en categoria 1, con el propósito de incrementar el nivel de información ambiental del área, en su conjunto.

- Se evaluaron cinco métodos para estimar la anoxia de los sedimentos: determinación de oxígeno, amonio y ácido sulfhídrico en el líquido intersticial, carbono orgánico total y asimilación de materia orgánica en los sedimentos utilizando trampas. Las cinco metodologías evaluadas fueron satisfactorias, pero existen dificultades en la aplicación de dos de ellas, la determinación de oxígeno en el líquido intersticial de los sedimentos, requiere especialización del operador, costo del equipamiento y las condiciones para la determinación hacen impracticable para análisis rutinarios, y la determinación de carbono orgánico total presenta limitaciones debido a que actualmente hay muy pocos



laboratorios en Chile con equipamiento y personal entrenado para realizar el análisis con las demandas que implican las INFAs.

- El ácido sulfhídrico está asociado al contenido de materia orgánica y varía inversamente con la diversidad, en tanto que los niveles de amonio en los sedimentos se asocian fuertemente a la diversidad y varían inversamente con el contenido de materia orgánica. Las estimaciones de sulfuro permiten evaluar la aptitud de un área para el cultivo. Este es complementario del potencial redox y refleja adecuadamente el estado de óxido-reducción del sedimento. Se recomienda en las CPSs e INFAs para los centros categoría 3 .
- Los centros de cultivo clasificados en categoría 4 en ocasiones pueden sostener grandes volúmenes de producción impactando fuertemente el ecosistema del área en que se localiza. Actualmente, las variables consideradas para esa categoría son insuficientes para resguardar la salud del ambiente, por lo tanto, se recomienda incorporar variables que den cuenta de la capacidad de asimilación que tienen los sedimentos, como la instalación de trampas de sedimento para determinar los niveles de materia orgánica que sedimenta en el fondo marino.
- Los valores que se obtienen con la determinación de oxígeno en la columna de agua pueden no estar directamente relacionados con el estado ambiental del centro de cultivo, debido a que existen factores entre los que se cuentan la actividad biológica, la salinidad, la temperatura y los movimientos de las masas de agua que perturban los valores de esta variable. Por ello y, de ser posible, sólo se recomienda obtener los valores de esta variable mediante una sonda de registro continuo cuyas estimaciones reflejarían una tendencia, la variabilidad temporal, y no una determinación puntual.



- Por tratarse de un reglamento que entrega atribuciones al cuerpo fiscalizador para dictar acciones referidas a los niveles de producción con los que un determinado centro de cultivo debe operar, se requiere que los profesionales que suscriban la INFA o CPS deben contar con una formación amplia e integradora cuya malla curricular sea concordante con las metodologías consideradas en la Res. Subpesca N° 404/03 y que según este estudio los profesionales que más se adecúan a este perfil son Biólogos Marinos e Ingenieros en Acuicultura.

- Asimismo, se concluye que es necesario efectuar un estudio orientado a evaluar los objetivos y contenidos de las distintas asignaturas que conforman las mallas curriculares de ambas carreras, a fin de evaluar en profundidad las diferencias existentes entre ambas carreras para efectos de su habilitación para suscribir una INFA o CPS.



8. PLAN DE ACTIVIDADES

8.1 Carta Gantt de Actividades del Proyecto

Actividad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Actividades Objetivo 4.1										
Adquisición de equipos y materiales	X									
Preparación de muestreo	X									
Muestreo según Res. 404/03		X	X							
Análisis de muestras		X	X							
Análisis de datos			X	X						
Actividades Objetivo 4.2										
Propuesta de cambios a Res. 404/03				X						
Preparación de muestreo				X						
Muestreo metodología alternativa				X	X					
Análisis de muestras					X					
Análisis de datos					X	X				
Actividades Objetivo 4.3										
Reuniones técnicas						X				
Actividades Objetivo 4.4										
Elaboración manual de operaciones							X	X		
Actividades Objetivo 4.5										
Recopilación y registro de la información							X			
Procesamiento de datos							X			
Análisis de datos y elaboración de informe								X		
Actividades Objetivo 4.6										
Determinar profesionales suscriptores de CPS e INFA						X	X			
Actividades Generales del Proyecto										
Talleres										
Taller de inicio del proyecto	X									
Taller de difusión de los resultados								X		
Reuniones Periódicas										
Reuniones de estado de avance del proyecto		X		X		X		X		
Entrega de Informes										
Entrega de Informe de avance						X				
Entrega de Pre-Informe Final									X	
Entrega de Informe Final										X



