



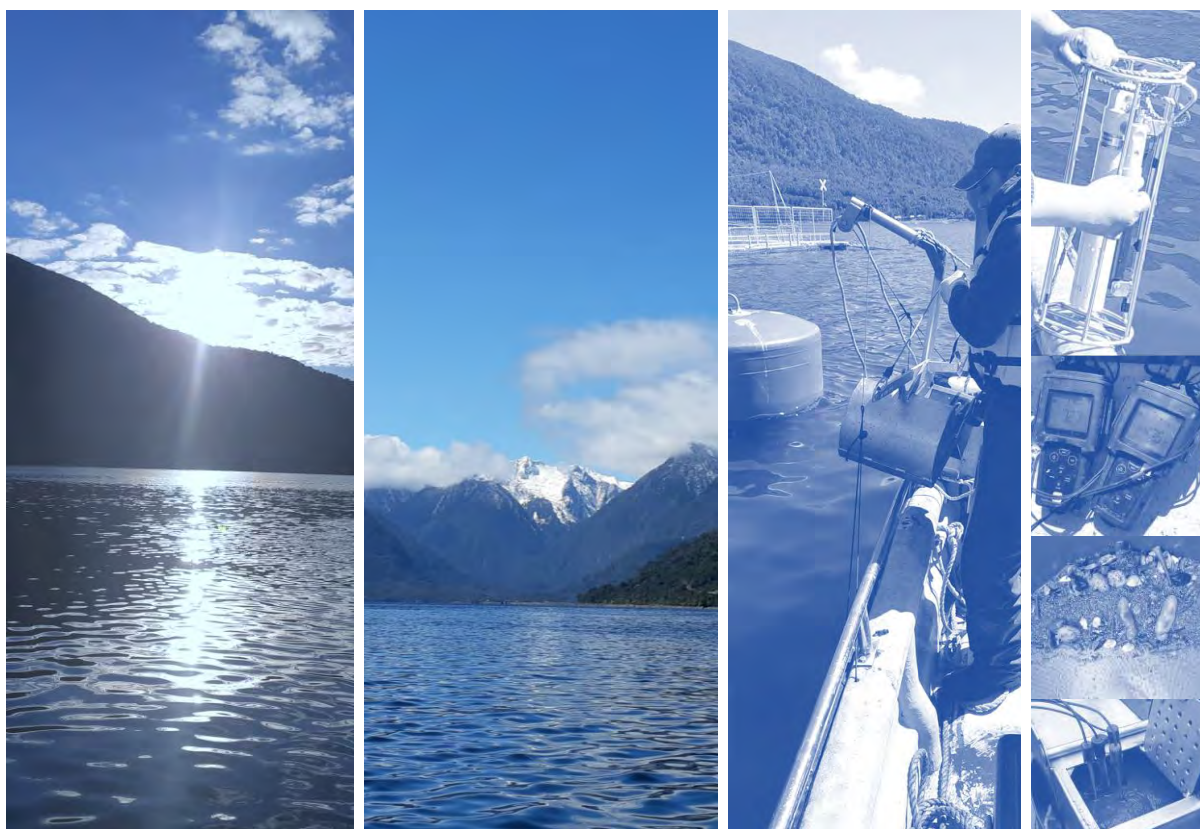
CONSEJO DE INVESTIGACIÓN PESQUERA Y DE ACUICULTURA

SUBSECRETARÍA DE PESCA Y ACUICULTURA

Informe Final

REVISIÓN Y ANÁLISIS DE LA EVALUACIÓN AMBIENTAL DE LOS CENTROS DE CULTIVO CATEGORÍA 5

FIPA N° 2017-14



JULIO DE 2021



REVISIÓN Y ANÁLISIS DE LA EVALUACIÓN AMBIENTAL DE LOS CENTROS DE CULTIVO CATEGORÍA 5

FIPA N° 2017-14, LICITACIÓN 4728-92-LQ17

CONSEJO DE INVESTIGACIÓN PESQUERA Y DE ACUICULTURA
SUBSECRETARÍA DE PESCA Y ACUICULTURA

Informe Final

SBP0013

FECHA: Julio 2021

WSP

Av. Juan Soler Manfredini 11 Of. Piso 15 – Puerto
Montt.

TELÉFONO: +56 65 277 3000

wsp.com



13 de julio 2021

FONDO DE INVESTIGACIÓN PESQUERA Y DE ACUICULTURA
SUBSECRETARÍA DE PESCA Y ACUICULTURA (FIPA)
CALLE BELLAVISTA 168, PISO 16,
OFICINA DE PARTES Y ARCHIVO
VALPARAÍSO

Señor
Rafael Hernández Vidal
Director Ejecutivo

Junto con saludar, informo a Usted de la entrega del Informe Final y sus anexos, correspondientes al proyecto FIPA N° 2017-14 "Revisión y análisis de la evaluación ambiental de los centros de cultivos categoría 5".

Se hace entrega del informe en formato 100% digital al correo fip@subpesca.cl. También adjuntamos digitalmente las respuestas a las dos observaciones efectuadas en el informes de calificación técnica realizada por FIPA.

Sin otro particular, se despide atentamente,

Luis Albornoz
Jefe de Proyectos

/PPB/dam



Control de Cambios

	Primera edición	Revisión 1	Revisión 2	Revisión 3
Elaborado por	Equipo de Estudios Acuáticos y Oceanográficos de WSP	Equipo de Estudios Acuáticos y Oceanográficos de WSP		
Fecha	14 de mayo de 2021	12 de julio de 2021		
Revisado por	LA	LA		
Fecha	14 de mayo de 2021	12 de mayo de 2021		
Aprobado por	PPB	PPB		
Fecha	14 de mayo de 2021	13 de julio de 2021		



Este informe fue realizado por WSP para el FONDO DE INVESTIGACIÓN PESQUERA Y DE ACUICULTURA de SUBSECRETARÍA DE PESCA Y ACUICULTURA (FIPA) de acuerdo con el contrato de servicios profesionales en el marco del proyecto FIPA N° 2017-14 "Revisión y análisis de la evaluación ambiental de los centros de cultivo categoría 5". La divulgación de cualquier información contenida en este informe es responsabilidad exclusiva del destinatario. Este material, forma parte del mejor criterio de WSP en relación a la información disponible en el momento de la preparación. Cualquier uso que haga un tercero de este informe, o cualquier dependencia o decisiones que se tomen con base en él, son responsabilidad de tales terceros. WSP no se hace responsable de los daños, si los hubiere, sufridos por terceros como resultado de decisiones tomadas o acciones basadas en este informe. Esta declaración de limitaciones se considera parte de este informe.

El documento original de base tecnológica enviado aquí, ha sido autenticado y será conservado por WSP por un mínimo de diez años. Dado que el archivo transmitido está fuera del control de WSP y su integridad ya no puede garantizarse, no se puede dar ninguna garantía con respecto a cualquier modificación hecha a este documento.



Equipo de Proyecto

CLIENTE

Mandante	FIPA
Contraparte Técnica	Flor Uribe Carolina Molina

EQUIPO DE ESTUDIOS ACUÁTICOS Y OCEANOGRÁFICOS DE WSP
Profesionales que participaron transversalmente en alguna etapa durante la ejecución del presente proyecto

Director de Proyecto	Luis Albornoz	Biólogo Marino	Directrices Obj 1 - 5
Patricio Perez	Jefe de Proyecto	Ing Civil Industrial	Normativa Obj 1 - 5
Franciso Retamal	Coordinador	Biólogo Marino	Modelos Obj 2 - 5
Diego Alvarado	Coordinador	Modelamiento	Modelos Obj 2 - 5
Carlos Contreras	Consultor	Ing Rec. Nat.	Análisis Obj 2 - 3
Javiera Pizarro	Consultor	Biol Rec. Nat.	Análisis Obj 2 - 3
Valentina Mendez	Consultor	Biólogo Marino	Análisis Obj 2 - 3
Vania Carrera	Consultor	Biólogo Marino	Análisis - taller
Marión Pastene	Consultor	Ing Civil químico	Análisis - taller
Sofía Lecaros	Consultor	Ing Civil Oceánico	Análisis Obj 3
Cristian Manque	Consultor	Biólogo Marino	Análisis Obj 2 - 5
Sixto Gutiérrez	Consultor	Biologo	Análisis Obj 1



Resumen Ejecutivo

El presente documento corresponde al Informe Final del proyecto FIPA N° 2017-14, "Revisión y análisis de la evaluación ambiental de los centros de cultivo categoría 5".

El objetivo del proyecto ha sido revisar y analizar las variables ambientales y metodológicas apropiadas para la evaluación ambiental de centros de acuicultura categoría 5, ubicados en la X Región de Los Lagos.

Se ha recopilado y analizado la información referida a la normativa ambiental que aplica a centros de acuicultura con profundidades mayores a 60 metros, a nivel nacional e internacional. También se ha evaluado y propuesto las variables, metodologías y/o tecnologías adecuadas para determinar la condición ambiental de centros de acuicultura ubicados a profundidades mayores de 60 metros.

Se efectuaron 2 (dos) campañas de muestreo en terreno de acuerdo a una metodología consensuada, muestreos que se llevaron a cabo en un total de 7 (siete) centros de cultivo y se ha analizado el 100 % de la información levantada en terreno.

Entre los resultados obtenidos, se ha incorporado en el diseño muestral del Informe Ambiental (INFA) el concepto de Área de Influencia (AI) (*sensu* D.S.40). El estándar ASC, ha servido de guía en el diseño muestral de este estudio. En ningún caso, esta AI, se trata de una zona donde puede efectuarse un deterioro ambiental significativo, y, por lo tanto, debe ser coherente con los aspectos que contempla la Ley de bases del medio ambiente y la LGPA en los términos de la capacidad de carga y de mantención de aerobia en el sustrato o en el bentos. Al respecto, se considerará la factibilidad, de efectuar un análisis específico de "Evaluación de Impacto del Bentos".

Los resultados permiten inferir que el AI puede estimarse a partir del área de depositación que genere una modelación *ad hoc*, y para ello el método requiere un análisis estadístico más profundo que permita el trabajo entre el valor simulado y la observada *in situ*. Si se hace este análisis, software como el DEPOMOD son viables de ser usados, dado que se encuentra una adecuada correlación entre las comparaciones. Otro aspecto, es que es factible usar una isoconcentración de carbono depositado para establecer límites en el AI, y para ello resulta útil utilizar a Chang *et al.* 2014. Por ejemplo, puede ser utilizada una concentración de 1 gC/m²/día. No obstante, este perímetro, que delimitaría el AI, debiese estar cercano a los 100 m² alrededor del o los módulos de cultivo.

El análisis ha permitido evaluar los vértices de la concesión, resultados que pueden ser contrastados con aquellos resultados de las cabeceras o laterales de los módulos de cultivo. Al respecto, de acuerdo a lo visto en terreno, todas las estaciones podrían quedar al interior de la concesión de acuicultura, excepto, aquellas que pudiesen considerarse como controles, cuestión que puede discutirse de acuerdo a la utilidad que prestan, puesto que el uso de herramientas multivariadas puede permitir un seguimiento ambiental sin el uso de estaciones control, sin embargo, puede requerir, tal como se ha propuesto, incorporar nuevas variables, que aseguren la interpretación de los análisis multivariados.

Del análisis comparativo entre las campañas 1 (realizada en 2018) y campaña 2 (realizada en 2019) se puede concluir que:

Los valores asociados a % MOT varían levemente con un aumento en la segunda campaña, el modelo predice zonas de muestreo asociadas a los valores de mayor porcentaje de % MOT, el % de fango medido registra valores asociados al % de MOT. Los valores medidos *in situ* como pH y Redox, no afectan en la toma de decisión para discernir el estado de un centro, ya que se produce variabilidad tanto positiva como negativa en ambas campañas, a su vez el Oxígeno Disuelto para ninguno de los casos medidos presenta una correlación con lo que indica el lecho marino, todas las estaciones donde se midió Oxígeno Disuelto presentan valores sobre lo establecido en la Res. Ex. N° 3.612/09

Los resultados indican que no siempre existe una buena correlación entre la predicción del modelo y la cantidad de MOT registrada en las estaciones de muestreo. Sin embargo, existe una mejor correlación con la cantidad de Carbono Orgánico. Incluso, se presentan más favorables aquellos resultados al ser comparados con indicadores biológicos. Esto evidencia que existen variables que permiten establecer áreas de perturbación de acuerdo con los patrones detectados mediante una modelación.

Al respecto, se ha encontrado que el AMBI presenta mejores correlaciones con el Carbono Orgánico Total (generado a partir del modelo) que con la materia orgánica (medida *in situ*). Las implicancias metodológicas de muestreo, análisis y procesos biogeoquímicos involucrados son discutibles y pueden variar de centro en centro. Del mismo modo, los resultados indican que el mejor indicador de calidad del bentos es el M-AMBI y no el AMBI; puesto el primero integra en forma multivariada la riqueza de especies (S) y la diversidad de Shannon-Weaver (H') para cada estación de muestreo, permitiendo efectuar comparaciones geográficas (macrozonas); aspecto que, deberá someterse a discusión en futuros proyectos.



En ambas campañas de muestreo, ha evidenciado la factibilidad de obtener sedimento a profundidades mayores de 60 m de profundidad usando adecuadamente una draga. De acuerdo a los resultados, los centros categoría 5, evidencian una condición anaeróbica del sustrato y la presencia de mantos blanquecinos en aquellas estaciones con mayor impacto registrado. Sin embargo, esta condición no va acompañada o no se ve reflejada en una baja significativa de Oxígeno Disuelto a 1 metro del Fondo, condición que de acuerdo a la normativa vigente se asume como cierta, y cuya implicancia es un incumplimiento del límite de aceptabilidad para esta variable.

En centros con profundidades mayores a 60 m y en los cuales se evalúe la calidad del sustrato y bentos, los actuales límites de aceptabilidad para una condición anaeróbica, tal como lo contempla la Res. Ex. N° 3.612/2009, puede que no permitan evaluar los resultados de muestreo a 100 m o más. Bajo los criterios de la actual categoría 5, estos centros resultarían Aeróbicos, no obstante, se ha visto que los resultados obtenidos en los muestreos a esas profundidades para la materia orgánica y Redox, podrían hacer que estos centros resultasen Anaeróbicos. Del mismo modo, se han detectado interesantes relaciones entre variables ambientales, que indican que el impacto de la actividad es máximo circunscrito a menos de 100 m de la zona de mayor deposición, pudiese incluso detectarse hasta 200 metros de la zona con mayor deposición de material orgánico.

Puede que existan inconsistencias en la evaluación de un centro categoría 5 al incorporar variables de calidad de sustrato y bentos, debido a que no se tendrá clara la condición previa de la concesión antes de la entrada en funcionamiento del centro de cultivo. Sin embargo, asumiendo como caracterización de base el primer muestreo, el seguimiento -si es analizado mediante técnicas multivariadas-, permitirá efectuar un seguimiento estadístico efectivo, tal como se utiliza en algunos Programas de Vigilancia Ambiental asociado a otros proyectos.

Se hace presente, que bajo los actuales criterios de muestreo y evaluación de los centros categoría 5, muchos de estos centros que hoy clasifican como Aeróbicos (Oxígeno Disuelto sobre los 2,5 o 3,0 mg/L a 1 m del fondo), pueden resultar como Anaeróbicos si se evalúan otras variables como MOT y Redox.

En relación a los costos asociados a las metodologías propuestas, se desprende que el valor de estas actividades puede rondar incluso las 300 UF en el caso de la Región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo, esto debido, a que no solo se contempla al levantamiento de información para la caracterización ambiental de los lugares en estudio,

sino que, también los *inputs* necesarios para la realización de modelaciones. Además, se debe tener presente los costos de mantención de equipos estandarizados para obtener con ellos resultados confiables, en donde diversas empresas han logrado posicionarse en el mercado con estos instrumentos y sus respectivas mantenciones, por lo cual existen diversas alternativas.

En el caso de mediciones de parámetros fisicoquímicos en la columna de agua, existen opciones capaces de medir en cortos periodos de tiempo y a grandes profundidades (CTD-O), como también equipos multiparamétricos de menor coste, pero con una frecuencia de medición menor, como también con un límite de profundidad inferior. En el caso del muestreo de sedimentos mediante dragas, en general, estos equipos son de fabricación local debido al alto costo de equipos patentados, sin embargo, el uso de estas se encuentra validado por estudios. Por último, en cuanto a filmaciones submarinas, existen en el mercado una gama de opciones, con ROVs que alcanzan profundidades desde 100 metros hasta por sobre los 1000 metros de profundidad con resolución 4K en los modelos de última generación.

Estos costos tienen cierto margen para imprevistos, relacionados con la logística principalmente, los cuales incluyen el retraso o suspensión de actividades relativas a la campaña de muestreo por variables climáticas, debido a que las zonas en donde se ubican los centros poseen características climáticas extremas y con difícil acceso, aspecto relevante para velar por la seguridad de los profesionales que realizan el levantamiento de información y el posterior transporte de muestras a laboratorio, por lo cual, se deben utilizar embarcaciones adecuadas para el desarrollo de las actividades,

En cuanto al capital humano para el desarrollo de estas actividades, se recomienda que sean profesionales relacionados a las ciencias de mar y la acuicultura, sin dejar de lado, la capacitación constante, en cuanto al marco normativo, técnicas de muestreo, manejo de softwares y equipos de última generación.

Finalmente, los equipos asociados al levantamiento de la información poseen la capacidad técnica para la obtención de datos de calidad. Sin embargo, esto está directamente relacionado con la correcta utilización para la toma de los datos, costos más altos en adquisición y mantención de los equipos e instrumentos.



Abstract

This document corresponds to the Final Report of the FIPA project No. 2017-14, "Review and analysis of the environmental evaluation of category 5 cultivation centers".

The objective of the project has been to review and analyze the environmental variables and appropriate methodologies for the environmental assessment of category 5 aquaculture centers, located in the X Region de Los Lagos.

The information referring to the environmental regulations that apply to aquaculture centers with depths greater than 60 meters, at national and international level, has been collected and analyzed. The appropriate variables, methodologies and / or technologies to determine the environmental condition of aquaculture centers located at depths greater than 60 meters have also been assessed and proposed.

Two (2) field sampling campaigns were carried out according to an agreed methodology, sampling that was carried out in a total of 7 (seven) cultivation centers and 100% of the information collected in the field has been analyzed.

Among the results obtained, the concept of Area of Influence (AI) (sensu D.S.40) has been incorporated into the sample design of the Environmental Report (INFA). The ASC standard has served as a guide in the sample design of this study. In no case, this AI, is an area where a significant environmental deterioration can take place, and, therefore, should be consistent with the aspects contemplated by the Law of environmental bases and the LGPA in terms of the carrying capacity and maintenance of aerobic in the substrate or in the benthos. In this regard, the feasibility, for this purpose, of carrying out a specific analysis of "Bentos Impact Assessment" will be analyzed.

The results allow us to infer that the AI can be estimated from the deposition area that generates *ad hoc* modeling, and for this, the analysis requires a deeper statistical analysis that allows work between the simulated value and that observed *in situ*. If this analysis is done, software such as DEPOMOD is viable to be used, since an adequate correlation is found between the comparisons. Another aspect is that it is feasible to use a carbon isoconcentration deposited to establish limits in the AI, and for this it is useful to use Chang *et al.* 2014. For example, a concentration of 1 gC / m² / day can be used. However, this perimeter, which would define the AI, should be close to 100 m around the crop modules.



The analysis has allowed us to evaluate that it is feasible to evaluate the vertices of the concession, results that can be contrasted with those results of the headers or laterals of the crop modules. In this regard, as seen on the ground, all stations could be left inside the aquaculture concession, except those that could be considered as controls, an issue that can be discussed according to the utility they provide, since the use of Multivariable tools can allow environmental monitoring without the use of control stations, which, however, may require, as proposed, to incorporate new variables that ensure the interpretation of multivariate analyzes.

From a comparative analysis between campaigns 1 (carried out in 2018) and campaign 2 (carried out in 2019) it can be concluded that:

The values associated with % MOT vary slightly with an increase in the second campaign, the model predicts sampling areas associated with the higher percentage values of % MOT, the % of measured mud registers values associated with the % of MOT. The values measured *in situ* such as pH and Redox, do not affect the decision making to discern the state of a center, since both, positive and negative variability occurs in both campaigns, in turn the oxygen for any of the cases measured presents. A correlation with what the seabed indicates, all oxygen stations have values on what is established in Res. Ex. 3.612/09

The results indicate that there is not always a good correlation between the prediction of the model and the amount of MOT found in the sampling stations. However, there is a better correlation with the amount of Carbon. Even those results with biological indicators are favorable. This shows that there are variables that allow the establishment of areas of disturbance according to the patterns detected by modeling.

In this regard, it has been found that the AMBI has better correlations with Total Organic Carbon (generated from the model) than with organic matter (measured *in situ*). The methodological implications of sampling, analysis and biogeochemical processes involved are debatable and may vary from center to center. Similarly, the results indicate that the best quality indicator of the benthos is the M-AMBI and not the AMBI; first, it integrates in a multivariate way the richness of species (S) and diversity of Shannon Weaver (H') for each sampling station, allowing geographic comparisons (macro-zones); aspect that should be discussed in future projects.

In both sampling campaigns, has been evidenced the feasibility of obtaining sediment at depths greater than 60 m deep using a dredge properly. According to the results, category 5 centers shows an anaerobic condition of the substrate and the presence of whitish



mantles in those stations with the greatest impact. However, this condition is not accompanied or is not reflected with a significant decrease in Dissolved Oxygen at 1 meter from the bottom, a condition that according to current regulations is assumed to be true, and whose implication is a breach of the limit of acceptability for this variable

In centers with depths greater than 60 m and in which the quality of the substrate and benthos is evaluated, the current limits of acceptability for an anaerobic condition, as contemplated in Res. Ex. N ° 3.612/09, may not allow evaluating the sampling results at 100 m or more. Under the criteria of the current category 5, these centers would be Aerobic, however, it has been seen that the results obtained in the samplings at these depths for organic matter and Redox, could make these centers Anaerobic. In the same way, interesting relationships between environmental variables have been detected, indicating that the impact of the activity is maximum limited to less than 100 m from the area with the highest deposition, it could even be detected up to 200 meters from the area with the highest deposition of material organic.

There may be inconsistencies in the evaluation of a category 5 center by incorporating variables of substrate quality and benthos, because the prior condition of the concession will not be clear before the start of the cultivation center. However, assuming as a baseline characterization of the first sampling, the monitoring if analyzed by multivariate techniques, will allow for effective statistical monitoring, as used in some environmental monitoring programs associated with other projects.

It is present that, under the current criteria for sampling and evaluation of category 5 centers, many of these centers that are now classified as Aerobic (oxygen over 2.5 or 3.0 mg / L at 1 m from the bottom), may result as Anaerobic if other variables such as MOT and Redox are evaluated.

In relation to the costs associated with the proposed methodologies, it follows that the value of these activities can be around 300 UF in the case of the Aysén Region del General Carlos Ibáñez del Campo, this because not only is the gathering information for the environmental characterization of the places under study, but also the necessary inputs for modeling. In addition, the maintenance costs of standardized equipment must be kept in mind to obtain reliable results, where various companies have managed to position themselves in the market with these instruments and their respective maintenance, for which there are various alternatives. In the case of measurements of chemical physical parameters in the water column, there are options capable of measuring in short periods



of time and at great depths (CTDO), as well as lower cost multiparameter equipment, but with a lower measurement frequency, as well as with a lower depth limit. In the case of sediment sampling using dredges, in general, this equipment is locally manufactured due to the high cost of proprietary equipment, however, the use of these is validated by studies. Finally, as far as underwater filming is concerned, there are a range of options on the market, with ROVs reaching depths from 100 meters to over 1000 meters in depth with 4K resolution in the latest generation models. These costs have some margin for unforeseen events, mainly related to logistics, which include the delay or suspension of activities related to the sampling campaign for climatic variables, because the areas where the centers are located have extreme climatic characteristics and difficult access, a relevant aspect to ensure the safety of the professionals who carry out the information gathering as well as for the subsequent transport of samples to the laboratory, for which reason suitable vessels must be used for the development of the activities. As for the human capital for the development of these activities, it is recommended that they be professionals related to the marine sciences and aquaculture, without neglecting constant training in the regulatory framework, sampling techniques, software management and latest generation equipment. Finally, the equipment associated with the collection of information have the technical capacity to obtain quality data. However, this is directly related to higher costs in acquisition and maintenance of equipment and instruments.



TABLA DE CONTENIDO

1	OBJETIVO GENERAL.....	44
2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	44
3	ANTECEDENTES.....	45
4	METODOLOGÍA DE TRABAJO POR OBJETIVO	46
4.1	OBJETIVO 1.....	47
4.2	OBJETIVO 2.....	48
4.3	OBJETIVO 3.....	48
4.4	OBJETIVO 4.....	52
4.5	OBJETIVO 5.....	52
5	RESULTADOS	54
5.1	RESULTADOS ASOCIADOS AL OBJETIVO 1.....	54
5.2	RESULTADOS ASOCIADOS AL OBJETIVO 2.....	134
5.3	RESULTADOS ASOCIADOS AL OBJETIVO 3.....	165
5.4	RESULTADOS ASOCIADOS AL OBJETIVO 4.....	526
5.5	RESULTADOS ASOCIADOS AL OBJETIVO 5.....	539
6	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN.....	548
7	CONCLUSIONES	554
8	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	563



TABLA DE CONTENIDO

TABLAS

TABLA 1 - PRINCIPALES FORZANTES FÍSICOS Y PROCESOS BIOGEOQUÍMICOS QUE AFECTAN LA DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE OXÍGENO DISUELTO, EN CANALES Y FIORDOS AUSTRALES (SILVA 2006).....	59
TABLA 2 - NOMENCLATURA PARA GRADIENTES DE ENRIQUECIMIENTO ORGÁNICO EN EL BENTOS, TOMADO DE HARGRAVE <i>ET AL</i> , 2008	67
TABLA 3 - PROGRAMA DE MANEJO AMBIENTAL BASADO EN CONCENTRACIONES DE SULFURO Y PREDICCIONES DE SIMULACIONES EN DEPOMOD (CHANG <i>ET AL</i> , 2014).	67
TABLA 4 - INDICADORES Y ESTÁNDAR ASC SALMON STANDARD... 75	
TABLA 5 - ESTÁNDARES AMBIENTALES SOLICITADOS.....	132
TABLA 6 - LISTA DE EXPERTOS CONSENSUADA CON SUBSECRETARIA DE PESCA.	142
TABLA 7 - DESCRIPCIÓN DE ÍNDICES COMUNITARIOS.....	161
TABLA 8 - DEFINICIÓN DE LOS GRUPOS ECOLÓGICOS QUE CONTEMPLA EL ÍNDICE AMBI (BORJA & PÉREZ, 2000).	163
TABLA 9 - CLASIFICACIÓN ECOLÓGICA EN LA CUAL SE BASA EL ÍNDICE AMBI (TOMADO DE BORJA <i>ET AL</i> , 2000).	164
TABLA 10 - CANTIDAD DE CENTROS CATEGORÍA 5 POR BARRIO SANITARIO	168
TABLA 11 - EMPRESAS Y CENTROS CATEGORÍA 5 DISPONIBLES POR BARRIO SANITARIO.....	169
TABLA 12 - VARIABLES DE ENTRADA AL MODELO DEPOMOD. CENTRO A.....	177
TABLA 13 - VARIABLES DE ENTRADA AL MODELO DEPOMOD. CENTRO B.....	181
TABLA 14 - VARIABLES DE ENTRADA AL MODELO DEPOMOD. CENTRO C.....	185
TABLA 15. VARIABLES DE ENTRADA AL MODELO DEPOMOD. CENTRO D.....	189
TABLA 16 - VARIABLES DE ENTRADA AL MODELO DEPOMOD. CENTRO E.....	193
TABLA 17 - VARIABLES DE ENTRADA AL MODELO DEPOMOD. CENTRO F.....	197
TABLA 18 - VARIABLES DE ENTRADA AL MODELO DEPOMOD. CENTRO G.....	201
TABLA 19 – GRANULOMETRÍA DE SEDIMENTOS, CENTRO A, CAMPAÑA 1.	221
TABLA 20 – RESULTADOS PARA MUESTRAS DE SEDIMENTO DE MATERIA ORGÁNICA (MOT%), NITRÓGENO REDOX, PH Y FÓSFORO. CENTRO A, CAMPAÑA 1.....	223
TABLA 21 – RESULTADOS REGISTRO VISUAL DEL CES A, CAMPAÑA 1	224
TABLA 22 – RESULTADOS DE MACROFAUNA OBSERVADA EN REGISTRO VISUAL, CENTRO A, CAMPAÑA 1.	226
TABLA 23 - ÍNDICES COMUNITARIOS (FD: FONDO DURO, SF: SIN FAUNA). CENTRO A, CAMPAÑA 1.	227



TABLA DE CONTENIDO

TABLA 24 - ESPECIES BIOINDICADORA EN LA CAMPAÑA 1. CENTRO A, CAMPAÑA 1.....	227
TABLA 25 - RESULTADOS DE AMBI. CENTRO A, CAMPAÑA 1.....	228
TABLA 26 - RESULTADOS DE M-AMBI. CENTRO A, CAMPAÑA 1.....	228
TABLA 27 - GRANULOMETRÍA DE SEDIMENTOS CENTRO B, CAMPAÑA 1.....	236
TABLA 28 - RESULTADOS PARA MUESTRAS DE SEDIMENTO DE MATERIA ORGÁNICA (MOT%), NITRÓGENO REDOX, PH Y FÓSFORO. CENTRO B, CAMPAÑA 1.....	238
TABLA 29 - RESULTADOS REGISTRO VISUAL. CENTRO B, CAMPAÑA 1.....	239
TABLA 30 - RESULTADOS DE MACROFAUNA OBSERVADA EN REGISTRO VISUAL. CENTRO B, CAMPAÑA 1.....	241
TABLA 31 - ÍNDICES COMUNITARIOS (*: NO CALCULABLE). CENTRO B, CAMPAÑA 1.....	242
TABLA 32 - ESPECIES BIOINDICADORA EN LA CAMPAÑA 1.....	242
TABLA 33 - RESULTADOS DE AMBI. CENTRO B, CAMPAÑA 1.....	243
TABLA 34 - RESULTADOS DE M-AMBI, PRIMERA CAMPAÑA DE MUESTREO. CENTRO B, CAMPAÑA 1.....	243
TABLA 35 - GRANULOMETRÍA DE SEDIMENTOS. CENTRO C, CAMPAÑA 1.....	250
TABLA 36 - RESULTADOS PARA MUESTRAS DE SEDIMENTO DE MATERIA ORGÁNICA (MOT%), NITRÓGENO REDOX, PH Y FÓSFORO. CENTRO C, CAMPAÑA 1.....	253
TABLA 37 - RESULTADOS REGISTRO VISUAL. CENTRO C, CAMPAÑA 1.....	254
TABLA 38 - RESULTADOS DE MACROFAUNA OBSERVADA EN REGISTRO VISUAL. CENTRO C, CAMPAÑA 1.....	256
TABLA 39 - ÍNDICES COMUNITARIOS. CENTRO C, CAMPAÑA 1.....	257
TABLA 40 - ESPECIES BIOINDICADORA EN EL CENTRO C, CAMPAÑA 1.....	257
TABLA 41 - RESULTADOS DE AMBI. CENTRO C, CAMPAÑA 1.....	258
TABLA 42 - RESULTADOS DE M-AMBI. CENTRO C, CAMPAÑA 1.....	258
TABLA 43 - GRANULOMETRÍA DE SEDIMENTOS CES D CAMPAÑA 1.....	267
TABLA 44 - RESULTADOS PARA MUESTRAS DE SEDIMENTO DE MATERIA ORGÁNICA (MOT%), NITRÓGENO REDOX, PH Y FÓSFORO. CENTRO D, CAMPAÑA 1.....	269
TABLA 45 - RESULTADOS REGISTRO VISUAL. CENTRO D, CAMPAÑA 1.....	270
TABLA 46 - RESULTADOS DE MACROFAUNA OBSERVADA EN REGISTRO VISUAL. CENTRO D, CAMPAÑA 1.....	271
TABLA 47 - ÍNDICES COMUNITARIOS (FD: FONDO DURO, SF: SIN FAUNA, *: NO CALCULABLE). CENTRO D, CAMPAÑA 1.....	271
TABLA 48 - ESPECIES BIOINDICADORA. CENTRO D, CAMPAÑA 1.....	272
TABLA 49 - RESULTADOS DE AMBI. CENTRO D, CAMPAÑA 1.....	272
TABLA 50 - RESULTADOS DE M-AMBI. CENTRO D, CAMPAÑA 1.....	272
TABLA 51 - GRANULOMETRÍA DE SEDIMENTOS CENTRO E, CAMPAÑA 1.....	280



TABLA DE CONTENIDO

TABLA 52 – RESULTADOS PARA MUESTRAS DE SEDIMENTO DE MATERIA ORGÁNICA (MOT%), NITRÓGENO REDOX, PH Y FÓSFORO. CENTRO E, CAMPAÑA 1	282
TABLA 53 – RESULTADOS REGISTRO VISUAL. CENTRO E, CAMPAÑA 1	283
TABLA 54 – RESULTADOS DE MACROFAUNA OBSERVADA EN REGISTRO VISUAL. CENTRO E, CAMPAÑA 1.....	285
TABLA 55 - ÍNDICES COMUNITARIOS (*: NO CALCULABLE). CENTRO E, CAMPAÑA 1.....	286
TABLA 56 - ESPECIES BIOINDICADORAS. CENTRO E, CAMPAÑA 1.....	286
TABLA 57 – RESULTADOS DE AMBI. CENTRO E, CAMPAÑA 1.....	286
TABLA 58 - RESULTADOS DE M-AMBI. CENTRO E, CAMPAÑA 1..	287
TABLA 59 – GRANULOMETRÍA DE SEDIMENTOS. CENTRO F, CAMPAÑA 1.....	295
TABLA 60 – RESULTADOS PARA MUESTRAS DE SEDIMENTO DE MATERIA ORGÁNICA (MOT%), NITRÓGENO REDOX, PH Y FÓSFORO. CENTRO F, CAMPAÑA 1.....	297
TABLA 61 – RESULTADOS REGISTRO VISUAL. CENTRO F, CAMPAÑA 1.	298
TABLA 62 – RESULTADOS DE MACROFAUNA OBSERVADA EN REGISTRO VISUAL. CENTRO F, CAMPAÑA 1.....	300
TABLA 63 - ÍNDICES COMUNITARIOS. CENTRO F, CAMPAÑA 1	302
TABLA 64 - ESPECIES BIOINDICADORAS. CENTRO F, CAMPAÑA 1.....	302
TABLA 65 – RESULTADOS DE AMBI. CENTRO F, CAMPAÑA 1.....	303
TABLA 66 - RESULTADOS DE M-AMBI. CENTRO F, CAMPAÑA 1..	303
TABLA 67 – GRANULOMETRÍA DE SEDIMENTOS CENTRO G, CAMPAÑA 1.....	311
TABLA 68 – RESULTADOS PARA MUESTRAS DE SEDIMENTO DE MATERIA ORGÁNICA (MOT%), NITRÓGENO REDOX, PH Y FÓSFORO. CENTRO G, CAMPAÑA 1.....	313
TABLA 69 – RESULTADOS REGISTRO VISUAL. CENTRO G, CAMPAÑA 1.	314
TABLA 70 – RESULTADOS DE MACROFAUNA OBSERVADA EN REGISTRO VISUAL. CENTRO G, CAMPAÑA 1.	316
TABLA 71 - ÍNDICES COMUNITARIOS. CENTRO G, CAMPAÑA 1.	317
TABLA 72 - ESPECIES BIOINDICADORAS. CENTRO G, CAMPAÑA 1.....	317
TABLA 73 – RESULTADOS DE AMBI. CENTRO G, CAMPAÑA 1.	318
TABLA 74 - RESULTADOS DE M-AMBI. CENTRO G, CAMPAÑA 1..	318
TABLA 75 – GRANULOMETRÍA DE SEDIMENTOS. CENTRO A, CAMPAÑA 2.	326
TABLA 76 – RESULTADOS PARA MUESTRAS DE SEDIMENTO DE MATERIA ORGÁNICA (MOT%), NITRÓGENO REDOX, PH Y FÓSFORO. CENTRO A, CAMPAÑA 2.....	328
TABLA 77 - RESULTADOS REGISTRO VISUAL DEL CENTRO A, CAMPAÑA 2.	329
TABLA 78 – RESULTADOS DE MACROFAUNA OBSERVADA EN REGISTRO VISUAL. CENTRO A, CAMPAÑA 2.	331
TABLA 79 - ÍNDICES COMUNITARIOS (FD: FONDO DURO, SF: SIN FAUNA). CENTRO A, CAMPAÑA 2.....	333
TABLA 80 - ESPECIES BIOINDICADORAS. CENTRO A, CAMPAÑA 2.	333



TABLA DE CONTENIDO

TABLA 81 - RESULTADOS DE AMBI, CENTRO A, CAMPAÑA 2.	334
TABLA 82 - RESULTADOS DE M-AMBI, CENTRO A, CAMPAÑA 2.	334
TABLA 83 - GRANULOMETRÍA DE SEDIMENTOS. CENTRO B, CAMPAÑA 2.	343
TABLA 84 - RESULTADOS PARA MUESTRAS DE SEDIMENTO DE MATERIA ORGÁNICA (MOT%), NITRÓGENO REDOX, PH Y FÓSFORO. CENTRO B, CAMPAÑA 2.	345
TABLA 85 - RESULTADOS REGISTRO VISUAL. CENTRO B, CAMPAÑA 2.	346
TABLA 86 - RESULTADOS DE MACROFAUNA OBSERVADA EN REGISTRO VISUAL. CENTRO B, CAMPAÑA 2.	348
TABLA 87 - ÍNDICES COMUNITARIOS (FD: FONDO DURO, SF: SIN FAUNA). CENTRO B, CAMPAÑA 2.	349
TABLA 88 - ESPECIES BIOINDICADORAS. CENTRO B, CAMPAÑA 2.	350
TABLA 89 - RESULTADOS DE AMBI. CENTRO B, CAMPAÑA 2.	350
TABLA 90 - RESULTADOS DE M-AMBI. CENTRO B, CAMPAÑA 2.	350
TABLA 91 - GRANULOMETRÍA DE SEDIMENTOS. CENTRO C, CAMPAÑA 2.	358
TABLA 92 - RESULTADOS PARA MUESTRAS DE SEDIMENTO DE MATERIA ORGÁNICA TOTAL (MOT%), NITRÓGENO REDOX, PH Y FÓSFORO. CENTRO C, CAMPAÑA 2.	361
TABLA 93 - RESULTADOS REGISTRO VISUAL. CENTRO C, CAMPAÑA 2.	362
TABLA 94 - RESULTADOS DE MACROFAUNA OBSERVADA EN REGISTRO VISUAL. CENTRO C, CAMPAÑA 2.	364
TABLA 95 - ÍNDICES COMUNITARIOS. CENTRO C, CAMPAÑA 2.	366
TABLA 96 - ESPECIES BIOINDICADORAS. CENTRO C, CAMPAÑA 2.	366
TABLA 97 - RESULTADOS DE AMBI. CENTRO C, CAMPAÑA 2.	367
TABLA 98 - RESULTADOS DE M-AMBI. CENTRO C, CAMPAÑA 2.	367
TABLA 99 - GRANULOMETRÍA DE SEDIMENTOS CENTRO D, CAMPAÑA 2.	375
TABLA 100 - RESULTADOS PARA MUESTRAS DE SEDIMENTO DE MATERIA ORGÁNICA TOTAL (MOT%), NITRÓGENO REDOX, PH Y FÓSFORO. CENTRO D, CAMPAÑA 2.	378
TABLA 101 - RESULTADOS REGISTRO VISUAL. CENTRO D, CAMPAÑA 2.	379
TABLA 102 - RESULTADOS DE MACROFAUNA OBSERVADA EN REGISTRO VISUAL. CENTRO D, CAMPAÑA 2.	380
TABLA 103 - ÍNDICES COMUNITARIOS (*: NO CALCULABLE). CENTRO D, CAMPAÑA 2.	381
TABLA 104 - ESPECIES BIOINDICADORA EN LA CAMPAÑA 2. CENTRO D, CAMPAÑA 2.	381
TABLA 105 - RESULTADOS DE AMBI. CENTRO D, CAMPAÑA 2.	381
TABLA 106 - RESULTADOS DE M-AMBI. CENTRO D, CAMPAÑA 2.	382
TABLA 107 - GRANULOMETRÍA DE SEDIMENTOS CENTRO E, CAMPAÑA 2.	390



TABLA DE CONTENIDO

TABLA 108 – RESULTADOS PARA MUESTRAS DE SEDIMENTO DE MATERIA ORGÁNICA (MOT%), NITRÓGENO REDOX, PH Y FÓSFORO. CENTRO E, CAMPAÑA 2.	393
TABLA 109 – RESULTADOS REGISTRO VISUAL. CENTRO E, CAMPAÑA 2.	394
TABLA 110 – RESULTADOS DE MACROFAUNA OBSERVADA EN REGISTRO VISUAL. CENTRO E, CAMPAÑA 2.	397
TABLA 111 - ÍNDICES COMUNITARIOS. CENTRO E, CAMPAÑA 2.	399
TABLA 112 - ESPECIES BIOINDICADORAS. CENTRO E, CAMPAÑA 2.	399
TABLA 113 - RESULTADOS DE AMBI. CENTRO E, CAMPAÑA 2.	399
TABLA 114 - RESULTADOS DE M-AMBI. CENTRO E, CAMPAÑA 2.	400
TABLA 115 – GRANULOMETRÍA DE SEDIMENTOS CENTRO F, CAMPAÑA 2.	409
TABLA 116 – RESULTADOS PARA MUESTRAS DE SEDIMENTO DE MATERIA ORGÁNICA TOTAL (MOT%), NITRÓGENO REDOX, PH Y FÓSFORO. CENTRO F, CAMPAÑA 2.	411
TABLA 117 – RESULTADOS REGISTRO VISUAL. CENTRO F, CAMPAÑA 2.	412
TABLA 118 – RESULTADOS DE MACROFAUNA OBSERVADA EN REGISTRO VISUAL. CENTRO F, CAMPAÑA 2.	414
TABLA 119 - ÍNDICES COMUNITARIOS. CENTRO F, CAMPAÑA 2.	416
TABLA 120 - ESPECIES BIOINDICADORAS. CENTRO F, CAMPAÑA 2.	416
TABLA 121 - RESULTADOS DE AMBI. CENTRO F, CAMPAÑA 2.	417
TABLA 122 - RESULTADOS DE M-AMBI. CENTRO F, CAMPAÑA 2.	417
TABLA 123 – GRANULOMETRÍA DE SEDIMENTOS DEL CENTRO G, CAMPAÑA 2.	427
TABLA 124 – RESULTADOS PARA MUESTRAS DE SEDIMENTO DE MATERIA ORGÁNICA TOTAL (MOT%), NITRÓGENO REDOX, PH Y FÓSFORO. CENTRO G, CAMPAÑA 2.	429
TABLA 125 – RESULTADOS REGISTRO VISUAL. CENTRO G, CAMPAÑA 2.	430
TABLA 126 – RESULTADOS DE MACROFAUNA OBSERVADA EN REGISTRO VISUAL. CENTRO G, CAMPAÑA 2.	432
TABLA 127 - ÍNDICES COMUNITARIOS. CENTRO G, CAMPAÑA 2.	433
TABLA 128 - ESPECIES BIOINDICADORAS. CENTRO G, CAMPAÑA 2.	434
TABLA 129 - RESULTADOS DE AMBI. CENTRO G, CAMPAÑA 2.	434
TABLA 130 - RESULTADOS DE M-AMBI. CENTRO G, CAMPAÑA 2.	434
TABLA 131 - DESGLOSE DE LOS GASTOS ASOCIADOS AL LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN DE TERRENO.	539
TABLA 132 - EQUIPOS E INSTRUMENTOS UTILIZADOS EN NUESTRO PAÍS PARA LEVANTAMIENTOS AMBIENTALES.	541
TABLA 133 - METODOLOGÍA Y VALORES ASOCIADOS PARA CAMPAÑA DE MUESTREO CES CATEGORÍA 5. VALORES INDEPENDIENTES DE REGIÓN GEOGRÁFICA.	543
TABLA 134 - VALORIZACIÓN GASTOS LOGÍSTICOS PARA CES DENTRO DE LA REGIÓN DE AYSÉN.	544



TABLA DE CONTENIDO

TABLA 135 - VALORIZACIÓN GASTOS LOGÍSTICOS PARA CES DENTRO DE LA REGIÓN DE LOS LAGOS.....	544
TABLA 136 - RESUMEN GASTOS TERRENO PARA REGIONES DE AYSÉN Y DE LOS LAGOS.....	545

TABLA DE CONTENIDO

FIGURAS

FIGURA 1 - MODELO CONCEPTUAL DEL IMPACTO DE LA ACTIVIDAD ACUÍCOLA SOBRE EL BENTOS.....	56
FIGURA 2 - REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA DE LOS TIPOS DE ESTRUCTURAS VERTICALES DE OXÍGENO DISUELTO Y PH (O-PH) (SILVA Y PALMA, 2006).....	60
FIGURA 3 - MODELO DE PEARSON Y ROSENBERG (1978).....	64
FIGURA 4 - LEY DE TOLERANCIA DE SHELFORD.....	65
FIGURA 5 - ESQUEMATIZACIÓN DEL MODELO DE PEARSON Y ROSENBERG Y LOS CAMBIOS EN LA BIOTURBACIÓN DE LOS SEDIMENTOS.....	66
FIGURA 6 - EJEMPLO DEL DISEÑO MUESTRAL PARA LA CERTIFICACIÓN DEL ESTÁNDAR ASC.....	75
FIGURA 7 - ESQUEMA 3D DE UNA AZE.....	76
FIGURA 8 - ESQUEMA DE INTEGRACIÓN DE LOS MÓDULOS DE UTILIZADOS POR EL MODELO DEPOMOD®.....	79
FIGURA 9 - MODELO DE CIRCULACIÓN HORIZONTAL POR CAPAS. (A) SUPERFICIAL (0 - ~30 M); (B) INTERMEDIA (~30 - ~150 M); (C) PROFUNDA (>150 M) (TOMADO DESDE SILVA Y PALMA, 2006).....	82
FIGURA 10 - MODELO DE CIRCULACIÓN VERTICAL; A) SECCIÓN BOCA DEL GUAFO RELONCAVÍ; B) SECCIÓN BOCA DEL GUAFO A FIORDO PUYUHUAPI; Y C) SECCIÓN BOCA DEL GUAFO A FIORDO AYSÉN (TOMADO DESDE SILVA Y PALMA, 2006).....	82
FIGURA 11- DISTRIBUCIÓN VERTICAL: DE ACUERDO AL DIAGRAMA ORIGINAL, (B) OD PARA LA SECCIÓN DEL BOCA DEL GUAFO- FIORDO RELONCAVÍ; BOCA DEL GUAFO- FIORDO AYSÉN; SECCIÓN CANAL SMITH - FIORDO (TOMADO DE SILVA Y VARGAS, 2014).....	83
FIGURA 12- UBICACIÓN DE ESTACIONES DE MUESTREO DE LOS CRUCEROS OCEANOGRÁFICOS CIMAR FIORDOS 1-18 EN LA PATAGONIA CHILENA. (A) ZONA NORTE, (B) ZONA CENTRAL, (C) ZONA SUR Y (D) SEIS SECCIONES OCEANOGRÁFICAS SELECCIONADAS PARA ANALIZAR LA CIRCULACIÓN VERTICAL DEL AGUA, SALINIDAD, OD, DISTRIBUCIÓN DE FOSFATO Y DE NITRATO (SILVA Y VARGAS, 2014).....	84
FIGURA 13 - SECCIÓN HIDROGRÁFICA REALIZADA DE SUR A NORTE EN EL FIORDO PUYUHUAPI DURANTE EL 16 Y 17 DE JUNIO DEL 2016. EL CRITERIO USADO PARA LA DEFINICIÓN DE LAS MASAS DE AGUA FUE LA SALINIDAD (GUZMÁN Y SILVA, 2002; SIEVERS, 2006 Y SIEVERS Y SILVA 2008), DEFINIÉNDOSE EL AGUA SUBANTÁRTICA MODIFICADA (ASAAM, SALINIDAD ENTRE 31-33 PSU), EL AGUA SUBANTÁRTICA (ASAA, SALINIDADES ENTRE 33-33,9 g/kg) Y EL AGUA ECUATORIAL SUBSUPERFICIAL (AESS, SALINIDADES MAYORES A 33,9).....	87
FIGURA 14 - PERFILES DE LA COLUMNA DE AGUA EFECTUADOS EN DISTINTAS CAMPAÑAS OCEANOGRÁFICAS EN LOS FIORDOS PUYUHUAPI Y JACAF.....	88
FIGURA 15 - PERFILES DE LA COLUMNA DE AGUA DE PARÁMETROS DE TEMPERATURA Y SALINIDAD REALIZADOS BAJO	

TABLA DE CONTENIDO

CONDICIONES DE PRIMAVERA E INVIERNO EN EL FIORDO PUYUHUAPI.....	89
FIGURA 16 - SERIES TEMPORALES DE A) TEMPERATURA DEL AGUA, B) SALINIDAD, C) OD Y D) SATURACIÓN DE OXÍGENO, OBTENIDA A 122 M DE PROFUNDIDAD EN LA BOYA OCEANOGRÁFICA INSTALADA EN EL FIORDO PUYUHUAPI. LA LÍNEA NEGRA REPRESENTA LOS REGISTROS POR HORA Y LA LÍNEA ROJA MUESTRA EL PROMEDIO DIARIO (PÉREZ-SANTOS, 2017).....	89
FIGURA 17 - EL MODELO DE PEARSON-ROSENBERG MUESTRA ESPECIES (S), ABUNDANCIA (A) Y BIOMASA (B) - CURVAS SAB DE LOS EFECTOS DEL ENRIQUECIMIENTO ORGÁNICO EN ORGANISMOS VIVOS SEDIMENTADOS.....	96
FIGURA 18 - ETAPAS DE LA DEGRADACIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA EN LA COLUMNA DE SEDIMENTOS. ADAPTADO DE LIBES, (2009). TOMADO DE SILVA & QUIROGA, (2010).....	98
FIGURA 19 - PROCESOS BIOQUÍMICOS PARA LA DEGRADACIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA EN FORMA AERÓBICA EN LA PARTE SUPERFICIAL Y ANAERÓBICA EN LAS ZONAS MÁS PROFUNDAS DEL SEDIMENTO. C Y D) PROCESOS BIOQUÍMICOS PARA LA DEGRADACIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA SOLO EN FORMA ANAERÓBICA Y CON PRESENCIA DE <i>BEGGIATO</i> A EN LA SUPERFICIE DEL SEDIMENTO. TOMADO DE ARANDA, 2008. SEXTO CURSO DE INVIERNO CENTRO I-MAR, UNIVERSIDAD DE LOS LAGOS. PUERTO MONTT.....	99
FIGURA 20 - PATRÓN GLOBAL DE LA HIPOXIA COSTERA. CADA PUNTO ROJO REPRESENTA UN CASO DOCUMENTADO RELACIONADO CON ACTIVIDADES HUMANAS, EL CUAL HA SIDO ACUMULATIVO A TRAVÉS DEL TIEMPO. LAS LÍNEAS NEGRAS REPRESENTAN ÁREAS DE LA PLATAFORMA CONTINENTAL AMENAZADAS CON HIPOXIA DEBIDO A LA EXPANSIÓN DE OMZ Y SURGENCIAS. MODIFICADO DE DÍAZ Y ROSENBERG (2008) Y LEVIN <i>ET AL.</i> (2009A).....	101
FIGURA 21 - PERÍODO EN EL QUE LOS SÍNTOMAS DE EUTROFIZACIÓN E HIPOXIA/ANOXIA COMENZARON EN LOS PAÍSES DESARROLLADOS Y CÓMO LOS SÍNTOMAS SE TRASLADARON A AÑOS MÁS RECIENTES PARA LOS PAÍSES EN DESARROLLO (MODIFICADO POR RABALAIS DE COWLING Y GALLOWAY, 2002).....	102
FIGURA 22 - EVALUACIÓN COMPARATIVA DE ECOSISTEMAS PESQUEROS EN RESPUESTA AL ENRIQUECIMIENTO ORGÁNICO (DÍAZ, 2001).....	103
FIGURA 23 - DISTRIBUCIÓN DE UMBRALES DE HIPOXIA PARA DIFERENTES GRUPOS DE ORGANISMOS BENTÓNICOS (VAQUER-SUNYER & DUARTE, 2008).....	104
FIGURA 24 - DIAGRAMA DE CAJA QUE MUESTRA LAS DISTRIBUCIONES DE LOS UMBRALES DE OXÍGENO ENTRE DISTINTOS TAXA. (A) CL50 (MG DE O ₂ /L), (B) SCL50 (MG DE O ₂ /L) Y (C) LT50 (H). (VAQUER-SUNYER & DUARTE, 2008).....	105

TABLA DE CONTENIDO

FIGURA 25 - PRINCIPALES MECANISMOS DE PRODUCCIÓN Y CONSUMO DE OXÍGENO DISUELTO (OD) EN EL MEDIO COSTERO. ZHANG <i>ET AL.</i> (2010).	106
FIGURA 26 - CONO DE LA RESPUESTA DE LA FAUNA A LA DISMINUCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE OD. TOMADO DE DÍAZ AND ROSENBERG (1995) AND RABALAIS <i>ET AL.</i> (2010).	107
FIGURA 27 - COMPARACIÓN DE LA HISTORIA DE LAS ZONAS MÍNIMAS DE OXÍGENO (ZMO) Y ZONAS MUERTAS COSTERAS (ZD) DEL PASADO AL FUTURO. AMBOS SE ESTÁN EXPANDIENDO DESDE ACTIVIDADES ANTROPOGÉNICAS, PERO DESDE DIFERENTES PROCESOS. LAS OMZ SE ESTÁN EXPANDIENDO DESDE EL CALENTAMIENTO GLOBAL Y LAS ZD DE LA EUTROFIZACIÓN (FUENTE: RABALAIS, <i>ET AL.</i> , 2010).	110
FIGURA 28 - UBICACIÓN DE LOS SISTEMAS QUE SE HAN RECUPERADO DE LA HIPOXIA (CÍRCULOS VERDES), PRINCIPALMENTE A TRAVÉS DE LA REDUCCIÓN DE LAS CARGAS DE NUTRIENTES. TODOS LOS SITIOS ESTÁN EN EL NORTE DE EUROPA Y LOS ESTADOS UNIDOS, EXCEPTO EL MAR NEGRO. LOS PUNTOS NEGROS SON SISTEMAS QUE PERMANECEN HIPÓXICOS.	110
FIGURA 29 - MODELO CONCEPTUAL DE IMPACTO SOBRE EL BENTOS DE UN CENTRO DE CULTIVO.	115
FIGURA 30 - MODELO CONCEPTUAL DE COMPORTAMIENTO DEL AMBI EN CENTRO DE CULTIVO.	116
FIGURA 31 - MODELO TENTATIVO DE PRESENTACIÓN DE CUMPLIMIENTO AMBIENTAL.	141
FIGURA 32 - INVITACIÓN AL TALLER DE EXPERTOS.	144
FIGURA 33 - TALLER CON EXPERTOS REALIZADA EN OFICINA DE SUBPESCA PUERTO MONTT Y VALPARAÍSO.	145
FIGURA 34 - DISEÑO PROPUESTO (VER NOTA AL PIE N° 6).	155
FIGURA 35 - CRITERIOS Y LÍMITES PARA DEFINIR EL ÁREA DE INFLUENCIA. FUENTE	160
FIGURA 36 - MODELO DE LAS CURVAS ABC	162
FIGURA 37 - GRUPOS ECOLÓGICOS QUE CONTEMPLA EL ÍNDICE AMBI Y SU PRESENCIA EN UN GRADIENTE ORGÁNICO (BORJA & PÉREZ, 2000).	163
FIGURA 38 - BARRIO 1	166
FIGURA 39 - BARRIO 2	167
FIGURA 40 - BARRIO 3B	167
FIGURA 41 - BARRIO 6	167
FIGURA 42 - BARRIO 10B	167
FIGURA 43 - BARRIO 17B	168
FIGURA 44 - BARRIO 17A	168
FIGURA 45 - BARRIOS ESCOGIDOS	169
FIGURA 46 - CARTA ENVIADA POR SUBPESCA PARA SOLICITUD DE CENTROS.	170
FIGURA 47. DIAGRAMA CON LA LOCALIZACIÓN GENERAL DE LOS CENTROS DE CULTIVO UTILIZADOS EN EL DESARROLLO DEL PRESENTE ESTUDIO.	171

TABLA DE CONTENIDO

FIGURA 48 - MAIL ENVIADO A EMPRESAS PARTICIPANTE PARA INICIO DE CAMPAÑA 1.....	175
FIGURA 49 - ESQUEMA DEPOSICIÓN DE CARBONO Y UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO. CENTRO A.	179
FIGURA 50 - ACTIVIDADES DE MUESTREO EN EL CENTRO A.....	180
FIGURA 51 - ESQUEMA DEPOSICIÓN DE CARBONO Y UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO. CENTRO B.	183
FIGURA 52 - FOTOGRAFÍAS MUESTREO CENTRO B.	184
FIGURA 53 - ESQUEMA DEPOSICIÓN DE CARBONO Y UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO. CENTRO C.	187
FIGURA 54 - FOTOGRAFÍAS MUESTREO CENTRO C.	188
FIGURA 55 - ESQUEMA DEPOSICIÓN DE CARBONO Y UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO. CENTRO D.....	191
FIGURA 56 - FOTOGRAFÍAS MUESTREO CENTRO D.....	192
FIGURA 57 - ESQUEMA DEPOSICIÓN DE CARBONO Y UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO. CENTRO E.....	195
FIGURA 58 - FOTOGRAFÍAS MUESTREO CENTRO E.	196
FIGURA 59 - ESQUEMA DEPOSICIÓN DE CARBONO Y UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO. CENTRO F.....	199
FIGURA 60 - FOTOGRAFÍAS MUESTREO CENTRO F.	200
FIGURA 61 - ESQUEMA DEPOSICIÓN DE CARBONO Y UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO. CENTRO G.....	203
FIGURA 62 - FOTOGRAFÍAS MUESTREO CENTRO G.....	204
FIGURA 63 - RESULTADOS DE DEPOSICIÓN PREDICHOS POR DEPOMOD EN EL ÁREA DE DEPOSICIÓN DEL CENTRO A.....	206
FIGURA 64 - RESULTADOS DE DEPOSICIÓN PREDICHOS POR DEPOMOD EN EL ÁREA DE DEPOSICIÓN DEL CENTRO B.....	207
FIGURA 65 - RESULTADOS DE DEPOSICIÓN PREDICHOS POR DEPOMOD EN EL ÁREA DE DEPOSICIÓN DEL CENTRO C.....	208
FIGURA 66 - RESULTADOS DE DEPOSICIÓN PREDICHOS POR DEPOMOD EN EL ÁREA DE DEPOSICIÓN DEL CENTRO D.	209
FIGURA 67 - RESULTADOS DE DEPOSICIÓN PREDICHOS POR DEPOMOD EN EL ÁREA DE DEPOSICIÓN DEL CENTRO E.....	210
FIGURA 68 - RESULTADOS DE DEPOSICIÓN PREDICHOS POR DEPOMOD EN EL ÁREA DE DEPOSICIÓN DEL CENTRO F.	211
FIGURA 69 - RESULTADOS DE DEPOSICIÓN PREDICHOS POR DEPOMOD EN EL ÁREA DE DEPOSICIÓN DEL CENTRO G.	212
FIGURA 70 - COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS DE DEPOSICIÓN ENTREGADOS POR DEPOMOD EN CENTRO A.....	213
FIGURA 71 - COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS DE DEPOSICIÓN ENTREGADOS POR DEPOMOD EN CENTRO B.....	214
FIGURA 72 - COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS DE DEPOSICIÓN ENTREGADOS POR DEPOMOD EN CENTRO C.....	215
FIGURA 73 - COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS DE DEPOSICIÓN ENTREGADOS POR DEPOMOD EN CENTRO D.	216
FIGURA 74 - COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS DE DEPOSICIÓN ENTREGADOS POR DEPOMOD EN CENTRO E.....	217
FIGURA 75 - COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS DE DEPOSICIÓN ENTREGADOS POR DEPOMOD EN CENTRO F.	218

TABLA DE CONTENIDO

FIGURA 76 - COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS DE DEPOSICIÓN ENTREGADOS POR DEPOMOD EN CENTRO G.	219
FIGURA 77 - PERFIL DE OD EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO. CENTRO A, CAMPAÑA 1	220
FIGURA 78 - GRÁFICOS EN PORCENTAJE DEL TIPO DE SEDIMENTO DEL CENTRO A, CAMPAÑA 1.....	222
FIGURA 79 - GRÁFICOS DE RESULTADOS PARA SEDIMENTOS EN RELACIÓN CON LÍMITES DE ACEPTABILIDAD BASADOS EN RES. Ex. N° 3.612/09. CENTRO A, CAMPAÑA 1.....	223
FIGURA 80 - CAPTURAS OBTENIDAS DEL REGISTRO VISUAL PARA EL CENTRO A, CAMPAÑA 1.	225
FIGURA 81 - CURVAS ABC. CENTRO A, CAMPAÑA 1.....	229
FIGURA 82 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y LA CONDICIÓN ÓXICA EN EL CENTRO A, CAMPAÑA 1.....	230
FIGURA 83 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y MOT (%) EN EL CENTRO A, CAMPAÑA 1	230
FIGURA 84 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y MOT (%) EN EL CENTRO A, CAMPAÑA 1.....	231
FIGURA 85 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y PH EN EL CENTRO A, CAMPAÑA 1.	231
FIGURA 86 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y AMBI EN EL CENTRO A, CAMPAÑA 1.....	232
FIGURA 87 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y EL ÍNDICE DE DIVERSIDAD H' EN EL CENTRO A, CAMPAÑA 1..	232
FIGURA 88 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y MOT (%) EN EL CENTRO A, CAMPAÑA 1.....	233
FIGURA 89 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y MOT (%) EN EL CENTRO A, CAMPAÑA 1.....	233
FIGURA 90 - RELACIÓN ENTRE PROFUNDIDAD Y MOT (%) EN EL CENTRO A, CAMPAÑA 1.....	234
FIGURA 91 - PERFIL DE OXÍGENO DISUELTO EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO. CENTRO B, CAMPAÑA 1.....	235
FIGURA 92 - GRÁFICOS EN PORCENTAJE DEL TIPO DE SEDIMENTO DEL CENTRO B, CAMPAÑA 1	237
FIGURA 93 - GRÁFICOS DE RESULTADOS PARA SEDIMENTOS EN RELACIÓN CON LÍMITES DE ACEPTABILIDAD BASADOS EN RES. Ex. N° 3.612/09. CENTRO B, CAMPAÑA 1.....	238
FIGURA 94 - CAPTURAS OBTENIDAS DEL REGISTRO VISUAL PARA EL CENTRO B, CAMPAÑA 1.	240
FIGURA 95 - CURVAS ABC. CENTRO B, CAMPAÑA 1.....	244
FIGURA 96 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y LA CONDICIÓN ÓXICA EN EL CENTRO B, CAMPAÑA 1.....	245
FIGURA 97 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y MOT (%) EN EL CENTRO B, CAMPAÑA 1.....	245
FIGURA 98 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y G DE CARBONO EN EL CENTRO B, CAMPAÑA 1.	246
FIGURA 99 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y PH EN EL CENTRO B, CAMPAÑA 1.	246
FIGURA 100 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y AMBI EN EL CENTRO B, CAMPAÑA 1.....	247

TABLA DE CONTENIDO

FIGURA 101 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y EL ÍNDICE DE DIVERSIDAD H EN EL CENTRO B, CAMPAÑA 1....	247
FIGURA 102 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y NITRÓGENO TOTAL EN EL CENTRO B, CAMPAÑA 1.....	248
FIGURA 103 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y FOSFORO TOTAL EN EL CENTRO B, CAMPAÑA 1.	248
FIGURA 104 - RELACIÓN ENTRE PROFUNDIDAD Y MOT (%) EN EL CENTRO B, CAMPAÑA 1.....	249
FIGURA 105 - PERFIL DE OXÍGENO DISUELTO EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO. CENTRO C, CAMPAÑA.....	250
FIGURA 106 - GRÁFICOS EN PORCENTAJE DEL TIPO DE SEDIMENTO DEL CENTRO C, CAMPAÑA 1.	252
FIGURA 107 - GRÁFICOS DE RESULTADOS PARA SEDIMENTOS EN RELACIÓN CON LÍMITES DE ACEPTABILIDAD BASADOS EN RES. Ex. N° 3.612/09. CENTRO C, CAMPAÑA 1.....	253
FIGURA 108 - CAPTURAS OBTENIDAS DEL REGISTRO VISUAL PARA EL CENTRO C, CAMPAÑA 1.....	255
FIGURA 109 - CURVAS ABC. CENTRO C, CAMPAÑA 1.....	259
FIGURA 110 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y LA CONDICIÓN ÓXICA EN EL CENTRO C, CAMPAÑA 1.....	260
FIGURA 111 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y MOT (%) EN EL CENTRO C, CAMPAÑA 1.....	261
FIGURA 112 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y G DE CARBONO EN EL CENTRO C, CAMPAÑA 1.	261
FIGURA 113 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y PH EN EL CENTRO C, CAMPAÑA 1.....	262
FIGURA 114 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y AMBI EN EL CENTRO C, CAMPAÑA 1.....	262
FIGURA 115 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y EL ÍNDICE DE DIVERSIDAD H EN EL CENTRO C, CAMPAÑA 1....	263
FIGURA 116 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y NITRÓGENO TOTAL EN EL CENTRO C, CAMPAÑA 1.....	264
FIGURA 117 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y EL FOSFORO TOTAL EN EL CENTRO C, CAMPAÑA 1.	264
FIGURA 118 - RELACIÓN ENTRE PROFUNDIDAD Y MOT (%) EN EL CENTRO C, CAMPAÑA 1.....	265
FIGURA 119 - PERFIL DE OD EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO. CENTRO D, CAMPAÑA 1.....	266
FIGURA 120 - GRÁFICOS EN PORCENTAJE DEL TIPO DE SEDIMENTO DEL CENTRO D, CAMPAÑA 1.....	268
FIGURA 121 - GRÁFICOS DE RESULTADOS PARA SEDIMENTOS EN RELACIÓN CON LÍMITES DE ACEPTABILIDAD BASADOS EN RES. Ex. N° 3.612/09. CENTRO D, CAMPAÑA 1.....	269
FIGURA 122 - CAPTURAS OBTENIDAS DEL REGISTRO VISUAL PARA EL CENTRO D, CAMPAÑA 1.....	270
FIGURA 123 - CURVAS ABC. CENTRO D, CAMPAÑA 1.....	273
FIGURA 124 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y LA CONDICIÓN ÓXICA EN EL CENTRO C, CAMPAÑA 1.....	274
FIGURA 125 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y MOT (%) EN EL CENTRO D, CAMPAÑA 1.....	275

TABLA DE CONTENIDO

FIGURA 126 - RELACIÓN DISTANCIA A LA ZONA "O" Y G DE CARBONO EN EL CENTRO D, CAMPAÑA 1.....	275
FIGURA 127 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y PH EN EL CENTRO D, CAMPAÑA 1.....	276
FIGURA 128 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y AMBI EN EL CENTRO D, CAMPAÑA 1.	276
FIGURA 129 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y EL ÍNDICE DE DIVERSIDAD H EN EL CENTRO D, CAMPAÑA 1....	277
FIGURA 130 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y NITRÓGENO TOTAL EN EL CENTRO D, CAMPAÑA 1.....	277
FIGURA 131 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y EL FOSFORO TOTAL EN EL CENTRO D, CAMPAÑA 1.....	278
FIGURA 132 - RELACIÓN ENTRE LA PROFUNDIDAD Y MOT (%) EN EL CENTRO D, CAMPAÑA 1.....	278
FIGURA 133 - PERFIL DE OD EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO. CENTRO E, CAMPAÑA 1.	279
FIGURA 134 - GRÁFICOS EN PORCENTAJE DEL TIPO DE SEDIMENTO DEL CENTRO E, CAMPAÑA 1.....	281
FIGURA 135 - GRÁFICOS DE RESULTADOS PARA SEDIMENTOS EN RELACIÓN CON LÍMITES DE ACEPTABILIDAD BASADOS EN RES. Ex. N° 3.612/09. CENTRO E, CAMPAÑA 1.....	282
FIGURA 136 - CAPTURAS OBTENIDAS DEL REGISTRO VISUAL PARA EL CENTRO E, CAMPAÑA 1.....	284
FIGURA 137 - CURVAS ABC. CENTRO E, CAMPAÑA 1.....	288
FIGURA 138 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y LA CONDICIÓN ÓXICA EN EL CENTRO E, CAMPAÑA 1.	288
FIGURA 139 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y MOT (%) EN EL CENTRO E, CAMPAÑA 1.....	289
FIGURA 140 - RELACIÓN DISTANCIA A LA ZONA "O" Y G DE CARBONO EN EL CENTRO E, CAMPAÑA 1.....	290
FIGURA 141 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y PH EN EL CENTRO E, CAMPAÑA 1.....	290
FIGURA 142 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y AMBI EN EL CENTRO E, CAMPAÑA 1.	291
FIGURA 143 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y EL ÍNDICE DE DIVERSIDAD H EN EL CENTRO E, CAMPAÑA 1....	291
FIGURA 144 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y NITRÓGENO TOTAL EN EL CENTRO E, CAMPAÑA 1.	292
FIGURA 145 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y EL FOSFORO TOTAL EN EL CENTRO E, CAMPAÑA 1.....	292
FIGURA 146 - RELACIÓN ENTRE PROFUNDIDAD Y MOT (%) EN EL CENTRO E, CAMPAÑA 1.	293
FIGURA 147 - PERFIL DE OXÍGENO DISUELTO EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO. CENTRO F, CAMPAÑA 1.....	294
FIGURA 148 - GRÁFICOS EN PORCENTAJE DEL TIPO DE SEDIMENTO DEL CENTRO F, CAMPAÑA 1.	296
FIGURA 149 - GRÁFICOS DE RESULTADOS PARA SEDIMENTOS EN RELACIÓN CON LÍMITES DE ACEPTABILIDAD BASADOS EN RES. Ex. N° 3.612/09. CENTRO F, CAMPAÑA 1.	297
FIGURA 150 - CAPTURAS OBTENIDAS DEL REGISTRO VISUAL PARA EL CENTRO F, CAMPAÑA 1.	300

TABLA DE CONTENIDO

FIGURA 151 - CURVAS ABC. CENTRO F, CAMPAÑA 1.....	304
FIGURA 152 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y LA CONDICIÓN ÓXICA EN EL CENTRO F, CAMPAÑA 1.....	305
FIGURA 153 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y MOT (%) EN EL CENTRO F, CAMPAÑA 1.....	305
FIGURA 154 - RELACIÓN DISTANCIA A LA ZONA "O" Y G DE CARBONO EN EL CENTRO F, CAMPAÑA 1.....	306
FIGURA 155 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y PH EN EL CENTRO F, CAMPAÑA 1.	306
FIGURA 156 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y AMBI EN EL CENTRO F, CAMPAÑA 1.	307
FIGURA 157 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y EL ÍNDICE DE DIVERSIDAD H EN EL CENTRO F, CAMPAÑA 1.	308
FIGURA 158 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y EL NITRÓGENO TOTAL EN EL CENTRO F, CAMPAÑA 1.....	308
FIGURA 159 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y FOSFORO TOTAL EN EL CENTRO F, CAMPAÑA 1.	309
FIGURA 160 - RELACIÓN ENTRE PROFUNDIDAD Y MOT (%) EN EL CENTRO F, CAMPAÑA 1.....	309
FIGURA 161 - PERFIL DE OD EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO CENTRO G, CAMPAÑA 1.....	310
FIGURA 162 - GRÁFICOS EN PORCENTAJE DEL TIPO DE SEDIMENTO DEL CENTRO G, CAMPAÑA 1.....	312
FIGURA 163 - GRÁFICOS DE RESULTADOS PARA SEDIMENTOS EN RELACIÓN CON LÍMITES DE ACEPTABILIDAD BASADOS EN RES. Ex. N° 3.612/09, CENTRO G, CAMPAÑA 1.	313
FIGURA 164 - CAPTURAS OBTENIDAS DEL REGISTRO VISUAL PARA EL CENTRO G, CAMPAÑA 1.	315
FIGURA 165 - CURVAS ABC. CENTRO G, CAMPAÑA 1.....	319
FIGURA 166 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y LA CONDICIÓN ÓXICA EN EL CENTRO G, CAMPAÑA 1.....	320
FIGURA 167 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y MOT (%) EN EL CENTRO G, CAMPAÑA 1.....	320
FIGURA 168 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y G DE CARBONO EN EL CENTRO G, CAMPAÑA 1.....	321
FIGURA 169 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y PH EN EL CENTRO G, CAMPAÑA 1.	321
FIGURA 170 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y AMBI EN EL CENTRO G, CAMPAÑA 1.....	322
FIGURA 171 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y EL ÍNDICE DE DIVERSIDAD H EN EL CENTRO G, CAMPAÑA 1.	322
FIGURA 172 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y EL NITRÓGENO TOTAL EN EL CENTRO G, CAMPAÑA 1.....	323
FIGURA 173 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y FOSFORO TOTAL EN EL CENTRO G, CAMPAÑA 1.	323
FIGURA 174 - RELACIÓN ENTRE PROFUNDIDAD Y MOT (%) EN EL CENTRO G, CAMPAÑA 1.....	324
FIGURA 175 - PERFIL DE OD EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO. CENTRO A, CAMPAÑA 2.....	325
FIGURA 176 - GRÁFICOS EN PORCENTAJE DEL TIPO DE SEDIMENTO DEL CENTRO A, CAMPAÑA 2.	327

TABLA DE CONTENIDO

FIGURA 177 – GRÁFICOS DE RESULTADOS PARA SEDIMENTOS EN RELACIÓN CON LÍMITES DE ACEPTABILIDAD BASADOS EN RES. Ex. N° 3.612/09. CENTRO A, CAMPAÑA 2.....	328
FIGURA 178 – CAPTURAS OBTENIDAS DEL REGISTRO VISUAL PARA EL CENTRO A, CAMPAÑA 2.	330
FIGURA 179- CURVAS ABC. CENTRO A.....	335
FIGURA 180 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y LA CONDICIÓN ÓXICA EN EL CENTRO A.	335
FIGURA 181 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y MOT (%) EN EL CENTRO A.	336
FIGURA 182 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y G DE CARBONO EN EL CENTRO A.	337
FIGURA 183 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y PH EN EL CENTRO A.....	337
FIGURA 184 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y AMBI EN EL CENTRO A.	338
FIGURA 185 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y EL ÍNDICE DE DIVERSIDAD (H') EN EL CENTRO A.....	339
FIGURA 186 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y NITRÓGENO TOTAL EN EL CENTRO A.	339
FIGURA 187 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y EL FÓSFORO TOTAL EN EL CENTRO A.	340
FIGURA 188 - RELACIÓN ENTRE LA PROFUNDIDAD Y MOT (%) EN EL CENTRO A.....	341
FIGURA 189 - PERFIL DE OD EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO. CENTRO B, CAMPAÑA 2.	342
FIGURA 190 – GRÁFICOS EN PORCENTAJE DEL TIPO DE SEDIMENTO DEL CENTRO B, CAMPAÑA 2.	344
FIGURA 191 – GRÁFICOS DE RESULTADOS PARA SEDIMENTOS EN RELACIÓN CON LÍMITES DE ACEPTABILIDAD BASADOS EN RES. Ex. N° 3.612/09. CENTRO B, CAMPAÑA 2.....	345
FIGURA 192 – CAPTURAS OBTENIDAS DEL REGISTRO VISUAL PARA EL CENTRO B, CAMPAÑA 2.	347
FIGURA 193 - CURVAS ABC. CENTRO B.....	351
FIGURA 194 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y LA CONDICIÓN ÓXICA EN EL CENTRO B.	352
FIGURA 195 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y MOT (%) EN EL CENTRO B.	353
FIGURA 196 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y G DE CARBONO EN EL CENTRO B.....	353
FIGURA 197 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y PH EN EL CENTRO B.....	354
FIGURA 198 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y AMBI EN EL CENTRO B.	355
FIGURA 199 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y EL ÍNDICE DE DIVERSIDAD ESPECÍFICA (H') EN EL CENTRO B.....	355
FIGURA 200 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y NITRÓGENO TOTAL EN EL CENTRO B.....	356
FIGURA 201 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y FÓSFORO TOTAL EN EL CENTRO B.....	357

TABLA DE CONTENIDO

FIGURA 202 - RELACIÓN ENTRE PROFUNDIDAD Y MOT (%) EN EL CENTRO B.....	357
FIGURA 203 - GRÁFICOS EN PORCENTAJE DEL TIPO DE SEDIMENTO DEL CENTRO C, CAMPAÑA 2.	360
FIGURA 204 - GRÁFICOS DE RESULTADOS PARA SEDIMENTOS EN RELACIÓN CON LÍMITES DE ACEPTABILIDAD BASADOS EN RES. Ex. N° 3.612/09. CENTRO C, CAMPAÑA 2.....	361
FIGURA 205 - CAPTURAS OBTENIDAS DEL REGISTRO VISUAL PARA EL CENTRO C, CAMPAÑA 2.....	364
FIGURA 206 - CURVAS ABC. CENTRO C.	368
FIGURA 207 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y LA CONDICIÓN ÓXICA EN EL CENTRO C.	369
FIGURA 208 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y MOT (%) EN EL CENTRO C.....	369
FIGURA 209 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y G DE CARBONO EN EL CENTRO C.....	370
FIGURA 210 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y PH EN EL CENTRO C.....	370
FIGURA 211 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y AMBI EN EL CENTRO C.	371
FIGURA 212 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y EL ÍNDICE DE DIVERSIDAD ESPECÍFICA (H') EN EL CENTRO C.	372
FIGURA 213 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y NITRÓGENO TOTAL EN EL CENTRO C.....	372
FIGURA 214 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y EL FÓSFORO TOTAL EN EL CENTRO C.....	373
FIGURA 215 - RELACIÓN ENTRE PROFUNDIDAD Y MOT EN EL CENTRO C.....	374
FIGURA 216 - PERFIL DE OXÍGENO DISUELTO EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO. CENTRO D, CAMPAÑA 2.....	375
FIGURA 217 - GRÁFICOS EN PORCENTAJE DEL TIPO DE SEDIMENTO DEL CENTRO D, CAMPAÑA 2.....	377
FIGURA 218 - GRÁFICOS DE RESULTADOS PARA SEDIMENTOS EN RELACIÓN CON LÍMITES DE ACEPTABILIDAD BASADOS EN RES. Ex. N° 3.612/09. CENTRO D, CAMPAÑA 2.	378
FIGURA 219 - CAPTURAS OBTENIDAS DEL REGISTRO VISUAL PARA EL CENTRO D, CAMPAÑA 2.....	380
FIGURA 220 - CURVAS ABC. CENTRO D.....	383
FIGURA 221 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y LA CONDICIÓN ÓXICA EN EL CENTRO D.....	384
FIGURA 222 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y MOT (%) EN EL CENTRO D.	384
FIGURA 223 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y G DE CARBONO EN EL CENTRO D.....	385
FIGURA 224 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y PH EN EL CENTRO D.....	386
FIGURA 225 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y AMBI EN EL CENTRO D.	386
FIGURA 226 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y EL ÍNDICE DE DIVERSIDAD ESPECÍFICA (H') EN EL CENTRO D.	387

TABLA DE CONTENIDO

FIGURA 227 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y NITRÓGENO TOTAL EN EL CENTRO D.....	388
FIGURA 228 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y EL FÓSFORO TOTAL EN EL CENTRO D.....	388
FIGURA 229 - RELACIÓN ENTRE LA PROFUNDIDAD Y MOT (%) EN EL CENTRO D.....	389
FIGURA 230 - PERFIL DE OD EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO DEL CENTRO E, CAMPAÑA 2.....	390
FIGURA 231 - GRÁFICOS EN PORCENTAJE DEL TIPO DE SEDIMENTO DEL CENTRO E, CAMPAÑA 2.....	392
FIGURA 232 - GRÁFICOS DE RESULTADOS PARA SEDIMENTOS EN RELACIÓN CON LÍMITES DE ACEPTABILIDAD BASADOS EN RES. Ex. N° 3.612/09. CENTRO E, CAMPAÑA 2.....	393
FIGURA 233 - CAPTURAS OBTENIDAS DEL REGISTRO VISUAL PARA EL CENTRO E, CAMPAÑA 2.....	396
FIGURA 234 - CURVAS ABC. CENTRO E.....	401
FIGURA 235 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y LA CONDICIÓN ÓXICA EN EL CENTRO E.....	402
FIGURA 236 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y MOT (%) EN EL CENTRO E.....	403
FIGURA 237 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y G DE CARBONO EN EL CENTRO E.....	403
FIGURA 238 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y PH EN EL CENTRO E.....	404
FIGURA 239 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y AMBI EN EL CENTRO E.....	405
FIGURA 240 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y EL ÍNDICE DE DIVERSIDAD ESPECÍFICA (H') EN EL CENTRO E.....	405
FIGURA 241 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y NITRÓGENO TOTAL EN EL CENTRO E.....	406
FIGURA 242 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y EL FÓSFORO TOTAL EN EL CENTRO E.....	406
FIGURA 243 - RELACIÓN ENTRE PROFUNDIDAD Y MOT (%) EN EL CENTRO E.....	407
FIGURA 244 - PERFIL DE OXÍGENO DISUELTO EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO. CENTRO F, CAMPAÑA 2.....	408
FIGURA 245 - GRÁFICOS EN PORCENTAJE DEL TIPO DE SEDIMENTO DEL CENTRO F, CAMPAÑA 2.....	410
FIGURA 246 - GRÁFICOS DE RESULTADOS PARA SEDIMENTOS EN RELACIÓN CON LÍMITES DE ACEPTABILIDAD BASADOS EN RES. Ex. N° 3.612/09. CENTRO F, CAMPAÑA 2.....	411
FIGURA 247 - CAPTURAS OBTENIDAS DEL REGISTRO VISUAL PARA EL CENTRO F, CAMPAÑA 2.....	414
FIGURA 248 - CURVAS ABC. CENTRO F.....	418
FIGURA 249 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y LA CONDICIÓN ÓXICA EN EL CENTRO F.....	419
FIGURA 250 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y MOT (%) EN EL CENTRO F.....	420
FIGURA 251 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y G DE CARBONO EN EL CENTRO F.....	420

TABLA DE CONTENIDO

FIGURA 252 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y PH EN EL CENTRO F.....	421
FIGURA 253 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y AMBI EN EL CENTRO F.....	422
FIGURA 254 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y EL ÍNDICE DE DIVERSIDAD ESPECÍFICA (H') EN EL CENTRO F..	422
FIGURA 255 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y EL NITRÓGENO TOTAL EN EL CENTRO F.	423
FIGURA 256 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y FÓSFORO TOTAL EN EL CENTRO F.....	424
FIGURA 257 - RELACIÓN ENTRE PROFUNDIDAD Y MOT (%) EN EL CENTRO F.	424
FIGURA 258 - PERFIL DE OD EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO DEL CENTRO G, CAMPAÑA 2.	426
FIGURA 259 - GRÁFICOS EN PORCENTAJE DEL TIPO DE SEDIMENTO DEL CENTRO G, CAMPAÑA 2.	428
FIGURA 260 - GRÁFICOS DE RESULTADOS PARA SEDIMENTOS EN RELACIÓN CON LÍMITES DE ACEPTABILIDAD BASADOS EN RES. Ex. N° 3.612/09. CENTRO G, CAMPAÑA 2.	429
FIGURA 261 - CAPTURAS OBTENIDAS DEL REGISTRO VISUAL PARA EL CENTRO G, CAMPAÑA 2.	431
FIGURA 262 - CURVAS ABC. CENTRO G.	435
FIGURA 263 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y LA CONDICIÓN ÓXICA EN EL CENTRO G.....	436
FIGURA 264 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y MOT (%) EN EL CENTRO G.	436
FIGURA 265 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y G DE CARBONO EN EL CENTRO G.	437
FIGURA 266 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y PH EN EL CENTRO G.....	438
FIGURA 267 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y AMBI EN EL CENTRO G.....	438
FIGURA 268 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y EL ÍNDICE DE DIVERSIDAD ESPECÍFICA (H') EN EL CENTRO G.	439
FIGURA 269 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y EL NITRÓGENO TOTAL EN EL CENTRO G.	440
FIGURA 270 - RELACIÓN ENTRE DISTANCIA A LA ZONA "O" Y FÓSFORO TOTAL EN EL CENTRO G.	440
FIGURA 271 - RELACIÓN ENTRE PROFUNDIDAD Y MOT (%) EN EL CENTRO G.	441
FIGURA 272 - IZQUIERDA: COMPORTAMIENTO MOT% ENTRE CAMPAÑAS. DERECHA: DIFERENCIAS PORCENTUALES ENTRE CAMPAÑAS. CENTRO A.....	442
FIGURA 273 - COMPORTAMIENTO DE DIFERENCIAS PORCENTUALES ENTRE CAMPAÑAS PARA MOT% V/S GC/M ² /DÍA PREDICHO POR MODELO DEPOMOD. CENTRO A.	442
FIGURA 274 - IZQUIERDA: COMPORTAMIENTO FANGO % ENTRE CAMPAÑAS. DERECHA: DIFERENCIAS PORCENTUALES ENTRE CAMPAÑAS. CENTRO A.....	443

TABLA DE CONTENIDO

FIGURA 275 - COMPORTAMIENTO DE DIFERENCIAS PORCENTUALES ENTRE CAMPAÑAS PARA FANGO% V/S GC/M ² /DÍA PREDICHO POR MODELO DEPOMOD. CENTRO A.	444
FIGURA 276 - IZQUIERDA: COMPORTAMIENTO REDOX ENTRE CAMPAÑAS. DERECHA: DIFERENCIAS PORCENTUALES ENTRE CAMPAÑAS. CENTRO A.	444
FIGURA 277 - COMPORTAMIENTO DE DIFERENCIAS PORCENTUALES ENTRE CAMPAÑAS PARA REDOX V/S GC/M ² /DÍA PREDICHO POR MODELO DEPOMOD. CENTRO A.	445
FIGURA 278 - IZQUIERDA: COMPORTAMIENTO DEL PH ENTRE CAMPAÑAS. DERECHA: DIFERENCIAS PORCENTUALES ENTRE CAMPAÑAS. CENTRO A.	445
FIGURA 279 - COMPORTAMIENTO DE DIFERENCIAS PORCENTUALES ENTRE CAMPAÑAS PARA PH V/S GC/M ² /DÍA PREDICHO POR MODELO DEPOMOD. CENTRO A.	446
FIGURA 280 - IZQUIERDA: COMPORTAMIENTO NITRÓGENO % ENTRE CAMPAÑAS. DERECHA: DIFERENCIAS PORCENTUALES ENTRE CAMPAÑAS. CENTRO A.	447
FIGURA 281 - COMPORTAMIENTO DE DIFERENCIAS PORCENTUALES ENTRE CAMPAÑAS PARA N% V/S GC/M ² /DÍA PREDICHO POR MODELO DEPOMOD. CENTRO A.	447
FIGURA 282 - IZQUIERDA: COMPORTAMIENTO FÓSFORO % ENTRE CAMPAÑAS. DERECHA: DIFERENCIAS PORCENTUALES ENTRE CAMPAÑAS. CENTRO A.	448
FIGURA 283 - COMPORTAMIENTO DE DIFERENCIAS PORCENTUALES ENTRE CAMPAÑAS PARA FÓSFORO % V/S GC/M ² /DÍA PREDICHO POR MODELO DEPOMOD. CENTRO A.	449
FIGURA 284 - RELACIÓN DE VARIABLES DURANTE LA PRIMERA Y SEGUNDA CAMPAÑA EN RELACIÓN CON DISTANCIA A LA ZONA O. CENTRO A.	450
FIGURA 285 - CORRELACIONES ENTRE ESTACIONES Y VARIABLES MEDIDAS. CENTRO A.	452
FIGURA 286 - ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES (PCA). CENTRO A.	453
FIGURA 287 - IZQUIERDA: COMPORTAMIENTO MOT% ENTRE CAMPAÑAS. DERECHA: DIFERENCIAS PORCENTUALES ENTRE CAMPAÑAS. CENTRO B.	454
FIGURA 288 - COMPORTAMIENTO DE DIFERENCIAS PORCENTUALES ENTRE CAMPAÑAS PARA MOT% V/S GC/M ² /DÍA PREDICHO POR MODELO DEPOMOD. CENTRO B.	455
FIGURA 289 - IZQUIERDA: COMPORTAMIENTO FANGO % ENTRE CAMPAÑAS. DERECHA: DIFERENCIAS PORCENTUALES ENTRE CAMPAÑAS. CENTRO B.	455
FIGURA 290 - COMPORTAMIENTO DE DIFERENCIAS PORCENTUALES ENTRE CAMPAÑAS PARA FANGO% V/S GC/M ² /DÍA PREDICHO POR MODELO DEPOMOD. CENTRO B.	456

TABLA DE CONTENIDO

FIGURA 291 – IZQUIERDA: COMPORTAMIENTO REDOX ENTRE CAMPAÑAS. DERECHA: DIFERENCIAS PORCENTUALES ENTRE CAMPAÑAS. CENTRO B.....	457
FIGURA 292 - COMPORTAMIENTO DE DIFERENCIAS PORCENTUALES ENTRE CAMPAÑAS PARA REDOX v/s GC/M ² /DÍA PREDICHO POR MODELO DEPOMOD. CENTRO B.	457
FIGURA 293 - IZQUIERDA: COMPORTAMIENTO DEL PH ENTRE CAMPAÑAS. DERECHA: DIFERENCIAS PORCENTUALES ENTRE CAMPAÑAS. CENTRO B.....	458
FIGURA 294 - COMPORTAMIENTO DE DIFERENCIAS PORCENTUALES ENTRE CAMPAÑAS PARA PH v/s GC/M ² /DÍA PREDICHO POR MODELO DEPOMOD. CENTRO B.....	458
FIGURA 295 - IZQUIERDA: COMPORTAMIENTO NITRÓGENO % ENTRE CAMPAÑAS. DERECHA: DIFERENCIAS PORCENTUALES ENTRE CAMPAÑAS. CENTRO B.	459
FIGURA 296 - COMPORTAMIENTO DE DIFERENCIAS PORCENTUALES ENTRE CAMPAÑAS PARA NITRÓGENO % v/s GC/M ² /DÍA PREDICHO POR MODELO DEPOMOD, CENTRE B.	460
FIGURA 297 – IZQUIERDA: COMPORTAMIENTO FÓSFORO % ENTRE CAMPAÑAS. DERECHA: DIFERENCIAS PORCENTUALES ENTRE CAMPAÑAS, CENTRO B.....	460
FIGURA 298 - COMPORTAMIENTO DE DIFERENCIAS PORCENTUALES ENTRE CAMPAÑAS PARA FÓSFORO % v/s GC/M ² /DÍA PREDICHO POR MODELO DEPOMOD. CENTRO B.	461
FIGURA 299 - RELACIÓN DE VARIABLES DURANTE LA PRIMERA Y SEGUNDA CAMPAÑA EN RELACIÓN CON DISTANCIA A LA ZONA O. CENTRO B.	462
FIGURA 300 - CORRELACIONES ENTRE ESTACIONES Y VARIABLES MEDIDAS. CENTRO B.....	464
FIGURA 301 - ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES (PCA). CENTRO B.....	465
FIGURA 302 – IZQUIERDA: COMPORTAMIENTO MOT% ENTRE CAMPAÑAS. DERECHA: DIFERENCIAS PORCENTUALES ENTRE CAMPAÑAS, CENTRO C.....	466
FIGURA 303 - COMPORTAMIENTO DE DIFERENCIAS PORCENTUALES ENTRE CAMPAÑAS PARA MOT% v/s GC/M ² /DÍA PREDICHO POR MODELO DEPOMOD, CENTRO C.	467
FIGURA 304 – IZQUIERDA: COMPORTAMIENTO FANGO % ENTRE CAMPAÑAS. DERECHA: DIFERENCIAS PORCENTUALES ENTRE CAMPAÑAS, CENTRO C.....	467
FIGURA 305 - COMPORTAMIENTO DE DIFERENCIAS PORCENTUALES ENTRE CAMPAÑAS PARA FANGO% v/s GC/M ² /DÍA PREDICHO POR MODELO DEPOMOD, CENTRO C.	468
FIGURA 306 – IZQUIERDA: COMPORTAMIENTO REDOX ENTRE CAMPAÑAS. DERECHA: DIFERENCIAS PORCENTUALES ENTRE CAMPAÑAS. CENTRO C.....	469