8.2 Actividades Generales del Proyecto

Actividades Generales del Proyecto

Taller de inicio del proyecto

Durante el primer mes de iniciado el proyecto se impartió un taller de inicio del proyecto en dependencias del Instituto de Fomento Pesquero en Valparaíso con la finalidad de difundir los planteamientos y metodologías a utilizar durante el desarrollo de cada uno de los objetivos. A la convocatoria asistió la Sra. Ivonne Etchepare Gerente General de la Asociación de Productores de ostras y ostiones de Chile (APOOCH), don Sergio Véliz en representación de don John Volker, Presidente de la Asociación de Productores de ostras y ostiones de Chile, don Mario Herrera y la Sra. Marcela Herrera en representación de don Mario Marín Jefe del Departamento de Marina de Pesca y Recursos Marinos, el Comandante Juan Pablo Heusser en representación de don Rodolfo Codina Director de la Dirección General de Territorio Marítimo y MM-DIRECTEMAR y de don Carlos Canales Director de la Dirección de Intereses Marítimos y Medio Ambiente Acuático – DIRINMAR, don Felipe Sepúlveda y don Carlos Kirkwood en representación de don Sergio Mujica Director Nacional del Servicio Nacional de Pesca, don Alex Brown Jefe Unidad Ambiental de la Subsecretaría de Pesca, don Juan Antonio Manríquez de la Subsecretaría de Pesca y don Hernán Miranda del Instituto de Fomento Pesquero

Taller de difusión y discusión de resultados

El día 5 de diciembre del 2005 se realizó un taller de difusión y discusión de los resultados del proyecto en dependencias del Hotel la Península en Puerto Montt. A la convocatoria fueron invitadas 49 personas de las cuales solo asistieron 14 personas, todas vinculadas al desarrollo de actividades de acuicultura. Entre los asistentes estuvieron representantes de la Armada (1), Intesal (2), CONAMA (2),



Marine Harvest Chile (3), Toralla (1) e Instituto de Fomento Pesquero (5) **(Anexo 22)**.

En la ocasión, el énfasis de la discusión estuvo centrado en dos temas fundamentales del estudio, que son; (1) establecer los límites de aceptabilidad, técnica y legalmente fundados y estadísticamente respaldados, para las variables definitivas a controlar, tanto en las CPS como en la INFA y (2) Determinar los criterios técnicos y legales que permitan acreditar la especialización o experiencia en materias marinas y ambientales de profesionales que suscriban la CPS o la INFA.

Respecto del primer tema, las conclusiones estuvieron vinculadas con los siguientes aspectos:

- La metodología utilizada en la Res. N° 404/03 para medir oxígeno en la columna de agua entregan al fiscalizador un dato puntual del nivel de oxigenación, el cual puede estar influenciado por las condiciones climáticas o ambientales imperantes al momento de la toma de muestra, por lo tanto, existió consenso en excluir esta variable de la Resolución, a no ser que esta variable sea determinada en forma continua, por un tiempo prudente, utilizando un registrador automático de oxígeno que permita obtener una media mensual.
- La metodología utilizada en la Res. N° 404/03 para medir potencial redox en la columna de sedimento entrega al fiscalizador un dato erróneo respecto de los procesos de oxidación-reducción que ocurren en esta matriz debido a que no considera las reacciones del hierro ni los desplazamientos del líquido intersticial que ocurren en el sedimento al tomar la muestra con una draga, hechos que alteran el valor de la variable, por lo tanto, será necesario incluir modificaciones en la toma de muestra la cual debe hacerse utilizando toma muestras cilíndricos (cores) y se debe complementar con otra variable como la determinación de ácido sulfhídrico en los sedimentos.



- Las áreas autorizadas para el ejercicio de la acuicultura presentan distintos niveles de sensibilidad al desarrollo de actividades de acuicultura, por lo tanto, los avances alcanzados durante el desarrollo de este estudio, de manera unánime fueron considerados cruciales para el desarrollo de una acuicultura sustentable.

Respecto del segundo tema, las conclusiones estuvieron vinculadas con los siguientes aspectos:

- Los participantes del taller se pronunciaron de manera unánime respecto de la veracidad de la información que entregan algunos consultores en cuanto al valor de cada una de las variables contenidas en las INFAs y CPS que cada acuicultor debe entregar a Sernapesca, por lo tanto, compartieron con que es necesario dejar la elaboración de INFAs y CPS en manos de profesionales cuyos títulos habilitantes correspondan a Biólogos Marinos e Ingenieros en Acuicultura, ya que su formación de pre- grado los califica para suscribir un informe de esta naturaleza.



Reuniones de coordinación

Se han realizado tres reuniones técnicas. La primera reunión fue solicitada por el Fondo de Investigación Pesquera y se realizó en dependencias del FIP (Valparaíso) cuyo contenido consistió en evaluar el progreso del proyecto y coordinar algunas de las actividades comprometidas y no descritas en el primer informe de avance, la segunda reunión fue solicitada por el Instituto de Fomento Pesquero y se realizó en dependencias de la SUBPESCA (Valparaíso), con don Alex Brown, funcionarios del Departamento de Acuicultura de la misma institución, con el objetivo de validar el contenido de la información y la forma de expresar e interpretar los datos. Finalmente, el Instituto de Fomento Pesquero solicitó una tercera reunión a la Subsecretaría de Pesca la que se realizó en dependencias de la Subpesca en Valparaíso con don Juan Antonio Manriquez.



9. PLAN DETALLADO DE ASIGNACIÓN DE PERSONAL PROFESIONAL Y TÉCNICO

9.1 Objetivo General (Total)

PERSONAL	OBJETIVO						Actividades generales	TOTAL
	1	2	3	4	5	6		
Gastón Vidal	186	180	10	40	10	20	90	536
María Soledad Toledo	129	125	10	30	15	25	95	429
Hernán Miranda	80	80	0	0	0	0	65	225
Javier Aros	0	0	0	0	60	0	36	96
Pedro Calabrano	65	65	0	0	0	0	0	130
José Barria	50	50	0	0	0	0	0	100
Martín Piencovich	0	30	50	0	0	25	10	115
Total	510	530	70	70	85	70	296	1631

9.2 Objetivos Específicos

Objetivo específico 1. Determinar la capacidad de las metodologías y variables descritas en la Resolución Subpesca N° 404/03, para funcionar como indicadores de las condiciones ambientales de los sitios de cultivo, haciendo especial referencia a las condiciones de oxigenación de los sedimentos y al grado de vulnerabilidad del sitio frente al aporte exógeno de materia orgánica.

PERSONAL	ACTIVIDADES					TOTAL
	Compra equipos y materiales	Preparación muestreo	Muestreo según Res.	Análisis de muestreos	Análisis de datos	
Gastón Vidal	11	15	50	85	25	186
María Soledad Toledo	9	10	45	50	15	129
Hernán Miranda	0	0	0	0	80	80
Pedro Calabrano	0	10	40	15	0	65
José Barria	0	0	50	0	0	50
TOTAL	20	35	185	150	120	510



Objetivo específico 2. Determinar los cambios que debiesen efectuarse a la Resolución Subpesca N° 404/03, para permitir al administrador implementar un mecanismo de control del cumplimiento del RAMA. Para ello deberán contemplarse las limitantes legales y reglamentarias existentes.

PERSONAL	ACTIVIDADES					TOTAL
	Prop. de cambio a Res.	Preparación muestreo	Muestreo Metodología alternativa	Análisis de muestreas	Análisis de datos	
Gastón Vidal	15	15	40	85	25	180
María Soledad Toledo	15	10	35	50	15	125
Hernán Miranda	0	0	0	0	80	80
Pedro Calabrano	0	10	40	15	0	65
José Barría	0	0	50	0	0	50
Martín Plencovich	30	0	0	0	0	30
TOTAL	60	35	165	150	120	530

Objetivo específico 3. Establecer los límites de aceptabilidad, técnicamente y legalmente fundados y estadísticamente respaldados, para las variables definitivas a controlar, tanto en la CPS como en la INFA.

PERSONAL	ACTIVIDAD	TOTAL
	Reuniones Técnicas	
Gastón Vidal	10	10
María Soledad Toledo	10	10
Martín Plencovich	50	50
TOTAL	70	70



Objetivo específico 4. Elaborar un manual de operación, en el cual estén descritas las metodologías de muestreo, transporte y análisis de las variables definitivas a controlar, tanto en la CPS como en la INFA.