TABLA DE CONTENIDO

FIGURA 307 - COMPORTAMIENTO DE DIFERENCIAS PORCENTUALES ENTRE CAMPAÑAS PARA REDOX v/s GC/M ² /DÍA PREDICHO POR MODELO DEPOMOD. CENTRO C.	469
FIGURA 308 - IZQUIERDA: COMPORTAMIENTO DEL PH ENTRE CAMPAÑAS. DERECHA: DIFERENCIAS PORCENTUALES ENTRE CAMPAÑAS. CENTRO C.	470
FIGURA 309 - COMPORTAMIENTO DE DIFERENCIAS PORCENTUALES ENTRE CAMPAÑAS PARA PH v/s GC/M ² /DÍA PREDICHO POR MODELO DEPOMOD. CENTRO C.	471
FIGURA 310 - IZQUIERDA: COMPORTAMIENTO NITRÓGENO % ENTRE CAMPAÑAS. DERECHA: DIFERENCIAS PORCENTUALES ENTRE CAMPAÑAS. CENTRO C.	471
FIGURA 311 - COMPORTAMIENTO DE DIFERENCIAS PORCENTUALES ENTRE CAMPAÑAS PARA NITRÓGENO % v/s GC/M ² /DÍA PREDICHO POR MODELO DEPOMOD, CENTRO C.	472
FIGURA 312 - IZQUIERDA: COMPORTAMIENTO FÓSFORO % ENTRE CAMPAÑAS. DERECHA: DIFERENCIAS PORCENTUALES ENTRE CAMPAÑAS, CENTRO C.	473
FIGURA 313 - COMPORTAMIENTO DE DIFERENCIAS PORCENTUALES ENTRE CAMPAÑAS PARA FÓSFORO % v/s GC/M ² /DÍA PREDICHO POR MODELO DEPOMOD. CENTRO C.	473
FIGURA 314 - RELACIÓN DE VARIABLES DURANTE LA PRIMERA Y SEGUNDA CAMPAÑA EN RELACIÓN CON DISTANCIA A LA ZONA O. CENTRO C.	474
FIGURA 315 - CORRELACIONES ENTRE ESTACIONES Y VARIABLES MEDIDAS. CENTRO C.	476
FIGURA 316 - ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES (PCA). CENTRO C.	477
FIGURA 317 - IZQUIERDA: COMPORTAMIENTO MOT% ENTRE CAMPAÑAS. DERECHA: DIFERENCIAS PORCENTUALES ENTRE CAMPAÑAS, CENTRO D.	478
FIGURA 318 - COMPORTAMIENTO DE DIFERENCIAS PORCENTUALES ENTRE CAMPAÑAS PARA MOT% v/s GC/M ² /DÍA PREDICHO POR MODELO DEPOMOD, CENTRO D.	479
FIGURA 319 - IZQUIERDA: COMPORTAMIENTO FANGO % ENTRE CAMPAÑAS. DERECHA: DIFERENCIAS PORCENTUALES ENTRE CAMPAÑAS, CENTRO D.	479
FIGURA 320 - COMPORTAMIENTO DE DIFERENCIAS PORCENTUALES ENTRE CAMPAÑAS PARA FANGO% v/s GC/M ² /DÍA PREDICHO POR MODELO DEPOMOD, CENTRO D.	480
FIGURA 321 - IZQUIERDA: COMPORTAMIENTO REDOX ENTRE CAMPAÑAS. DERECHA: DIFERENCIAS PORCENTUALES ENTRE CAMPAÑAS, CENTRO D.	481
FIGURA 322 - COMPORTAMIENTO DE DIFERENCIAS PORCENTUALES ENTRE CAMPAÑAS PARA REDOX v/s GC/M ² /DÍA PREDICHO POR MODELO DEPOMOD. CENTRO D.	481
FIGURA 323 - IZQUIERDA: COMPORTAMIENTO DEL PH ENTRE CAMPAÑAS. DERECHA: DIFERENCIAS PORCENTUALES ENTRE CAMPAÑAS, CENTRO D.	482

TABLA DE CONTENIDO

FIGURA 324 - COMPORTAMIENTO DE DIFERENCIAS PORCENTUALES ENTRE CAMPAÑAS PARA PH v/s GC/M ² /DÍA PREDICHO POR MODELO DEPOMOD. CENTRO D.....	483
FIGURA 325 - IZQUIERDA: COMPORTAMIENTO NITRÓGENO % ENTRE CAMPAÑAS. DERECHA: DIFERENCIAS PORCENTUALES ENTRE CAMPAÑAS. CENTRO D.....	483
FIGURA 326 - COMPORTAMIENTO DE DIFERENCIAS PORCENTUALES ENTRE CAMPAÑAS PARA NITRÓGENO % v/s GC/M ² /DÍA PREDICHO POR MODELO DEPOMOD, CENTRO D.	484
FIGURA 327 - IZQUIERDA: COMPORTAMIENTO FÓSFORO % ENTRE CAMPAÑAS. DERECHA: DIFERENCIAS PORCENTUALES ENTRE CAMPAÑAS, CENTRO D.	485
FIGURA 328 - COMPORTAMIENTO DE DIFERENCIAS PORCENTUALES ENTRE CAMPAÑAS PARA FÓSFORO % v/s GC/M ² /DÍA PREDICHO POR MODELO DEPOMOD. CENTRO D.	485
FIGURA 329 - RELACIÓN DE VARIABLES DURANTE LA PRIMERA Y SEGUNDA CAMPAÑA EN RELACIÓN CON DISTANCIA A LA ZONA O. CENTRO D.....	486
FIGURA 330 - CORRELACIONES ENTRE ESTACIONES Y VARIABLES MEDIDAS. CENTRO D.	488
FIGURA 331 - ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES. CENTRO D.....	489
FIGURA 332 - IZQUIERDA: COMPORTAMIENTO MOT% ENTRE CAMPAÑAS. DERECHA: DIFERENCIAS PORCENTUALES ENTRE CAMPAÑAS, CENTRO E.....	490
FIGURA 333 - COMPORTAMIENTO DE DIFERENCIAS PORCENTUALES ENTRE CAMPAÑAS PARA MOT% v/s GC/M ² /DÍA PREDICHO POR MODELO DEPOMOD, CENTRO E.....	491
FIGURA 334 - IZQUIERDA: COMPORTAMIENTO FANGO % ENTRE CAMPAÑAS. DERECHA: DIFERENCIAS PORCENTUALES ENTRE CAMPAÑAS, CENTRO E.....	491
FIGURA 335 - COMPORTAMIENTO DE DIFERENCIAS PORCENTUALES ENTRE CAMPAÑAS PARA FANGO% v/s GC/M ² /DÍA PREDICHO POR MODELO DEPOMOD, CENTRO E.....	492
FIGURA 336 - IZQUIERDA: COMPORTAMIENTO REDOX ENTRE CAMPAÑAS. DERECHA: DIFERENCIAS PORCENTUALES ENTRE CAMPAÑAS. CENTRO E.....	493
FIGURA 337 - COMPORTAMIENTO DE DIFERENCIAS PORCENTUALES ENTRE CAMPAÑAS PARA REDOX v/s GC/M ² /DÍA PREDICHO POR MODELO DEPOMOD. CENTRO E.....	493
FIGURA 338 - IZQUIERDA: COMPORTAMIENTO DEL PH ENTRE CAMPAÑAS. DERECHA: DIFERENCIAS PORCENTUALES ENTRE CAMPAÑAS. CENTRO E.....	494
FIGURA 339 - COMPORTAMIENTO DE DIFERENCIAS PORCENTUALES ENTRE CAMPAÑAS PARA PH v/s GC/M ² /DÍA PREDICHO POR MODELO DEPOMOD. CENTRO E.	495
FIGURA 340 - IZQUIERDA: COMPORTAMIENTO NITRÓGENO % ENTRE CAMPAÑAS. DERECHA: DIFERENCIAS PORCENTUALES ENTRE CAMPAÑAS. CENTRO E.....	495

TABLA DE CONTENIDO

FIGURA 341 - COMPORTAMIENTO DE DIFERENCIAS PORCENTUALES ENTRE CAMPAÑAS PARA NITRÓGENO % v/s GC/M ² /DÍA PREDICHO POR MODELO DEPOMOD, CENTRO E.	496
FIGURA 342 - IZQUIERDA: COMPORTAMIENTO FÓSFORO % ENTRE CAMPAÑAS. DERECHA: DIFERENCIAS PORCENTUALES ENTRE CAMPAÑAS, CENTRO E.	497
FIGURA 343 - COMPORTAMIENTO DE DIFERENCIAS PORCENTUALES ENTRE CAMPAÑAS PARA P% v/s GC/M ² /DÍA PREDICHO POR MODELO DEPOMOD. CES E.	497
FIGURA 344 - RELACIÓN DE VARIABLES DURANTE LA PRIMERA Y SEGUNDA CAMPAÑA EN RELACIÓN CON DISTANCIA A LA ZONA O. CENTRO E.	498
FIGURA 345 - CORRELACIONES ENTRE ESTACIONES Y VARIABLES MEDIDAS. CENTRO E.	500
FIGURA 346 - ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES. CENTRO E.	501
FIGURA 347 - IZQUIERDA: COMPORTAMIENTO MOT% ENTRE CAMPAÑAS. DERECHA: DIFERENCIAS PORCENTUALES ENTRE CAMPAÑAS, CENTRO F.	502
FIGURA 348 - COMPORTAMIENTO DE DIFERENCIAS PORCENTUALES ENTRE CAMPAÑAS PARA MOT% v/s GC/M ² /DÍA PREDICHO POR MODELO DEPOMOD, CENTRO F.	503
FIGURA 349 - IZQUIERDA: COMPORTAMIENTO FANGO % ENTRE CAMPAÑAS. DERECHA: DIFERENCIAS PORCENTUALES ENTRE CAMPAÑAS. CENTRO F.	503
FIGURA 350 - COMPORTAMIENTO DE DIFERENCIAS PORCENTUALES ENTRE CAMPAÑAS PARA FANGO% v/s GC/M ² /DÍA PREDICHO POR MODELO DEPOMOD. CENTRO F.	504
FIGURA 351 - IZQUIERDA: COMPORTAMIENTO REDOX ENTRE CAMPAÑAS. DERECHA: DIFERENCIAS PORCENTUALES ENTRE CAMPAÑAS. CENTRO F.	505
FIGURA 352 - COMPORTAMIENTO DE DIFERENCIAS PORCENTUALES ENTRE CAMPAÑAS PARA REDOX v/s GC/M ² /DÍA PREDICHO POR MODELO DEPOMOD. CENTRO F.	505
FIGURA 353 - IZQUIERDA: COMPORTAMIENTO DEL PH ENTRE CAMPAÑAS. DERECHA: DIFERENCIAS PORCENTUALES ENTRE CAMPAÑAS. CENTRO F.	506
FIGURA 354 - COMPORTAMIENTO DE DIFERENCIAS PORCENTUALES ENTRE CAMPAÑAS PARA PH v/s GC/M ² /DÍA PREDICHO POR MODELO DEPOMOD. CENTRO F.	507
FIGURA 355 - IZQUIERDA: COMPORTAMIENTO NITRÓGENO % ENTRE CAMPAÑAS. DERECHA: DIFERENCIAS PORCENTUALES ENTRE CAMPAÑAS. CENTRO F.	507
FIGURA 356 - COMPORTAMIENTO DE DIFERENCIAS PORCENTUALES ENTRE CAMPAÑAS PARA NITRÓGENO % v/s GC/M ² /DÍA PREDICHO POR MODELO DEPOMOD, CES F.	508
FIGURA 357 - IZQUIERDA: COMPORTAMIENTO FÓSFORO % ENTRE CAMPAÑAS. DERECHA: DIFERENCIAS PORCENTUALES ENTRE CAMPAÑAS, CENTRO F.	509

TABLA DE CONTENIDO

FIGURA 358 - COMPORTAMIENTO DE DIFERENCIAS PORCENTUALES ENTRE CAMPAÑAS PARA FÓSFORO % v/s gC/M ² /DÍA PREDICHO POR MODELO DEPOMOD. CENTRO F.....	509
FIGURA 359 - RELACIÓN DE VARIABLES DURANTE LA PRIMERA Y SEGUNDA CAMPAÑA EN RELACIÓN CON DISTANCIA A LA ZONA O. CENTRO F.....	510
FIGURA 360 - CORRELACIONES ENTRE ESTACIONES Y VARIABLES MEDIDAS. CENTRO F.....	512
FIGURA 361 - ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES. CENTRO F.....	513
FIGURA 362 - IZQUIERDA: COMPORTAMIENTO MOT% ENTRE CAMPAÑAS. DERECHA: DIFERENCIAS PORCENTUALES ENTRE CAMPAÑAS, CENTRO G.	514
FIGURA 363 - COMPORTAMIENTO DE DIFERENCIAS PORCENTUALES ENTRE CAMPAÑAS PARA MOT% v/s gC/M ² /DÍA PREDICHO POR MODELO DEPOMOD, CENTRO G.	515
FIGURA 364 - IZQUIERDA: COMPORTAMIENTO FANGO % ENTRE CAMPAÑAS. DERECHA: DIFERENCIAS PORCENTUALES ENTRE CAMPAÑAS, CENTRO G.	515
FIGURA 365 - COMPORTAMIENTO DE DIFERENCIAS PORCENTUALES ENTRE CAMPAÑAS PARA FANGO % v/s gC/M ² /DÍA PREDICHO POR MODELO DEPOMOD, CENTRO G.	516
FIGURA 366 - IZQUIERDA: COMPORTAMIENTO REDOX ENTRE CAMPAÑAS. DERECHA: DIFERENCIAS PORCENTUALES ENTRE CAMPAÑAS, CENTRO G.	517
FIGURA 367 - COMPORTAMIENTO DE DIFERENCIAS PORCENTUALES ENTRE CAMPAÑAS PARA REDOX v/s gC/M ² /DÍA PREDICHO POR MODELO DEPOMOD. CENTRO G.	517
FIGURA 368 - IZQUIERDA: COMPORTAMIENTO DEL PH ENTRE CAMPAÑAS. DERECHA: DIFERENCIAS PORCENTUALES ENTRE CAMPAÑAS, CENTRO G.	518
FIGURA 369 - COMPORTAMIENTO DE DIFERENCIAS PORCENTUALES ENTRE CAMPAÑAS PARA PH v/s gC/M ² /DÍA PREDICHO POR MODELO DEPOMOD. CENTRO G.....	519
FIGURA 370 - IZQUIERDA: COMPORTAMIENTO NITRÓGENO % ENTRE CAMPAÑAS. DERECHA: DIFERENCIAS PORCENTUALES ENTRE CAMPAÑAS, CENTRO G.	519
FIGURA 371 - COMPORTAMIENTO DE DIFERENCIAS PORCENTUALES ENTRE CAMPAÑAS PARA NITRÓGENO % v/s gC/M ² /DÍA PREDICHO POR MODELO DEPOMOD, CENTRO G.....	520
FIGURA 372 - IZQUIERDA: COMPORTAMIENTO FÓSFORO % ENTRE CAMPAÑAS. DERECHA: DIFERENCIAS PORCENTUALES ENTRE CAMPAÑAS, CENTRO G.	521
FIGURA 373 - COMPORTAMIENTO DE DIFERENCIAS PORCENTUALES ENTRE CAMPAÑAS PARA FÓSFORO % v/s gC/M ² /DÍA PREDICHO POR MODELO DEPOMOD. CENTRO G.....	521
FIGURA 374 - RELACIÓN DE VARIABLES DURANTE LA PRIMERA Y SEGUNDA CAMPAÑA EN RELACIÓN CON DISTANCIA A LA ZONA O.	522
FIGURA 375 - CORRELACIONES ENTRE ESTACIONES Y VARIABLES MEDIDAS. CENTRO G.....	524



TABLA DE CONTENIDO

FIGURA 376 - ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES. CENTRO G.....	525
FIGURA 377 - MODELO DEPOMOD	527
FIGURA 378 - DETERMINACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA.....	528
FIGURA 379 - SEGUIMIENTO AMBIENTAL INFA.	530
FIGURA 380 – ESQUEMA DE MUESTREO, UTILIZANDO LOS INSTRUMENTOS APROPIADOS.....	534
FIGURA 381 – ESQUEMA DE MUESTREO MEDIANTE DRAGA O PISTÓN CORE.....	535
FIGURA 382 – ESQUEMA DE FILMACIÓN SUBMARINA Y PERFILES DE OXÍGENO.....	536
FIGURA 383 - RELACIÓN ENTRE PH Y REDOX ENTRE LOS CENTROS DE CHILOÉ Y HORNOPIRÉN.	550



TABLA DE CONTENIDO

ANEXOS

A Aspectos Generales del proyecto	573
B Taller de expertos	575
C Reunión de Consenso con Subpesca y Sernapesca	577
D Resultados Campaña 1 y 2 y Base de Datos	579
E Autorización de Modificación de Carta gantt	581
F Personal participante por actividad	583
G Información de modelos	587
H Análisis comparativo de perfiles de oxígeno	590
I TALLER FINAL	592



1 Objetivo General

De acuerdo con los términos de referencia del proyecto FIPA N° 2017-14, denominado “Revisión y análisis de la evaluación ambiental de los centros de cultivo categoría 5”, el objetivo general del proyecto es el siguiente:

Revisar y analizar las variables ambientales y metodologías apropiadas para la evaluación ambiental de centros de acuicultura categoría 5, ubicados en la X Región de Los Lagos.

2 Objetivos específicos

De acuerdo con los términos de referencia del proyecto FIPA N° 2017-14, denominado “Revisión y análisis de la evaluación ambiental de los centros de cultivo categoría 5”, los objetivos específicos son los siguientes:

- Objetivo N° 1: Recopilar y analizar la información referida a la normativa ambiental que aplica a centros de acuicultura con profundidades mayores a 60 metros, a nivel nacional e internacional.
- Objetivo N° 2: Evaluar y proponer las variables, metodologías y/o tecnologías adecuadas para determinar la condición ambiental de centros de acuicultura ubicados a profundidades mayores de 60 metros.
- Objetivo N° 3: Implementar en terreno las variables, metodologías y/o tecnologías propuestas para la evaluación ambiental de los centros de cultivo categoría 5.
- Objetivo N° 4: Entregar una propuesta metodológica y/o de tecnologías ambientales a implementar para la evaluación ambiental de los centros categoría 5.
- Objetivo N° 5: Entregar una cuantificación de los recursos financieros necesarios para la implementación de la propuesta metodológica y/o tecnologías ambientales para centros de cultivo categoría 5.



3 Antecedentes

El presente documento corresponde al Informe Final del proyecto FIPA N° 2017-14, denominado "Revisión y análisis de la evaluación ambiental de los centros de cultivo categoría 5".

En la normativa ambiental que aplica a las actividades de acuicultura, RAMA D.S. N°320/2001 y Res. Ex N°3.612/2009, se establecen las condiciones ambientales en las cuales deben operar los centros de cultivo. Para este efecto, los titulares de los centros deben informar periódicamente de aquellas variables ambientales acordes a su categoría de clasificación. En el caso específico de los centros categoría 5, que corresponden a centros ubicados a profundidades mayores a 60 metros (excepto macroalgas), deben informar las variables de columna de agua (temperatura, salinidad y Oxígeno Disuelto), además del plano batimétrico, siendo los registros de la variable Oxígeno Disuelto, medido a un metro del fondo, lo que determina su condición ambiental, de acuerdo con los límites de aceptabilidad señalados en la Res. Ex. N°3.612/2009.

Las disposiciones y exigencias actualmente vigentes para centros de cultivo categoría 5, se basan en las capacidades de instrumental y metodologías accesibles para el período en que fue elaborado el reglamento, las cuales no permitían toma de muestra de sedimento a profundidades mayores de 60 metros (año 2003). Sin embargo, en la actualidad, a nivel internacional se encuentran diversas alternativas de instrumental y metodologías para monitoreos en profundidad, tales como dragas y corer de distintos tamaños y diseños, las cuales han sido incorporadas en la actualidad en diversos estudios nacionales, además de los análisis fisicoquímicos de las muestras obtenidas, que permiten una mejor caracterización de los fondos marinos.

En este sentido, bajo las condiciones que presentan los centros categoría 5, resulta importante poder explorar otras metodologías, instrumental de muestreo y/o variables que actualmente se utilizan en la evaluación ambiental de sectores con profundidades mayores a 60 metros, a fin de analizar la factibilidad de reemplazar o complementar las mediciones de oxígeno disuelto que se realizan en estos centros, de acuerdo a la normativa ambiental sectorial.

La actual Res. Ex. N°3.612/2009, establece para los centros categoría 5, la entrega de registros de oxígeno disuelto en la columna de agua medido a 1 metro desde el fondo, con una frecuencia bimensual, durante la operación del centro, siendo la evaluación de esta



variable la que determina su condición ambiental y, por tanto, la continuidad de sus operaciones. Sin embargo, en la actualidad se cuenta con una amplia variedad de metodologías e instrumental accesibles para realizar monitoreos de sedimentos a profundidades mayores de 60 metros, que permitirían complementar y/o modificar las mediciones de la variable oxígeno disuelto en profundidad, a fin de contar con una mejor caracterización ambiental de este tipo de centros de cultivo.

Las variables ambientales y las metodologías propuestas para el presente estudio tendrán además un análisis de valoración económica, para evaluar las diferencias respecto de los costos actuales de las INFAs.

En síntesis, el presente estudio analizará las variables y/o metodologías más adecuadas para caracterizar la condición ambiental de un centro de cultivo categoría 5, determinando, además, si es necesario, complementar y/o modificar la evaluación ambiental para estos centros de cultivo.

Esta información podrá servir de base para que la autoridad competente, acorde a sus facultades, evalúe una eventual adecuación a la normativa ambiental sectorial (por ejemplo, Res. Ex. N°3.612/2009 y sus modificaciones) que aplica a las actividades de acuicultura.

El año 2014 se realizó por encargo de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura el estudio denominado “Revisión de las metodologías de definición en fondos duros (filmación: bacterias sulfato reductoras y burbujas de gas) verificación en terreno”, el cual surge de la necesidad de resolver la actual problemática de establecer anaerobiosis en centros de cultivo que presentan fondos de sustrato duro, así como de intentar facilitar las actividades de terreno mejorando la metodología actual y/o proponiendo nuevas metodologías.

4 Metodología de trabajo por Objetivo



De acuerdo con los términos de referencia y propuesta técnica del proyecto FIPA N° 2017-14, denominado “Revisión y análisis de la evaluación ambiental de los centros de cultivo categoría 5”, se presenta a continuación la metodología por objetivo planteado.

Para cumplir con los objetivos, se realizó una recopilación de antecedentes, normativas, programas u otros, utilizados tanto a nivel nacional como internacional, que consideren mediciones de variables, metodologías y/o tecnologías para la evaluación ambiental de centros de acuicultura con profundidades mayores a 60 metros.

La información recopilada fue evaluada y analizada con la finalidad de proponer las metodologías, tecnologías y/o variables que permitan la evaluación ambiental para centros de cultivo categoría 5.

A continuación, se describe la metodología utilizadas para el desarrollo de los objetivos del proyecto y sus actividades.

4.1 Objetivo 1

De acuerdo con los términos de referencia del proyecto FIPA N° 2017-14, denominado “Revisión y análisis de la evaluación ambiental de los centros de cultivo categoría 5”, para desarrollar el objetivo N° 1 **“Recopilar y analizar la información referida a la normativa ambiental que aplica a centros de acuicultura con profundidades mayores a 60 metros, a nivel nacional e internacional”**,

Para el cumplimiento de este objetivo, se realizó la recopilación de normativas internacionales de países como Canadá, Escocia y Noruega. A continuación, se detalla el nombre de cada legislación por país de referencia.

- CANADA  : Legislación ambiental, normativa canadiense “aar” referente a muestreo para concesiones nuevas y/o expansión. especificaciones para realización de muestreo.
- ESCOCIA  : Legislación ambiental escocia para monitoreo ambiental sepa “fish – farm – manual – monitoring – protocol – specification – template”
- NORUEGA  : Legislación noruega referente al muestreo ambiental “ns-9410:2016”

Los países mencionados para el análisis de sus normativas fueron seleccionados debido a que hoy en día son referentes a nivel mundial de la acuicultura de salmones.



La información compilada fue revisada y analizada con el fin de poder discernir y detallar las variables consideradas, la metodología del muestreo, tecnologías utilizadas para los muestreos, límites de aceptabilidad exigidos, metodología y diseño del muestreo, traslado y preservación de las muestras, entre otros.

Esta información fue cotejada y comparada con la normativa nacional Res. Ex. N° 3.612/09 y sus modificaciones.

A la vez, se contempló la realización de una búsqueda de antecedentes relacionados a los límites de aceptabilidad internacional y nacional para las mediciones de Fósforo Total y Nitrógeno en sedimento.

4.2 Objetivo 2

De acuerdo con los términos de referencia del proyecto FIPA N° 2017-14, denominado “Revisión y análisis de la evaluación ambiental de los centros de cultivo categoría 5”, para desarrollar el objetivo N° 2 **“Evaluar y proponer las variables, metodologías y/o tecnologías adecuadas para determinar la condición ambiental de centros de acuicultura ubicados a profundidades mayores de 60 metros”**, a partir de los antecedentes recopilados, se evaluó y propuso metodologías, diseño de muestreo, instrumental, equipos y variables más adecuadas para la evaluación ambiental de centros de cultivo categoría 5. La evaluación consideró los tipos de cultivo clasificados en categoría 5, evaluación de las dificultades, falta de registros, errores de medición u otros aspectos que sean recomendables de mejorar y/o modificar.

La metodología propuesta por el consultor fue presentada en un taller con expertos en la materia, en el cual se discutió la metodología, la que posteriormente fue modificada, corregida y presentada a Subsecretaría de Pesca y Sernapesca, instancia en la cual se llegó a un consenso, del cual surgió finalmente la metodología que fue aplicada en los centros escogidos para el muestreo.

4.3 Objetivo 3

De acuerdo a los términos de referencia del proyecto FIPA N° 2017-14, denominado “Revisión y análisis de la evaluación ambiental de los centros de cultivo categoría 5”, para desarrollar el objetivo N° 3 **Implementar en terreno las variables, metodologías y/o tecnologías propuestas para la evaluación ambiental de los centros de cultivo categoría 5**, Una vez consensuada la propuesta, a partir de un taller de expertos y reunión con Subsecretaría de Pesca, fue implementada en terreno en 7 centros de cultivo.



Los centros de cultivo fueron escogidos a partir de listado entregado por la Subsecretaría de Pesca, en centros categoría 5 (idealmente) anaeróbicos.

Para ello se sostuvieron reuniones con las empresas titulares a fin de que facilitaran sus instalaciones y se pudieran aplicar las metodologías, instrumental y/o variables seleccionadas más adecuadas para la evaluación ambiental aplicable a centros de cultivo categoría 5.

De acuerdo a las bases, se planteó muestrear un máximo de 7 centros, los cuales se encontrasen en sectores de profundidades mayores a 60 m. En un análisis exploratorio inicial, estos sectores fueron:

- Estuario del Reloncaví
- Área de Hornopirén
- Fiordo Comau
- Ilque
- Huelmo
- Chiloé

La disponibilidad de centros de cultivo categoría 5 para el proyecto, fue definida a partir de una base de datos proporcionada por SUBPESCA con la totalidad de los centros de cultivo categoría 5 existentes en la Décima Región de Los Lagos. Esta base de datos también contenía los centros categoría 5 y su combinación con la categoría 3 y 4. Sin embargo, se priorizó aquellos centros que solamente clasificaban como 5.

Para una selección inicial de las empresas participantes se revisaron los Ces disponibles considerando la categorización de estos, ubicación, estado del ciclo productivo, entre otros factores.

A modo de solicitar de manera formar la participación de las empresas productoras, en primera instancia se envió una carta dirigida a empresas del rubro explicando el contexto del proyecto y la participación por su parte, en la cual se les solicitaba la información de sus Ces y los permisos necesarios.

En segunda instancia se solicitó la ayuda por parte de Subpesca, ya que no se obtuvo una respuesta positiva por parte de la industria.

La selección final de los sitios se basó principalmente en las 3 empresas que reaccionaron a la segunda carta, como se menciona esta misiva fue enviada por Subpesca



Referente a la etapa del muestreo se consideró:

1. Detalle la metodología de muestreo, indicando las variables, el instrumental más apropiado para la medición y/o toma de muestras y, de ser pertinente, los requerimientos para el análisis en laboratorio de las muestras.
2. Selección de 7 centros de cultivo categoría 5, con el fin de abarcar distintos sectores de la X Región y distintos tipos de cultivo.
3. Propuesta de una frecuencia mínima de mediciones (campañas de monitoreo) que permita determinar la condición ambiental de un centro de cultivo categoría 5, respecto de las variables propuestas.
4. Previo a la ubicación de las estaciones de muestreo, se realizó un levantamiento de toda la información ambiental disponible para cada centro de cultivo seleccionado, a fin de comparar con los resultados obtenidos de la condición ambiental.
5. La metodología de muestreo, equipos e instrumental de terreno y análisis de laboratorio, fueron acordes con las exigencias y estándares nacionales e internacionales.
6. Si debido a las condiciones de terreno, se requirió modificar el plan de muestreo, esta situación fue informada a Subpesca, y cualquier cambio fue consensuado antes de su aplicación. Junto con lo anterior, el Informe Final incorpora un análisis del plan de monitoreo desarrollado, en cuanto a las dificultades en la logística de muestreo, uso de instrumental, accesibilidad a los sectores a monitorear y/o su coordinación con los privados involucrados en esta tarea (laboratorios, analistas, etc.), entre otros.



Análisis de sedimento

- **Nitrógeno Total (Nt).** Para este análisis, las muestras fueron recolectadas con draga y derivadas al laboratorio Hidrolab. Los resultados del laboratorio fueron expresados en peso/peso (mg/Kg) y posteriormente en porcentaje.
- **Fósforo Total (Pt).** Las muestras fueron obtenidas mediante una draga y derivadas al laboratorio Hidrolab. Los resultados del laboratorio fueron expresados en peso/peso (mg/Kg) y posteriormente en porcentaje.
- **Granulometría.** Los análisis granulométricos fueron efectuados tal como se indica en la Res. Ex. N° 3.612/09. Los Análisis fueron realizados por el Laboratorio Geeaa Ltda.
- **Materia Orgánica Total porcentual (MOT%).** Estos análisis se efectuaron según se indica en la Res. Ex. N° 3.612/09. Los análisis fueron realizados por el Laboratorio Geeaa Ltda.
- **pH.** Las mediciones fueron efectuadas *in situ*, según indica la Res. Ex. N° 3.612/09. Estas mediciones fueron efectuadas por el Laboratorio Geeaa Ltda.
- **Potencial de óxido reducción (Eh-NHE).** Mediciones realizadas *in situ* como lo contempla la Res. Ex. N° 3.612/09. Los análisis fueron realizados por el Laboratorio Geeaa Ltda. Para efectos del informe será informado como Redox.
- **Temperatura (del sedimento).** Mediciones efectuadas *in situ* según indica la Res. Ex. N° 3.612/09. Estas mediciones fueron efectuadas por el Laboratorio Geeaa Ltda.

Análisis de Macrofauna bentónica

- Procesamiento. Las muestras fueron obtenidas mediante una draga y almacenadas en recipientes. Como preservante se empleó alcohol y no formalina, debido a los riesgos para la salud humana que reviste el uso de esta sustancia química. El alcohol fue reemplazado periódicamente en los frascos, para mantener las condiciones de preservación de las muestras.
- Cálculo de índices comunitarios. Se calcularon todos los índices comunitarios que contempla la Res. Ex. N° 3.612/09. Para el cálculo de los índices comunitarios se utilizó el software PRIMER, en su versión 5 y/o 6.
- Índices Bióticos. Se estimaron índices bióticos AMBI y Distinción taxonómica
 - o AMBI. Fue aplicado mediante el programa AMBI de la AZTI y según el manual elaborado por Marín *et al.*, (2014).
 - o M-AMBI. Su estimación fue realizada según se indica para el índice AMBI.
 - o Distinción Taxonómica. Este índice fue calculado mediante el programa PRIMER.



Análisis Complementarios

Siguiendo a Kahneman (2013), se efectuó un análisis de los resultados DEPOMOD para evaluar los mejores ajustes con los resultados obtenidos durante el muestreo.

4.4 Objetivo 4

De acuerdo a los términos de referencia del proyecto FIPA N° 2017-14, denominado “Revisión y análisis de la evaluación ambiental de los centros de cultivo categoría 5”, para desarrollar el objetivo N° 4 **“Entregar una propuesta metodológica y/o de tecnologías ambientales a implementar para la evaluación ambiental de los centros categoría 5”** en base a los resultados obtenidos durante el desarrollo del proyecto se presenta una propuesta metodológica y/o de tecnologías ambientales apropiadas, incorporando las mejoras y/o adecuaciones necesarias detectadas.

Esta propuesta fue presentada a la contraparte en una reunión mediante videoconferencia, en la cual fue consensuada la propuesta. A partir de lo consensuado en dicha reunión se formuló una propuesta final.

4.5 Objetivo 5

De acuerdo con los términos de referencia del proyecto FIPA N° 2017-14, denominado “Revisión y análisis de la evaluación ambiental de los centros de cultivo categoría 5”, para desarrollar el objetivo N° 5 **“Entregar una cuantificación de los recursos financieros necesarios para la implementación de la propuesta metodológica y/o tecnologías ambientales para centros de cultivo categoría 5”** en base a la experiencia y los monitoreos realizados, se realizó un estudio para cuantificar los recursos financieros necesarios para la implementación de las metodologías, variables y análisis propuestos, considerando además la comparación respecto de las actuales mediciones que se realizan en las INFAs para los centros de cultivo categoría 5.

Se contempló realizar una encuesta a las consultoras ambientales que se encontraban realizando INFAs, con el objetivo de evidenciar las características técnicas de los equipos que poseen y evaluar la capacidad para abordar las nuevas metodologías propuestas en el proyecto.

Se tuvo en consideración la coordinación requerida, traslados, logística, perfil del personal a cargo de cada labor (terreno, laboratorios, elaboración de informes), equipamiento, e instrumental necesario para la realización de los muestreos, características especiales de

wsp.com



las embarcaciones de ser necesario, análisis de laboratorio, emisión de resultados, frecuencia recomendable de monitoreo, entre otros.

De esta forma se determinó la factibilidad de su implementación en el marco de la realización de las INFAs.



5 Resultados

A continuación, se presentan los resultados del informe, en su etapa de Informe Final. El personal participante por actividad y las HH destinadas a la elaboración del presente informe, se puede encontrar actualizado en el Anexo F.

5.1 Resultados asociados al Objetivo 1

Los resultados que se presentan a continuación han sido elaborados de acuerdo con los requerimientos que contempla el objetivo N° 1 especificado en las bases, el cual indica:

“Recopilar y analizar la información referida a la normativa ambiental que aplica a centros de acuicultura con profundidades mayores a 60 metros, a nivel nacional e internacional”.

5.1.1 Antecedentes generales

El enfoque que se ha dado a la presentación de estos resultados comienza con la premisa del mejoramiento continuo. El mejoramiento continuo involucra no sólo la forma de “realizar” los muestreos, sino también su diseño muestral, cuerpo normativo, etc. El análisis que se presenta en este informe ha dejado en evidencia que se debe revisar algunos aspectos normativos, de manera que el conocimiento que hoy día exista pueda tener sentido al momento de aplicarlo.

Por ejemplo, la actual normativa ambiental contempla que el seguimiento ambiental de la INFA se realice exclusivamente al interior de la concesión acuícola (CCAA) otorgada. Históricamente esto ha llevado a varios inconvenientes prácticos, algunos de los cuales se discutirán más adelante. Por otro lado, eventuales seguimientos al exterior de la CCAA podrían y pueden existir, tal como ha quedado demostrado en proyectos evaluados en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA). Sin embargo, suelen ser requerimientos que han emanado desde el Ministerio del Medio Ambiente (MMA). Estos seguimientos también son evaluaciones o vigilancias ambientales, pero no están sujetas al Reglamento Ambiental de la Acuicultura (RAMA).

También, la normativa cuenta con exigencias respecto de los límites de aceptabilidad para los resultados de las INFAs (Numeral 31 de la Res. Ex N°3.612/09), sin embargo, muchos de estos límites no se condicen, y sobreestiman las realidades ambientales naturales que se encuentran en la gran diversidad de cuerpo de agua en el país, desde bahías, sistemas expuestos, fiordos, ríos, entre otros. Esto ocurre, por ejemplo, con la materia orgánica, donde



el límite es 9 % para centros aeróbicos y 8% para los anaeróbicos. Desde una mirada de las aguas continentales, algunos organismos del estado han incursionado en normas de calidad secundaria específica para ciertas cuencas. Hoy, algo similar podría generarse para cuerpos de aguas marinos que presentan características particulares tales como los fiordos.

Si bien la normativa va dirigida a evitar que se supere la capacidad de carga y se generen condiciones anaeróbicas, particularmente en los sedimentos. La forma de “medir” ha generado una gran discusión, y en especial respecto de lo que debemos entender como capacidad de carga.

En el extranjero, muchos países con actividades de acuicultura evalúan de un modo distinto al empleado en Chile, usando un menor número de variables y el foco está centrado en la calidad del bentos. Por ejemplo, en Escocia la SEPA (Scottish Environment Protection Agency) aplica sus propias metodologías, las cuales incluyen la modelación con DEPOMOD para efectuar el diseño muestral. Tal como se mencionó en el Taller N°1, lo mejor es medir directamente la condición ambiental evaluando los invertebrados marinos bentónicos.

En este contexto, si bien en algún momento puede ser necesario evaluar la normativa sin tener estas restricciones, por el momento, se aborda esta problemática considerando en sus bases de diseño la forma bajo la cual hoy opera Subsecretaría de Pesca y Sernapesca, es decir, evaluando el monitoreo INFA sólo al interior de la CCAA.

5.1.2 El impacto

Toda actividad humana afecta el ambiente de diferentes maneras, pudiendo generar impactos ambientales cuyos efectos pueden ser positivos o negativos. La evaluación de efectos adversos significativos sobre los recursos naturales renovables es una de las exigencias que debe enfrentar todo proyecto o actividad que se somete al SEIA (SEA, 2015). En la acuicultura, dentro de estos impactos negativos, se encuentra la pérdida de la biodiversidad generada por el enriquecimiento orgánico del bentos, que en el caso de los cultivos acuícolas se genera por los alimentos no consumidos y por las fecas que precipitan y se depositan en el fondo marino (ver **Figura 1**).

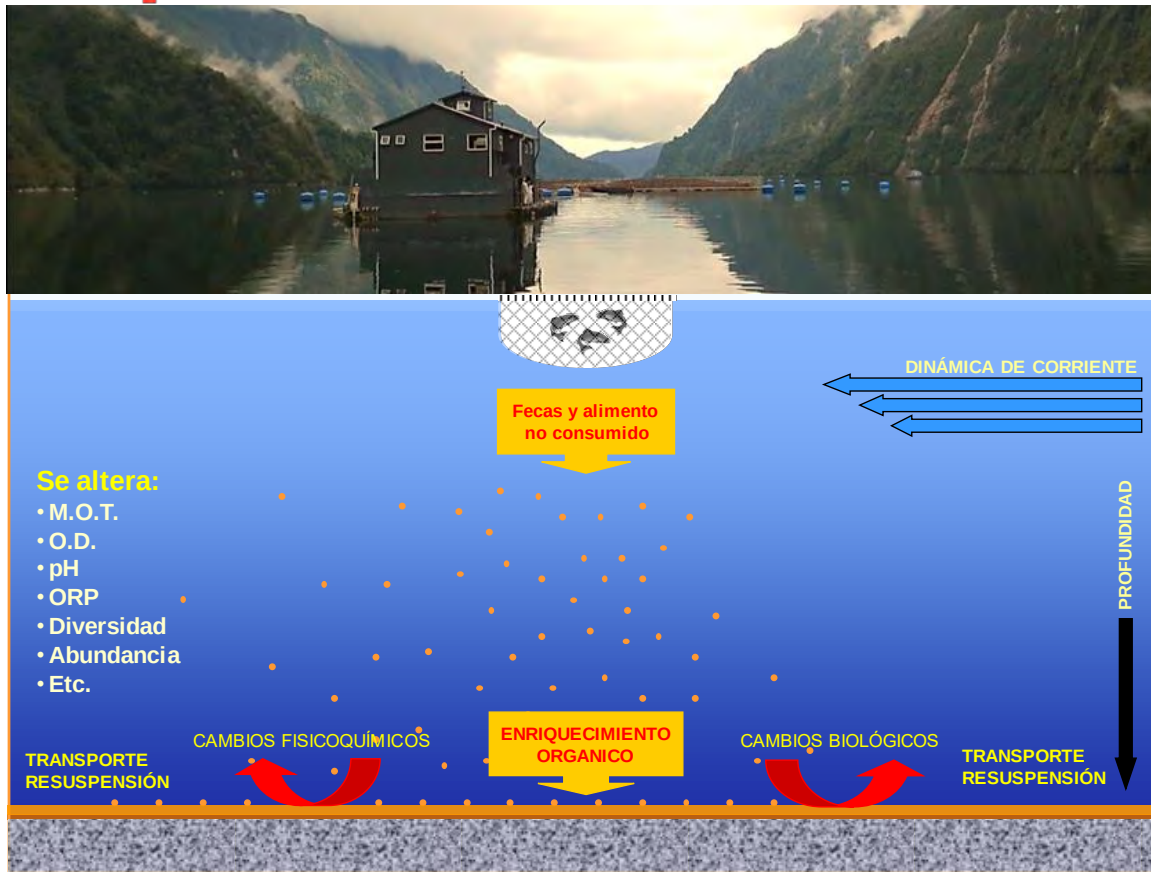


Figura 1 - Modelo conceptual del impacto de la actividad acuícola sobre el bentos

Tanto el bentos, como la columna de agua, puede verse modificada su condición natural debido a las actividades acuícolas. En este sentido, proyectos que se someten al SEIA deben enfrentar el desafío de hacerse cargo de la pérdida de biodiversidad producida por su ejecución (SEA, 2014).

En la columna de agua, la categoría 5, desde sus inicios ha medido perfiles verticales de Oxígeno Disuelto, dando especial importancia a los valores que se obtienen a 1 m del fondo. La evidencia empírica ha demostrado con el tiempo (más de 10 años de mediciones), que su aplicación está asociada a una gran incertidumbre, por cuanto los procesos de consumo de oxígeno producto de la oxidación de la materia orgánica, ocurren en los primeros centímetros e incluso milímetros de la interfase agua- sedimento, y no necesariamente a 1 m del fondo, donde la explicación causa –efecto podría ser distinta a la esperada, y representar otros procesos que están ocurriendo en la columna de agua y no a la degradación de la materia orgánica producida en el sedimento cercano al centro de cultivo.

Los procesos que regulan la concentración de Oxígeno Disuelto en la columna de agua son diversos, y su concentración no necesariamente corresponde a los procesos



biogeoquímicos que ocurren en el sedimento o en el bentos, sino más bien, responden a procesos dinámicos que se explican principalmente por la hidrodinámica, tales como corrientes, diferencias en densidad, entre otros; es decir, su respuesta se encuentra más bien en el campo de la oceanografía física. La revisión de estos temas oceanográficos se puede encontrar en Pickard (1971) y Pantoja *et al.* (2011), con énfasis en el Oxígeno Disuelto (OD) en Pérez-Santos (2017).

Las bajas de OD detectadas en centros de cultivo categoría 5, y que han generado hipoxia y no necesariamente anaerobiosis, (ver Díaz & Rosenberg, 1995; Gray, 2002), pueden responder a procesos naturales propios de la cuenca marina en donde está ubicado el cultivo (Pérez-Santos 2017). En este sentido, juegan un rol importante las características propias del sistema en que está inmersa la actividad acuícola, porque podría tratarse de un fiordo, algunos de los cuales pueden presentar eventos de bajas de OD de forma natural (Silva & Vargas, 2014), gatillado por tributarios de aguas continentales (Schneider *et al.*, 2014; Pérez-Santos, 2017). En estos casos, los procesos de hipoxia podrían acrecentarse producto del enriquecimiento orgánico de los sedimentos, incluso incrementar procesos de eutrofización en la columna de agua (Díaz & Rosenberg, 1995; Gray, 2002). Sin embargo, establecer relaciones de causalidad entre hipoxia y un centro de cultivo que presenta 200 m de profundidad, pareciera no ser una tarea fácil por el momento.

En la Res. Ex. N° 3.612/2009 y su modificación D.S. 660/2018, se incluyen mediciones de temperatura, OD y salinidad.

La metodología de muestreo, cuyo diseño ha evolucionado en el tiempo, cobra importancia dependiendo de la orientación de las corrientes y de si existe o no estratificación en la columna de agua. En este sentido, es relevante conocer la hidrodinámica del sector en forma general, conociendo al menos los campos de corrientes en toda la columna de agua, lo cual facilitaría una modelación del comportamiento y transporte de los sólidos y el diseño muestrear.

Por ello una correntometría de 30 días de duración constituye una necesidad para la evaluación ambiental, aspecto sobre el cual se ha dado un gran paso con la actual Res. Ex. N° 660/2018. Esto permitirá conocer el comportamiento del flujo de las corrientes, evaluando sus características aguas arriba y aguas debajo de cada centro de cultivo, independiente de su orientación.

Del mismo modo, la modelación mediada por DEPOMOD, un método directo como el conocido modelo de Gowen (Gowen & Bradbury, 1987; Gowen *et al.* 1989) o bien utilizando modelaciones hidrodinámicas 3D, podrá evaluar el campo de deposición del material



orgánico generado por el centro de cultivo, de manera de plantear las hipótesis de trabajo referente a la calidad del agua y del sedimento.

Analizar la estructura de la columna de agua en términos de diagramas T-S, también resulta importante, porque permite analizar la estructura de las propiedades básicas de la columna de agua y relacionarlas con el contenido de OD, del centro en operación, tanto aguas arriba como aguas abajo del centro de cultivo.

En relación al **oxígeno** en la columna del agua, es principalmente el OD el más afectado dado que sus moléculas son utilizadas en procesos de degradación de la materia orgánica disponible. Fuentes y Massol-Deyá (2002) presentan una interesante reseña sobre este gas esencial e indican que, en la columna del agua, el OD ha sido uno de los constituyentes no-conservativos más estudiados en ecosistemas acuáticos (Packard *et al.*, 1971). Agregan estos autores que, el oxígeno es un requisito nutricional esencial para la mayoría de los organismos vivos, dada su dependencia del proceso de respiración aeróbica para la generación de energía y para la movilización del carbono en la célula.

El OD es importante en los procesos de: fotosíntesis, oxidación-reducción, solubilidad de minerales y en la descomposición de la materia orgánica. Los niveles de OD necesarios para sostener la vida de organismos acuáticos varían de una especie a otra. Por ejemplo, las truchas requieren concentraciones mayores a 4.0 mg/L para mantener su metabolismo; mientras que, muchas especies de crustáceos pueden vivir y reproducirse en ambientes acuáticos donde la concentración de OD oscila entre 0,1 y 2.0 mg/L. Por otro lado, existe una gran variedad de microorganismos (bacterias, hongos y protozoarios) para los cuales el oxígeno no es indispensable (anaerobios facultativos), otros no lo utilizan, siendo indiferentes a su presencia (aerotolerantes) e incluso, para algunos el oxígeno resulta ser tóxico o inhibitorio para el crecimiento (anaerobios estrictos).

Durante el desarrollo del Programa CIMAR, Silva (2006) efectuó un muestreo intensivo de la concentración de OD entre Puerto Montt y laguna San Rafael. En términos generales, sus resultados indicaron que la columna de agua estaba constituida por dos capas: una superficial (30-50 m de espesor) bien oxigenada de 5-8 mL·L⁻¹ (100-130% de saturación) y otra profunda (75 m a fondo), donde el OD, en la mayoría de los canales, disminuyó paulatinamente hasta concentraciones de 3-4 mL·L⁻¹ (40 a 50% de saturación). Entre ambas capas, detectó un alto gradiente vertical, donde el OD disminuyó rápidamente en profundidad, generando una oxiclina de intensidad variable.

Las menores concentraciones de OD se registraron en la zona profunda de los canales y fiordos que comienzan en el borde continental o están muy cercanos a éste. En la Zona

Norte, los valores menores que 4,0 mL·L⁻¹ de OD se detectaron en el Fiordo Comau y en Fiordos de la XI Región.

Las fluctuaciones dependen de la acción de forzantes físicos y procesos biogeoquímicos en la columna de agua (Tabla 1). En el caso de los forzantes, se puede indicar el ingreso de agua dulce de ríos, lluvia o deshielo, aguas marinas oceánicas, con menor o mayor concentración de nutrientes. En el caso de los procesos biogeoquímicos se puede indicar la producción y consumo biológico por la fotosíntesis, respiración, descomposición de materia orgánica (reminerización), disolución de caparzones silíceos o regeneración de arcillas, entre otros. Los forzantes físicos y procesos biogeoquímicos que afectan la distribución vertical de OD pueden actuar en forma independiente o combinada.

Tabla 1 - Principales forzantes físicos y procesos biogeoquímicos que afectan la distribución vertical de oxígeno disuelto, en canales y fiordos australes (Silva 2006).

Producción y consumo de O ₂ por parte de los organismos.
Intercambio gaseoso océano atmósfera de O ₂
Ingreso de agua de mar con mayor o menor concentración de O ₂
Mezcla vertical producida por el viento
Consumo de O ₂ por remineralización de materia orgánica

El efecto de los forzantes físicos y procesos biogeoquímicos genera estructuras verticales de forma característica. Silva & Calvete (2002) (ver también Silva y Palma, 2006) agruparon estas estructuras en diferentes tipos, generando una tipología que permite identificar la presencia de los respectivos forzantes o procesos, solo comparando el perfil vertical de una estación con respecto a perfiles típicos (**Figura 2**).

Las estructuras de OD y pH que en general, presentaron una variación similar, se agruparon en cinco tipos (O-pH1 a O-pH5). Los altos valores en la capa superficial de todas las estructuras O-pH, se deben al intercambio océano-atmósfera y a procesos fotosintéticos. Si el intercambio fuera el único forzante, la concentración de OD en superficie sería, en general, cercana a la saturación. Sin embargo, en algunas estaciones se registraron concentraciones superiores a 8 mL·L⁻¹ y pH mayores de 8,0 lo que se atribuyó a una mayor actividad fotosintética que produce un incremento en la concentración de oxígeno y disminución de anhídrido carbónico, aumentando el pH.

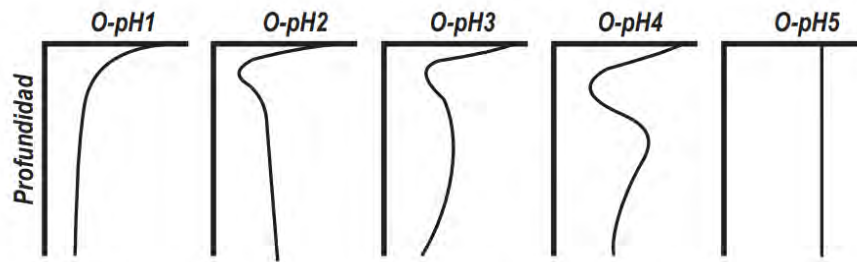


Figura 2 - Representación esquemática de los tipos de estructuras verticales de oxígeno disuelto y pH (O-pH) (Silva y Palma, 2006).

La disminución en profundidad de la estructura O-pH1 corresponde a la descomposición de materia orgánica, que consume OD y libera anhídrido carbónico, disminuyendo el pH. En la estructura O-pH2, la disminución en profundidad responde a descomposición de materia orgánica combinada con el ingreso de aguas más oxigenadas y ácidas al sector profundo del canal, generando un mínimo superior subsuperficial. La estructura O-pH3 responde a los mismos forzantes y procesos que la estructura anterior, sólo que en este caso el ingreso de aguas más oxigenadas y ácidas ocurre a nivel intermedio del canal, generando el mínimo subsuperficial, una concavidad a nivel intermedio y nuevamente un mínimo a nivel profundo. La estructura O-pH4 es representativa de las estaciones oceánicas, donde el mínimo subsuperficial está asociado a aguas poco oxigenadas y más ácidas, de origen ecuatorial subsuperficial (150-350 m) y el máximo intermedio a aguas más oxigenadas y menos ácidas intermedias antárticas (400-1.200 m). La estructura O-pH5 se caracteriza por la presencia de una capa de mezcla profunda, producto del forzamiento del viento, que en algunas zonas poco profundas (50-100 m), puede llegar hasta el fondo. Esto causa una homogeneización de los niveles de OD y la acidez de la columna de agua, produciendo una mayor ventilación en la columna de agua.

En este contexto, el principal impacto, o al menos el que es factible de hacer seguimiento y que está directamente relacionado con la actividad productiva se expresa primariamente en el sedimento, generando no sólo un consumo de oxígeno, sino también modificando la estructura de los ensambles bentónicos.

Independiente del tipo de categoría del centro, el principal desecho que genera enriquecimiento orgánico de los sedimentos pueden ser las fecas, pseudofecas, y el alimento no consumido, dependiendo del tipo de cultivo. Independiente del origen, el material orgánico se acumula en el sedimento, y esta acumulación de sustancias orgánicas devienen en una modificación de la composición física, química y biológica, que implica



cambios ecológicos significativos producto de la modificación del hábitat, no solo de macroinvertebrados, sino también de meiofauna, bacterias y protistas, entre otros.

Es importante señalar que es factible detectar los efectos tóxicos evaluando los cambios fisicoquímicos y biológicos que se generan en cada matriz. En este sentido, la Res. Ex. N°3.612/2009 ha incluido mediciones de oxígeno y otras variables en la columna de agua, como también en el sedimento, donde se han incorporado variables tales como granulometría, materia orgánica total (MOT), macroinvertebrados bentónicos, pH, potencial de óxido-reducción o redox (ORP) dependiendo de la categoría del centro, incluyendo filmación submarina, dada la imposibilidad de extraer sedimento.

Históricamente se ha querido limitar el análisis sólo a materia orgánica, eliminando la granulometría y pH. Sin embargo, ambas variables permiten validar el contenido de MOT y los valores de potencial Redox cuando estas variables son dudosas, por lo que es un error eliminarlas, en especial cuando se carece de información base. Además, hay infinidad de estudios que correlacionan satisfactoriamente estas variables con la biota, dado que forman parte del hábitat de los macroinvertebrados, y conocer el tamaño medio de partículas o el contenido de arena o fango, puede ser relevante al momento de interpretar el valor como indicador biológico, ya que estos pueden estar respondiendo más bien a la composición granulométrica más que al contenido orgánico del sedimento, instancia donde es importante conocer la composición o estructura del sedimento en donde la fauna habita, ya que la fauna se asocia o puede ser explicada más por una determinada fracción de sedimento que por el conjunto.

Como se ignora si esta condición es aplicable a todos los tipos de centros de cultivo y ambientes, se propone, mediante análisis multivariable, establecer cuál es la fracción o fracciones sedimentarias que mayormente explican la estructura de los ensambles. Este análisis permitirá optimizar recursos, dejando, por ejemplo, para algunos tipos de categorías o sectores geográficos, algunas fracciones sedimentarias solamente.

Si bien la metodología MOM (Modelling Ongrowing fish farm - Model System) es la única que relaciona ambas variables, utilizar tanto el pH como el Redox sólo tiene sentido a la luz de estos estudios. En este sentido, retomar o refloatar este análisis de información, pero adaptada puede ser una manera de simplificar.

El **bentos** por su parte, responde a este enriquecimiento orgánico, modificando la abundancia, biomasa, riqueza de especies y distribución espacial. Hoy es importante mencionar que existe una discusión sobre la mesa respecto de la aplicabilidad del AMBI y de otros índices.



De las variables biológicas, hoy la Res. Ex. N° 3.612/09 incluye sólo la presencia/ausencia de ciertos organismos. Sin embargo, no se ha incluido o no se han analizado los cambios en la estructura de las comunidades del bentos. Por otro lado, se presenta la diversidad de Shannon Weaver (H), la dominancia (D) y el índice de uniformidad de Pielou (J'), aunque sin incluir un análisis integral.

Al respecto, un aspecto muy importante de considerar es el análisis integrado mediante un análisis multivariable denominado M-AMBI, que realiza el equipo del Dr. Borja (Muxika *et al.* 2007). Claramente este enfoque analítico contribuye a interpretar mejor la estructura comunitaria del bentos, es decir, en el M-AMBI, el AMBI se retroalimenta en forma multivariada con la riqueza y diversidad de especies. Si no se aplica, se puede introducir errores, dado que los valores de diversidad de Shannon Weaver (H) pueden no ser comparables, ya que ambos dependen de la riqueza de especies y el grado de participación de cada especie.

A continuación, se presenta un extracto de Marín *et al.* (2014) donde se analiza este tema:

El indicador M-AMBI fue reportado en la literatura por Muxika *et al.* (2007) y corresponde a la versión multivariada del AMBI al integrar en el AMBI, riqueza de especies y Diversidad de Shannon-Weaver ($\log 2$, en bit) en un indicador. El M-AMBI establece el estado ecológico del sistema bentónico en función de la desviación que presenta la comunidad macrobentónica del área estudiada respecto de una comunidad de referencia. Por esto para calcular M-AMBI se requiere conocer las condiciones de referencia con las cuales se compararán los resultados del área de estudio. Borja *et al.* (2012) entregan las indicaciones para estimar M-AMBI usando el software AMBI. El software entrega condiciones de referencia establecidas Borja *et al.* (2004a) y Muxika *et al.* (2007) según la terminología establecida por la Directiva de Aguas Europea, esto es condición de referencia mala y buena. Por defecto, para la condición mala el valor de AMBI es 6, y la riqueza y diversidad 0. Para la condición buena el software selecciona los mejores valores de AMBI, riqueza y diversidad de entre los importados al software.

Sin embargo, el usuario puede y debe cambiar estos valores de acuerdo a las condiciones de referencia de las comunidades que habitan en el área de muestreo. El valor del M-AMBI varía entre 0 (Mal Estado) y 1 (Muy Buen Estado). Los límites que definen la clasificación que entrega este indicador están calibrados para aguas costeras de acuerdo a los requerimientos de la Directiva de Aguas Europea y corresponden a los siguientes:

- 0,0 - 0,2: Estado ecológico Malo
- >0,2 - 0,39: Estado ecológico Deficiente



- >0,39-0,53: Estado ecológico Moderado
- >0,53-0,77: Estado ecológico Bueno
- >0,77: Estado ecológico Muy Bueno

Un índice interesante de analizar es la distinción taxonómica, la cual le da valor al “dato” de la especie encontrada más que sólo al análisis numérico, donde la componente taxonómica cobra importancia. Este análisis un poco más profundo, si bien no es necesario aplicarlo a todos los casos, puede servir para dilucidar los reales efectos ambientales que la actividad podría estar generando, permitiendo establecer alertas tempranas respecto de los efectos sobre el ambiente de la calidad del bentos, como indicador de la capacidad de carga.

Según Gray & Elliot (2009), la **Macrofauna** es solo una componente de la fauna presente en los sedimentos. Existen diversas clases de organismos bentónicos, según el tamaño del tamiz utilizado para retener los invertebrados:

- microfauna (<63 µm)
- meiofauna (63-500 µm)
- macrofauna (500 µm-5 cm)
- megafauna (> 5 cm)

Desde otra perspectiva, también entrega una clasificación sobre la base de un taxón:

- microfauna: ciliados, rotíferos, sarcodinas
- meiofauna: nematodos, oligoquetos, gastrotricos
- macrofauna: poliquetos, anfípodos, bivalvos
- megafauna: equinodermos, decápodos

Hoy, el modelo de Pearson y Rosenberg (1978) sigue siendo un modelo apropiado (**Figura 3**) para describir como ocurren estos cambios.

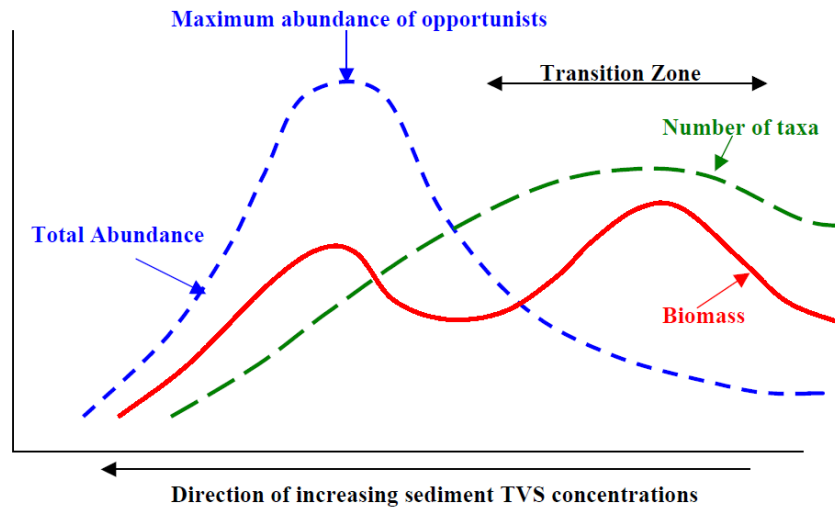


Figura 3 - Modelo de Pearson y Rosenberg (1978)

Cada especie posee un rango ambiental en el cual su desarrollo es óptimo dado que corresponde a su “zona de tolerancia”. Fuera de estos límites, las especies quedan sometidas a una zona de carencia o deficiencia del recurso, o bien a un exceso del mismo, situación a la que denominamos contaminación (Ver **Figura 4**). Para el caso en estudio, esta zona de contaminación correspondería a un exceso de materia orgánica, fenómeno conocido como *eutrofización*.

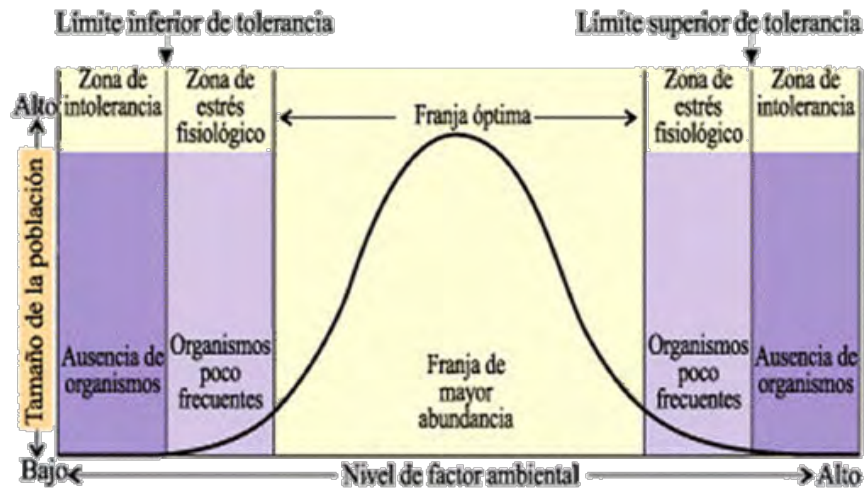


Figura 4 - Ley de Tolerancia de Shelford¹

Shelford (1913 y 1931²), definió la ley de la tolerancia, que establece que para cada organismo existe un óptimo respecto a los factores ambientales. Cuando los factores ambientales no son favorables, el número de individuos disminuirá. Todo ser vivo presenta ante los diferentes factores ambientales, ciertos rangos o límites en los cuales puede vivir. Dicho rango está limitado tanto por un límite superior como uno inferior, en cuyo interior se sitúa su óptimo ecológico.

La ausencia total o el descenso de ese organismo o de la especie, podrán deberse a la deficiencia o al exceso cualitativo o cuantitativo con respecto a cualquiera de los diversos factores que se acercan tal vez a los límites de tolerancia del organismo en cuestión, por lo que a una especie puede verse perjudicada tanto por las carencias como los excesos de los factores físicos, químicos o biológicos que condicionan su desarrollo.

El efecto directo de la eutrofización sobre los sedimentos se refleja en una condición hipóxica y hasta anaeróbica, debido al exceso de material orgánica disponible, concentración que supera el nivel asimilable por el bentos (**Figura 5**).

¹Smith & Smith, Pearsdon Addison Wesley, Ecología, 4 Edición. pág. 15

²Shelford, Victor E. 1913. *Animal communities in temperate America, as illustrated in the Chicago region: A study in animal ecology*. Chicago: Univ. of Chicago Press. En: Smith & Smith, Pearsdon Addison Wesley, Ecología, 4 Edición. pág. 15

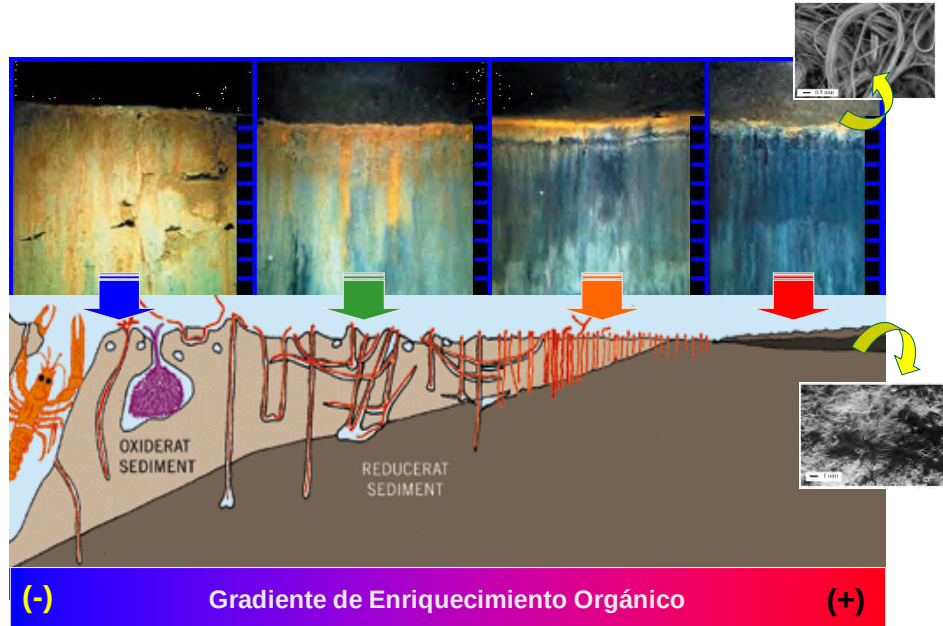


Figura 5 - Esquematización del modelo de Pearson y Rosenberg y los cambios en la bioturbación de los sedimentos.

Conforme se incrementa el enriquecimiento orgánico del bentos, las especies que habitan el sustrato -a la cual denominaremos comunidad bentónica- inicia un proceso de disminución de su diversidad, hasta el punto en que puede llegar a encontrarse exclusivamente especies que son tolerantes al enriquecimiento orgánico. Sin embargo, superado cierto umbral, estos macroinvertebrados tolerantes también desaparecen. Este proceso ha sido explicado en detalle por Hargrave *et al.* (2008) (**Tabla 2**) y Chang *et al.* (2014) (**Tabla 3**), donde clasifican los efectos sobre la diversidad de macrofauna a partir de gradientes de enriquecimiento orgánico en el bentos.

Tabla 2 - Nomenclatura para gradientes de enriquecimiento orgánico en el bentos, tomado de Hargrave *et al*, 2008

Benthic condition ^a	Geochemical status ^b	Oxygen stress ^c	Sediment condition ^d	Geochemical category ^e	Macrofauna diversity ^f	Oxic category ^g	'Free' S (μM)	Eh _{NHE} (mV)
Normal	Oxic	Pre-hypoxic	Very good	Normal	High	Oxic A	100	225
							150	200
							250	175
							400	150
							625	125
						Oxic A/B threshold	750	100
Normal	Post-oxic	Aperiodic	Good	Oxic	Good	Oxic B	875	75
							1250	25
						Oxic B/ hypoxic A threshold	1500	0
Transitory	Sulfidic	Moderate	Less good	Hypoxic	Moderate	Hypoxic A	1750	-25
							2500	-75
						Hypoxic A/B threshold	3000	-100
Polluted	Sulfidic	Severe	Bad	Hypoxic	Poor	Hypoxic B	4000	-150
							5000	-175
						Anoxic threshold	6000	-185
Grossly polluted	Methanic	Persistent anoxia	Very bad	Anoxic	Bad	Anoxic	7000	-195
							8500	-200
							10000	-210

^aPearson & Rosenberg (1978), ^bBerner (1981), ^cDiaz & Rosenberg (1995), ^dHansen et al. (2001), ^eWildish et al. (2001), ^fRosenberg et al. (2004), ^gHargrave et al. (2008a)

Tabla 3 - Programa de manejo ambiental basado en concentraciones de sulfuro y predicciones de simulaciones en DEPOMOD (Chang *et al*, 2014).

EMP rating	Impact on marine sediments under farm (from EMP)	Biodiversity of macrobenthic infauna	Sediment sulfide concentration (μM)	Carbon deposition rate (DEPOMOD) (g C m ⁻² d ⁻¹)
Oxic A	Low	High	<750	<1.0
Oxic B	Low	Moderate	750–1500	1.0–2.0
Hypoxic A	May be causing effects	Reduced	1500–3000	2.0–5.0
Hypoxic B	Likely causing effects	Reduced	3000–4500	5.0–7.5
Hypoxic C	Causing adverse conditions	Reduced	4500–6000	7.5–10.0
Anoxic	Causing severe damage	Very low	>6000	>10.0

5.1.3 Métodos para medir la diversidad específica

La diversidad de especies tiene distintos aspectos, cada uno con una aproximación que dependiendo de las circunstancias puede ser más apropiada. La selección del método a emplearse debe considerar, según Moreno (2001), al menos:

- El nivel de la biodiversidad que se quiere analizar. Dentro de comunidades (diversidad alfa), entre comunidades (diversidad beta), o para un conjunto de comunidades (diversidad gamma).
- El grupo biológico con que se esté trabajando, la disponibilidad de datos y los trabajos previos con el mismo grupo. Para algunos taxa o bajo ciertas condiciones ambientales no es posible contar con datos cuantitativos o sistematizados. Además, resulta aconsejable utilizar los métodos que han sido aplicados con



anterioridad en investigaciones con el mismo grupo taxonómico, o proporcionar los datos necesarios para aplicarlos, a fin de permitir comparaciones.

c. Las restricciones matemáticas de algunos índices y los supuestos biológicos en los que se basan. En ciertos casos particulares, por ejemplo, si los datos no tienen una distribución determinada, no será válido aplicar métodos paramétricos, debiendo usarse métodos no paramétricos.

Para esta autora, en cuanto a la diversidad alfa es preciso definir en detalle el aspecto biológico que se quiera describir. Por ejemplo, el número de especies (riqueza) o la estructura de la comunidad (dominancia, equidad y riqueza). Pero si el propósito del análisis es simplemente comparar números de especies, indudablemente la riqueza específica (S) será la mejor expresión y la más sencilla de usar, aunque tiene la limitante que dependerá del tamaño de la muestra.

Para eliminar este sesgo, se pueden usar en conjunto, funciones de acumulación de especies o métodos no paramétricos que permiten extrapolar tamaños de muestra para observar la tendencia de la riqueza específica. Al respecto, se pueden mencionar por ejemplo las curvas de rarefacción. Sólo de esta forma, la medida de riqueza de especies podrá compararse entre comunidades, aunque el tamaño de las muestras no sea el mismo. Esto es muy importante al momento de establecer umbrales o criterios de cumplimiento con los datos biológicos. Dos sectores con la misma diversidad de Shannon, o la misma riqueza de especies, no necesariamente estarán en igualdad ecológica o ambiental.

En cuanto a la diversidad con base en la abundancia proporcional de las especies, el índice de Shannon y el de equidad de Pielou son índices populares para medir la equidad y su relación con la riqueza de especies. Sin embargo, ambos han sido duramente criticados principalmente porque su interpretación biológica es difícil, y porque la transformación logarítmica de los datos representa limitaciones. Por su parte, el índice de dominancia de Simpson es de uso común para medir el grado de dominancia de unas cuantas especies en la comunidad, y su inverso representa por lo tanto la equidad.

Los índices en sí mismos no son más que herramientas matemáticas para describir y comparar, en este caso, la diversidad de especies. Se debe ser cuidadoso al analizar los aspectos antes mencionados de manera de seleccionar él (los) índice(s) que interpreten o respondan de mejor manera el problema.

A diferencia de los estudios sobre diversidad alfa, los otros dos niveles de la diversidad de especies (beta y gamma) no han tenido todavía gran desarrollo. Será necesario contar con



casos específicos antes de extender recomendaciones generales. Sin embargo, los puntos b y c arriba señalados, pueden ser un buen principio para seleccionar el método adecuado.

Hay una gran gama de formas de caracterizar el estado ambiental de los macroinvertebrados. Una recopilación de las formas tradicionales de análisis se puede encontrar en Moreno (2001). Este trabajo se centra en los métodos de análisis de diversidad alfa, beta y gama. La diversidad alfa es la riqueza de especies de una comunidad particular a la que consideramos homogénea, la diversidad beta es el grado de cambio o reemplazo en la composición de especies entre diferentes comunidades en un paisaje, y la diversidad gamma es la riqueza de especies del conjunto de comunidades que integran un paisaje, resultante tanto de las diversidades alfa como de las diversidades beta (Whittaker, 1972).

La autora hace una reflexión al respecto, aspectos que deben ser considerados en las evaluaciones ambientales: *“¿Qué medir? ¿Cómo medir? La empresa es tan descomunal que parece inalcanzable. La biodiversidad es un concepto impreciso y equívoco para cuyo cálculo no existe unidad de medida universal ni puede considerarse un único atributo. De modo que no existe un modo inconfundible de definir el lugar con mayor biodiversidad”*.

Es por ello, que es necesario una guía completa que aborde el análisis de información. Para las comunidades marinas, estos textos existen, y entre los más completos es recomendable el trabajo de Clarke & Warwick 2001, cuyo libro *“Change in Marine Communities: An Approach to Statistical Analysis and Interpretation”*, presenta herramientas para abordar el problema de análisis de información para la toma de decisiones.

En la búsqueda de índices que sinteticen la información, los denominados índices bióticos juegan un rol importante en la toma de decisiones para evaluar la calidad ambiental. Uno de los más recientes, novedosos y probablemente el que mayor repercusión a nivel mundial ha tenido, corresponde al índice AMBI creado por el Dr. Ángel Borja y su equipo de trabajo en el Centro Tecnológico AZTI (Borja *et al.* 2000). Para Keeley *et al.* (2012), es uno de los mejores índices para predecir la magnitud del impacto generado por enriquecimiento orgánico en el sedimento.

No obstante, existen otros índices como el denominado Distinción Taxonómica de Clarke y Warwick (1998 y 2001a), el cual, aunque menos conocido que el AMBI, puede llegar a ser complementario a este (Warwick *et al.* 2010) y otros índices.

Las medidas tradicionales de diversidad de especies de Margalef, diversidad de Shannon-Weaver y equidad de Pielou, conjuntamente con la riqueza de especies (S), han sido las más ampliamente usadas como indicadores ecológicos para propósitos de monitoreo y/o



para detectar cambios en los ecosistemas (ver Clarke & Warwick, 2001b), dado que, una disminución de la misma a escala temporal o espacial es uno de los principales signos de pérdida de biodiversidad y de hábitats (Gastón y Spicer, 2004).

Sin embargo, dado que estos índices son muy dependientes del esfuerzo y tamaño de muestreo, así como de las características intrínsecas del hábitat, limita en gran medida su utilidad como buenos indicadores ambientales, siempre y cuando no se tenga bien definido el diseño de muestreo. (Clarke & Warwick, 1998). Para superar esta desventaja, Clarke & Warwick (1998 y 2001b) crearon los índices de diversidad taxonómica, que basan sus cálculos en las relaciones filogenéticas que existen entre las especies. Estos índices son: diversidad taxonómica (Δ), distinción taxonómica (Δ^*), distinción taxonómica promedio (Δ^+) y variación en la distinción taxonómica (Δ^+).

5.1.4 Monitoreando los cambios en la biodiversidad

Para Moreno (2001), uno de los problemas ambientales que ha suscitado mayor interés mundial en las últimas décadas corresponde a la pérdida de biodiversidad, como consecuencia de las actividades humanas, ya sea de manera directa (sobreexplotación) o indirecta (alteración del hábitat). Los medios de comunicación han impactado de tal manera que, tanto el gobierno, la iniciativa privada, como la sociedad en general, consideran prioritario dirigir mayores esfuerzos hacia programas de conservación. La base para un análisis objetivo de la biodiversidad y su cambio reside en su correcta evaluación y monitoreo.

La diversidad biológica representa un tema central de la teoría ecológica y ha sido objeto de un amplio debate. La falta de definición y de parámetros adecuados para su medición hasta principios de los años setenta, llevó incluso a declarar la falta de validez del concepto. Actualmente el significado y la importancia de la biodiversidad no están en duda y se han desarrollado una gran cantidad de parámetros para medirla como un indicador del estado de los sistemas ecológicos, con aplicabilidad práctica para fines de conservación, manejo y monitoreo ambiental (Spellerberg, 1991).

Por varias razones, el número de especies es la medida más frecuentemente utilizada (Gastón, 1996; Moreno, 2001): Primero, la riqueza de especies refleja distintos aspectos de la biodiversidad. En segundo lugar, si bien existen variadas aproximaciones para definir el concepto de especie, su significado está ampliamente entendido (Aguilera y Silva, 1997; Mayr, 2000). Una tercera característica, al menos para ciertos grupos, se traduce en que las especies son fácilmente detectables y cuantificables. Finalmente, aunque el conocimiento



taxonómico no es completo (especialmente para grupos como hongos, insectos y otros invertebrados en zonas tropicales) existen muchos datos disponibles sobre números de especies.

Conviene resaltar la importancia de la recolección de datos y que esta debe basarse en un diseño experimental apropiado. Es necesario tener réplicas de cada muestra, para acompañar el valor de un índice con alguna medida de dispersión (varianza, desviación estándar o coeficiente de variación), o estimar el valor mínimo y máximo hipotético del índice bajo las condiciones del muestreo. Un aspecto crítico del análisis consiste en asegurar que las réplicas estén suficientemente dispersas (en el espacio o en el tiempo) de acuerdo con la hipótesis que está siendo probada. Esta condición evita el error de pseudoreplicación, que implica la prueba del efecto de algún tratamiento con un término de error inapropiado. En los análisis de diversidad, esta situación puede deberse al espacio físico real sobre el cual son tomadas las muestras, o que las mediciones son demasiado pequeñas, es decir, están restringidas a un espacio menor al inferencial implícito en la hipótesis.

5.1.5 Definiendo y estimando el área de influencia

Como cada proyecto es diferente, y por lo tanto sus condiciones batimétricas, características de sustrato, corrientes y producción, entre otras muchas variables, tendrán áreas o zonas de impacto diferentes. Esto es así, no sólo porque la dispersión variará, sino porque las características de los sustratos marinos son altamente heterogéneas. En consecuencia, entre un sustrato “blando” y otro “duro” existe una infinidad de tipos de sedimentos.

Se sabe que el impacto más significativo sobre el bentos ocurre bajo los módulos. Esta zona no es muestreable por razones obvias, y tampoco tendría mucho sentido evaluarla, porque los resultados son predecibles: zona azoica.

Sin embargo, establecer límites sobre los cuales la condición del bentos debe ser “saludable”, es un cambio en el paradigma, cambio que en el extranjero ya está en curso. Se sabe que en condiciones normales de producción el mayor impacto sobre el bentos ocurre aproximadamente en los primeros 50 a 100 m de radio por fuera de los módulos. Bajo este escenario, es deseable entonces que a más de 50 o 100 m del módulo, la calidad del bentos evidencie claros signos de una baja o nula perturbación ecológica. Cualquier incremento en la producción, autorizada o no, dejará la huella ecológica en el bentos, situación que puede ser monitoreada por el productor.



Si el centro es más profundo, el área de depositación será mayor, aunque la concentración de material orgánico será menor. Por esta razón, en comparación con los centros menores a 60 m, los impactos son menos significativos en centros de mayor profundidad.

Si bien, una simulación del área de depositación de material orgánico permitirá conocer el área de impacto significativo, el hecho que algunas concesiones de acuicultura sean pequeñas y tengan dimensiones muy limitadas, puede generar que las zonas de impacto simuladas o previstas excedan los límites de la propia concesión. De acuerdo con la actual normativa, el monitoreo INFA no puede efectuarse fuera de la concesión. De esta manera, la misma normativa se constituye en un impedimento para una correcta evaluación ecológica de los impactos.

Bajo este escenario, y mientras no se efectúe una modificación en este ámbito, una solución apunta que la evaluación se efectúe alejándose del o los módulos de cultivo, teniendo como límite el borde de la concesión de acuicultura, instancia en la cual todas las estaciones quedarían situadas al interior de la misma.

Si bien, este procedimiento hoy en día se aplica, prácticamente todas las estaciones de monitoreo se encuentran distribuidas por los bordes del o los módulos de cultivo. Este diseño no asegura la inexistencia de los efectos adversos significativos que señala la Ley sobre Bases Generales del Medio Ambiente.

Por lo general, cada centro de cultivo, debido a la hidrodinámica, tiene un eje principal de dispersión de los productos orgánicos que dispuestos sobre el bentos y bajo ciertas concentraciones pueden generar aquellos impactos que contempla la ley. En sentido ortogonal a este eje, la evidencia indica que los impactos significativos están más cercanos al módulo de lo que hemos indicado en párrafos anteriores. Bajo estas premisas, es mejor reubicar las estaciones ortogonales y localizarlas a lo largo del eje principal. Con ello, no sólo se logra evaluar ambientalmente el centro, sino que, además, se tiene control respecto de las zonas límites donde se están generando los mayores efectos sobre el bentos.

Sin embargo, cuando los efectos ambientales de la actividad acuícola sobre el bentos excedan los límites de la CCAA, se propone que por ahora el muestreo se ajuste a la cabecera y al límite de la concesión, permitiendo efectuar la evaluación ambiental exclusivamente al interior de la CCAA.

Lo ideal es efectuar algún tipo de cálculo, por ejemplo, una modelación del área de depositación del centro bajo el escenario de producción autorizado por la RCA vigente. Para estos casos una opción es utilizar el programa DEPOMOD. En el futuro, habrá otras



herramientas implementadas que podrían reemplazarlo, pero por ahora, considerando que su uso es sólo con fines descriptivos, para la toma de decisiones de diseño, la evidencia empírica indica que es adecuado utilizarlo, y que el error sería mayor de no emplear una modelación con estas características. Se debe aclarar no obstante, que al igual que cualquier modelo, sus resultados dependerán de la calidad de la información con el cual se alimente.

Alternativamente, un robusto análisis de corrientes de 30 días, idealmente en toda la columna de agua, podría ser de gran ayuda para generar el eje principal del transporte de material orgánico particulado. Este análisis, en definitiva, es lo que genera DEPOMOD.

Si este enfoque aún no permite un adecuado diseño, como tercera opción es necesario optar por evaluar la calidad ambiental utilizando exclusivamente los límites a la CCAA, en un diseño muestral, similar al que hoy se utiliza para los centros categoría 3, cuya interpretación, sin embargo, estaría bajo estándares distintos, que se evaluarán dependiendo de los resultados que se obtengan.

5.1.6 Programa de vigilancia a la actividad acuícola: el caso del ASC

El diseño que se expone y discute a continuación, fue presentado ante el comité de expertos del Taller N°1. El diseño fue aceptado, particularmente porque contempla el análisis de los macroinvertebrados como indicadores de la calidad ambiental, y porque es la manera directa de evaluar los efectos de las bajas de oxígeno en los estratos más profundos y cercanos a la interfaz agua-sedimento.

El Aquaculture Stewardship Council (ASC) es una organización independiente fundada por la World Wildlife Fund for Nature (WWF) y el Dutch Sustainable Trade Initiative (IDH), líderes en la certificación de productos del mar cultivados de manera responsable. La función principal del ASC es gestionar los estándares globales para una acuicultura responsable, desarrollados por los Diálogos sobre Acuicultura (WWF). El documento Aquaculture Stewardship Council (ASC), Versión 1.0 de junio del 2012, y versión 1.1 de abril del 2017, se delinean los requerimientos que debe cumplir una empresa salmonícola para ser acreditada en dicho estándar, requisitos que están orientados a minimizar los problemas ambientales y sociales asociados al cultivo de salmón.

Tal como se menciona en el Plan Estratégico 2016 – 2020 de WWF Chile (Bosshard, *et al.* 2015), WWF ha impulsado un diálogo sobre la salmonicultura y el desarrollo del estándar de certificación ASC (Aquaculture Stewardship Council), que incorpora exigentes criterios



ambientales y sociales para la industria, donde se busca el compromiso de la industria salmonera de certificar el 70% de la producción mundial al año 2020, promoviendo al mismo tiempo la demanda internacional de los mercados por este sello. El estándar, forma parte de la búsqueda de la WWF para mitigar los efectos de las actividades humanas sobre el planeta y promover el consumo responsable, temas en los cuales el mercado actúa como una fuerza que puede ayudar a conseguir cambios importantes.

Dentro de este contexto, la promoción de esquemas de certificación serios y creíbles es una de las herramientas utilizadas por WWF para lograr la reducción de la huella ecológica, así como para asegurar un manejo responsable o sustentable. En el caso de la salmicultura, WWF Chile, a través de su programa Mercados de Productos del Mar, promueve la adopción del sello del Aquaculture Stewardship Council (ASC), que la reconoce como la principal norma a nivel mundial para el cultivo responsable de salmones.

La metodología de la ubicación de las estaciones de muestreo se basa en el Anexo I-1 del documento del ASC (**Figura 6**). En este documento se establece la dirección predominante y el sentido de las mismas en base a los resultados de la modelación. Este antecedente permite definir las zonas “aguas arriba” y “aguas abajo” y “perpendicular” respecto del centro de cultivo. Definido el punto anterior, se establece la ubicación de las estaciones de muestreo tanto al interior como al exterior de la AZE, de acuerdo con los siguientes criterios que contempla el estándar:

- Dos estaciones al borde del módulo, una en cada extremo en el eje mayor del centro.
- Tres estaciones al interior del perímetro del AZE, la primera contra la corriente, la segunda corriente abajo, y la tercera perpendicular (ortogonal), a un costado del centro.
- Tres estaciones a 25 m del AZE, una contra la corriente y otra corriente abajo en relación con la dirección corriente residual, y la otra a un costado en dirección ortogonal a la corriente residual.
- Al menos una estación de referencia, alejada del centro de cultivo (entre 500 y 1000 m).

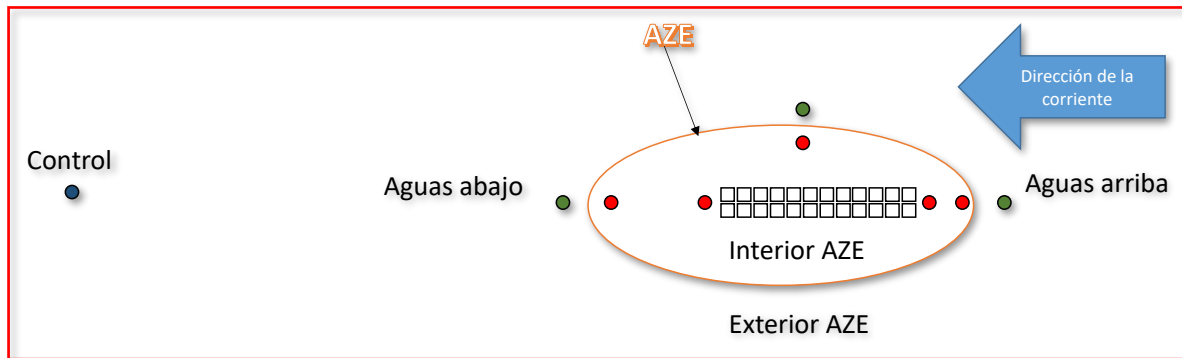


Figura 6 – Ejemplo del diseño muestral para la certificación del estándar ASC.

Fuente: elaboración del consultor.

Como lo indica la **Tabla 4**, el numeral 2.1.2 del ASC Salmon Standard requiere demostrar que fuera de la AZE las estaciones de muestreo exhiban valores de AMBI menores o iguales a 3.3, valor que se encuentra entre los estados ecológicos Ligeramente Perturbado y Moderadamente Perturbado.

Tabla 4 - Indicadores y estándar ASC Salmon Standard.

Indicador	Criterio de cumplimiento
2.1.3. Número de taxa de macroinvertebrados bentónicos en el sedimento dentro de la AZE, siguiendo la metodología de muestreo descrita en el Anexo I.1 del protocolo ASC.	≥ 2 taxa con abundancia alta ³ , que no sean especies indicadores de contaminación.
2.1.2. Resultado del Índice de fauna, indicando una buena a alta calidad ecológica fuera de la AZE, siguiendo la metodología de muestreo descrita en el Anexo I.1 del protocolo ASC.	Resultado del índice AMBI ≤ 3.3 (AZTI Marine Biotic index)

Desde febrero de 2012 el Comité Directivo para el Diálogo sobre la Acuicultura del Salmón, promovido por WWF (World Wildlife Fund), ha incluido la herramienta **AMBI** como uno de los indicadores para evaluar el impacto ambiental de las jaulas de salmón.

5.1.7 Zona de Efectos permitidos

³ Altamente abundante: Más de 100 organismos por metro cuadrado o igualmente alto en comparación a los sitios de referencia si la abundancia natural es más baja que este nivel.

La AZE (Zona de Efectos Permitidos), es un área de los fondos marinos o volumen del cuerpo de agua receptor (ver **Figura 8**), en la cual la autoridad competente permite el uso de EQS (Estándares de Calidad Ambiental) específicos para la acuicultura, sin comprometer irreversiblemente los servicios ambientales proporcionados por el ecosistema (FAO-GFCM, 2012 y 2016).

La idea principal es que dentro del AZE (es decir, en las inmediaciones del módulo de cultivo) se espera cierta desviación ambiental de las normas nacionales e internacionales, pero no más allá de un punto (umbral) en donde los bienes y servicios críticos proporcionados por el ecosistema marino se vean comprometidos irreversiblemente (ver **Figura 7**).

Un umbral ecológico es el punto en el cual hay un cambio abrupto en la calidad, propiedad o fenómeno de un ecosistema, o donde pequeños cambios en un controlador ambiental producen grandes respuestas en el ecosistema (Groffman *et al.* 2006).

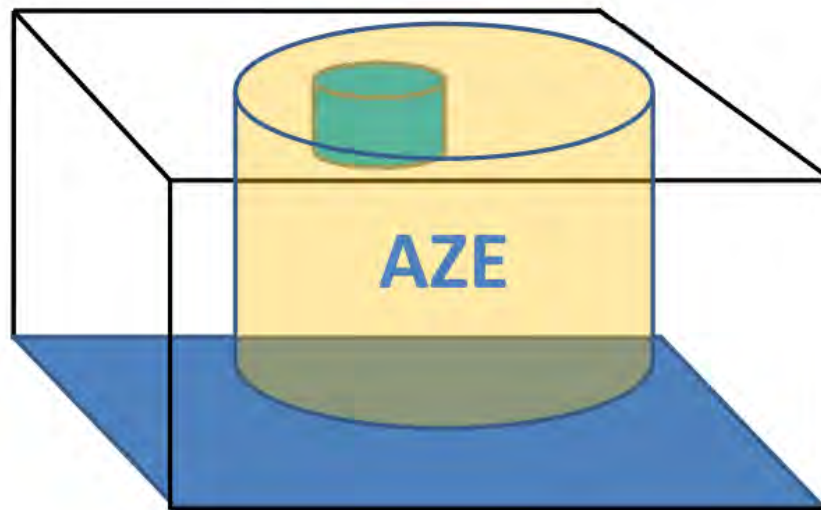


Figura 7 - Esquema 3D de una AZE.

Para Sánchez-Jerez & Karakassis (2012), la zona de efecto permitido es el área del lecho marino o el volumen del cuerpo de agua receptor, en el que la autoridad competente permite el uso de un Estándar de Calidad Ambiental (EQS) para acuicultura, sin comprometer de manera irreversible los servicios ambientales básicos proporcionados por el ecosistema.



Como lo menciona Karakassis (2013), la adopción del concepto AZE (zona de efectos permitidos o zona de mezcla) que es utilizada por SEPA en las inmediaciones de los módulos de cultivo, es una herramienta útil para abordar el problema de la protección del medio ambiente de una manera realista.

Para la SEPA (Scottish Environment Protection Agency), la AZE se define como el área (o volumen) de lecho marino o cuerpo de agua receptor en el que SEPA permitirá alguna superación de un Estándar de calidad ambiental (EQS) o algún daño al medio ambiente (Sánchez-Jerez & Karakassis, 2012, SEPA, 2005).

Estos autores indican que un EQS (Estándar de calidad ambiental o EQS), es un valor, generalmente definido por regulación, que especifica la concentración máxima permisible de una sustancia potencialmente peligrosa en una muestra ambiental, generalmente de aire o agua, que en este caso podría aplicarse a concentraciones altas de materia orgánica en sedimento.

Tal como lo presenta Sánchez-Jerez & Karakassis (2012), el tamaño de las AZE es variable, cuyos valores dependen del país, a saber:

- Tasmania (Australia) 35 m
- Washington State (USA) 30 m
- Scotland (UK) 25 m
- Croatia 15 m

Sin embargo, el estándar ASC, exige que la AZE sea calculada caso a caso, mediante un software robusto, sugiriendo DEPOMOD (ASC, 2012). Aspectos que hacen cambiar la AZE son por ejemplo cambios en la producción o biomasa, número de estructura de cultivo o disposición espacial de las mismas. Por ello, cada ciclo de cultivo puede tener una AZE propia, aspectos que se discutirán conforme se analicen los resultados del proyecto.

Como se verá a continuación, manteniendo el mismo modelo conceptual, el área de una AZE podría ser equivalente al área de influencia que contempla nuestra normativa ambiental, aspecto que se presenta a continuación.

5.1.8 Propuesta de estimación del área de influencia

En lo que sigue del proyecto, y a fin de adecuar la nomenclatura y definiciones utilizadas a la actual normativa, será utilizada la definición de “Área de Influencia” a la Zona de Efectos permitidos (AZE).



El artículo 2, letra “a” del Reglamento del SEIA (D.S. 40/2012) define como área de influencia *“El área o espacio geográfico, cuyos atributos, elementos naturales o socioculturales deben ser considerados con la finalidad de definir si el proyecto o actividad genera o presenta alguno de los efectos, características o circunstancias del artículo 11 de la Ley, o bien para justificar la inexistencia de dichos efectos, características o circunstancias”*. Al respecto, la Guía para la descripción del Área de Influencia (AI) del SEA (2017), establece dos criterios para definirla: a) el AI corresponde al área o espacio geográfico de donde se obtiene la información necesaria para predecir y evaluar los impactos en los elementos del medio ambiente y b) dependiendo del elemento del medio ambiente receptor de impacto, éste puede ser también un espacio aéreo y/o acuático.