PERSONAL	ACTIVIDAD	TOTAL
	Elaboración manual de operaciones	
Gastón Vidal	30	30
María Soledad Toledo	40	40
TOTAL	70	70

Objetivo específico 5. Realizar un análisis económico del costo de la aplicación de los diseños de muestreos definitivos para cada categoría de clasificación, tanto en el caso de la CPS como de la INFA.

PERSONAL	ACTIVIDAD			TOTAL
	Recopilación y registro de la información	Procesamiento de datos	Análisis de datos e informe	
Gastón Vidal	5	5	5	15
María Soledad Toledo	0	5	5	10
Javier Aros	15	20	25	60
TOTAL	20	30	35	85



Objetivo específico 6. Determinar los criterios técnicos y legales que permitan acreditar la especialización o experiencia en materias marinas y ambientales de los profesionales que suscriban de la CPS o la INFA.

PERSONAL	ACTIVIDAD	TOTAL
	Determinación de profesionales	
Gastón Vidal	25	25
María Soledad Toledo	20	20
Martín Plencovich	25	25
TOTAL	70	70

Actividades generales del proyecto: Realización de talleres y elaboración de informes.

PERSONAL	ACTIVIDAD			TOTAL
	Talleres	Reuniones periódicas	Elaboración de informes	
Gastón Vidal	10	20	65	95
María Soledad Toledo	10	10	70	90
Hernán Miranda	0	0	65	65
Javier Aros	0	0	36	36
Martín Plencovich	0	0	10	10
TOTAL	20	30	246	296



10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Atlas, R. M. & Bartha, R. 1993. Microbial Ecology. Fundamentals and Applications. 3^o edition. Redwood (USA): Benjamin & Cummings. 563 pp.

Black, K.D. (Ed). 2001. Environmental Impacts of Aquaculture. Sheffield Academic Press, Sheffield, UK. 214 pp.

Carpenter, J. H. 1965. The Chesapeake Bay Institute technique for the Winkler dissolved oxygen method. *Limnology and Oceanography*, 10, 141-143.

Carroll, M., S. Cochrane, R. Fieler, R. Velvin & P. White. 2003. Organic Enrichment of Sediments from Salmon Farming in Norway: Environmental Factors, Management Practices, and Monitoring Techniques. *Aquaculture* 226(1-4): 156-180.

Demaison G.J & Moore G.T. (1980) Anoxic environments and oil source bed genesis. *Org. Geochem.* 2: 9-31.

Dosdat, A., M. Héral, I. Katavic, M. Kempf, J. Prou & C. Smith. 1996. Approaches for zoning of coastal areas with reference to Mediterranean aquaculture. Priority Actions Programme Regional Activity Centre (PAP/RAC). PAP-10/EAM/GL.1. Split, Croacia: iv + 37 pp.

Folk, R.L. & Ward, W.C. 1957. Brazos River bar, a study in the significance of grain-size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology* 27 3-27.

Froelich, P.N., G.P. Klinkhammer, M.L. Bender, N.A. Luedtke, G.R. Heath, D. Cullen, P. Dauphin, D. Hammond, B. Hartman, & V. Maynard. 1979. Early oxidation of organic matter in pelagic sediments of the eastern



equatorial Atlantic: suboxic diagenesis: *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 43, 1075-1090.

Glud R, J.K. Gudersen & N.B. Ramsing. 2000. Electrochemical and optical oxygen microsensor for in situ measurements, p. 19-72. In Buffle J & G Horvai (eds), in situ monitoring of aquatic systems: chemicals analysis and speciation. Wiley & Sons.

Gowen, R.J.& N. B. Bradbury. 1987. The ecological impact of salmonid farming in coastal waters: a review. *Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev.* 25, 563 – 575.

Gowen, R.J., D.P. Weston & A. Ervik. 1991. Aquaculture and the benthic environment. In: Conwey, C.B., Cho, C.Y. (Eds.), *Nutritional Strategies and Aquaculture Waste*. Fish Nutrition Research Laboratory, University of Guelph, pp. 187 - 205.

Hargrave, B.T. 1994. A benthic enrichment Index. In: *Modelling benthic impacts of organic enrichment from marine aquaculture*. Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences N° 1949. 136 pp.

Iwama, G.I., 1991. Interactions between aquaculture and the environment. *Crit. Rev. Environ. Control* 21, 177 – 216.