Una forma de establecer el área de influencia es mediante una modelación de los potenciales impactos. En el ámbito marino o acuático, existen diversos modelos en el mercado con distinto grado de complejidad y alcance de resultados que llegan a una buena aproximación para predecir la cantidad de carbono orgánico que se puede llegar a depositar sobre el fondo marino, bajo o alrededor de las balsas jaulas.

Es por esto, que se han desarrollado herramientas que permiten evaluar el contenido de carbono orgánico acuícola y la demanda de OD en el sedimento depositado producto de la actividad, integrando las características oceanográficas y de producción del centro. Una de estas herramientas se ambienta bajo la aplicación de Software DEPOMOD® versión 2.2, el cual ha sido recomendado por la Aquaculture Stewardship Council para definir la AZE (ASC, 2012).

DEPOMOD® actualmente se ha utilizado principalmente en Escocia, Canadá, Nueva Zelanda, Australia y Chile, orientándose tanto a la regulación del impacto ambiental producido por la industria salmonera, como a procesos de investigación y planificación de la producción de salmónidos. Este modelo predice la deposición de partículas sólidas en el fondo marino alrededor de las balsas jaulas de cultivo de peces, asociando los cambios biogeoquímicos del bentos, provocados por el aporte de materia orgánica total en al medio. Para ello, combina las condiciones geográficas e hidrográficas locales con los volúmenes de compuestos orgánicos totales liberados (materia fecal y alimento no consumido), trazando un mapa de acumulación o flujos de sedimentación de residuos en el fondo marino. El modelo está estructurado básicamente en cuatro componentes o módulos (**Figura 8**) que se acoplan para estimar las concentraciones de Carbono Orgánico Total (COT) en el fondo, más uno desarrollado en función del crecimiento y mortalidad de los peces para predecir el ingreso de alimento durante el ciclo productivo.

Cromey *et al.* (2002a y b) menciona que la cuantificación de la dispersión de los residuos liberados por los centros de cultivo puede ser estimados conectando los tres primeros módulos del modelo.



Figura 8 - Esquema de integración de los módulos de utilizados por el modelo DEPOMOD®.

Fuente: Adaptado por POCH (2013) a partir de Cromey *et al.* (2002)

A continuación, se presentan antecedentes complementarios que servirán para evaluar la categoría 5 a la luz del presente proyecto.

5.1.9 Hidrodinámica de los Fiordos

Según información levantada desde 1995 a 2012, en base a 24 cruceros oceanográficos efectuados en la zona norpatagónica, se ha observado en la columna de agua la ocurrencia de una interacción entre el agua oceánica y el agua continental, caracterizada por una intensa estratificación vertical, en donde una capa superficial menos densa se sobrepone a



una capa profunda de mayor salinidad (Silva y Calvete, 2002; Sievers, 2006; Sievers y Silva, 2008).

En las aguas de fiordos, canales, estuarios y cuencas de la Patagonia chilena, la capa superficial de la columna de agua se encuentra fuertemente influenciada por el ingreso permanente de agua continental, de menor salinidad, proveniente de las persistentes precipitaciones, escorrentía, derretimiento de nieve, hielo de glaciares y ventisqueros. Estos procesos fortalecen la estratificación en la columna de agua, la cual, además, se ve influenciada por el calentamiento/enfriamiento que genera la fluctuación anual de la radiación de temperatura y la advección de aguas exteriores más frías o calientes (Schneider *et al.*, 2014). En base a estos hallazgos, y considerando la salinidad absoluta se ha cuantificado e identificado las distintas masas de aguas distribuidas en esta región (Schneider *et al.*, 2014 y Pérez- Santos *et al.*, 2014).

En los primeros 10 m de profundidad predominan aguas estuarinas. Según Sievers (2006) y Sievers y Silva (2008), y atendiendo a niveles de salinidad estos autores reconocen tres capas:

- a. aguas dulces (0-11 psu),
- b. aguas estuarinas dulces (11-21 psu)
- c. aguas estuarinas saladas (21-31 psu)

El agua dulce representa el 0,1% del total y se ubica en los primeros metros de la columna de agua (1-2 m); inmediatamente más abajo, se localiza agua estuarina dulce (0,5% del total) y finalmente, a mayor profundidad, se detecta agua estuarina salada (5,9%). En promedio, este cuerpo de agua tiene una temperatura de 10,7° C y una salinidad de 27,9 psu (Pérez-Santos *et al.*, 2017).

Según Silva y Vargas (2014), la capa estuarina fina superficial (20 a 30 m), se caracteriza por una baja salinidad (2-25 psu), altos niveles de OD (6 -8 ml/L) y bajos niveles de nutrientes (0,1 – 0,8 uM PO_4^{3-} ; 1 - 8 uM NO_3^-).

Desde un punto de vista hidrográfico, estas aguas fluyen desde su área de formación hacia el Océano Pacífico, incrementando progresivamente su salinidad y concentración de nutrientes, aunque experimentando una disminución en los niveles de OD. En el extremo oriental, específicamente en la boca del Guafo, se alcanzan valores oceánicos típicos: 32,5 – 33,5 psu de salinidad; 6-7 ml/L de OD; 0,8 – 1,2- uM de Fosfato y 8-12 uM de Nitrato (Silva y Vargas, 2014).

Según Guzmán y Silva (2002) y Sievers y Silva (2008), bajo este cuerpo de agua se identifica tres masas de aguas que alcanzan hasta los 700 m de profundidad. Estas son las siguientes:

- o Agua Subantártica Modificada (ASAAM) con una salinidad de 31-33 psu
- o Agua Superficial Subantártica (ASAA) con salinidades entre 33 y 33,9 psu
- o Agua Ecuatorial Subsuperficial (AESS) con salinidades >33,9 psu.

La ASAAM se ubica a una profundidad entre 30 m y 130 m y se caracteriza por una temperatura media de 10,1°C, como así también niveles de concentración de Fosfato entre ~1,2 y 1,6 uM y de Nitrato entre 12 y 20 uM; la concentración media de OD está en el rango 4 – 6 ml/L, mientras que la saturación de OD varía entre ~63% y 97%. Esta masa de agua se origina debido a la mezcla entre aguas estuarinas y oceánicas (Sievers y Silva 2008; Pérez-Santos *et al.*, 2014).

Sin embargo, según Silva y Palma (2006) estas aguas también podrían formarse cuando la AESS no está presente, ocurriendo por tanto un proceso de mezcla lineal entre ASAA y agua dulce. Como la ASAA fluye hacia la cabeza de los fiordos, se mezcla progresivamente con el agua estuarina más fresca saliente y por consiguiente la nueva masa fluye en el interior de las microcuencas por la boca del Guafo. Llenando además el golfo del Corcovado en la parte central de la Patagonia Norte con remanentes de ASAA oceánica. Desde este golfo, un brazo de la ASAAM fluye hacia el norte al fiordo Reloncaví y otro brazo fluye hacia el sur a los fiordos Puyuhuapi y Aysén. El brazo de ASAAM que fluye hacia el norte, con salinidades alrededor de 32,5 psu, fluye sobre la constricción-umbral de Desertores (100 – 120 m de profundidad), llenando el golfo de Ancud, seno y fiordo de Reloncaví, cuya cabeza está localizada a 400 km de distancia desde la boca del Guafo (**Figura 9**).

Bajo la ASAAM se localiza la ASAA. En comparación con la ASAAM, esta masa de agua presenta una mayor salinidad y menor temperatura (9,8°C). A una profundidad media de 211 m se detecta la ocurrencia de AESS, con una salinidad media de 34,1 psu y una temperatura de 8,9°C.

De estas masas de agua, tanto ASAA como AESS penetran hacia la zona de aguas interiores, aunque a distintos niveles de profundidad; la primera superficialmente y la segunda en profundidad. Este desplazamiento hacia el interior (Este) está limitado por la batimetría de golfos y canales. La ASAA se mezcla paulatinamente con agua dulce en distintas proporciones, dependiendo de la cercanía o lejanía de fuentes tales como: lluvia, ríos, escurrimiento costero y derretimiento de glaciales, generando uno de los mayores sistemas estuarinos del planeta (Silva y Palma, 2006; Palma y Silva, 2004) (Figura 9 y 10).

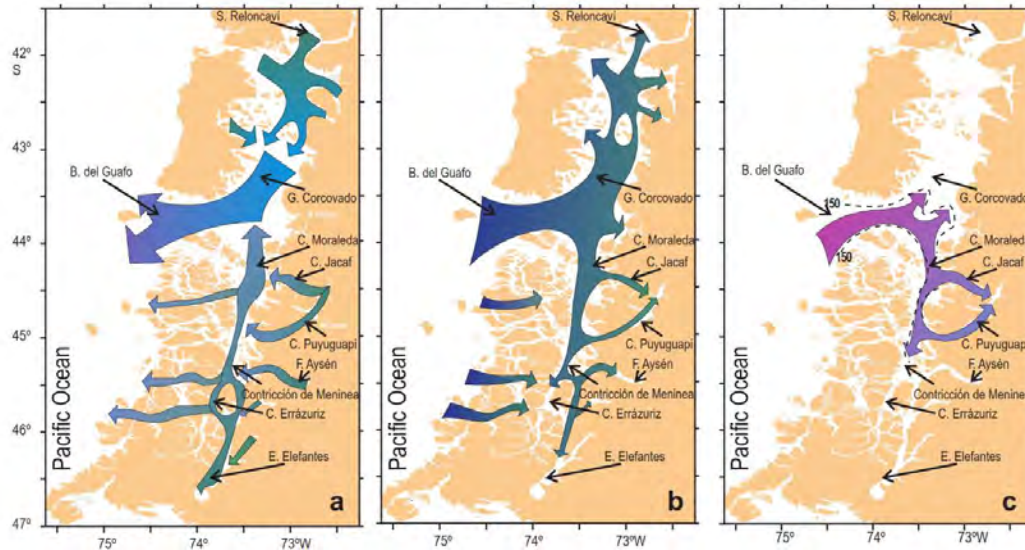


Figura 9 - Modelo de circulación horizontal por capas. (a) superficial (0 – ~30 m); (b) intermedia (~30 - ~150 m); (c) profunda (>150 m) (tomado desde Silva y Palma, 2006).

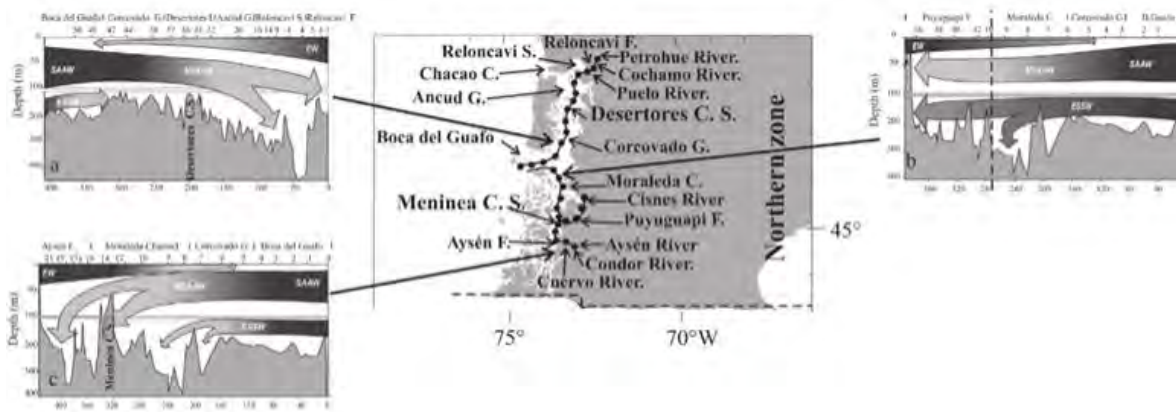


Figura 10 - Modelo de circulación vertical; a) Sección Boca del Guafo Reloncaví; b) Sección Boca del Guafo a Fiordo Puyuhuapi; y c) Sección Boca del Guafo a Fiordo Aysén (tomado desde Silva y Palma, 2006).

En la zona de la Patagonia norte, desembocan varios ríos de alto caudal caracterizados por una baja concentración de Fosfato y Nitrato disueltos. En el sector superior del fiordo de Reloncaví, descargan los ríos Petrohué, Cochamó y Puelo (flujo promedio anual combinado: 968 m³/s). El fiordo Puyuhuapi recibe en su sección media, el ingreso de aguas dulces desde el río Cisnes (flujo promedio anual combinado: 233 m³/s). El tercio superior del fiordo Aysén, recibe el aporte de aguas continentales de los ríos Aysén, Cóndor y Cuervo (flujo promedio anual combinado: 813 m³/s).

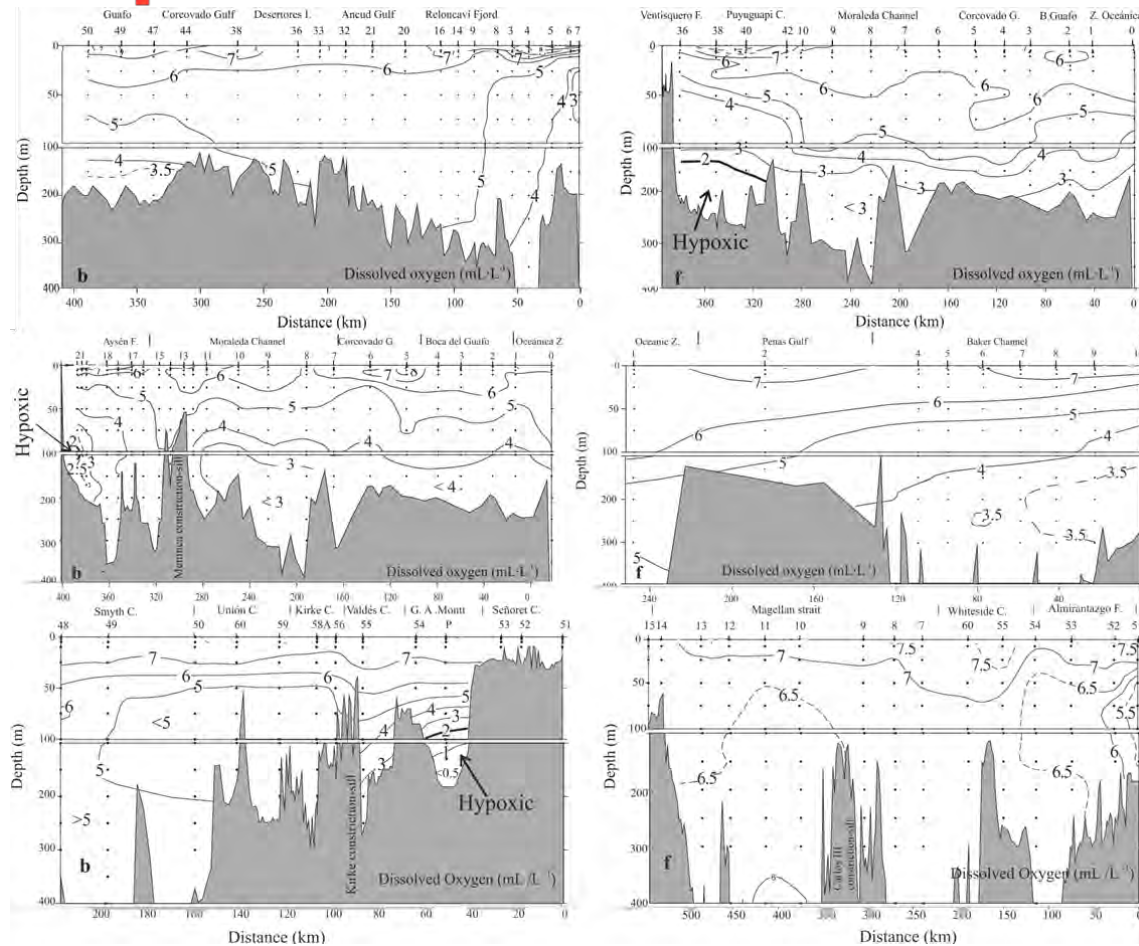


Figura 11- Distribución vertical: De acuerdo al diagrama original, (b) OD para la sección del Boca del Guafo- Fiordo Reloncaví; Boca del Guafo- Fiordo Aysén; Sección canal Smith – Fiordo (Tomado de Silva y Vargas, 2014).

Silva y Vargas (2014) analizaron la ocurrencia de procesos de hipoxia (< 2 ml/L de OD) en los fiordos patagónicos. Según estos autores, la capa profunda de la sección Boca del Guafo - Fiordo de Reloncaví, no muestra un continuo horizontal de OD profundo y de nutrientes a lo largo del eje de la sección, a diferencia del patrón horizontal de la salinidad. Como la capa profunda ASAAM fluye hacia el Este, es decir hacia el fiordo Reloncaví, su concentración de OD decrece desde aproximadamente 5 mL/L ($\sim 75\%$ saturación) a cerca de 3 mL/L ($\sim 47\%$ saturación) y sus niveles de nutrientes aumentan desde $\sim 1,6$ uM para Fosfato y de 16 uM para Nitrato a $\sim 2,4$ uM y 24 uM, respectivamente, en su cabeza. (Figura 11 y Figura 12).

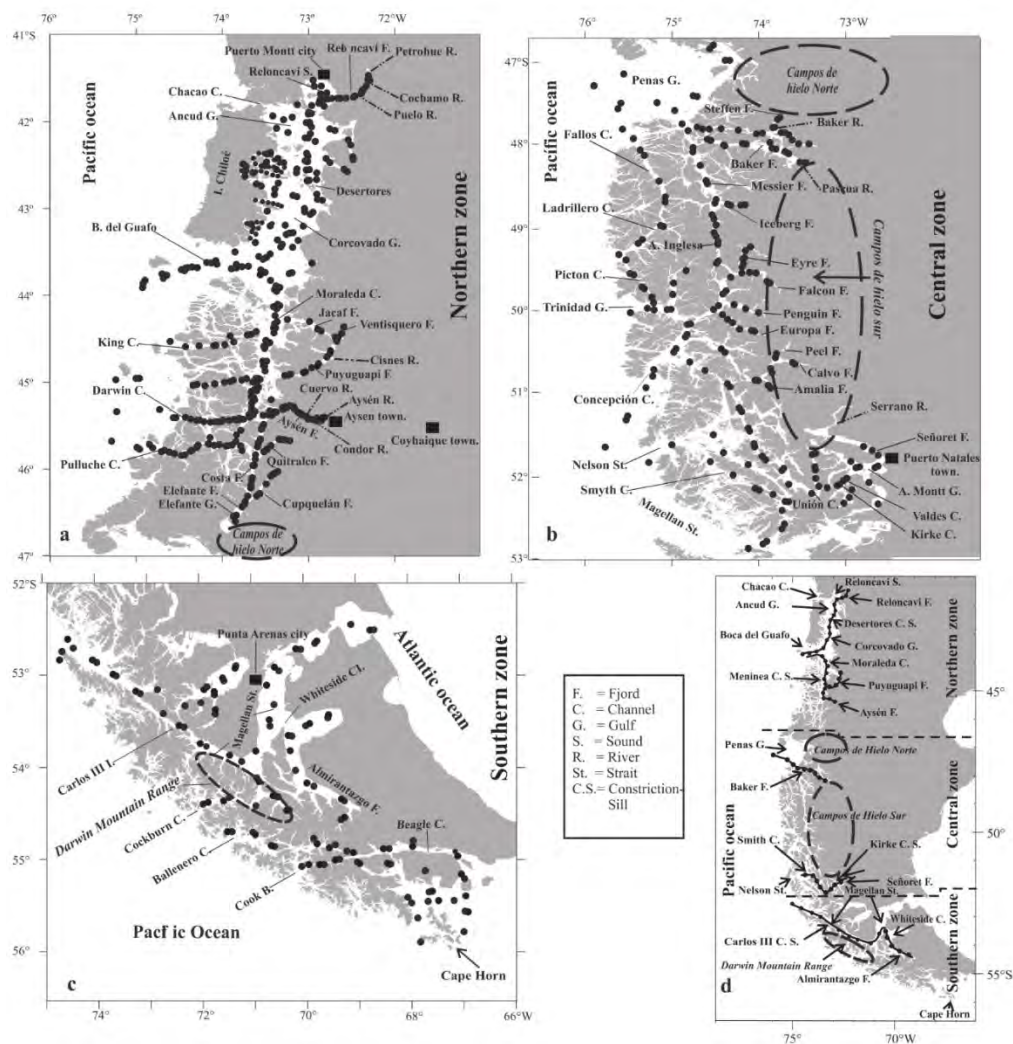


Figura 12- Ubicación de estaciones de muestreo de los cruceros oceanográficos CIMAR Fiordos 1-18 en la Patagonia chilena. (a) Zona norte, (b) Zona central, (c) Zona sur y (d) seis secciones oceanográficas seleccionadas para analizar la circulación vertical del agua, salinidad, OD, distribución de Fósforo y de Nitrato (Silva y Vargas, 2014).

El brazo sur de ASAAM fluye al Canal Moraleda, sobre la construcción-umbral de Meninea (60 m de profundidad), y entonces su porción profunda (60 – 150 m) gira hacia el Este, en dirección a la cabeza del Fiordo Puyuhuapi, localizado a 380 km desde la Boca del Guafo. Como la capa profunda de ASAAM hacia el Este, a lo largo del Canal Moraleda, su concentración de OD decrece continuamente desde ~5 mL/L (~75% saturación) a ~3 mL/L (~47% saturación); mientras que, los niveles de nutrientes aumentan de ~1,6 uM a ~2,4 uM para el Fosfato y de 16 uM a 24 uM para el Nitrato, en la cabeza del Fiordo Puyuhuapi

Aunque la porción profunda de la ASAAM (~60 - 150 m de profundidad) no tiene posibilidad sobrepasar la constricción-umbral de Meninea (60 m de profundidad), la porción superior



de ASAAM (~30 – 60 m de profundidad), con valores de salinidad cercanos a 31 psu, concentraciones intermedias de OD y de nutrientes (5 - 6 mL/L de OD, ~76 - 94% saturación; 1,2 – 1,6 uM de Fosfato y 12 - 16 uM de Nitrato), fluyen por sobre el umbral, hundiéndose y llenando el extremo occidental de la microcuenca del Fiordo Aysén. A medida que la ASAAM se hunde y fluye hacia el Este, el contenido de OD disminuye a concentraciones bajo 2,5 mL/L (<35% saturación) y los nutrientes incrementan a concentraciones mayores que 2,4 uM de fosfato y 24 uM de nitrato en la cabeza del Fiordo Aysén.

Este proceso oceanográfico genera una situación contrastante entre las aguas profundas de la microcuenca del norte del Canal Moraleda, caracterizadas por mayores salinidades 33 – 34 psu, baja concentración de OD (<4 mL/L) y altos niveles de nutrientes >2 uM de Fosfato y >20 uM de Nitrato, respecto de la microcuenca del sur de Aysén, que presenta bajas salinidades (31 psu), altos niveles de OD (>4 mL/L) y bajo contenido en nutrientes (<1,6 uM de Fosfato y <16 uM de Nitrato)

El Agua Ecuatorial Subsuperficial (AESS) remanente, con altas salinidades (33,9 – 34,2 psu), bajo contenido en OD (<4 mL/L; <63% saturación) y altos contenidos en nutrientes (~2,0 uM de Fosfato; 24 uM de Nitrato), fluyen al interior del mar Interior de la Patagonia chilena a través de la Boca del Guafo llenando la capa profunda (>150 m) del Golfo del Corcovado. Desde aquí, fluyen al norte hacia la constricción-umbral de Desertores y hacia el sur hasta la constricción-umbral de Meninea, sin posibilidad de desbordarla. Esta constricción retiene la AESS a la zona profunda central de la zona de la Patagonia norte. A medida que el AESS fluye a través del canal Moraleda hacia el fiordo Puyuhuapi, el OD disminuye de <4 mL/L (<63% saturación) a <2 mL/L (<31% saturación) y la concentración de Fosfato aumenta desde >2,4 uM a >2,8 uM, mientras que la concentración de Nitrato presenta el mismo patrón (>24 uM a >26 uM), en la cabeza del fiordo Puyuhuapi. Una situación similar ocurre en el Fiordo Jacaf, ubicado al este del Canal de Moraleda. El extremo oriental del fiordo Jacaf se une a la cabeza del fiordo Puyuhuapi, con baja concentración de OD y alto contenido de nutrientes.

La AESS no está presente en la zona adyacente del archipiélago de la Patagonia, sur de la Boca del Guafo, debido a la mezcla con ASAA y Aguas Intermedias Antárticas (AIA). En consecuencia, nunca se ha encontrado AESS en las microcuencas de la Patagonia Central o Sur.

Pérez-Santos *et al.* (2017), usando distintas bases de datos con valores de concentración de OD (registros CTD y análisis Winkler de los cruceros CIMAR), relacionaron el comportamiento de los cuerpos de agua estuarinos con las masas de agua y sus



concentraciones de OD encontrando que en general las aguas estuarinas están más ventiladas que las restantes, debido a su interacción con la atmósfera y porque se ubican a niveles de profundidad donde ocurre la mayor actividad fotosintética.

El valor promedio de OD encontrado fue de $5,7 \pm 0,8$ mL/L, con un máximo absoluto de 8,7 mL/L. En la medida la profundidad aumenta la concentración de OD disminuye, registrándose para la ASAAM un valor promedio de $4 \pm 0,6$ mL/L. Los valores mínimos para este parámetro se han registrado a nivel de fondo de la AESS, donde se detectó hipoxia con registros de OD cercanos a 1 mL/L. En promedio, el nivel de OD en la AESS fue de $1,8 \pm 0,3$ mL/L.

Por otro lado, Silva y Vargas (2014) después de analizar las concentraciones de OD de aproximadamente 1.200 estaciones oceanográficas, considerando un área que incluyó 90 fiordos, canales y golfos de la Patagonia Chilena, solo identificaron cuatro zonas hipóxicas: una de ellas localizada en la Patagonia central (Golfo Almirante Montt) y las tres restantes ubicadas en la zona de la Patagonia norte (canal Jacaf, fiordo Puyuhuapi y la cabeza del fiordo Aysén). En las estaciones restantes, las aguas presentaron valores de OD sobre el umbral hipóxico, no detectándose zonas anóxicas dentro del área de estudio

Es importante destacar que la estratificación de las aguas antes analizada, como aquéllas ubicadas en las cercanías de las desembocaduras de ríos, la barrera de densidad causada por las diferencias en temperatura, salinidad o ambos, dificulta la difusión del OD desde la capa superficial más oxigenada hacia la profunda con menos disponibilidad de este gas. La mezcla vertical, que podría romper la estratificación, juega un importante rol en balancear la concentración de OD entre ambas capas (Peña *et al.*, 2010; Zhang *et al.*, 2010; Pérez *et al.*, 2017) (**Figura 13**).

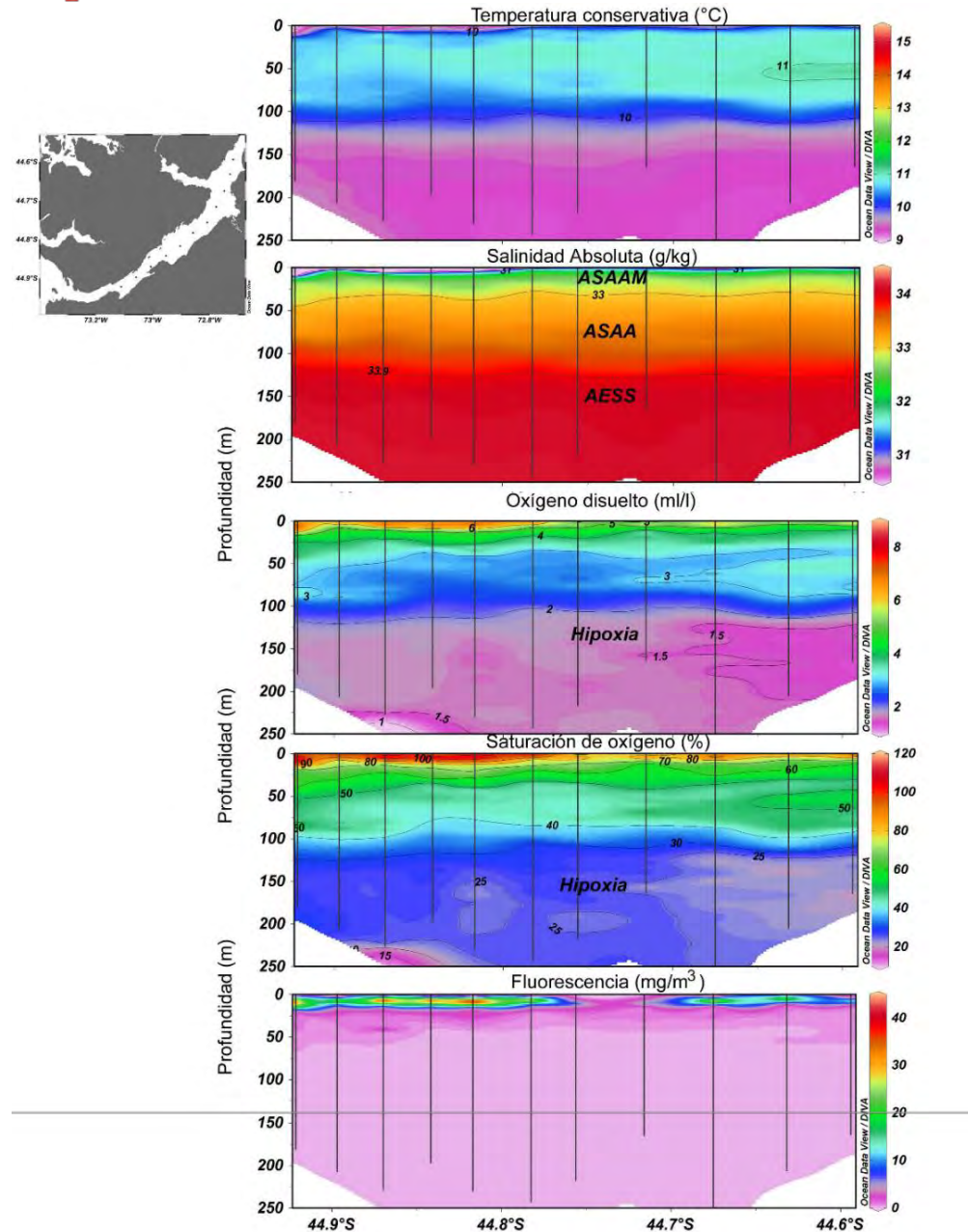


Figura 13 - Sección hidrográfica realizada de sur a norte en el fiordo Puyuhuapi durante el 16 y 17 de junio del 2016. El criterio usado para la definición de las masas de agua fue la salinidad (Guzmán y Silva, 2002; Sievers, 2006 y Sievers y Silva 2008), definiéndose el agua Subantártica modificada (ASAAM, salinidad entre 31-33 psu), el agua subantártica (ASAA, Salinidades entre 33-33,9 g/kg) y el agua Ecuatorial Subsuperficial (AEES, salinidades mayores a 33,9).

Distintos perfiles verticales de temperatura y salinidad pueden encontrarse en fiordos dependiendo de la ubicación geográfica y la época del año (Figura 14). En el canal de

wsp.com

Puyuhuapi, por ejemplo, durante primavera la estratificación de la columna de agua puede ser principalmente controlada por el ingreso de agua dulce, mientras que en verano hay influencia tanto el ingreso de agua de menor salinidad como el efecto de la temperatura (Schneider *et al.*, 2014) (**Figura 15 y Figura 16**). En el fiordo Reloncaví durante invierno, estas mismas dos variables influyen la estratificación (Castillo *et al.*, 2016). Los perfiles de temperatura cambian a través de un ciclo anual. En general, están positivamente correlacionados con la profundidad en invierno y negativamente en verano (Oppedal *et al.*, 2007). En esta época del año (verano), el aumento de temperatura, además de aumentar la estratificación de la columna de agua, provoca una reducción en la capacidad del agua para disolver el oxígeno (Johansson *et al.*, 2006).

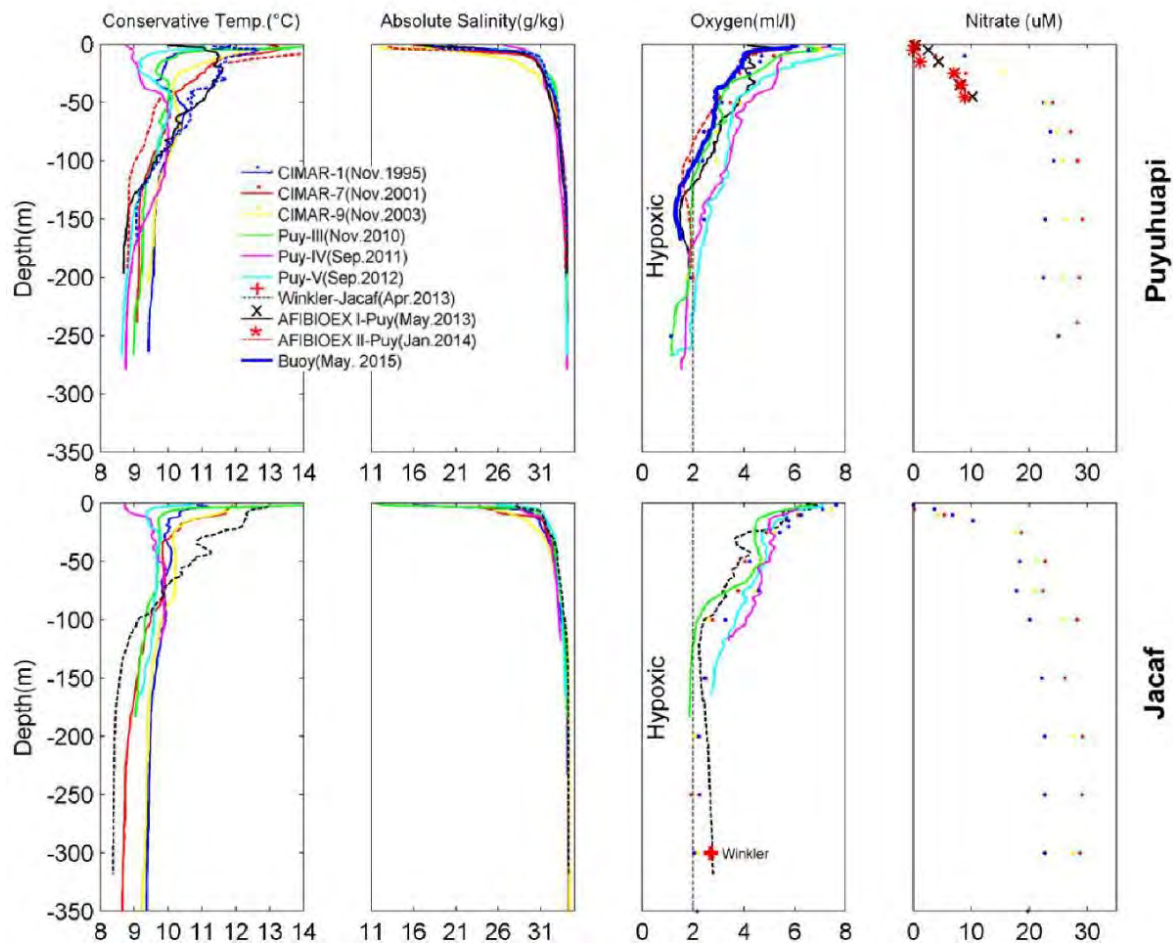


Figura 14 - Perfiles de la columna de agua efectuados en distintas campañas oceanográficas en los fiordos Puyuhuapi y Jacaf.

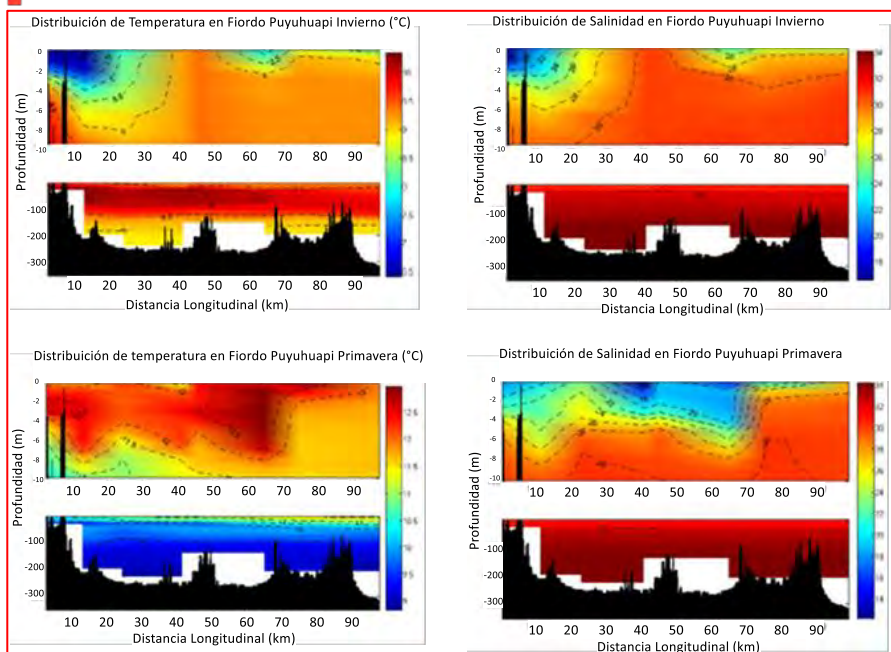


Figura 15 - Perfiles de la columna de agua de parámetros de temperatura y salinidad realizados bajo condiciones de primavera e invierno en el fiordo Puyuhuapi.

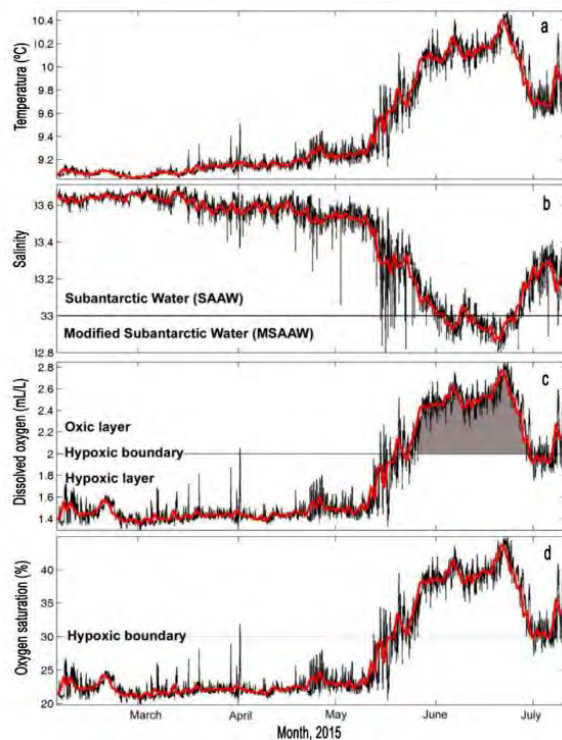


Figura 16 - Series temporales de a) temperatura del agua, b) salinidad, c) OD y d) saturación de oxígeno, obtenida a 122 m de profundidad en la boya oceanográfica instalada en el fiordo Puyuhuapi. La línea negra representa los registros por hora y la línea roja muestra el promedio diario (Pérez-Santos, 2017).



Por otro lado, cuerpos de agua semi-cerrados como los fiordos son naturalmente susceptibles a bajas concentraciones de OD, debido a sus características topográficas; que, en la mayoría de los casos, no permiten una renovación rápida de las aguas profundas o impiden su circulación (Zhang *et al.*, 2010). En estas aguas profundas, prolongados períodos de estancamiento podrían favorecer procesos de hipoxia dentro del ecosistema (Erlandsson *et al.*, 2006). La lenta renovación de aguas de fondo o el impedimento de su circulación, comúnmente se presenta en cuencas con un umbral somero (Silva y Vargas, 2014).

En la zona norte de la Patagonia (41°-47°S) la presencia de umbrales someros como la constricción de Meninea y Desertoires; impiden que la AESS con bajo contenido de OD, ingrese desde el océano hacia los fiordos y canales que se encuentran más al norte o más al sur de estas barreras naturales. En consecuencia, las microcuencas ubicadas al norte de la constricción Desertoires (Ancud-Reloncaví) y al sur de la constricción de Meninea (Aysén-Elefantes), no presentan AESS y por el contrario son áreas ventiladas (aunque de forma lenta) por la ocurrencia de la masa de agua bien oxigenada ASAA, que fluye desde el océano y se hunde pasando el umbral debido a su mayor densidad (Silva y Vargas, 2014). En el caso de los canales Moraleda, Jacaf y Puyuhuapi; ubicados antes de la constricción de Meninea, la masa de AESS ingresa desde el océano llenando de agua pobremente oxigenada las capas más profundas de estos sectores (Sievers y Silva, 2008; Silva y Vargas, 2014). No obstante Schneider *et al.* (2014) sugieren que los umbrales ubicados al sur del Canal de Puyuhuapi (170 m) y en la cabeza del canal Jacaf (100 m) actuarían como barrera, impidiendo el flujo libre de aguas de bajo contenido en oxígeno (AESS) en la cuenca del Puyuhuapi. En la zona central (47°-52°S) y sur de la Patagonia (52°-56°S), el avance de la bien oxigenada ASAA hacia el interior de los canales y fiordos llena la mayoría de las microcuencas interiores, ejerciendo un efecto de ventilación (Silva y Vargas, 2014).

Pérez-Santos *et al.*, (2017) al evaluar la presencia de aguas con bajas concentraciones de oxígeno relacionadas a zonas donde se desarrollan actividades de cultivo de salmones en el fiordo Puyuhuapi, dividieron este fiordo en dos zonas (norte y sur), donde a través del anclaje de distintos sensores encontraron una capa oxigenada entre la superficie y los primeros 20 m de profundidad. Esta capa presentó un rango de OD comprendido entre 4 mL/L y 7 mL/L a lo largo de del año. Tanto en verano como en primavera, registraron un máximo de OD bajo la superficie, centrado alrededor de los 5 a 10 m de profundidad. Bajo la capa superficial y hasta los 100 m de profundidad, el OD decrece hasta 2 mL/L. Desde este nivel y hacia el fondo, se detectaron condiciones de hipoxia, registrándose niveles de OD de 1 mL/L en el anclaje norte (verano 2016).



Con el objetivo de monitorear el desplazamiento vertical y horizontal de las condiciones de hipoxia en el fiordo Puyuhuapi, se realizó un transecta a lo largo de su eje central desde la posición del anclaje sur hasta el anclaje norte. Los registros de la distribución de OD mostraron que esta condición se presentó bajo los 120 m de profundidad, extendiéndose de forma homogénea y uniforme a lo largo del fiordo. Los valores más bajos de 1 a 1,5 mL/L (20-30%) se localizaron hacia la zona norte profunda. El mínimo absoluto registrado por el CTD fue de 1,03 mL/L. La ubicación de las aguas hipóxicas coincidió con la distribución de la AESS.

Según Pérez-Santos *et al.* (2017) del total de series de tiempo de OD registradas para el fiordo Puyuhuapi, la hipoxia (OD <2 mL/L y 30% de saturación) fue detectada en la capa profunda, cercana al fondo, aunque no ocurrió en forma permanente, como está descrito para esta zona (*i.e.* Silva y Vargas, 2014). Además, de estos registros de hipoxia profundos, también se registró un evento de aguas con bajo contenido de OD en la cercanía de la superficie (7 m), correspondiente a la zona del anclaje sur en Puyuhuapi (30 m). Debido a que estos eventos ocurrieron en diferentes estratos de profundidad (capa superficial v/s capa profunda), no se asociaron con la presencia de una masa de agua única (ASAA o AESS).

En el estudio efectuado por Pérez-Santos *et al.* (2017) para el fiordo Puyuhuapi sur, estos autores reportaron que la hipoxia se extendió de abril a octubre y, solo en los meses de marzo y noviembre se registró una ventilación menor para esta zona, con valores ligeramente mayores a 2 mL/L. De igual forma, la condición de hipoxia se mantuvo en la porción norte del fiordo, aun siendo esta serie más somera que las anteriores (120 m). Sin embargo, a partir de agosto los valores se incrementaron superando levemente los 2 mL/L, para después registrar una baja hacia la primavera. En este mismo lugar, a una profundidad cercana a los 122 m, Pérez-Santos (2017) detectó un evento de ventilación similar al registrado en 2016. Los registros hidrográficos históricos, obtenido por mediciones esporádicas en los cruceros oceanográficos realizados en el fiordo Puyuhuapi, siempre han mostrado condiciones de hipoxia bajo los 100 m de profundidad (Silva y Palma, 2006; Silva y Vargas, 2011; Schneider *et al.*, 2014; Pérez-Santos *et al.*, 2017). Sin embargo, este proceso no se mantiene durante todo el año. Además, estos autores destacan la conexión existente entre la zona exterior de los fiordos con el interior del fiordo Puyuhuapi, debido a la similitud en el comportamiento de las series de Melinka y la del anclaje norte en Puyuhuapi.

Un análisis espectral en el tiempo del tipo ondeleta (Torrence & Compo, 1998) realizado a las series de OD, reflejó el dominio del periodo sinóptico (4-16 días) en el mes de agosto para la serie de Melinka y del norte de Puyuhuapi. La mayor intensidad espectral se observó



en el periodo de 16 días, durante agosto de 2016 en la serie de Melinka. Este nuevo resultado confirmó que el evento de ventilación, observado en la capa intermedia del fiordo Puyuhuapi, se debió al aporte de aguas con mayor concentración de OD procedentes desde la zona exterior con marcada influencia oceánica.

En la búsqueda del origen de la señal sinóptica en el OD y del posible mecanismo físico que causa la ventilación (incremento sobre los 2 mL/L de OD), se realizó un análisis similar a los datos de la presión atmosférica y a las componentes zonal y meridional del viento de la estación de Melinka. Los resultados mostraron que tanto en la presión atmosférica como en los vientos zonales (vientos del Oeste), la señal sinóptica se registró en agosto y en abril. Es justamente en este mes (abril) cuando la serie de tiempo de OD comienza su alza. Tanto en abril como en agosto, la señal obtenida en la presión atmosférica correspondió con el paso de sistema de bajas presiones (1000 hPa), que al cruzar esta zona produjeron intensos vientos del Oeste (5-10 m/s, promedio diario).

Siguiendo con el análisis, se extrajo la serie de corriente del ADCP referente a la profundidad de 120 m. Se realizó el mismo análisis de ondeleta a la componente zonal y meridional de la corriente, observándose una señal sinóptica entre los 4-8 días desde febrero a abril en la componente zonal, pero no en agosto como se registró en el viento. Sin embargo, en la componente meridional se destacó la señal de 4 días en agosto, tanto en el OD como en el viento zonal. En ambas series se observó una señal intensa en la banda de 20-30 días durante septiembre – noviembre, para la componente zonal y adicionalmente para julio en la meridional. Ross *et al.* (2015), relacionaron este periodo con la influencia de la oscilación atmosférica conocida “Modo Baroclónico Anular”. Esta oscilación produjo un desplazamiento de la piconclina (15-20 m) en la región del Baker (Melinka). Sin embargo, dada la profundidad a la cual se detectó, este comportamiento podría atribuirse al paso de ondas internas que cubrieron todo el espesor de la capa profunda, desde los 100 m a 140 m de profundidad, en consecuencia, potenciando el transporte de aguas ventiladas hacia el interior de los fiordos.

El estudio de Pérez-Santos *et al.* (2017) sobre la determinación de presencia de aguas de bajo contenido de OD en zonas donde se desarrollan actividades de salmonicultura, señala que el comportamiento de la hipoxia relacionado con las masas de aguas presentes en la zona de Melinka arrojó que el 18,8% de sus registros se localizaron en la posición del AEES y solo el 0,2% en la posición del ASAA. Un análisis numérico entre los registros temporales de salinidad y OD reveló una relación inversa. Este resultado representa la respuesta a la



ventilación o incremento del OD por la llegada de la masa de agua ASAA (Pérez-Santos *et al.*, 2017).

Aunque la AESS siempre ha estado asociada a eventos de hipoxia, esta masa de agua también registró valores de OD elevados (hasta 4,5 mL/L) y con un mínimo de 1,3 mL/L. En Silva y Vargas (2014), se menciona que esta masa de agua ingresa desde la zona oceánica hacia el Golfo de Corcovado con concentraciones de OD de 3 mL/L. Sin embargo, su registro temporal por mayor tiempo indicó que esta concentración en la zona exterior puede ser más alta.

En el interior de la Patagonia, a nivel del fondo los niveles de OD fueron menores que los registrados en Melinka. En este punto, el 70% de los valores correspondientes a procesos de hipoxia se situaron en la AESS y un 27,8 % en ASAA. Por otra parte, solo 1,1 % de los valores se registraron por encima de la hipoxia, en ambas masas de agua. A esta profundidad, los valores de OD serían menores, debido a la disminución de sus concentraciones, por el consumo y degradación de la materia orgánica en el recorrido que experimentan las aguas desde el océano exterior hacia el interior de los fiordos y canales (Silva y Vargas, 2014). Además, la baja ventilación del fiordo por la presencia de sus umbrales al sur y norte refuerzan la disminución del OD cerca del fondo (Schneider *et al.*, 2014).

En el fiordo Puyuhuapi también se registraron las mismas masas de agua (ASAAM, ASAA y el AESS). Sin embargo, el agua estuarina salada se presentó en mayor proporción, abarcando los primeros 10 m de la columna de agua, sobre todo en el sector norte del fiordo, que está más cerca de la desembocadura del río Cisnes. La hipoxia se observó en la capa profunda de todas las estaciones y fue más marcada en la zona norte, con mínimos cercanos a 1 mL/L bajo los 100-120 m y asociada con la presencia de AESS. Los perfiles de clorofila-*a* mostraron altos valores durante todo el año (10-50 mg/m³), registrándose en el norte los máximos más elevados.

La serie temporal de la temperatura, la salinidad y el OD obtenida cerca del fondo en el sur (200 m) y en el norte (220 m) de Puyuhuapi mostraron temperaturas del agua más bajas que en Melinka, entre 9,2 y 9,6° C, registrando un ligero incremento de sus valores desde el invierno a la primavera. La AESS dominó esta capa profunda de la columna de agua. Sin embargo, a finales de septiembre fue reemplazada por ASAA (serie del sur). La hipoxia se registró durante otoño e invierno, aunque en verano y primavera el OD aumentó sobre el nivel de hipoxia, producto de la entrada de agua levemente más oxigenada, generando su ventilación. Una serie de OD registrada a 120 m de profundidad reveló un comportamiento



similar a la serie de Melinka mediada a 150 m de profundidad, demostrando la conexión entre las zonas y la importancia de la ventilación profunda en la Patagonia norte.

Finalmente, Pérez-Santos *et al.* (2017) en la búsqueda de los procesos que pudieran haber participado en el incremento del OD profundo en la zona de Melinka y su ingreso hacia el interior del fiordo Puyuhuapi, encontraron que los vientos jugaron un papel importante. Por otro lado, las ondas internas profundas con periodos entre 20-30 días, observadas en los datos de corrientes marinas, podrían estar contribuyendo en el transporte de concentraciones altas de OD, desde el océano hacia el fiordo, impidiendo que la hipoxia sea permanente.

Un evento de ventilación profunda similar fue registrado el 2015 en Puyuhuapi, indicando entonces que este proceso se puede repetir anualmente. Sin embargo, se necesitan series más largas para confirmar esta hipótesis. Además, estos autores encontraron un segundo evento de baja en OD cercano a la superficie, alrededor de los 30 m, al sur del fiordo Puyuhuapi. Los valores bajos se observaron también en marzo y se extendieron hasta abril, registrando una mayor duración que el evento de Melinka.

El análisis conjunto de los resultados, permitió concluir que este evento también fue debido a la ocurrencia de un florecimiento de algas en el fiordo Puyuhuapi durante el verano 2016 (febrero). Los registros temporales de OD y los obtenidos con CTD en diferentes estaciones del año de 2016, descartan la posibilidad que el evento de baja de OD haya sido producido por el ascenso de las aguas hipóxicas desde la capa profunda. Por otro lado, se confirma que la masa de agua AEES no tuvo relación con el origen de esta baja, pues esta capa también estuvo dominada por las aguas estuarinas saladas. Es importante destacar que el fiordo Puyuhuapi estuvo en descanso sanitario desde abril a junio del 2016, por lo que no fue posible poder asociar esta baja en OD con una eventual mortalidad de salmones en las empresas que operan cerca de la zona de mediciones.

5.1.10 Hipoxia en el agua y el sustrato

La concentración de oxígeno disuelto (OD) en los ecosistemas acuáticos es modulada por el intercambio que existe entre la superficie del agua con la atmósfera, el transporte físico de masas de agua y los procesos biogeoquímicos que modulan el balance entre la producción de oxígeno (a través de la fotosíntesis) y el consumo de este (a través de la respiración) en la columna de agua y los sedimentos (Silva, 2006; Peña *et al.*, 2010; Zhang *et al.*, 2010). La interacción entre todos estos procesos otorga a la columna de agua una



gran variabilidad en la concentración disuelta de este elemento, tanto en escalas temporales como espaciales.

Los ecosistemas patagónicos han sido descritos como zonas de alta producción biológica (Montero *et al.*, 2011), siendo comparables con los ecosistemas de surgencia que están presentes en la zona central y norte de Chile (Gonzales *et al.*, 2007). Cuando se genera una alta cantidad de materia orgánica disponible en la columna de agua - la cual está altamente acoplada con los procesos de respiración de la comunidad heterótrofa (Montero *et al.*, 2011) - se puede generar un rápido consumo del OD disponible en la columna de agua (Silva y Vargas, 2014). En este contexto, la biomasa fitoplanctónica presente en estos sistemas puede ser indicador de las variaciones de OD.

Tanto la extensión como la duración de las fluctuaciones de los eventos de bajas en los contenidos de OD (aumento o disminución) generan grandes impactos en los ecosistemas, los recursos vivos y los ciclos biogeoquímicos (Rabalais *et al.*, 2010, citado en Pérez Santos, 2018), pudiendo causar un impacto económico y ecológico significativo en los ecosistemas acuáticos (Peña *et al.*, 2010, citado en Pérez Santos, 2018).

El desarrollo de actividades antropogénicas costeras provee entradas adicionales de materia orgánica alóctona a los ecosistemas acuáticos. La acuicultura es una de estas actividades que involucra la descarga directa de productos orgánicos (alimento no consumido y fecas) al medio, contribuyendo al enriquecimiento orgánico de los sedimentos que a su vez reduce la disponibilidad de oxígeno tanto en la columna de agua como en aguas de fondo y sedimentos (Silva y Vargas, 2014).

El impacto del enriquecimiento orgánico del sustrato provoca una reducción en la diversidad de especies, el incremento de especies oportunistas y especies tolerantes a la contaminación y finalmente la completa ausencia de especies. Holmer *et al.*, (2005) señalan que bajo las jaulas de cultivo de los peces el enriquecimiento orgánico del sedimento incrementa la actividad microbial y puede alterar la estructura de la comunidad bentónica debido a la progresiva disminución de OD. En un escenario ideal, la jaula de cultivo debiera ser localizada en un sitio que presente activa circulación hidrodinámica, de tal manera de dispersar la materia orgánica que sedimenta y evitar acumulación bajo la jaula (Soto y Norambuena, 2004).

En general, cuando los porcentajes de MO son elevados, se ve afectado el balance de oxígeno de las aguas de fondo, situación que no permite la renovación o liberación de nutrientes nuevos hacia la columna de agua, lo que finalmente trae como consecuencia efectos sobre la producción de fitoplancton (Jorgensen 1996).

Se suma a los anterior, que en los sedimentos costeros existe una alta tasa de metabolismo microbial, el cual, dependiendo de la cantidad de MO acumulada y de la tasa de ventilación existentes, puede provocar condiciones de hipoxia o anoxia en los sedimentos y en los estratos suprayacentes de la columna de agua (Libes, 1992; Silva y Palma), lo que también afectará el pH y potencial Redox. Cuando el sedimento se satura con exceso de materia orgánica, se produce un cambio en la ecología de las comunidades bentónicas. Se aprecia una pérdida parcial o total de la biodiversidad, lo que va limitando la "bioturbación", pudiendo llegar a la desaparición completa de la macrofauna bentónica (condición azoica). En casos de altas concentraciones de materia orgánica, en los fondos se desarrolla un sedimento anóxico, el cual es colonizado por una capa de bacterias sulfato reductoras pertenecientes al grupo de las *Beggiatoa*.

Por el contrario, cuando el sedimento tiene un bajo contenido de materia orgánica, el OD en el sedimento no llega a niveles de agotarse, lo que permite que aceptores de electrones alternativos tales como Nitritos, Nitratos, Dióxido de Carbono y Sulfatos sean utilizados por bacterias aeróbicas en la descomposición de la MO. Para los organismos que habitan estos sedimentos (megafauna (> 2 mm), macrofauna (2 - 0,5 mm) y meiofauna (0,5 - 0,047 mm)) esta condición les permite mantener en niveles adecuados sus curvas de abundancia, biomasa y riqueza de especies (Pearson y Rosenberg, 1978) (**Figura 17**), siendo baja la dominancia de especies oportunistas pertenecientes a la epifauna.

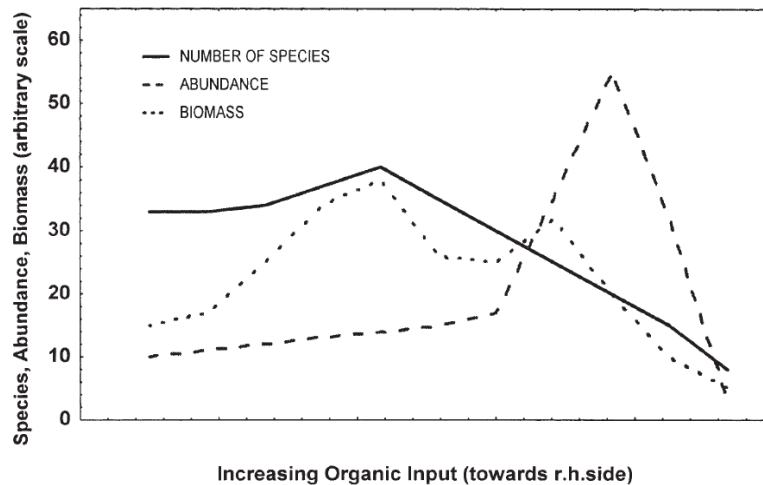


Figura 17 - El modelo de Pearson-Rosenberg muestra Especies (S), Abundancia (A) y Biomasa (B) - Curvas SAB de los efectos del enriquecimiento orgánico en organismos vivos sedimentados.

5.1.11 Biogeoquímica en el sedimento



La degradación de la MO en el sedimento se produce en etapas sucesivas, donde los diferentes oxidantes químicos actúan secuencialmente, haciéndolo según los respectivos valores de la energía libre de Gibbs de las reacciones involucradas.

- A) Inicialmente, la degradación de la materia orgánica es aeróbica, donde el oxidante es el **Oxígeno Disuelto**.
- B) En la medida que se agota el OD en la columna de sedimento y éste llega a condiciones cuasianóxicas o suboxia y, con materia orgánica disponible para degradar, es oxidada por bacterias denitrificadoras usando el Nitrato como oxidante (denitrificación).
- C) Si se agota el Nitrato, y se mantienen aún las condiciones de suboxia con materia orgánica disponible para degradar, ésta es oxidada mediante bacterias empleando el óxido de manganeso IV como oxidante (Silva & Quiroga, 2010).
- D) Si se agota el óxido de manganeso IV, se mantienen las condiciones de suboxia y aún queda materia orgánica a degradar, de acuerdo con la escala de energía libre de Gibbs, es oxidada por bacterias usando el hidróxido férrico como oxidante.
- E) Una vez que el OD ha sido totalmente agotado en el de sedimento, generándose condiciones anaeróbicas, el oxidante de la materia orgánica remanente pasa a ser el **Sulfato** y como resultado de la degradación mediante bacterias sulfato reductoras se produce ácido sulfhídrico/sulfuros, producto que es tóxico.
- F) Una vez que el Sulfato se ha agotado en la columna de sedimento, en condiciones anaeróbicas, el oxidante de la materia orgánica remanente pasa a ser la misma materia orgánica y producto de la degradación bacteriana, libera metano como producto de la degradación, que también se considera tóxico (*metanogénesis*) (Silva & Quiroga, 2010). (**Figura 18**)

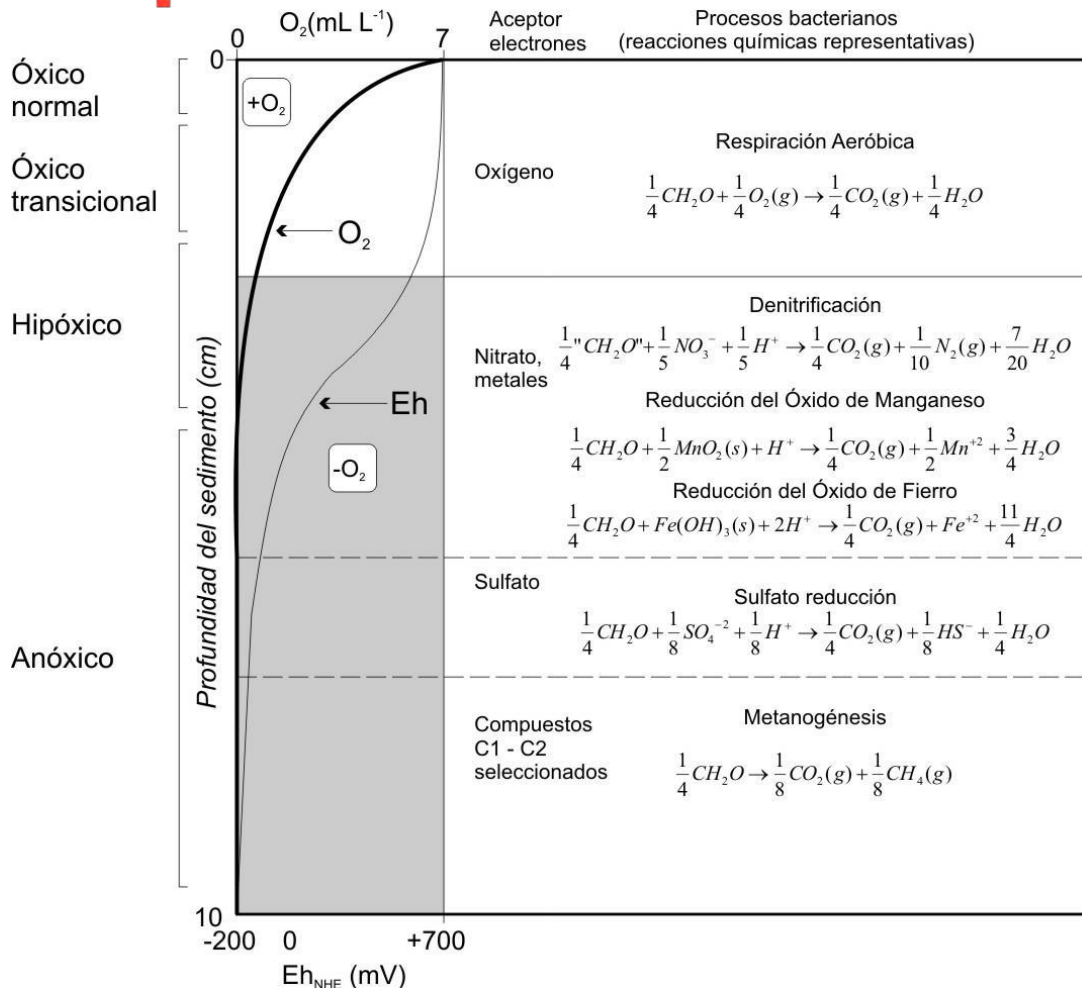


Figura 18 - Etapas de la degradación de la Materia Orgánica en la columna de Sedimentos. Adaptado de Libes, (2009). Tomado de Silva & Quiroga, (2010).

Todas estas reacciones son realizadas por bacterias, ya sea aeróbicas, facultativas o anaeróbicas, según sea el caso. Al contrario de la situación de la columna de agua, que en la zona patagónica no alcanza a llegar a condiciones de anoxia, el sedimento naturalmente siempre llega a esta condición. Por lo tanto, el problema no es si se generará o no anoxia, sino que, a que profundidad del sedimento se presentará la anoxia y por lo tanto la sulfato reducción (Silva & Quiroga, 2010). Cuando este equilibrio tiene un balance negativo, estos procesos bioquímicos se realizan primeramente solo en forma anaeróbica y posteriormente con presencia de *Beggiatoa* en la superficie del sedimento (Aranda, 2008). Bajo un cierto nivel de concentración de oxígeno, se generan mantos de microbianos. Estos mantos suelen conocerse como mantos de *Beggiatoa* las cuales son bacterias de forma filamentosa, que forman un tapete entrelazado de bacterias en el sedimento con bajo oxígeno disponible generado por el enriquecimiento orgánico. (Figura 19)

Estos tapetes están organizados como una malla que cubre el sedimento, en cuyo interior habita una gran gama de organismos protozoarios. Estas bacterias, también conocidas como sulfato reductoras, son bacterias no fotosintéticas que básicamente reducen los Nitratos en Amonio y los Azufres los pueden oxidar a Sulfatos. En este proceso, requieren una cantidad mínima de oxígeno que pueda existir en los intersticios que se forman en el sedimento o directamente del agua, cuando esta es muy pobre en OD.

Si el agua es rica en OD, se “retraen” hacia el interior del sedimento, pudiendo llegar a ser invisibles en el tiempo y en el espacio dependiendo del contenido de OD que genere la hidrodinámica del sector.

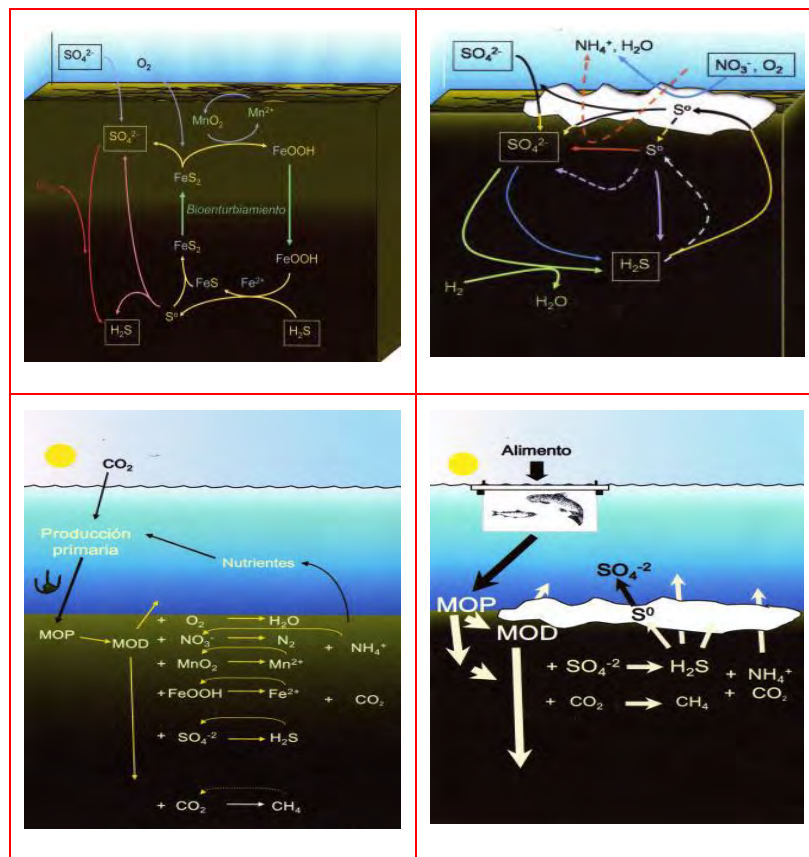


Figura 19 - Procesos bioquímicos para la degradación de la materia orgánica en forma aeróbica en la parte superficial y anaeróbica en las zonas más profundas del sedimento. C y D) Procesos bioquímicos para la degradación de la materia orgánica solo en forma anaeróbica y con presencia de *Beggiatoa* en la superficie del sedimento. Tomado de Aranda, 2008. Sexto Curso de Invierno Centro i-mar, Universidad de Los Lagos. Puerto Montt.

5.1.12 Las Zonas Mínimas de Oxígeno

Durante las últimas décadas, bajas concentraciones de OD y tendencias negativas en la concentración de este elemento han sido reconocidas a nivel mundial en diferentes ecosistemas acuáticos (Erlandsson *et al.*, 2006; Díaz y Rosenberg, 2008; Rabalais *et al.*, 2010).

Si bien existen ambientes donde bajo condiciones naturales se produce una disminución de la concentración de OD en el agua (florecimientos/degradación de microalgas, estratificación); hay otros donde además de las condiciones naturales, la baja de OD observada es cercanamente relacionada con el desarrollo de actividades antropogénicas (Wannamaker y Rice, 2000; Díaz y Rosenberg, 2008; Rabalais *et al.*, 2010; Zhang *et al.*, 2010; citado en Pérez-Santos, 2018).

En la medida que se exagera, el fenómeno de bajas de oxígeno puede pasar a una hipoxia ($OD < 2 \text{ ml L}^{-1}$; Silva & Vargas 2014), condición que trae consigo una serie de problemas ecológicos importantes, que entre otros incluyen mortalidades masivas de peces y animales marinos (Wu *et al.*, 2002; Rabalais *et al.*, 2010).

La hipoxia ocurre principalmente cuando el OD es utilizado a una tasa más rápida que aquella a la cual se produce el reabastecimiento de este elemento en el agua (Erlandson *et al.*, 2006; Rabalais *et al.*, 2010).

Por lo tanto, si el aporte de OD decae o su demanda se incrementa, se producen cambios drásticos en la geoquímica del sedimento, en los procesos metabólicos bacterianos dominantes y en el flujo de nutrientes hacia el agua suprayacente y en la sobrevivencia de los organismos bentónicos. Para un lugar determinado, la profundidad de la interfase óxido-reductora, puede cambiar entonces a través del año, dependiendo de la tasa de sedimentación de material orgánico y de la concentración de oxígeno del agua que se encuentra por sobre el sedimento (Jorgensen, 1996).

5.1.13 La Hipoxia y la Eutrofización

Los eventos de hipoxia en muchas áreas del océano costero del mundo se han visto acelerado debido al incremento de la carga de nutrientes producto de las actividades humanas. Este incremento ha puesto en movimiento un conjunto de eventos en cascada relacionados con la eutrofización. La formación de áreas hipóxicas se ha visto exacerbada por la combinación de interacciones que ha aumentado la producción primaria y la acumulación de carbono orgánico, lo que conduce a una mayor demanda respiratoria de

oxígeno bajo la picnoclina que se forma, ya sea estacional o en forma permanente Rabalais *et al.* (2010) (Figura 20).

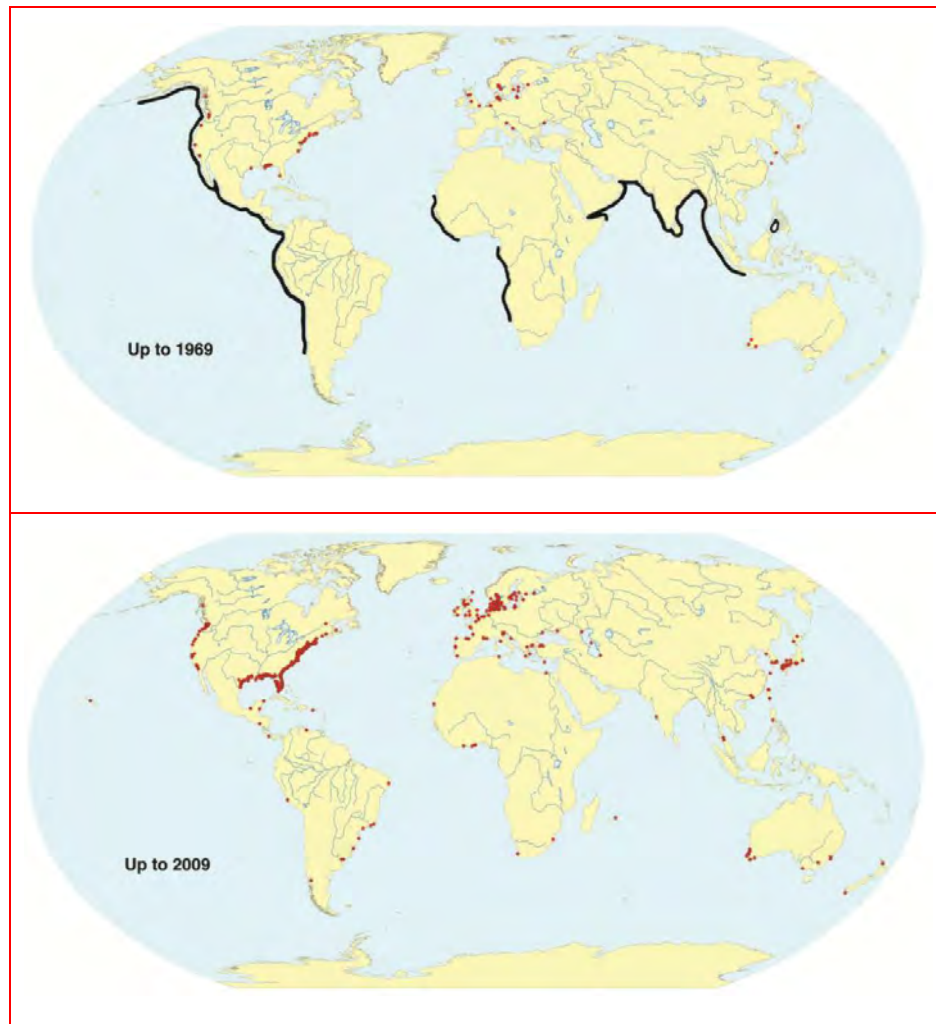


Figura 20 - Patrón global de la hipoxia costera. Cada punto rojo representa un caso documentado relacionado con actividades humanas, el cual ha sido acumulativo a través del tiempo. Las líneas negras representan áreas de la plataforma continental amenazadas con hipoxia debido a la expansión de OMZ y surgencias. Modificado de Díaz y Rosenberg (2008) y Levin *et al.* (2009a).

Rabalais *et al.* (2010) indican que es probable que la carga de nutrientes aumente aún más en los próximos años, en la medida que aumenta el crecimiento de la población, la intensificación del uso de los recursos, especialmente con una mayor dependencia de los cultivos que utilizan fertilizantes, la quema de combustibles fósiles, la urbanización y la generación de aguas residuales (Figura 21).

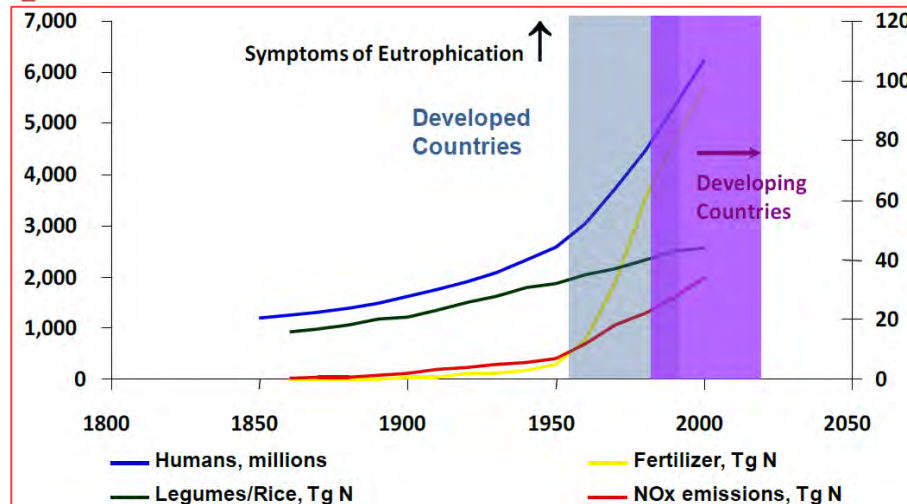


Figura 21 - Período en el que los síntomas de eutrofización e hipoxia/anoxia comenzaron en los países desarrollados y cómo los síntomas se trasladaron a años más recientes para los países en desarrollo (modificado por Rabalais de Cowling y Galloway, 2002).

5.1.14 La hipoxia y sus efectos sobre la biota marina

En un análisis comparativo, Díaz (2001) concluye que en los últimos años el oxígeno ha sido una de las pocas variables ambientales que ha evidenciado cambios importantes en el corto plazo. El autor indica que, si bien la hipoxia ha existido desde tiempos geológico, en las zonas más costeras, los cambios en los niveles de hipoxia se han dado en el último tiempo y pareciera que sus efectos se ven incrementados por la actividad antrópica. El autor entrega ejemplos, donde se observa que sectores que nunca habían experimentado hipoxia, hoy si la presentan y es por ello que, muchas bahías, hoy sufren de hipoxia debido al incremento del enriquecimiento orgánico. Según el autor, muchos ecosistemas podrían estar cercanos a cambios que pudieran afectar las pesquerías, pérdida de diversidad y alteración de las tramas alimenticia. (Figura 22).

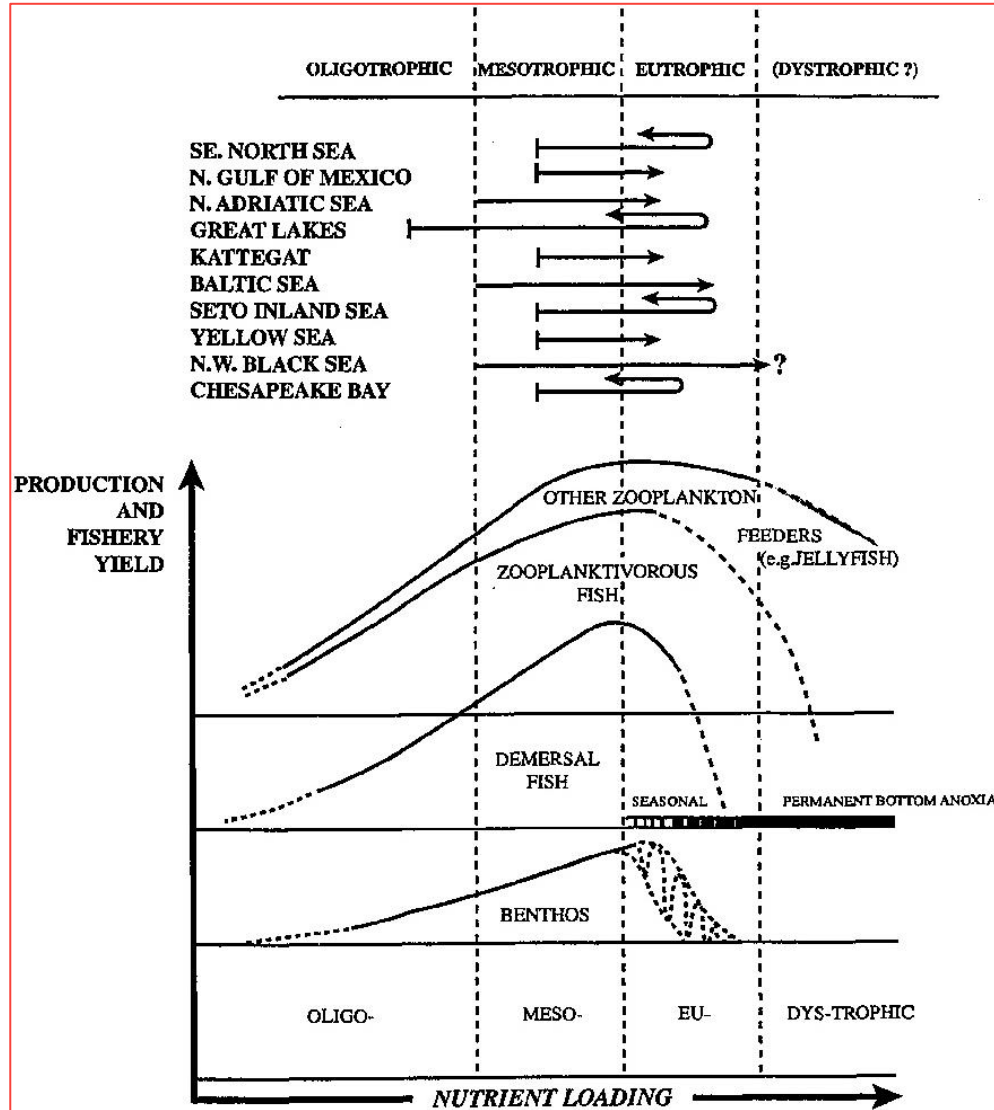


Figura 22 - Evaluación comparativa de ecosistemas pesqueros en respuesta al enriquecimiento orgánico (Díaz, 2001).

Estudios más recientes (Vaquer-Sunyer & Duarte, 2008), han actualizado la información y han efectuado un análisis comparativo amplio en una gama de organismos bentónicos marinos, cuyos resultados han mostrado que los umbrales de hipoxia varían mucho entre los organismos bentónicos marinos y que la definición convencional de 2 mg de O_2 / L para designar las aguas como hipóxica está por debajo de los umbrales empíricos subletales y letales de O_2 para la mitad de los grupos de organismos bentónicos evaluados. (Figura 23) Estos resultados implican que el número y el área de los ecosistemas costeros afectados por la hipoxia y el alcance futuro de los impactos de la hipoxia en la vida marina generalmente han sido subestimados (Vaquer-Sunyer & Duarte, 2008). (Figura 24)

Organisms	LC ₅₀ , mg O ₂ /liter	SLC ₅₀ , mg O ₂ /liter	LT ₅₀ , h
Fish			
Mean ± SE	1.54 ± 0.07	4.41 ± 0.39	59.9 ± 12.3
90th percentile	2.51	8.09	0.9
<i>n</i>	77	34	39
Crustaceans			
Mean ± SE	2.45 ± 0.14	3.21 ± 0.28	55.5 ± 12.4
90th percentile	5.72	5.0	1.0
<i>n</i>	168	30	102
Gastropods			
Mean ± SE	0.89 ± 0.11		
90th percentile	1.62		
<i>n</i>	12		
Bivalves	1.42 ± 0.14		
Mean ± SE			
90th percentile	3.43		
<i>n</i>	19		
Molluscs			
Mean ± SE		1.99 ± 0.16	412.9 ± 37.3
90th percentile		2.83	55.4
<i>n</i>		28	239
Annelids			
Mean ± SE		1.20 ± 0.25	132.2 ± 18.7
90th percentile		1.37	37.8
<i>n</i>		10	43
Echinoderms			
Mean ± SE		1.22 ± 0.22	201.1 ± 44.8
90th percentile		2.12	33.6
<i>n</i>		8	23
Cnidarians			
Mean ± SE		0.69 ± 0.11	232.5 ± 114.4
90th percentile		1.43	24
<i>n</i>		19	8
Priapulids			
Mean ± SE			1512.0 ± 684.0
90th percentile			820.8
<i>n</i>			3

Shown are mean ± SE, 90th percentile (10th percentile for lethal times), and number of observations of LC₅₀, SLC₅₀, and LT₅₀ for the various groups.

Figura 23 - Distribución de umbrales de hipoxia para diferentes grupos de organismos bentónicos (Vaquer-Sunyer & Duarte, 2008).

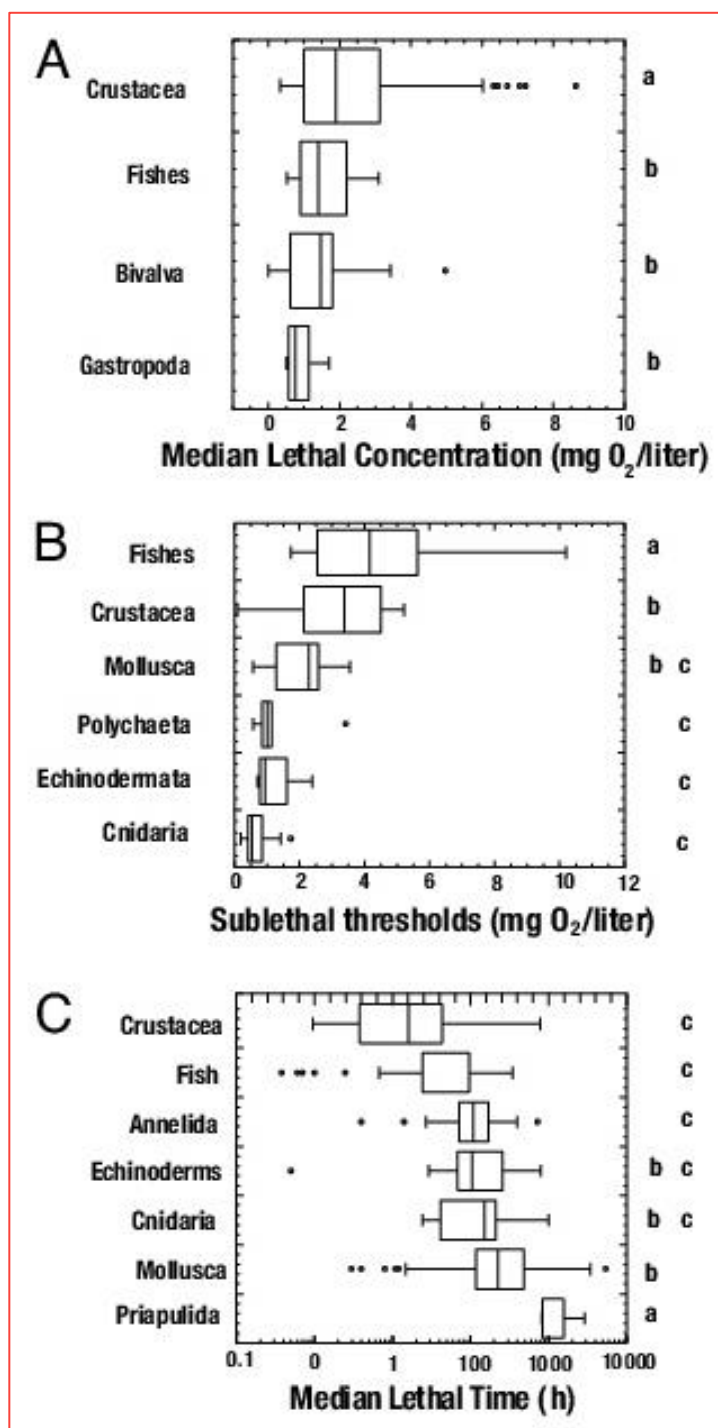


Figura 24 - Diagrama de caja que muestra las distribuciones de los umbrales de oxígeno entre distintos taxa. (A) CL50 (mg de O₂/L), (B) SCL50 (mg de O₂/L) y (C) LT50 (h). (Vaquer-Sunyer & Duarte, 2008).

En la **Figura 25** se observan los principales mecanismos de producción y consumo de oxígeno disuelto (OD) en el medio costero. En aguas superficiales, el OD alto se puede mantener mediante la síntesis de calor ($h\nu$ es energía de fotones) y el intercambio con la atmósfera. La advección y la mezcla turbulenta también afectan las concentraciones de OD para una masa de agua determinada. Por otro lado, en la parte profunda de la columna de agua (por ejemplo, bajo la piconclina) y en los sedimentos del fondo, ocurren procesos como los realizados por metabolismos heterotróficos (por ejemplo, respiración), degradación de la materia orgánica (OM), reoxidación de componentes reducidos (RC) como sulfuro, metano, etc., así como la quimioautotrofia (por ejemplo, la oxidación del amonio), la cual consume OD de muchas vías y, cuando estos procesos se producen es que el consumo de O_2 excede el suministro de OD, desarrollándose la hipoxia.

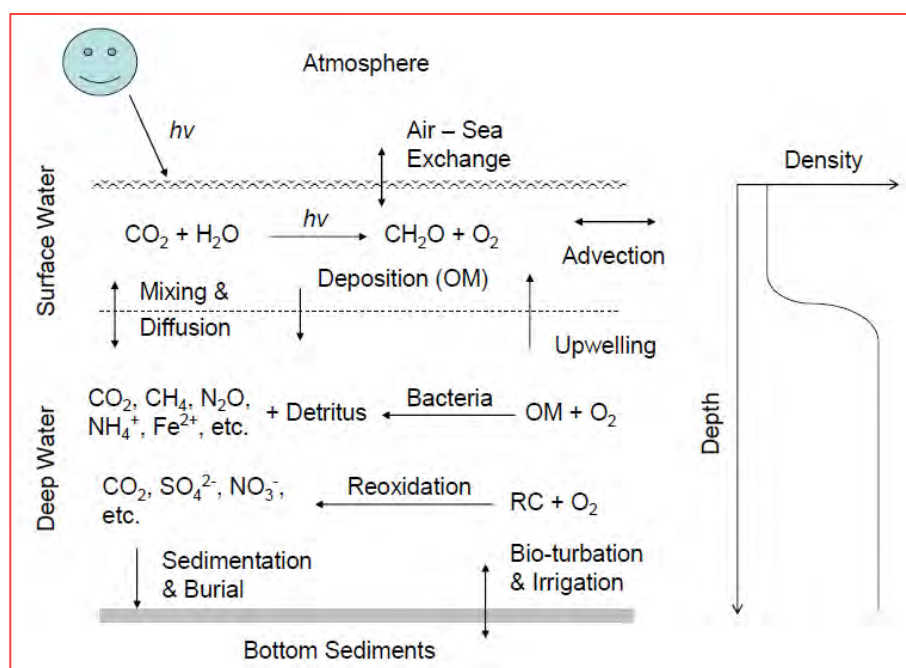


Figura 25 - Principales mecanismos de producción y consumo de oxígeno disuelto (OD) en el medio costero. Zhang *et al.* (2010).

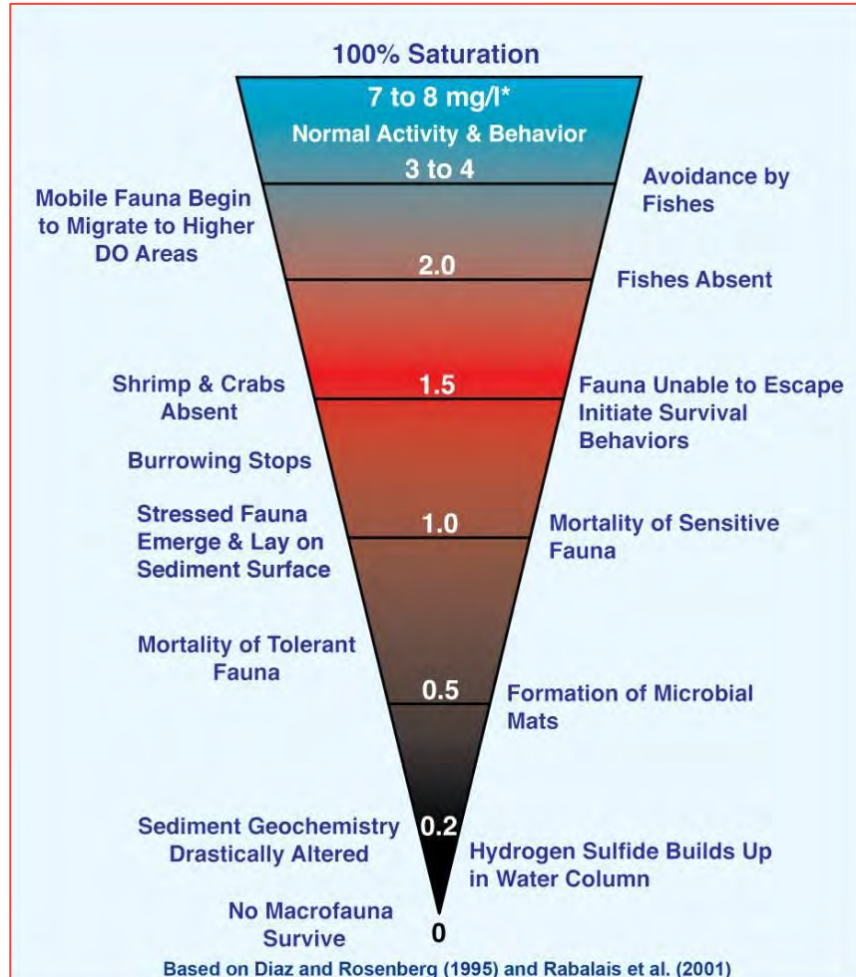


Figura 26 - Cono de la respuesta de la fauna a la disminución de la concentración de OD. Tomado de Díaz and Rosenberg (1995) and Rabalais *et al.* (2010).

Lo que está en concordancia con lo señalado por Thompson *et al.*, (2011), al indicar que los cambios temporales en la concentración de partículas en suspensión en el sur del Mar del Norte se desacopla en gran parte de la cercanía del fondo por las condiciones hidrodinámicas locales (Williams *et al.*, 1998), y cuando la resuspensión local ocurre el material particulado en suspensión, es predominantemente compuesto de material de una capa de "pelusa" de material biótico, más que el material del lecho subyacente (Jago *et al.*, 1993, 2002; Van Raaphorst *et al.*, 1998; Williams *et al.*, 1998).

Este hecho sería común en sitios que se caracterizan por grandes diferencias en sus ensamblajes bentónicos (Widdows *et al.*, 2007) y los procesos biológicos (Defew *et al.*, 2002.; Tolhurst *et al.*, 2003) e ilustra la naturaleza compleja de la estabilidad del fondo. Las grandes diferencias biológicas entre los mejores sitios pueden ser representados por los potenciales



lugares donde pueda ocurrir bioturbación (definición del papel de la fauna en el recambio de sedimento; Solan *et al.*, 2004), que se consideran para variar en un orden de magnitud o más entre los sitios. Sin embargo, como ya se ha indicado, una vez que se ha iniciado la erosión, la profundidad de la erosión está estrechamente relacionada con las propiedades físicas del fondo (Thompson *et al.*, 2011).

5.1.15 Hipoxia y el cambio climático

El cambio climático, con sus múltiples estresores interactúan en una forma compleja, pudiendo exacerbar - o bajo algunas condiciones - disminuir la hipoxia (Boesch, 2008; Rabalais *et al.*, 2010). En un contexto de cambio climático global, la comunidad científica indica que la situación puede ser más compleja, independiente de los factores causantes de la hipoxia, sean estos naturales como antropogénica. Para Rabalais, *et al.*, (2010), sólo la estratificación generada a partir del aumento de la temperatura del agua superficial es suficiente para empeorar la hipoxia en aquellos lugares donde existe actualmente, facilitando así su formación en otros sectores.