Jorgensen, B & B.F. Bak. 1982. Pathways and microbiology of thiosulfate transformations and reduction in a marine sediment (Kattegat, Denmark). *Applied and Environmental Microbiology* 57, 847-856.

Karandinos, M. 1976. Optimum Sample Size and Comments on Some Published Formulas. *Bul. Entom. Soc. Amer.* 22(4): 417-421.



Lynch, J. M., & N. J. Poole. 1979. *Microbial Ecology: A Conceptual Approach*. John Wiley & Sons. New York.

McLachlan, A. (1980) Intertidal zonation of macrofauna and stratification of meiofauna on high energy sandy beaches in the Eastern Cape, South Africa. *Transactions of the Royal Society of South Africa* 44: 213-223.

Mertens, L. 1996. *Competencia laboral: sistemas, surgimiento y modelos*. Montevideo: C interfo/OIT. Montevideo. 119 pp.

Molvær, J., J. Knutzen, J. Magnusson, B. Rygg, J. Skei & J. Sørensen, 1997. *Classification of environmental quality in fjords and coastal waters: a guide*. Norwegian State Pollution Control Authority (SFT) publication 97:03. Oslo, Norway. 36 pp.

Nealson, K.H. 1997. Sediment bacteria: Who's there, what are they doing, and what's new? *Annual Reviews in Earth and Planetary Science* 25, 403-434.

Norwegian Board of Standards, 2000. NS 9410: Environmental monitoring of marine fish farms. Oslo, Norway. 22 pp.

Nusbaum, I. 1965. Determining sulfides in water and waste water. *Water Sewage Work* 112:113.

Pfenning, N. & F. Widdel. 1982. The bacteria of the sulphur cycle. *Philosophical Transaction of the Royal Society Series B - Biological Sciences* 298. 433-441.

Reimers, C.E. & K.L. Smith. 1986. Reconciling measured and predicted fluxes of oxygen across the deep sea sediment-water interface. *Limnology and Oceanography* 31, 305-318.



- Revsbench, N.P; B.B. Jorgensen & T.H. Blackburn.1980. Oxygen in the sea bottom measured with a microelectrode. *Science* 207, 1355-1356.
- Salazar, I. (2000). Análisis comparado de las metodologías para establecer perfiles profesionales o normas de competencias laboral INET-GTZ, <http://www.oei.org.co/iberfop/limaconalep/index.htm>.
- Schaanning, M.T., 1994. Distribution of sediment properties in coastal areas adjacent to fish farms and environmental evaluation of five locations surveyed in October 1993. NIVA – report , SNR 3102/94, 29 pp.
- Schink, B. 1989. Mikrobielle Lebensgemeinschaften in Gewässersedimenten *Naturwissenschaften* 76, 364-372.
- Shepard, F. 1948. *Submarine Geology*. Harper and Row, N.Y., 348 pp.
- Skyring, G.W. 1987. Sulfate reduction in coastal ecosystems. *Geomicrobiology Journal* 5, 295-374.
- Solórzano, L. 1969. Determination of amonia in natural waters by the phenol-hypochlorite method, *Limnol. Oceanog* 14, 799-801.
- Sorensen, J. & B.B. Jorgensen.1987. Early diagenesis in sediments from Danish coastal water: microbial activity and Mn-Fe-S geochemistry. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 51, 1583-1590.
- Sorensen, J, B.B. Jorgensen & N.P. Revsbech. 1979. A comparasion of oxygen, nitrate and sulfate respiration in coastal marine sediments. *Microbial Ecology* 5, 105-115.



- Velvin, R., 1999. Environmental effects from Fish farming. In: Poppe, T. (Ed.), Textbook of Fish Health and Fish Diseases. Universitetforlaget, Oslo, Norway, pp. 340– 347.
- Volkman, J.K., E.D.S Corner & G. Eglinton. 1980. Transformations of biolipids in the marine food web and in underlying bottom sediments, Vol. 293. Colloques Internationaux du C.N.R.S. pp. 185-197.
- Wu, R.S.S. 1995. The environmental impact of marine fish culture: towards a sustainable future. Mar. Pollut. Bull. 31, 159 – 166.
- Weigel, R., 1964: Oceanographical Engineering. (Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J.).
- Wheaton, W.F. 1982. Acuicultura. Diseño y construcción de sistemas. AGT editor. México. 704 p.