Los modelos de circulación general predicen que el cambio climático por si solo pudiese disminuir los niveles de OD en el agua al cambiar los patrones de precipitación e incrementar los niveles de temperatura, estratificación y la entrada de agua dulce. La disminución de precipitaciones en un área afectará directamente la cantidad de nutrientes costeros, generando consecuencias en la concentración de fitoplancton y finalmente la materia orgánica.

La expansión de las zonas de hipoxia dependerá de cómo el cambio climático afecte la estratificación de la columna de agua y de cómo la entrada de nutrientes afecte a los sistemas acuáticos en términos de la producción de materia orgánica. Contrariamente, si el clima muestra un cambio en los patrones de vientos y tormentas, la estratificación puede disminuir debido a una mayor mezcla, situación que a su vez oxigenará de mejor forma la columna de agua (Díaz y Rosenberg, 2008). Si el viento se intensifica durante el verano, la columna de agua será mezclada disminuyendo así la estratificación. Por el contrario, si durante el verano los vientos se debilitan, la estratificación se fortalecerá impidiendo la oxigenación de las aguas profundas (Rabalais *et al.*, 2010).

Del mismo modo, un aumento en la temperatura y en la entrada de agua dulce a sistemas costeros tiene el potencial de fortalecer la picnoclina estratificando la columna de agua. Una fuerte picnoclina resulta en una menor difusión de OD desde los estratos superiores a



las capas más profundas de la columna de agua, reduciendo al mínimo la cantidad de OD en aguas de fondo (Rabalais *et al.*, 2010).

El incremento de la precipitación puede resultar en una mayor cantidad de agua, sedimentos y nutrientes que llegan al borde costero. Estos ingresos de material extra probablemente generarán una alta estratificación de la columna de agua, la cual además puede fortalecer las condiciones para que se genere un aumento o el inicio de un proceso de eutrofización dentro del ecosistema, debido al aumento en la carga de nutrientes y sedimentos (Rabalais, 2004).

Por el contrario, reducidas precipitaciones disminuirán la cantidad de agua y de nutrientes que ingresan a la zona costera, minimizando así, la estratificación y manteniendo la columna de agua oxigenada. No obstante, la reducida entrada de agua dulce a los ecosistemas también disminuirá el suministro de ácido silícico, alterando la composición de la comunidad fitoplanctónica hacia un incremento en la proporción de organismos flagelados y/o hacia distintas especies no silificadas (Olsen *et al.*, 2014). Este cambio en la composición del fitoplancton podría alterar la productividad del ecosistema, disminuyendo los niveles de producción de materia orgánica.

En este contexto, como ya ha sido evidenciado en el Fiordo Puyuhuapi, el aumento de la precipitación en cantidad suficiente como para aumentar la descarga de agua dulce y el flujo de nutrientes, da como resultado un aumento de la producción primaria en las aguas receptoras. La interacción entre este incremento de nutrientes y la estratificación, son factores que son capaces de acelerar la hipoxia (Rabalais, *et al.*, 2010). Es así, como los cambios en los campos de viento también pueden expandir las zonas mínimas de oxígeno en áreas de plataformas más continentales (Rabalais, *et al.*, 2010). **(Figura 27).**

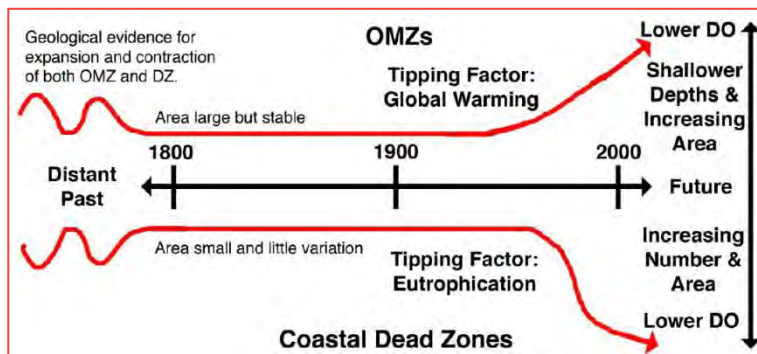


Figura 27 - Comparación de la historia de las zonas mínimas de oxígeno (ZMO) y zonas muertas costeras (ZD) del pasado al futuro. Ambos se están expandiendo desde actividades antropogénicas, pero desde diferentes procesos. Las OMZ se están expandiendo desde el calentamiento global y las ZD de la eutrofización (Fuente: Rabalais, *et al*, 2010).

Las consecuencias de la hipoxia inducida por la eutroficación pueden revertirse si se desarrollan e implementan esfuerzos a largo plazo, a gran escala y persistentes, de manera que puedan reducir la sustancialmente la carga de nutrientes.

En vista de la hipoxia que se expande globalmente, existe la necesidad de que los administradores de recursos hídricos y de recursos actúen ahora para reducir la carga de nutrientes para mantener, al menos, el estado actual. A continuación, en **Figura 28** se presenta sistemas que se han recuperado de hipoxia.

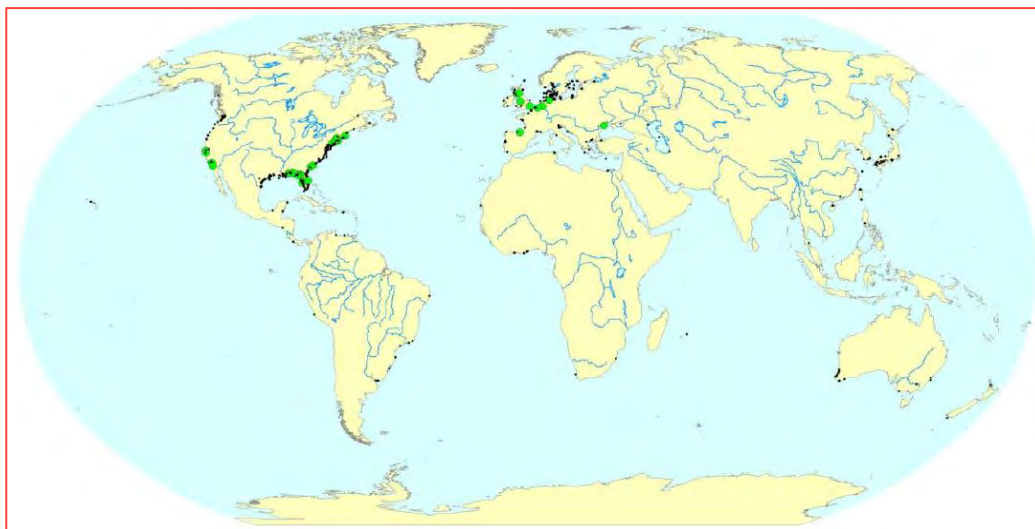


Figura 28 - Ubicación de los sistemas que se han recuperado de la hipoxia (círculos verdes), principalmente a través de la reducción de las cargas de nutrientes. Todos los sitios están en el norte de Europa y los Estados Unidos, excepto el Mar Negro. Los puntos negros son sistemas que permanecen hipóxicos.

5.1.16 Hipoxia en zonas profundas

En la Patagonia sur se observa una muy baja descarga de agua proveniente de los ríos (Dávila, 2002), que además limita la entrada de materia orgánica alóctona a los diferentes canales y fiordos (Silva y Ortiz, 2002). Esto sumado a las bajas tasas de producción primaria que mantiene el área, permite observar microcuencas bien oxigenadas que muestran valores mínimos de OD bien arriba del umbral hipóxico (Silva y Vargas, 2014). (citado en Pérez Santos, 2018).

Los altos aportes de agua dulce sumados a la alta cantidad de materia orgánica alóctona que ingresa a los fiordos desde los ríos, favorecen la ocurrencia de zonas con bajo contenido de OD principalmente en la parte de la cabeza de algunos fiordos, donde la estratificación y aporte de partículas orgánicas es mayor de la que generalmente se observa hacia la boca.

Esto ocurre principalmente en la zona del fiordo Reloncaví, canal Puyuhuapi, Fiordo Aysén y canal Baker (Silva y Vargas, 2014), donde la alta descarga de los ríos Puelo, Cisnes, Aysén y Baker; respectivamente, representan una fuerte entrada de material alóctono a la columna de agua y sedimentos (Silva y Ortiz, 2002).

Estudios previos indican que los sedimentos superficiales de los fiordos Reloncaví, Puyuhuapi y Aysén tienen un alto contenido de carbón orgánico, que disminuye a menos del 10% a medida que se avanza hacia la sección oceánica (Silva *et al.*, 2011; Quiroga *et al.*, 2013).

En el caso del canal Baker; aun con la alta descarga de agua dulce que posee el río Baker dentro del fiordo y a la degradación que se ejerce sobre la materia orgánica alóctona y/o autóctona, la ventilación que ocurre debido a procesos físicos es suficientemente importante para mantener el OD arriba del umbral hipóxico (Silva y Vargas, 2014). La mayor disposición de materia orgánica (alóctona + autóctona) en la columna de agua y/o sedimentos aumenta el consumo de OD durante la respiración de la comunidad microplanctónica, siendo común observar aguas con bajo contenido de este elemento en la mayoría de las cabezas de fiordos de la zona norte (Castillo *et al.*, 2016).

Al respecto, Montero *et al.* (2011) reportan un metabolismo heterótrofo (producción primaria < respiración comunitaria) dentro de la sección de la cabeza del fiordo Reloncaví, donde se consume más carbón orgánico del que es producido localmente por el fitoplancton (materia orgánica autóctona). Tasas de respiración comunitaria mayores que las de producción primaria han sido también observadas en la sección central del fiordo



Puyuhuapi (Montero *et al.*, 2015), en la cabeza del fiordo Aysén y en la zona del fiordo Steffen/Baker (Montero, data sin publicar). (citado en Pérez Santos, 2018).

La alta cantidad de materia orgánica alóctona y de nutrientes que reciben los ecosistemas de fiordos y canales y en general los sistemas costeros, pueden resultar en fuertes procesos de eutroficación y bajos niveles de oxígeno dentro de la columna de agua (Kemp *et al.*, 2005; Díaz y Rosenberg, 2008). El incremento que se ha producido durante las últimas décadas en el ingreso de estos materiales a los ecosistemas acuáticos es principalmente atribuible a la acuicultura, la agricultura, la aplicación de fertilizantes, la deforestación y la descarga de aguas residuales domésticas (Gray *et al.*, 2002; Wu *et al.*, 2002; Díaz y Rosenberg, 2008; Korpinen y Bondsdorff, 2015). La eutroficación fomenta el aumento de la biomasa de los organismos autótrofos a niveles excesivos, debido principalmente al aumento en la cantidad de nutrientes (Nitrógeno y Fósforo) que ingresa a los sistemas acuáticos (Boesh, 2008).

El fitoplancton sintetiza estos nutrientes produciendo también una alta cantidad de materia orgánica que sumada a la materia orgánica alóctona que puede ingresar al sistema ofrecen una gran cantidad de alimento a los consumidores primarios, que en el proceso de degradación utilizarán el OD disponible del agua pudiendo conducir a la hipoxia y/o en casos extremos, a una condición anóxica (Gray *et al.*, 2002; Korpinen y Bondsdorff, 2015). Del mismo modo, la materia orgánica que no alcance a ser consumida o degradada en la columna de agua alcanzará el sedimento, donde las mismas condiciones de hipoxia y/o anoxia pueden presentarse (Gray *et al.*, 2002).

Eventos sistemáticos de agotamiento de OD representan la primera señal que un sistema ha alcanzado un punto crítico de eutroficación, que en combinación con procesos físicos que estratifican la columna de agua pueden conducir a una condición permanente de hipoxia (Díaz y Rosenberg, 2008). La respuesta del ecosistema frente a las bajas concentraciones de OD depende en general de las características físicas y geomorfológicas que presente el área afectada, por lo tanto, algunos lugares mostrarán síntomas más claros de hipoxia que otros (Korpinen y Bondsdorff, 2015).

El aumento en la abundancia del fitoplancton y en los niveles de producción de materia orgánica, es una manifestación temprana de la eutroficación en muchos ecosistemas acuáticos (Smith, 2003). Cambios en la concentración de nutrientes con el subsecuente cambio en la composición de la comunidad fitoplanctónica (desde diatomeas hacia especies no-silíceas) y sus modelos estacionales, que muchas veces resultan en un cambio hacia especies oportunistas y de rápido crecimiento y/o en un incremento en la frecuencia



de aparición de florecimientos de microalgas nocivas o tóxicas (Kemp *et al.* 2005; Korpinen y Bondsdorff, 2015), son también una respuesta del ecosistema microplanctónico frente al enriquecimiento de nutrientes en la columna de agua. El fitoplancton responde rápidamente a los cambios en los niveles de concentración de nutrientes, por lo tanto, la biomasa y la composición de especies fitoplanctónicas que muestre un determinado lugar con el avance del tiempo, pueden ser buenos indicadores del grado de eutroficación que pueda mostrar un ecosistema.

En fiordos patagónicos se sugiere que el notorio incremento de la diatomea *Rhizosolenia pungens* en los sedimentos puede estar asociado con la disminución del flujo de ácido silícico desde los ríos (Rebolledo *et al.*, 2011) y/o a la mayor cantidad de Nitrato en la columna de agua producto del desarrollo de actividades acuícolas (Iriarte *et al.*, 2012). Esta especie con bajos requerimientos de ácido silícico para su crecimiento es capaz de aprovechar la mayor concentración de nitratos y transformarse en un grupo dominante dentro de la comunidad fitoplanctónica, que además en condiciones de florecimiento provoca daños nocivos en peces de cultivo.

La hipoxia costera provocada por la eutroficación se ha descrito a través de una secuencia de eventos; inicia con el incremento en la deposición de materia orgánica, que sucesivamente promueve el crecimiento microbial y la respiración produciendo una gran demanda por el OD. Los niveles de OD se agotan si la columna de agua está estratificada. En la segunda etapa, la hipoxia ocurre transitoriamente, acompañada de masivas mortalidades de animales bentónicos. Con el tiempo y el aumento de nutrientes y materia orgánica en los sedimentos, una tercera fase es iniciada, y la hipoxia se vuelve estacional o periódica con ciclos de auge y caída en la población animal. Si la hipoxia persiste por años y la materia orgánica y nutrientes continúa acumulándose en los sedimentos, se entra a una cuarta fase, durante la cual la zona de hipoxia se extiende y como la concentración de OD continúa cayendo, la anoxia es establecida (Díaz y Rosenberg, 2008).

Cuando el OD es agotado en el agua de fondo; se llega a producir la sulfato reducción generándose ácido sulfhídrico que es tóxico se acumula en el sedimento, el sedimento se vuelve casi uniformemente negro y no hay señales de vida aeróbica (Rabalais *et al.*, 2010).

En Chile un estudio realizado en la zona de cultivo de salmón ubicada entre Chiloé y Aysén concluye que el mayor impacto de esta actividad está restringido a la sombra de la jaula cuando la materia orgánica logra alcanzar el sedimento, ya que en la columna de agua pareciera existir un rápido proceso de utilización y reciclaje de esta (Soto y Norambuena, 2004). (citado en Pérez Santos, 2018). (ver Figura 29)



El exceso de material orgánico que ingresa a los sistemas de fiordos es en gran medida el modulador de la disponibilidad de OD de los estratos más profundos de la columna de agua. Por el contrario, la ausencia de zonas de bajo contenido de OD en la cabeza de los fiordos de la Patagonia central (47°-52°S); puede ser explicada debido a la baja producción de materia orgánica *in situ* que se registra en esta zona (Jacob *et al.*, 2014) y/o a una menor entrada de materia orgánica alóctona al sistema comparada con la zona norte (Lafon *et al.*, 2014). Se exceptúa a esta condición, la fuerte hipoxia que muestra el Golfo Almirante Montt (0.2-2 ml L⁻¹) debido a la baja tasa de renovación de las aguas profundas (Silva y Vargas, 2014).

Días *et al* (2004) indica que de los índices bióticos o que miden la diversidad y que hoy están disponibles, sólo un 33% está diseñado y disponible para ser usado en la evaluación de ambientes marinos o estuarinos, mientras que el resto son índices para evaluar ambientes de aguas continentales. De estos índices, menciona el autor, sólo existe un estudio en el cual se ha aplicado un índice biótico en sectores con profundidad mayor a 200 m. Esto permite dar luces que el índice ha sido evaluado y podría aplicarse a sectores con profundidades mayores a 60 m.

Al respecto, hoy en día, centros de cultivo existentes en la XI Región y que han sido certificados en el estándar ASC, se encuentran en profundidades mayores a 60 m. Algunos de ellos bordean los 200 metros o más. En este sentido, el estándar exige de presentar información del bentos en caso de que el sustrato corresponda a fondo duro.

En relación con la modelación, esta podría utilizarse como requisito para efectuar el diseño muestral y la posterior interpretación, ambos aspectos que resultan necesarios e imprescindibles para gestionar de manera adecuada y eficiente las vigilancias ambientales de los centros de cultivo. *A priori*, una modelación permite prever y evaluar los impactos y de esta forma establecer el área de influencia, aspecto que hoy es requerido para evaluar un centro de cultivo o cualquier proyecto en el marco del DS 40/2012. Por lo tanto, modelar para evaluar los potenciales impactos sobre los objetos de protección, hoy no es una alternativa, es algo necesario. Sin embargo, es importante indicar que hay distintos tipos de softwares para realizar las modelaciones, unos gratis y otros muy costosos. En este proyecto, se utilizó el software DEPOMOD, el cual constantemente es cuestionado su uso, sin embargo, los resultados del presente proyecto indican claramente que su uso permite efectuar un adecuado diseño de muestreo, el cual sirve para interpretar los resultados obtenidos. Por otro lado, de forma complementaria como se vio en el presente proyecto, es necesario poseer dominio estadístico para su interpretación y uso, un pensamiento

estadístico, tal como lo menciona el Nobel Daniel Kahneman (Kahneman, 2012), ya que, la aplicación de la teoría de los grandes números permite romper el paradigma y analizar la información de una manera amigable.

En cuanto al tamaño muestral, como lo indica Kahneman las muestras pequeñas arrojan resultados extremos con más frecuencia que las muestras grandes y las muestras grandes son más precisas que las muestras pequeñas. En este sentido, el artefacto utilizado para analizar los resultados del DEPOMOD es eficiente, ya que, permite disminuir la diferencia entre el valor simulado (software) y el valor observado (muestreo), obteniendo resultados confiables.

Los resultados, parecieran indicar que es factible establecer áreas susceptibles de impacto a partir de una modelación (semáforo ambiental, ver **Figura 118**), es decir en cierto modo es posible predecir los grados de impacto sobre el bentos. Por lo tanto, el modelo podría ser una herramienta predictiva (léase DEPOMOD u otro Software similar), además de permitir definir el área de influencia y diseñar el muestreo, también permitirá efectuar un manejo de la concesión.

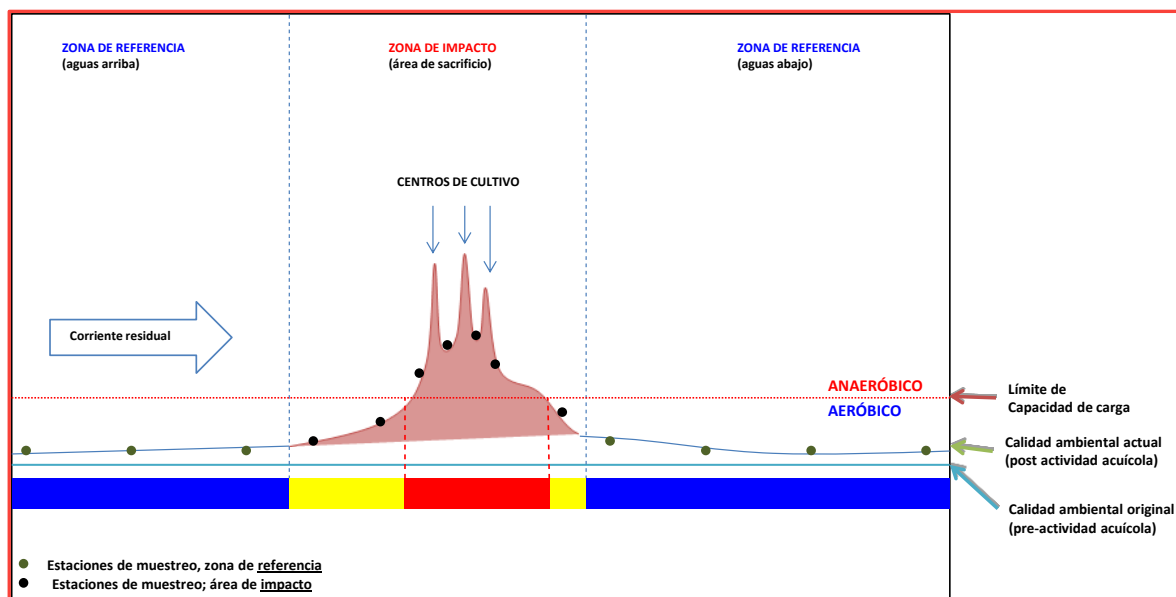


Figura 29 - Modelo conceptual de impacto sobre el bentos de un centro de cultivo.

En relación al análisis del AMBI, la Figura 30, ejemplifica los resultados esperados frente a la evaluación de un centro de cultivo. Los resultados del proyecto permiten evidenciar que a medida que la estación de monitoreo se aleja del punto de mayor depositación de carbono orgánico, el índice AMBI mejora. Lo importante, es que estos resultados son

coherentes con los resultados de la modelación efectuada, lo cual sugiere que el DEPOMD es un software que puede ser utilizado para la toma de decisiones.

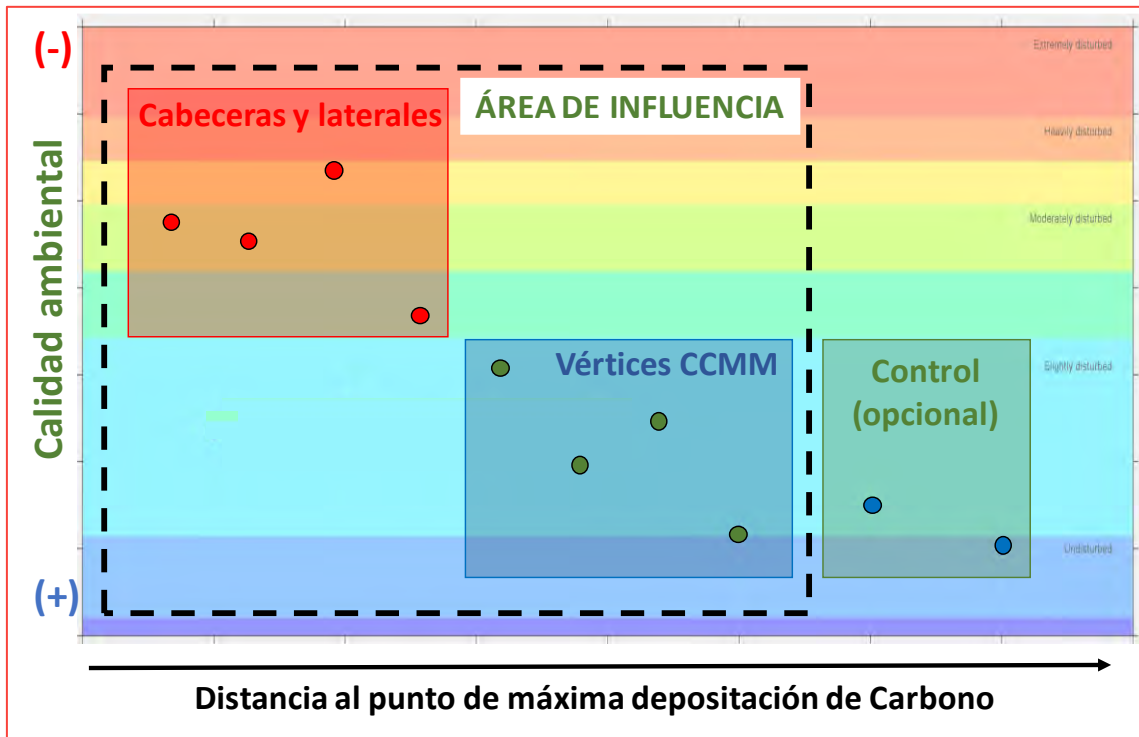


Figura 30 - Modelo conceptual de comportamiento del AMBI en Centro de cultivo.

Finalmente, es importante mencionar, que la implementación de cambios en el muestreo CPS y monitoreo INFA conlleva un incremento de costos, producto que se deberían aplicar las técnicas de muestreo de una categoría 3, 4 y 5. Un costo adicional se refiere a que existe un incremento en las horas hombres involucradas en el análisis de la información. A esto se suma, que los laboratorios o consultoras, deberán tener profesionales capacitados en el análisis de datos a un nivel superior al que hoy se encuentra disponible.

Un aspecto no menos importante, es que es conveniente el acercamiento entre la autoridad ambiental y las instituciones de educación superior, de manera que el profesional sea formado en normativa, diseño de muestreo, modelación y análisis de información ambiental, aspectos que hoy no son explícitos en la malla curricular de ninguna universidad. Esto, disminuiría notablemente el tiempo y los recursos que las consultoras o entidades de análisis deben invertir posteriormente para generar las competencias en los nuevos profesionales. De no ser así, estos costos, que no son menores, serán traspasados a los costo de la CPS o la INFA.



5.1.17 Normativas y/o legislación internacional relacionada a muestreos en Centros de engorda.

A continuación, se presentan las legislaciones ambientales internacionales, analizadas para el desarrollo de este proyecto. Las legislaciones o normativas ambientales analizadas corresponden a los países de Canada, Escocia y Noruega.

5.1.17.1 Canada “Legislación ambiental, normativa canadiense “aar” referente a muestreo para concesiones nuevas y/o expansión. especificaciones para realización de muestreo”

5.1.17.1.1 Contornos pronosticados (modelación)

Se debe calcular la tasa de deposición de material bioquímico demandante de oxígeno (DBO₅) del CES durante el periodo del día donde se contemple el máximo uso de alimento.

Se debe utilizar un modelo de deposición de desechos de acuicultura. Los datos obtenidos se deben mapear a los 1, 5 y 10 gramos de carbono por metro cuadrado día (gC/m²/día) contornos de deposición.

Para la realización de los cálculos del modelo se utilizarán datos oceanográficos específicos del sitio. Utilizando un modelo de deposición de residuos de la acuicultura, las características de entrada para los residuos de alimentos y heces deben ser valores estándar internacionales aceptados o datos de promedio entregados por el operador. Las simulaciones del modelo no deben incluir estimaciones de resuspensión de partículas después del depósito.

5.1.17.1.2 Muestreo del sitio o concesión.

Al realizar muestreos del sitio o concesión, las estaciones de muestreo se ubicarán a lo largo de una transecta o dentro de una cuadrícula, estos deben ser representativos de las diferentes características físicas / biológicas del hábitat del fondo. Estas estaciones deben estar ubicadas dentro del contorno de deposición modelado de 1gC/m²/día y en la concesión completa, incluidas las estaciones de referencia cuando corresponda.

No se requiere muestreo dentro de las áreas o el contorno de depósito de 1gC/m²/día donde las profundidades exceden los 300 m.



En caso de realizarse una ampliación de biomasa, si los datos históricos del sitio demuestran una cobertura homogénea de hábitat ya sea con un sustrato de tipo: lodo o arena, entonces solo se necesitará una filmación submarina a realizarse en el ancho de la concesión, en la dirección de la corriente dominante y debajo de las artes de cultivo.

El muestreo bentónico de la concesión se llevará a cabo para identificar especies de 1 cm o más de longitud y el tipo de hábitat presente.

Se deben identificar todos los hábitats / sustratos.

5.1.17.1.3 Batimetría

Se debe realizar un levantamiento batimétrico con una resolución mínima de contornos de 10 m para generar perfiles de profundidad, relacionados con los datos del plano, dentro del contorno de depositación del modelo de $1\text{gC}/\text{m}^2/\text{día}$, y cubriendo toda la concesión, incluidas las estaciones de referencia cuando corresponda.

Se puede utilizar un plano batimétrico del Servicio Hidrográfico Canadiense que incluye contornos de perfiles de profundidad en incrementos cada 10 m en lugar de realizar un levantamiento batimétrico.

Las ecosondas, transductores y equipos asociados utilizados para generar el levantamiento batimétrico deben calibrarse según los estándares de la industria.

Las medidas de fijación de posición horizontal deben realizarse utilizando un Sistema de Posicionamiento Global diferencial (dGPS).

5.1.17.1.4 Muestreo del sustrato Bentónico

La información sobre el fondo marino se recopilará en ubicaciones representativas de toda la concesión y los límites de depositación de carbono de $1\text{gC}/\text{m}^2/\text{día}$, incluidas las estaciones de referencia cuando corresponda.

Muestreo del sustrato por localidades específicas:

- a. Quebec, Nueva Escocia, Nuevo Brunswick, Isla del Príncipe Eduardo o Terranova y Labrador, recolectan muestras del sustrato bentónico en el centro y en cada esquina del límite de arrendamiento

- b. Nuevo Brunswick, recolecta muestras del sustrato bentónico al final de una transecta de 50 m. desde el límite de la concesión, en la dirección de la corriente dominante
- c. Quebec, Nueva Escocia o la Isla del Príncipe Eduardo, recolectan muestras del sustrato bentónico entre 100 y 300 m desde el borde de la concesión, en la dirección de la corriente dominante.
- d. Columbia Británica, recolecta muestras del sustrato bentónico en un mínimo de dos estaciones de muestreo (a 30 m y 125 m desde el borde las jaulas) a lo largo de dos transectas que se alinean con el área de mayor impacto pronosticado y con las direcciones de corriente dominante y subdominante
- e. En referencia al punto anterior, si este tiene más de 200 m de longitud y su eje largo es perpendicular a la dirección de la corriente dominante, se requiere un muestreo adicional de la siguiente manera:

Por cada incremento de 200 m de longitud, se establecerán transectas adicionales con estaciones de muestreo a 30 y 125 m adyacentes a cada transecta establecida. Las transectas deben ser paralelas entre sí y estar separadas por un mínimo de 50 m. Basado en un contorno de $5\text{gC} / \text{m}^2/\text{día}$, calculado en el “Contorno Pronosticado”, las transectas deben ubicarse en la dirección de máxima deposición según lo determinado por este nivel.

Además de lo anterior, se deben cumplir los siguientes criterios relevantes para el muestreo del bentos utilizando dispositivos del tipo Draga o Core.

- a. Se deben registrar las coordenadas GPS en cada esquina de las estructuras y en todas las estaciones de muestreo. Las lecturas deben registrarse en grados decimales o coordenadas de Universal Transverse Mercator, utilizando el datum de 1984 como referencia.
- b. El dispositivo de muestreo (Draga o Core) debe tener un peso y un tamaño que garanticen que la muestra a coleccionar sea realizada de manera vertical y esté directamente debajo del área de despliegue sin evidencia de desviación
- c. Se debe recolectar al menos 3 muestras de cada estación. Antes de abandonar el muestreo de sedimento en una estación, deben ocurrir al menos 5 intentos fallidos, los cuales deben ser documentados.

- d. El agua suprayacente que está presente (indica una fuga mínima) debe eliminarse antes del procesamiento y almacenamiento mediante sifón, no se debe decantar
- e. El agua suprayacente debe ser clara o no excesivamente turbia.
- f. La interfaz sedimento-agua debe presentarse intacta y relativamente plana, sin signos de canalización o lavado de muestras.
- g. Debe haber una mínima pérdida de sedimento.
- h. Se deben tomar muestras sucesivas del sustrato que no haya sido alterado por el muestreo previo.
- i. Se debe desechar el exceso de sedimento de manera que minimice la posibilidad de contaminar las muestras posteriores.
- j. Se debe recoger al menos una submuestra que sea representativa de los 2 cm superiores de sedimento dentro de la muestra.
- k. Se deberá retirar todo el material no sedimentario, incluidos todos los fragmentos grandes de concha, peces, desechos de madera y rocas, antes de colocar el material en contenedores para análisis.
- l. Se debe mantener el nivel de muestra al conservarlas.
- m. Se debe eliminar el agua suprayacente rápidamente de la muestra y evitar las áreas de submuestreo donde pueda quedar agua suprayacente.
- n. La muestra no debe ser sobrellenada, de modo que la superficie del sedimento toca la parte superior de la muestra.
- o. La muestra con Core debe insertarse en ángulo correcto sin inclinación
- p. Todos los intentos de muestreo y las colectas de sedimentos deben documentarse claramente por video o imágenes para respaldar los criterios de aceptabilidad del enfoque de muestreo.

La siguiente información sobre el fondo marino debe recopilarse con las muestras colectadas:

- a. Latitud / longitud usando GPS
- b. Profundidad
- c. Fecha y hora de muestreo
- d. Textura y color del sedimento
- e. Foto de muestra de sedimento
- f. Presencia de burbujas de gas
- g. Estimación de la cobertura de la superficie de bacterias



- h. Estimación de la cobertura superficial de los gusanos marinos
- i. Presencia de heces y alimento para peces
- j. Presencia de material orgánico floculante
- k. Sulfuro libre
- l. Redox
- m. Tamaño de grano de sedimento; y Porcentaje de materia orgánica y porosidad solo en Quebec, Nueva Escocia, Nuevo Brunswick, Isla del Príncipe Eduardo y Terranova y Labrador; o Sólidos volátiles totales en Columbia Británica

Deben cumplirse los siguientes procedimientos al medir la concentración de sulfuro libre, Redox y tamaño de grano de sedimento en las muestras de sedimento:

- a. La concentración de sulfuro libre en las muestras de sedimento debe determinarse dentro de las 36 horas posteriores a la recolección, excepto en Columbia Británica, donde las muestras de sedimento deben analizarse dentro de los 5 minutos.
- b. Si las mediciones de concentración de sulfuro libre no se llevan a cabo dentro de los 5 minutos posteriores a la recolección de la muestra, las submuestras deben almacenarse entre 2 y 5 °C hasta que se analicen.
- c. Se debe utilizar una sonda de plata / sulfuro con un rango de sensibilidad al sulfuro de al menos 0 a 19,900 μM y una precisión de $\pm 5\%$ con un medidor de electrodo selectivo de iones (ISE) o un milivolt (mV) de resolución de 0.1 mV.
- d. La sonda debe calibrarse utilizando diluciones en serie de tres a cinco de una solución de sulfuro estándar, según sea necesario, comenzando con la solución más diluida.
- e. Las medidas de distribución de tamaño de grano de sedimento deben registrarse de acuerdo con la escala de tamaño de grano de Wentworth como un porcentaje de la masa total de la submuestra.

Las mediciones Redox deben realizarse de la siguiente manera:

- a. El electrodo de combinación Redox debe tener un medidor ISE o mV apropiado.
- b. La calibración de la sonda debe completarse antes de tomar las mediciones.



- c. Los valores Redox y la temperatura deben medirse al mismo tiempo que el sulfuro libre.

Cuando no se puedan obtener muestras se debe realizar un monitoreo visual

Excepción: No se requiere muestreo dentro de las áreas de la tenencia o el contorno de depósito de $1\text{gC}/\text{m}^2/\text{día}$ donde las profundidades exceden los 300 m.

5.1.17.1.5 Monitoreo Visual

El monitoreo visual del sustrato bentónico debe realizarse de la siguiente manera:

- a. Debe usar una cámara fija de mano o caída, o una cámara de video operada por un buzo, remolcada o remotamente.
- b. El peso de los dispositivos remolcados debe permitir un movimiento estable a una profundidad constante sin perturbar sedimentos del sustrato.
- c. Las cámaras utilizadas para la fotografía subacuática deben iluminar el sustrato bentónico a una intensidad equilibrada a la sensibilidad óptica de la lente de manera que se pueda ver un campo de visión uniforme.
- d. La resolución óptica de la lente de la cámara debe ser suficiente para que los organismos de más de 1 cm de tamaño puedan distinguirse a simple vista e identificarse en un campo de visión horizontal de 0,5 m x 0,5 m. El aumento de las especies observadas es aceptable, según sea necesario, para fines de identificación.
- e. Las cámaras de video operadas por el buzo, remolcadas o de forma remota deben funcionar a una velocidad constante que permita la identificación precisa de los parámetros visuales.
- f. El video original debe transferirse a medios de almacenamiento de formato digital sin edición de video posterior al muestreo.



5.1.17.1.6 Ubicaciones de las estaciones de monitoreo visual

En el caso de una instalación de acuicultura ubicada en aguas de marea en zonas adyacentes a Quebec, Nueva Escocia, Nuevo Brunswick o la Isla del Príncipe Eduardo, las imágenes se toman en las mismas estaciones especificadas de muestreo de sedimento.

En el caso de una instalación de acuicultura que se encuentra en aguas de marea o cerca de Terranova y Labrador, las imágenes deben registrarse con base en una cuadrícula de 100 m² dentro de la concesión. Se debe establecer al menos una estación en el borde de la matriz de contención propuesta.

En el caso de una instalación de acuicultura que se encuentra en aguas de marea o adyacente a Columbia Británica, las imágenes deben registrarse a lo largo de dos transectas que comienzan en el borde de la matriz de contención propuesta, alinearse con el área de mayor impacto previsto y con las direcciones de corriente dominante y subdominante y se extienden por un mínimo de 140 m, con una desviación máxima de $\pm 20\%$ de ese rumbo. Las imágenes también deben recogerse de las estaciones de referencia durante el periodo de muestreo.

Las coordenadas establecidas por el dGPS deben anotarse al comienzo y al final de cada transecta. Las lecturas deben registrarse en grados minutos decimales con 3 dígitos después del punto decimal, utilizando el datum norteamericano de 1983 como referencia.

Excepción: No se requiere muestreo dentro de las áreas de la tenencia o el contorno de depósito de 1gC /m²/día donde las profundidades exceden los 300 m.

5.1.17.1.7 Momento del muestreo

Se deben realizar estudios de sustrato bentónico o monitoreo visual antes de la introducción de peces en el sitio.

5.1.17.1.8 Información mínima del informe de resultados

- a. Se deben incluir las observaciones registradas de los estudios submarinos, incluidas las imágenes grabadas sin editar
- b. Un mapa con la ubicación de las transectas y la información del hábitat generada durante estas transectas a una resolución mínima de 1: 5000, la

batimetría del fondo marino a una resolución de contornos de 10 m; y la huella estimada de la deposición de materia bioquímica que exige oxígeno en contornos de 1, 5 y 10 gC/m²/ día

- c. Los resultados del muestreo de sedimentos como se especificó o los registros de intentos fallidos de muestreo de sedimentos
- d. Las grabaciones visuales sin editar deben enviarse con la siguiente información:
 - i. Datos posicionales que incluyen todos los puntos de inicio y parada y los puntos intermedios entre el uso de dGPS corregido
 - ii. Profundidad oceánica de la ubicación registrada; y para profundidades de video continuas a un mínimo de intervalos de 10 m
 - iii. Fecha y hora de muestreo
 - iv. Estimación de la cobertura de la superficie de esteras bacterianas
 - v. Estimación de la cobertura superficial de gusanos marinos

5.1.17.2 LEGISLACION AMBIENTAL ESCOCIA PARA MONITOREO AMBIENTAL SEPA "FISH – FARM – MANUAL – MONITORING – PROTOCOL – SPECIFICATION - TEMPLATE"

5.1.17.2.1 Monitoreo Bentónico

La persona responsable deberá llevar a cabo el siguiente programa de monitoreo durante el período definido como: dentro de un mes de la fecha en que la biomasa del Ces se ha reducido al 75% de la biomasa pick durante el último tiempo.

Los resultados deben informarse de acuerdo con los criterios descritos a continuación. Siempre que sea posible, se utilizará AutoDEPOMOD para identificar las direcciones de las transectas de muestreo y las distancias hasta el borde de la Zona de efectos permitidos (AZE). Las muestras se obtendrán a lo largo de un mínimo de una transecta.

La transecta principal debe correr a lo largo de la línea de la dirección de corriente predominante lejos del grupo de jaulas. La transecta primaria debe usarse siempre que sea posible, en el caso de que no sea posible el muestreo a lo largo de esta transecta, la transecta secundaria, puede usarse sujeto a la aprobación de SEPA.

Se obtendrán muestras a lo largo de ambas transectas Se pueden solicitar muestras adicionales para el análisis bentónico. Cuando hay más de un grupo de jaulas, con una



separación de 100 m, o donde hay dos huellas discretas de 30 ITI, las estaciones de muestreo se deberán retirar de cada grupo de jaulas. Cuando la transecta cruza un área del fondo marino sobre el cual se han colocado jaulas previamente, este asunto debe discutirse con el personal de SEPA antes del muestreo para determinar que alternativa es más adecuada. Las estaciones de referencia deben ubicarse, cuando sea posible, entre 500 y 1500 m de distancia de la concesión, en ubicaciones de exposición, profundidad y tipo de sedimento similares y no influidas por descargas u otras operaciones de acuicultura. Cuando la SEPA recomienda un lugar adecuado, se debe utilizar.

Las muestras se analizarán para detectar infauna bentónica y los siguientes parámetros fisicoquímicos:

- Redox (Eh),
- Carbono orgánico
- Análisis de tamaño de partículas (PSA)

Las notas de campo deben acompañar cualquier muestreo e incluir cualquier observación sobre las condiciones climáticas, problemas de fijación de posición, etc. También se debe hacer una descripción visual de los sedimentos, incluida la presencia de hongos dentro de las muestras, sedimentos anóxicos, etc. Se recomienda que tener en cuenta los procedimientos apropiados de salud y seguridad durante todos los procesos analíticos y de muestreo. Deben tomarse las medidas de seguridad adecuadas al manipular productos químicos, conservantes biológicos y manchas vitales. El personal de muestreo debe seguir cualquier política de desinfección *in situ*. Además, SEPA requiere que el muestreo y los análisis sean realizados por un experto calificado (con el conocimiento y la capacitación necesarios) en nombre de la persona responsable.

5.1.17.2.2 Registro de la toma de muestras

Todas las ubicaciones de muestreo deben tener posiciones registradas. El método más adecuado de fijación de posición es dGPS (Fijación de posición global diferencial). Cualquier otro método debe ser acordado con SEPA antes de comenzar el trabajo de campo. La posición de cualquier muestra se fijará lo más cerca posible del momento exacto en que se toma la muestra (por ejemplo, cuando el o los equipos toca el fondo). Esta posición debe mantenerse con precisión, o repetidamente, hasta que se hayan recolectado todas las muestras. Para fines de monitoreo, las posiciones deben poder recuperarse independientemente de la posición y orientación de la jaula en años sucesivos. Las



estaciones de muestreo a lo largo de una transecta se pueden medir utilizando una cuerda marcada desde el borde de la jaula.

5.1.17.2.3 Recolección de muestras

Todo el equipo de muestreo debe inspeccionarse antes de su uso, para verificar que esté en buen estado de funcionamiento; cualquier equipo defectuoso debe repararse o reemplazarse. Los equipos de muestreo deben lavarse entre la recolección de cada muestra. Las muestras se deben tomar con una draga *Van Veen* o similar con solapas de apertura superior para acceso y examen visual. El tamaño mínimo de agarre debe ser 0.02m², con 0.045m² y 0.1m² también disponibles para usar. En la recuperación, se abren las puertas superiores de la cuchara, con el volumen de muestra y las características del sedimento superficial. Cualquier muestra aleatoria que se encuentre incompleta, es decir, por mandíbulas abiertas debido a piedras, será rechazado. El volumen de muestra que se considera aceptable depende de los determinantes de la muestra y del área de estudio. Las muestras requeridas para los análisis químicos pueden ser bastante pequeñas, siempre que haya suficiente sedimento. Para el análisis de macrofauna, también se rechaza cualquier captura notablemente más pequeña en tamaño que las demás. En cada lugar de muestreo, se recolectará un mínimo de 2 muestras para proporcionar sedimento para análisis químicos. Se pueden recolectar submuestras para análisis químicos de la misma toma. El número de muestras de fauna dependerá del tamaño de captura utilizado: serán 5 réplicas utilizando una captura de 0.02m², 3 réplicas utilizando una captura de 0.045m² y 2 réplicas donde se utilizan capturas de 0.1m². Las muestras que se analizarán para el análisis de fauna deben obtenerse de muestras separadas y no deben submuestrearse para otros usos, por ejemplo, análisis de PSA.

5.1.17.2.4 Etiquetado de la muestra

Todos los recipientes donde se almacenarán las muestras deben estar limpias antes de su uso para evitar la contaminación y cada muestra debe estar claramente etiquetada. Además, cada muestra debe tener una etiqueta externa, claramente escrita en tinta indeleble, ya sea directamente sobre el recipiente de la muestra (preferiblemente en el recipiente en lugar de su tapa) o una etiqueta adhesiva firmemente adherida. Las muestras también pueden tener una etiqueta interna, impresa / escrita en papel impermeable con bolígrafo / lápiz a prueba de agua; Las etiquetas internas no deben comprometer la integridad de la muestra. Y la muestra puede etiquetarse con cualquier combinación de la información que se indica a continuación.



-La etiqueta debe contener información suficiente para garantizar que la muestra pueda identificarse de manera única.

-Nombre, número o código de estudio / proyecto

Ubicación del sitio de muestra (nombre, NGR, código o descripción) ·

-Nombre, número o código de la estación de muestra

-Número de réplica

-Tipo de muestra

-Detalles de la muestra (nombre / iniciales)

-Fecha (s) de muestreo

Si una muestra requiere dividirse en más de un envase, éstas deben estar etiquetadas como "1 de 2" o "2 de 2" según corresponda. Las muestras deben permanecer fácilmente identificables durante todo el proceso analítico. Donde las muestras cambian de manos, por ejemplo, enviado a un laboratorio acreditado para su análisis, es aconsejable obtener un recibo de transferencia o cadena de custodia.

5.1.17.2.5 Evaluación visual

Se deberá elaborar un informe sobre el estado del sedimento que describe: color (negro, marrón, etc.), consistencia física (arena, barro, grava de la cáscara, etc.) y textura (suave, firme, etc.). También se observará la presencia de pellets de pienso y/o las rayas blancas de *Beggiatoa* en la superficie sedimentada. La profundidad de los residuos orgánicos que revuelan los sedimentos "reales" debe observarse.

5.1.17.2.6 Redox Potential (Eh)

Este método es adecuado para la determinación del potencial de reducción/oxidación (Redox) de sedimentos marinos. La medida del potencial Redox (Eh) permite realizar comparaciones de la intensidad de las condiciones de reducción de un sitio a otro sitio y, por lo tanto, actúan como un indicador del grado de carga orgánica. Eh es una medida cualitativa no cuantitativa (como una concentración). En general, cuanto más negativo sea el Eh, menor será la capacidad del sedimento para intercambiar electrones, lo que perjudica las reacciones químicas vitales para que el sedimento sostenga la vida. El potencial de Redox también se puede utilizar como un indicador de sulfuro en los sedimentos, ya que, "Eh (potencial Redox) siempre es negativo en presencia de sulfuro y positivo en su ausencia" (Nissenbaum *et al.* 1972), pero no puede utilizarse como una



concentración. Este método es adecuado para sedimentos recogidos por draga y core. Para determinar los valores Eh, se debe utilizar un medidor Redox portátil con un electrodo adecuado y una sonda de referencia, también se puede ocupar un electrodo combinado.

El equipo utilizado debe calibrarse (anualmente como mínimo) y mantenerse en buen estado de funcionamiento de acuerdo con las instrucciones del fabricante. Las soluciones utilizadas deben desecharse después de 6 meses de apertura, o de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

Antes de su uso, la sonda debe probarse utilizando una solución de referencia de valor mV conocido (por ejemplo, la solución de Zobell preparada comercialmente). Todas las lecturas del medidor deben corregirse por la diferencia entre el valor de la solución de referencia esperado y la lectura real del medidor. Este valor de corrección de solución de referencia debe agregarse a un segundo valor de corrección que sea específico de cada tipo de sondeo para convertir los valores mV obtenidos de las muestras a Eh. Este segundo paso es esencial, ya que el Anexo A del manual de la piscifactoría SEPA otorga normas de calidad Eh que se han corregido al electrodo de hidrógeno estándar (SHE) y, por lo tanto, esta misma corrección debe aplicarse a las lecturas mV obtenidas de las muestras. Típicamente esto se ha hecho por la adición de 198mV a las mediciones de Redox crudo, pero es aconsejable consultar con el fabricante de la sonda para asegurar el valor correcto para la sonda. Tenga en cuenta que este valor varía sutilmente con la temperatura por lo que se recomienda que la temperatura del sedimento se mida antes de que comiencen las lecturas.

5.1.17.2.7 Carbono u material orgánicos (pérdida en la ignición)

Como mínimo, en cada lugar de muestreo, se recogerá una submuestra (50 ml) de sedimento de la superficie de la muestra (0-2 cm) y se almacenará en un recipiente hermético. Las muestras deben conservarse en una caja fría hasta que puedan congelarse para su posterior análisis. Se recomienda utilizar, como mínimo, el método de pérdida en ignición (% LOI) siguiendo el procedimiento de Allen *et al.* (1974). El carbono orgánico total también se puede medir por combustión (debe especificarse el método utilizado).

5.1.17.2.8 Análisis del tamaño de las partículas

Como mínimo, en cada lugar de muestreo, se debe recoger y almacenar una submuestra (>100 ml) de sedimento en un recipiente adecuado. Las muestras deben recogerse empujando un core verticalmente a través del sedimento. Las muestras deben conservarse en una caja fría hasta que puedan congelarse (si procede) para su posterior análisis. La evaluación de la distribución del tamaño de partícula de los sedimentos se determina generalmente mediante tamizado en seco o granulometría láser, aunque otros métodos son posibles. El método utilizado debe citarse en cualquier informe final. Para los análisis láser, se pueden utilizar muestras frescas o se pueden almacenar muestras durante la noche en un refrigerador a 4°C o a más tiempo en una congelación profunda a -18°C. Los resultados de granulometría láser se notifican gráficamente y en formato de tabla. Para el tamizado en seco, se recomienda el almacenamiento a -18°C, antes del secado. Las muestras pueden congelarse o secarse al horno. Los sedimentos tamizados pasan a través de cada tamiz en una pila. Las fracciones de tamaño se pesan y los resultados se expresan como un porcentaje del total.

5.1.17.2.9 Biología Bentónica y Preparación de las muestras

Cada réplica de la muestra debe procesarse por separado. El dragado, el tamiz y cualquier recipiente utilizado deben limpiarse y enjuagarse entre cada muestra recogida para evitar la contaminación cruzada. Las muestras generalmente se tamizan en el lugar, y son lavadas con agua de mar, a través de un tamiz de malla metálica de 1 mm. Todo el contenido de la toma se vacía en el tamiz, o se vacía en un recipiente y se transfiere al tamiz. Se debe tener cuidado de evitar cualquier pérdida de muestra, asegurando que todo el sedimento se retire de la toma y no se derrame ningún sedimento. El material retenido en el tamiz (incluyendo cualquier concha o piedra grande, que puede tener animales incrustadores unidos) se transfiere a un recipiente hermético claramente etiquetado. También se debe tener cuidado de no dejar individuos en el tamiz. Alternativamente en el campo, las muestras pueden almacenarse en recipientes por completo y por separado en recipientes sellados, etiquetadas o bolsas de plástico dobles.

Las muestras se deben conservar posteriormente utilizando formalina tamponada (50 g de tetraborato de sodio en 2,5 litros de solución de formaldehído al 40%, diluida con agua de mar al 4% de solución), tan pronto como sea posible.

Estudios de residuos en el fondo marino por uso de tratamiento contra Caligus (Slice®) se realizarán post tratamiento entre 80 y 169 días después del cese del ultimo tratamiento del



ciclo actual si el producto no se ha utilizado en un periodo de 24 meses o el ciclo de crecimiento actual, no será necesario.

5.1.17.3 LEGISLACIÓN NORUEGA REFERENTE AL MUESTREO AMBIENTAL “NS-9410:2016”

5.1.17.3.1 Monitoreo ambiental

El Ministerio puede, en decisiones o regulaciones individuales, exigir a cualquier persona que tenga o solicite un permiso de acuicultura que realice o pague los estudios ambientales necesarios para documentar el estado ambiental dentro del área de influencia del sitio en el establecimiento, operación y eliminación gradual de la acuicultura. Los estudios ambientales bajo esta disposición pueden incluir, entre otras cosas, estudios para aclarar si las actividades de la acuicultura causan, han causado o pueden causar un impacto ambiental y de qué manera. El Ministerio puede emitir regulaciones sobre tarifas y cargos por realizar estudios ambientales bajo los auspicios del sector público. Los honorarios y cargos obligatorios son motivos obligatorios para los gastos (Modificado por la Ley 21 de junio de 2013 No. 74, Inc. 1 de julio de 2013 de conformidad con la Res. 21 de junio de 2013 No. 745).

5.1.17.3.2 Vigilancia ambiental

Se llevará a cabo un monitoreo ambiental de sitios en agua de mar con producción de peces. Un monitoreo de tendencia de las condiciones del fondo debajo de la planta se llevará a cabo de acuerdo con NS-9410 - Monitoreo ambiental de plantas de peces de alimentos marinos o norma internacional equivalente / norma reconocida por un organismo competente. Un organismo competente debe documentar la competencia profesional relevante para el cliente y ser un cliente independiente.

La investigación ambiental se llevará a cabo por primera vez en la acuicultura de salmón, trucha y trucha arcoíris en el momento del ciclo de producción, donde existe la mayor carga o biomasa en el sitio. Se realizará un estudio ambiental para la acuicultura de especies de peces que no sean salmón, trucha y trucha arco iris por primera vez cuando se produzca más de un tercio de la biomasa permitida según lo especificado en el permiso de acuicultura. Posteriormente, los estudios ambientales se realizarán de acuerdo con las frecuencias proporcionadas por NS-9410 o una norma internacional equivalente o norma reconocida. Preferiblemente, los estudios deben realizarse en el momento del ciclo de producción donde la mayor carga o biomasa se encuentra en el sitio.



En lugares donde las encuestas son difíciles de llevar a cabo de acuerdo con NS-9410 o estándares internacionales equivalentes o normas reconocidas debido a la ubicación de profundidad o fondo de roca o montaña, la oficina regional de la Dirección de Pesca puede, en consulta con el Departamento de Protección Ambiental del Condado, tomar una decisión sobre un programa de monitoreo alternativo.

Una vez completada la investigación, se informará a la oficina regional de la Dirección de Pesca.

5.1.17.3.3 Limpieza del sitio

Cualquier persona que opere la acuicultura deberá, en el cese total o parcial de la producción, limpiar el sitio y las áreas adyacentes, incluida la eliminación de organismos, instalaciones, equipos, etc. El Ministerio puede, en decisiones o reglamentos individuales, estipular que la persona que realiza la acuicultura está obligada a recuperar las especies vulnerables. El Ministerio puede emitir regulaciones sobre la obligación de proporcionar seguridad para la obligación de limpieza y recuperación de conformidad con los párrafos primero y segundo. El Ministerio puede emitir regulaciones sobre un esquema de tarifas para asegurar la implementación de la obligación de limpieza y recuperación. La tarifa establecida es una base obligatoria para los gastos.

5.1.17.3.4 Medidas en caso de condición ambiental inaceptable

Si el monitoreo presenta una condición ambiental inaceptable (según el estado NS-9410), se deberá tomar un mayor número de muestras en el sitio (estudio extendido). La Dirección Regional de Pesca puede, en consulta con el Departamento de Protección Ambiental del Condado, también requerir un examen de la condición del fondo durante la instalación (zona cercana) y más allá en el receptor (zona remota) (en NS-9410 llamado examen C) de acuerdo con NS-9410, cf. o equivalente internacional norma estándar o reconocida, que en el caso debe ser realizada por un organismo acreditado para realizar la tarea.

Si las investigaciones bajo la primera subsección muestran un estado ambiental aún inaceptable, la oficina regional de la Dirección de Pesca, en consulta con el Departamento de Protección Ambiental del Gobernador del Condado, puede tomar una decisión sobre el cierre del sitio.

5.1.17.4 Límites de aceptabilidad de Fósforo y Nitrógeno



En este sentido, NIVA (1994) señala para no registrar efectos adversos, la concentración de Nitrógeno en el sedimento no debe ser superior al 0,2%, mientras que, la concentración de Fósforo debe ser inferior al 0,05%.

Así mismo, en el informe final para la generación de una norma de calidad secundaria de sedimentos marinos y lacustres (UPLA 2002), se señala que las concentraciones de nitrógeno en sedimentos marinos deben estar en un rango superior al 0,1 %, sin embargo, no presenta un límite máximo, esto debido a que según los datos colectados a nivel nacional no se evidenciaron diferencias entre los contenidos de nitrógeno en sedimentos naturales y sedimentos intervenidos, por otra parte, este informe técnico indica que la concentración de Fósforo debiese mantenerse entre un 0,2% a 1% en el sedimento.

A continuación, se presenta tabla comparativa por país en relación a estándares ambientales.

Tabla 5 - Estándares ambientales solicitados

PAIS	ESTANDAR	CATEGORIA	DENTRO ZEP	FUERA ZEP	LIMITE ACEPTABILIDAD
Escocia	Redox	General		0-3 cm del sedimento <-125 mV	
	Sulfuros			4800 mg/kg (peso seco)	
	Carbono orgánico			9%	
	Zinc			270 mg/Kg (peso seco)	
	Cobre			390 mg/Kg (peso seco)	
	N° Taxa		Al menos 50% de las taxas presentes en estación de referencia	< 2 taxa poliquetos (replicas agrupados)	
	N° Taxa			2 o más replicas con ausencia de macrofauna	

PAIS	ESTANDAR	CATEGORIA	DENTRO ZEP	FUERA ZEP	LIMITE ACEPTABILIDAD
	Abundancia		Las abundancias de los poliquetos de zonas enriquecidas orgánicamente no deben exceder el 200% en comparación de la estación de referencia	Poliquetos comunes de zonas con enriquecimiento orgánico en abundancias anormalmente altas	
	I. Shannon Weaver		60% del valor del sitio de referencia	N.A.	
	ITI (infaunal Trophic index)		50% del valor del sitio de referencia	N.A.	
Canadá	Sulfuros	General	>1500 g		
			Entre 1501 g y 6000 g	Plan de remediación	
			> 6000 g	Plan de recuperación	
Chile	Oxígeno	5 (>60 m.)	$\geq 2,5$ mg/L		Se constatará si se incumple el límite de aceptabilidad ($\geq 2,5$ mg/L) en a lo menos el 30% de los perfiles

5.2 Resultados asociados al Objetivo 2

Los resultados que se presentan a continuación han sido elaborados de acuerdo con los requerimientos que contempla el objetivo N° 2 especificado en las bases, el cual indica **“Evaluar y proponer las variables, metodologías y/o tecnologías adecuadas para determinar la condición ambiental de centros de acuicultura ubicados a profundidades mayores de 60 metros”**.

Los términos de referencia indican que, de los antecedentes recopilados, el consultor deberá evaluar y proponer aquellas metodologías, diseño de monitoreo, instrumental y/o Variables más adecuados para la evaluación ambiental de centros de cultivo categoría 5, fundamentando en cada caso aquellas metodologías y variables seleccionadas. Para esto, se requiere que la evaluación realizada considere a los diferentes tipos de cultivo que se encuentren clasificados en categoría 5, indicando además las dificultades, falta de registros, errores de medición, u otros aspectos que sean recomendables de mejorar y/o modificar.

En cuanto a la elaboración de la propuesta, se requiere que el consultor coordine instancias de discusión y/o consultas a expertos, respecto de las variables, metodologías e instrumentos más adecuados para la determinación de la condición ambiental de centros categoría 5. Posteriormente, el ejecutor deberá coordinar una reunión de trabajo, para presentar y consensuar dicha propuesta con la contraparte técnica de Subpesca u Sernapesca.

En este contexto, a continuación, se presentan los resultados para este objetivo.

5.2.1 Propuesta metodológica de muestreo

A partir de la información recopilada y presentada en el Objetivo 1, se elaboró una propuesta de muestreo, la cual posteriormente fue presentada en un taller de expertos.

Esta propuesta, contempló los siguientes aspectos:

En principio, la idea central fue encontrar un estándar internacional susceptible de ser utilizado como base para el diseño. Luego de recopilar información, se tomó como base el Aquaculture Stewardship Council (ASC), que se basa en normas como la de Scottish Environment Protection Agency (SEPA), que incluye en sus monitoreos una matriz de variables fisicoquímicas y ecológicas, todas las cuales están incluidas en los contenidos que hoy exige la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura en nuestro país, bajo la Res. Ex. N° 3.612/09 y sus modificaciones.



Ésta se diferencia de aquellas en el objetivo y la forma de aplicación. En este ámbito, y siguiendo la experiencia de la SEPA, la propuesta incluirá un diseño muestral y análisis de información que se iniciará con una modelación del área de dispersión de sólidos o carbono orgánicos en los sedimentos, lo que permitirá establecer a priori, las zonas hipotéticas donde se espera encontrar la mayor perturbación del bentos. Debe recordarse que hoy existen modelos que permiten obtener una aproximación útil para los fines de este estudio, entre los cuales se cuenta el software DEPOMOD, donde POCH (2013) evidenció una buena aproximación de este programa a la realidad nacional. Esta argumentación fue bien recibida por los expertos.

Con una modelación, se propone establecer un mapa del sustrato, que permita establecer los sectores a muestrear de manera de obtener los indicadores ambientales adecuados para evaluar los centros de cultivo. Este enfoque, finalmente se traducirá en una optimización de los recursos y esfuerzo, acortando los tiempos de muestreo, análisis y obtención de resultados, con la consecuente mejora de la eficiencia de la gestión ambiental en forma transversal, tanto de laboratorios, consultoras, como de organismos públicos.

Si bien se propone utilizar las mismas variables ambientales que hoy están vigentes en la normativa, el enfoque será diametralmente distinto, modificando la cantidad y ubicación de estaciones, la forma de medición, la forma de analizar y finalmente la de interpretar.

Para ello se utilizará como base la vasta experiencia que poseen organismos internacionales como la SEPA, los cuales utilizan complementariamente herramientas como el DEPOMOD; algunos índices bióticos nuevos validados y por lo tanto vigentes, además de muestreo del bentos, ya sea mediante dragado o análisis de filmaciones submarinas. En este sentido, para fondos con sustrato duros, se aplicarán filmaciones puntuales, que, si bien se utilizan para comprobar la imposibilidad de extraer sedimento, pueden perfectamente utilizarse para medir la diversidad y además las características del fondo.

Esta actividad permitirá uniformizar no sólo la información levantada para los centros categorías 5, sino también en caso de ser necesario, puede ser utilizado para actualizaciones en todas las restantes categorías.

En este punto, es importante señalar, que por ejemplo el ASC no establece límites a la profundidad del centro o a la producción. Por el contrario, coloca el acento en el área de sedimentación, y en definir lo más certeramente posible la zona de mayor impacto y aquella donde la comunidad del bentos presenta perturbación no significativa, límite que



en el ASC es conocido como Zona de Efectos Permitidos. Este enfoque permite que, para una ubicación determinada de los módulos en los centros de cultivo, sea conocida *a priori* la red de estaciones, evitando subjetividad en el proceso del diseño del muestreo, aspecto que se propone, sea visado por la autoridad.

La categoría 5, desde sus inicios ha medido perfiles de OD, dando énfasis a los valores que se obtienen a 1 m del fondo. La evidencia empírica ha demostrado con el tiempo (más de 10 años de mediciones), que su aplicación está asociada a una gran incertidumbre, por cuanto, los procesos de consumo de oxígeno producto de la oxidación de materia orgánica ocurren en los primeros centímetros e incluso milímetros sobre la interfase agua sedimento, y no necesariamente a 1 metro del fondo, donde la explicación causa – efecto, podría ser distinta a la esperada, y representar otros procesos que están ocurriendo en la columna de agua y no a la degradación de la materia orgánica producida por el centro de cultivo.

Los procesos que regulan el contenido de oxígeno en la columna de agua son diversos, y su concentración no necesariamente corresponde a los procesos biogeoquímicos que ocurren en el sedimento o en el bentos, sino más bien, responden a procesos dinámicos que se explican principalmente por la hidrodinámica, tales como corrientes y diferencias en densidad, entre otros. Es decir, su respuesta se encuentra más bien en el campo de la oceanográfica física.

Es por esto, que las bajas de oxígeno detectadas en centros categoría 5, y que han establecido anaerobiosis en los centros de cultivo, probablemente responden más bien a procesos naturales propios de la cuenca marina, propios de sistemas como fiordos que presentan eventos de bajas de oxígeno en forma natural, más que en los efectos anaeróbicos productos del enriquecimiento orgánico de los sedimentos, incluso de procesos de eutroficación de la columna de agua, esto es, descartando procesos naturales de surgencia, los cuales son propios de menores latitudes.

En la resolución vigente (Res. Ex. N°3.612/09), se incluye mediciones de temperatura, OD y salinidad. La metodología de muestreo cobra importancia dependiendo de la orientación de las corrientes y de si existe o no estratificación. En este sentido, es relevante conocer la hidrodinámica del sector, al menos en forma general, conociendo al menos los campos de corrientes en toda la columna de agua, lo cual facilita la modelación y el diseño muestral. Es por ello que, se privilegiará para el proyecto centros de cultivo que posean correntimetría de 15 o 30 días, y de toda la columna de agua. Esto permitirá conocer el comportamiento del flujo de las corrientes, evaluando sus características aguas arriba y



aguas abajo del centro de cultivo, independiente de su orientación. Del mismo modo, mediante una modelación, la cual puede ser mediante DEPOMOD o un método directo como el propuesto por Gowen *et al.* (1989), se evaluará el campo de depositación del material orgánico generado por el centro de cultivo, de manera de plantear las hipótesis de trabajo referente a la calidad de agua y sedimento.

Se analizará la estructura de la columna de agua en términos de diagramas T-S, de manera de analizar las características de la columna de agua y relacionarlas con la concentración de OD, tanto aguas arriba como aguas abajo del centro de cultivo. En este punto se dará énfasis a la medición en los primeros centímetros de la columna de agua, depositando el equipo lo más cercano al sedimento como sea posible, luego midiendo a 50 cm del fondo, posteriormente a 1 m del fondo (tal como lo contempla hoy la Res Ex. N° 3.612) y a partir de esta profundidad cada 5 m en dirección a la superficie.

Este diseño permitirá establecer a qué profundidad se genera la mayor baja de OD y la mayor varianza en las mediciones, correlacionando la información con la producción del centro. Para realizar las mediciones, en una estructura piramidal se dispondrá el equipo CTDO o sonda de oxígeno, contando de esta manera con una adaptación metodológica para efectuar mediciones de calidad de agua, utilizando los mismos equipos que hoy existen en el mercado, experiencia que ya fue realizada con éxito por POCH (2013) para el proyecto Evaluación de Anaerobiosis en Fondos Duros (SUBPESCA).

Al respecto, también es probable que los resultados den cuenta que algunos parámetros son más explicativos de la variabilidad ambiental, y que, por el contrario, se esté midiendo variables que no aportan a la explicación de los fenómenos que se observan.

En este contexto, el principal impacto, o al menos el que es factible de hacer seguimiento y que está directamente relacionado con la actividad productiva se expresa primariamente en el sedimento, generando no sólo un consumo de oxígeno, sino también modificando la estructura de los ensambles bentónicos.

Independiente del tipo de categoría del centro, el principal desecho que genera enriquecimiento orgánico de los sedimentos pueden ser las fecas, pseudofecas, y el alimento no consumido, dependiendo del tipo de cultivo. Independiente del origen, el material orgánico se acumula en el sedimento, y esta acumulación de sustancias orgánicas devienen en una modificación de la composición física, química y biológica, que implica cambios ecológicos significativos producto de la modificación del hábitat, no solo de macroinvertebrados, sino también de meiofauna, bacterias, protistas, entre otros. En este sentido, es importante señalar que es factible detectar los efectos tóxicos evaluando los



cambios fisicoquímicos y biológicos que se generan en cada matriz. En este sentido, la resolución acompañante del RAMA ha incluido mediciones de oxígeno y otras variables en la columna de agua, como también en el sedimento la granulometría, materia orgánica, macroinvertebrados bentónicos, pH, ORP dependiendo de la categoría del centro, incluyendo filmación submarina, dada la imposibilidad de extraer sedimento.

Históricamente se ha querido limitar el análisis sólo a materia orgánica, eliminando la granulometría y pH. Sin embargo, ambas variables permiten validar el contenido de MOT y los de ORP cuando estas variables son dudosas, por lo que es un error eliminarlas, en especial cuando carece de información base. Además, hay infinidad de estudios que correlacionan satisfactoriamente estas variables con la biota, dado que forman parte del hábitat de los macroinvertebrados, y conocer el tamaño medio de partículas o el contenido de arena o fango, puede ser relevante al momento de interpretar el valor como indicador biológico, ya que estos pueden estar respondiendo más bien a la composición granulométrica más que al contenido orgánico del sedimento, instancia donde es importante la composición o estructura del sedimento donde la fauna habita, dado que la fauna se asocia o puede ser explicada más por una fracción de sedimento que por el conjunto. Como se ignora si esto es aplicable a todos los tipos de centros de cultivo y ambientes, se propone, mediante análisis multivariable, establecer cuál es la fracción o fracciones sedimentarias que mayormente explican la estructura de los ensambles. Esto permitirá optimizar recursos, dejando, por ejemplo, para algunos tipos de categorías o sectores geográficos, algunas fracciones sedimentarias solamente.

Si bien la metodología MOM (Modelling Ongrowing fish farm - Model System) es la única que relaciona ambas variables, utilizar tanto el pH como el Redox sólo tiene sentido a la luz de estos estudios. En este sentido, retomar o reflotar este análisis de información, pero adaptada puede ser una manera de simplificar.

De las variables biológicas, hoy la Res. Ex. N° 3.612/09 incluye sólo la presencia/ausencia de ciertos organismos. Sin embargo, no se ha incluido o no se han analizado los cambios en la estructura de las comunidades del bentos. Por otro lado, se presenta la diversidad de Shannon-Weaver (H'), la dominancia (D) y el índice de uniformidad de Pielou (J), pero sin solicitar un análisis integral. Al respecto, un aspecto muy importante de considerar es el análisis integrado mediante un análisis multivariable que realiza Borja *et al.* 2000, el M-AMBI. Claramente esta forma de analizar la información ayuda a interpretar de mejor manera lo que ocurre en el bentos. Es decir, en el M-AMBI, el AMBI se retroalimenta con la riqueza y con la diversidad de especie. Si no se hace esto, se cae en un error, dado que dos



valores similares de diversidad (H') en estricto no necesariamente son comparables entre sí, debido a que ambos dependen de la riqueza de especies y del grado de contribución o participación de cada especie al conjunto muestral.

Profundizando aún más, hoy es importante mencionar que existe una discusión sobre la mesa respecto de la aplicabilidad del AMBI y de otros índices. Un índice interesante de analizar es la distinción taxonómica, la cual le da valor al “dato” de la especie encontrada más que sólo al análisis numérico, donde la componente taxonómica cobra importancia. Este análisis un poco más profundo, si bien no es necesario aplicarlo a todos los casos, puede servir para dilucidar los reales efectos ambientales que la actividad podría estar generando, permitiendo poner alertas tempranas respecto los efectos sobre el ambiente de la calidad del bentos, como indicador de la capacidad de carga.

El equipamiento y la forma de utilizarlos estarán basados en la Res Ex. N° 3.612/2009. Para todo el levantamiento se utilizarán los mismos equipos que se utilizan en categorías con menor profundidad, adoptando las medidas necesarias para asegurar el buen funcionamiento de estos equipos en condiciones de mayor profundidad.

Se propuso filmaciones puntuales, en las mismas estaciones y réplicas donde se muestrearán macroinvertebrados. Estas filmaciones serán efectuadas de tal manera que permita calcular las densidades de los organismos que se visualicen y que permita calcular índices de diversidad. Para todo ello existe literatura técnica disponible.

En cuanto al análisis de información, se construirá una base de datos con los resultados obtenidos, la cual entregue información del tipo de exposición del centro (hidrodinámica), categoría vigente del centro, nivel de producción y resultados obtenidos, entre otros. De igual manera, se incluirán recomendaciones respecto a los límites de aceptabilidad para centros con profundidades sobre los 60 metros, hoy clasificados como categoría 5.

Se intentará establecer con la información levantada relaciones entre niveles de producción y los gradientes de perturbación observada, para lo cual será necesario establecer cuáles son las variables que más explican el enriquecimiento orgánico en cada uno de los centros en estudio. De todas las variables incluidas en los muestreos, no todas van a explicar de la misma forma la variabilidad ambiental observada, por lo cual, los análisis estadísticos multivariados (BIOENV, Canónico, entre otros), permitirán detectar patrones entre variables, con lo cual se espera identificar las variables con mayor poder explicativo en relación a los efectos de la contaminación orgánica del sedimento (o columna de agua) producido por la actividad acuícola en los distintos centros analizados.



Además, permitirá evaluar, en qué medida el oxígeno es una variable idónea para tal evaluación. Considerando que se evaluará al menos dos tipos de centros de cultivo (mitílidos y salmónidos) y distintos ambientes (cerrados, expuestos, entre otros), el análisis permitirá además dar luces respecto de la interpretación de estos resultados a la luz de la ubicación geográfica, nivel de producción, entre otros. Esto permitirá responder por ejemplo a la interrogante ¿Cuáles con las variables que más explican el enriquecimiento orgánico en un cultivo de mitílidos o de salmónidos? Esto, sin duda, y como primera aproximación permitirá reducir los tiempos de evaluación y los costos involucrados. De esta manera, el análisis debería ayudar a indicar cuál es la mejor variable para evaluar la calidad ambiental, y la necesidad de incluir variables adicionales, en caso de que sea necesario, para la toma de decisiones respecto de la salud ambiental del área.

Se propone que en cada centro disponible se realizará una INFA categoría 5 de acuerdo con las especificaciones de la actual Resolución Acompañante. En paralelo, y a fin de efectuar comparaciones, en cada uno de los centros de cultivo se efectuará un muestreo de calidad de sedimento y macrofauna según la actual Res Ex. N° 3.612, además de una filmación submarina considerando los criterios señalados por POCH (2013), efectuando filmaciones puntuales en las mismas estaciones destinadas a evaluar la calidad de sedimento.

El diseño de muestreo de sedimento estará basado en la metodología ASC, es decir, se efectuará dentro y fuera de una Zona de Efectos Permitidos, que como ya se ha mencionado se ha homologado al Área de Influencia, la cual será definida de acuerdo a modelación de dispersión de sólidos.

Tanto al interior como fuera de esta zona de efectos permitidos se efectuarán perfiles de calidad de agua (los mismos parámetros que contempla la Res. Ex. N° 3.612), con la metodología y en las profundidades que ya fueron descritas en párrafos anteriores. Para estos perfiles, al menos la mitad quedará ubicada aguas arriba y la otra mitad de ellos aguas abajo del centro, en relación con el flujo predominante de corrientes.

De acuerdo con el diseño planteado, se muestreará un máximo de 7 centros, distribuidos principalmente en el Estuario del Reloncaví, área de Hornopirén, Fiordo Comau, Ilque, Huelmo principalmente, o algún sector de Chiloé que cumpla con la categoría 5.

El número de campañas por centro será de dos, y si las condiciones lo permiten en dos o tres centros se podrá efectuar un seguimiento en 3 oportunidades. Las limitantes para este seguimiento será la disponibilidad de información del centro, principalmente en cuanto a datos de producción, corrientes adecuadas para modelación, entre otros.

Además, los centros a evaluar deberán estar disponibles de manera tal que permita efectuar el levantamiento de información en una misma campaña de muestreo y no de manera fraccionada.

Debido a condiciones climáticas, los muestreos se planificarán para inicios de otoño, primavera y/o principios de verano (cerca del máximo de biomasa).

Se enfatiza que se busca establecer aquellas variables que más explican la varianza observada, lo cual será analizado mediante un enfoque multivariable. Por lo tanto, las variables o parámetros finales que se propondrán para el desarrollo de los objetivos 4 y 5, no necesariamente serán todos aquellos presentados en este apartado.

Del mismo modo, la cantidad de estaciones de monitoreo propuestas en el diseño pudiesen variar en el diseño de propuesta final, dependiendo de los resultados obtenidos.

Esto último es vital para la estimación de costos y optimización de los recursos, maximizando la calidad del parámetro de calidad ambiental.

Como modelo tentativo de presentación de resultados finales se propuso un diagrama similar al que hoy utiliza el AMBI (Figura 31), a saber:

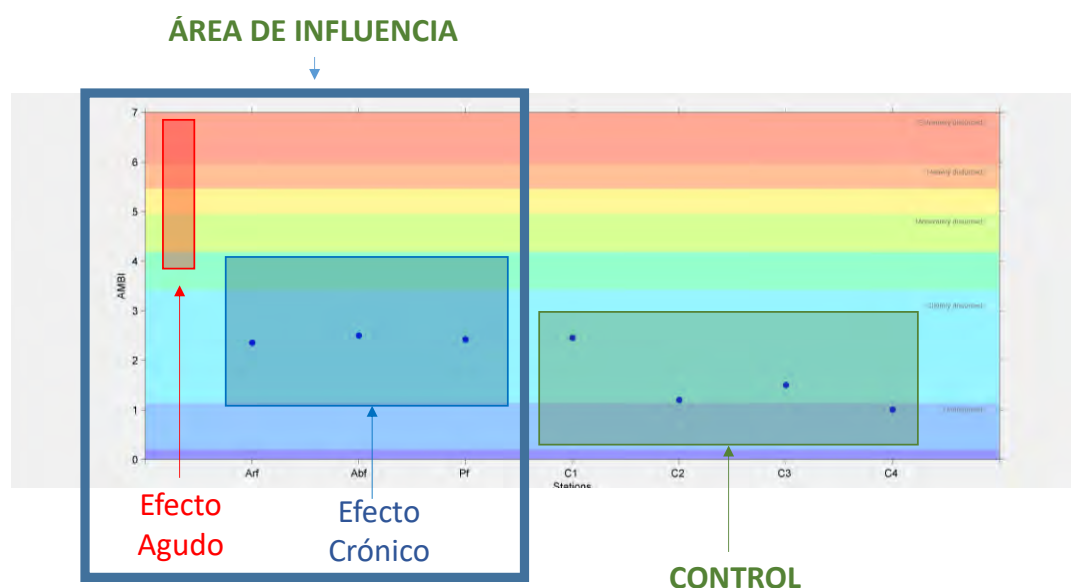


Figura 31 - Modelo tentativo de presentación de cumplimiento ambiental.

5.2.2 Discusión con expertos de la metodología de muestreo



A fin de generar una instancia de discusión y/o consultas a expertos de los aspectos mencionados en el punto anterior, en relación a las variables, metodologías e instrumentos más adecuados para la determinación de la condición ambiental de centros categoría 5, se organizó un Taller de Expertos donde fueron invitados consultores, científicos, profesionales de IFOP, Subpesca y Sernapesca (ver Tabla 6, Figura 32, Figura 33 y Anexo B).

5.2.3 Participantes al taller

En común acuerdo con Subsecretaría de Pesca, se confeccionó la lista de expertos invitados, la cual se presenta en el Anexo B Invitación y listado de expertos y en la Tabla que a continuación se presenta.

Tabla 6 - Lista de expertos consensuada con Subsecretaria de Pesca.



N°	Experto	e-mail	Teléfono	Lugar
1	Dr. Ramón Ahumada	rahuma@ucsc.cl	(56-41) 2345250	Concepción
2	MSc Nelson Silva Sandoval	nelson.silva@pucv.cl	+56 32 2274246	Valparaíso
3	Dr. Eduardo Quiroga Jamett	eduardo.quiroga@pucv.cl	+56 32 2274252	Valparaíso
4	MSc. Sandra Marín Arribas	smarin@uach.cl	---	Puerto Montt
5	Dr. Carlos Patricio Aranda Borghero	caranda@ulagos.cl	065-322443	Puerto Montt
6	Dr. Robert Stead Faille	stead@ulagos.cl	(56) 65 2 322421	Puerto Montt
7	Dr. Iván Pérez Santos	ivan.perez@ulagos.cl	+56 64 2322447	Puerto Montt
8	Patricio Steffen	patriciosteffen@gmail.com	+56 65 4741812	Puerto Montt
9	Dr. Mario Cáceres	mario.caceres@uv.cl	32-2507865	Valparaíso
10	Dr. Giovanni Daneri	gdaneri@ciep.cl	+56 (67) 2247817	XI
11	Dr. Rodrigo Torres	rtorres@ciep.cl	+56 (67) 2247823	XI
12	Edwin Niklitschek	edwin.niklitschek@ulagos.cl	---	Puerto Montt
13	Dr. José Luis Blanco	jose.blanco.garcia@gmail.com	(9) 7988 6499	
14	Dr. Laura González	l.laura.gonzalez@gmail.com	9 96722799	
15	Dr. Gastón Vidal	gaston.vidal@ifop.cl	65 - 2342019; 65 - 2317341	Puerto Montt

N°	Experto	e-mail	Teléfono	Lugar
16	Dr. Heraldo Contreras	heraldo.contreras@ifop.cl	65 - 2576023	Puerto Montt
17	MSc. Luis Filun	lfilun@ulagos.cl	(64) 2333321; 2333482	Puerto Montt
18	Dr. Eulogio Soto	eulogio.soto@uv.cl	32-2507855	Valparaíso
19	Nicolás Rozbaczylo	nrozbaczylo@bio.puc.cl	(56-2) 2354-4000	Santiago
20	Dr. Carlos Molinet	cmolinet@uach.cl	65- 2277126	Puerto Montt
21	Ruth Alarcón	ralarcon@sernapesca.cl	---	Puerto Montt
22	Yenny Guerrero	yguerrero@sernapesca.cl	---	Valparaíso

La invitación fue enviada por correo electrónico, cuyo contenido se encuentra en la Figura siguiente.

Estimado Dr:

En el marco del proyecto **FIPA N° 2017-14 “Revisión y análisis de la evaluación ambiental de los centros de cultivo categoría 5”**, el Fondo de Investigación Pesquera y de Acuicultura, en conjunto con Poch by WSP tienen el agrado de invitarlo a participar de un Taller, cuyo objetivo será revisar y discutir las variables ambientales que contempla la Res. Ex. N°3612/09 para evaluar ambientalmente los centros de acuicultura categoría 5.

Fecha: viernes 19 de enero de 2018 .
Horario: 15:00 a 18:00 horas.
Lugar Puerto Montt: Subpesca, Av. Juan Soler Manfredini N° 41, oficina 601, Edificio Torre Costanera.
Lugar Valparaíso: Subpesca, Bellavista 168, Piso 20, Edificio Centenario.

Confirmación:
 Correo: luis.albornoz@poch.cl
 Fono: (65 2) 773 000

Figura 32 – Invitación al taller de expertos.

Si bien, no asistieron todos los invitados⁴, la calidad del comité de expertos fue más que satisfactoria, para los objetivos que persigue el proyecto, lo cual fue verificado y aprobado posteriormente, en la reunión de consenso con Subpesca y Sernapesca. Los participantes, representaron un cuerpo de docentes expertos con amplia experiencia en temas de acuicultura, modelación marina, química de aguas, bioindicadores, taxonomía de macroinvertebrados, consultoría acuícola, entre otros (**Figura 33**). Algunos de los participantes han estado asesorando a la autoridad ambiental prácticamente desde el inicio del Reglamento Acompañante del RAMA o DS 320, hoy en versión de la Res. Ex. N°3.612/09, cuya última modificación corresponde, al momento de la elaboración del presente informe, a la Resolución N° 660 y sus aclaraciones.



Figura 33 – Taller con expertos realizada en oficina de Subpesca Puerto Montt y Valparaíso.

⁴ Probablemente por la fecha (19 de enero), no asistieron todos los invitados, no obstante, dada la fecha de adjudicación, carta Gantt original y etapa del proyecto, no era posible realizar en otra fecha dicha reunión, por cuanto la otra fecha posible era durante el mes de marzo, lo cual habría retrasado aún más las siguientes etapas del proyecto comprometidas originalmente.

5.2.4 Taller de Discusión de propuesta de Muestreo y Análisis

Dicha reunión se realizó el 19 de marzo del 2018, mediante videoconferencia con Subsecretaría de Pesca, Valparaíso y en oficinas de Subsecretaría de Pesca, Puerto Montt.

En esta reunión se efectuó una presentación de la propuesta metodológica (ver Anexo B), dando paso luego, a una mesa de discusión de aspectos relevantes.

A continuación, se presenta un resumen de los antecedentes presentados en dicha reunión:

Se dio a conocer el proyecto FIPA N° 2017-14, el cual corresponde a la LICITACIÓN 4728-92-LQ17, la cual fue adjudicada a la Consultora POCH, hoy WSP. Se dieron a conocer el objetivos general del Proyecto FIPA y el objetivo específico, del cual surge el taller, el cual se refiere a presentar y someter a evaluación una metodología de muestreo para las INFAs Categoría 5.

Se presentó el marco normativo que actualmente rige la elaboración de INFAs y CPS en el país.

Se dio a conocer el alcance de parámetros que hoy son exigidos en el marco de la elaboración de las INFAs y CPS de las categorías 5.

REVISIÓN Y ANÁLISIS DE LA EVALUACIÓN AMBIENTAL DE LOS CENTROS DE CULTIVO CATEGORÍA 5
2017-2018

OBJETIVO GENERAL
Revisar y analizar las variables ambientales y metodologías apropiadas para la evaluación ambiental de centros de acuicultura categoría 5, ubicados en la X región de Los Lagos.

OBJETIVO ESPECÍFICO

- Evaluar y proponer las variables, metodologías y/o tecnologías adecuadas para determinar la condición ambiental de centros de acuicultura ubicados a profundidades mayores de 60 metros.

NORMATIVA

- La Ley General de Pesca y Acuicultura (LGPA) es el marco normativo de referencia para el sector pesquero y acuícola nacional.
 - A través de los artículos 87 y 74 de la Ley, la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, ha desarrollado la normativa ambiental para las actividades de acuicultura (Capacidad de carga).
- Desde el año 2001 se cuenta con el RAMA.
 - Fija condiciones aeróbicas obligatorias en el área de sedimentación de cada centro de cultivo.
 - Instrumentos de Análisis CPS e INFAs según Res. Acompañante 5.612/2005.
 - Las variables ambientales que se deben analizar para determinar la condición ambiental de un centro de cultivo, dependerá de la categoría de clasificación de dicho centro.

CONTENIDO DE LAS CPS EN FUNCIÓN DE LA CATEGORÍA

Parámetro	0	1	2	3	4	5	6	7
Batimetría	+	+	+	+	+	+	+	+
Geomorfología	+	+	+	+	+	+	+	+
Mut. Orgánica (%)	+	+	+	+	+	+	+	+
Nutrientes	+	+	+	+	+	+	+	+
pH y S. Ácidos	+	+	+	+	+	+	+	+
Correntometría	+	+	+	+	+	+	+	+
Perfil Oxígeno	+	+	+	+	+	+	+	+
TV y Salinidad	+	+	+	+	+	+	+	+
Registro visual	+	+	+	+	+	+	+	+

LÍMITES DE ACEPTABILIDAD (Res. N° 5.612/2005)

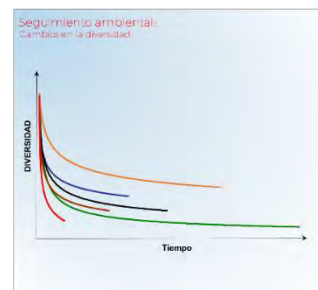
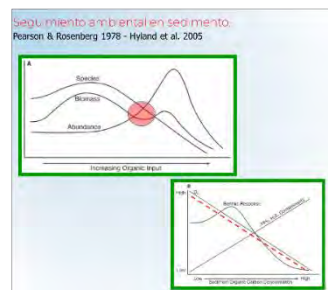
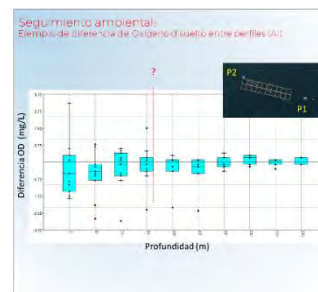
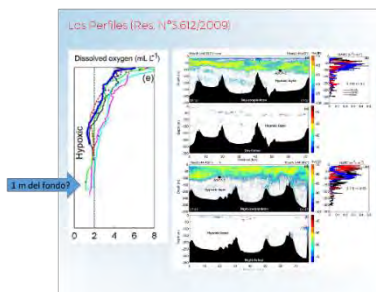
Variables	Límite de Aceptabilidad
Monitoreo (Muestreo) (Sem) (M07)	100%
Potencial de Oxidación-Reducción (REDox) ± 100	-50 mV y +7,1
Oxígeno disuelto (1 m del fondo) (Zona Sur)	> 2,5 mg/L
Registro Visual (Observación submarina)	Ausencia de sustancias de microorganismos visibles y/o desarrollo de algas. Presencia < 50% del fondo (Zona Sur) para centros categoría 4, mixto

Se entrega un marco teórico general sobre la problemática ambiental que atañe a la actividad acuícola, principalmente la salmonicultura y a las categorías 5.

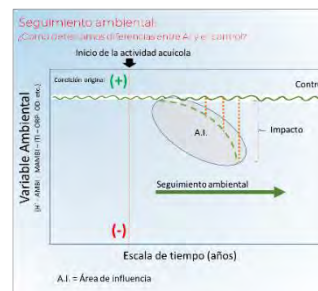
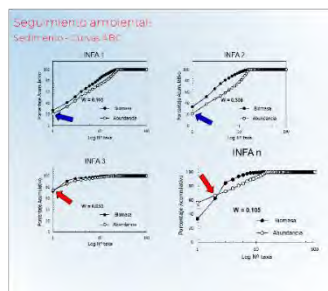
Se mencionan de los efectos de la eutrofización sobre el bentos acuático.



Se ejemplifica como operan los procesos que dan cuenta de los cambios en el OD en la columna de agua, y como su concentración, no necesariamente corresponde a los procesos biogeoquímicos que ocurren en el sedimento o en el bentos. En este sentido se discute la aplicabilidad de usar los límites de OD a 1 m del fondo marino, particularmente en sectores de fiordos.



Se presenta la dinámica Ambiental a la cual responden los centros de cultivo, y como detectamos diferencias entre área de influencia y de control en los sedimentos.



La categoría 5, exige medir OD a 1 m del fondo, mientras que la evidencia ha demostrado, que su aplicación conlleva una gran incertidumbre, por cuanto los procesos de consumo de oxígeno producto de que la oxidación de materia

orgánica ocurre muy cercano a la interfase agua sedimento, y rara vez sus efectos son percibidos a 1 m del fondo. y no necesariamente a 1 metro del fondo, donde la explicación u origen "causa - efecto" podría ser distinta a la esperada, y representar otros procesos que están ocurriendo en la columna de agua y no a la degradación de la materia orgánica generada por el centro de cultivo

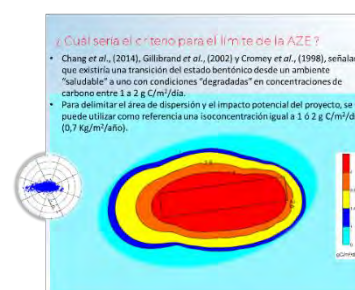
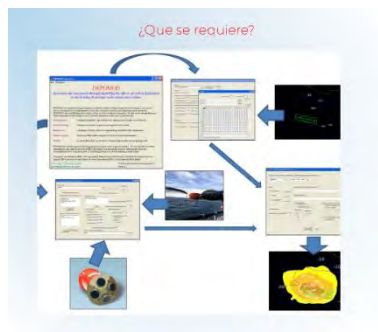
Se propuso basarse en el estándar internacional Aquaculture Stewardship Council (ASC), basado en la Scottish Environment Protection Agency (SEPA).

Se propone utilizar las mismas variables ambientales que hoy están vigentes en la normativa, pero con un enfoque distinto, modificando la cantidad y ubicación de estaciones, la forma de medición, la forma de analizar y finalmente la de interpretar



El ASC implica modelación para definir las estaciones de muestreo, basándose en un diseño muestral predefinido.

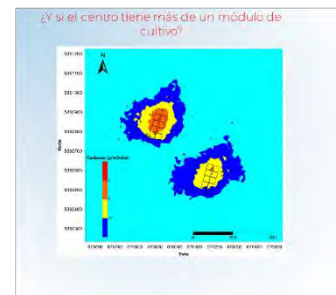
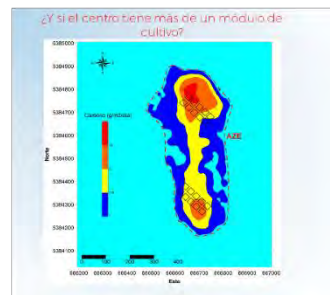
La propuesta incluye un diseño muestral y análisis de información que se iniciará con una modelación del área



de dispersión de sólidos o carbono orgánicos en los sedimentos.

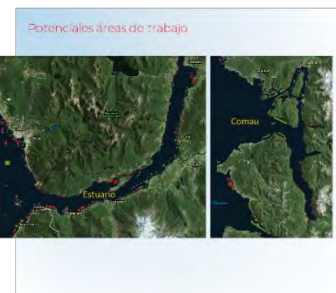
El diseño aplica para centros con 1 o más módulos y con 1 o más zonas de muestreo, dependiendo de la modelación. Para delimitar el área de dispersión y el impacto potencial del proyecto se propone una isoconcentración igual a 2 g C/m²/día (0,7 Kg/m²/año), de acuerdo con lo planteado por Chang et al (2014), Gillibrand *et al.*, (2002) y Cromei *et al.*, (1998).

Además de muestreo del bentos, se incluye el análisis de datos obtenidos a partir de filmaciones submarinas. En este sentido, para fondos con sustrato duros, se aplicarán filmaciones puntuales, que, si bien se utilizan para comprobar la imposibilidad de extraer sedimento, pueden perfectamente utilizarse para medir la diversidad y además de las características del fondo.



En la presentación, se dio a conocer un prototipo de diseño muestral, cuyo detalle se encuentra en el Anexo B, presentación taller N° 1.

- ¿Qué parámetros se midieron y analizar en los 7 CES ?
- 1. Interferencia : Diámetro de partículas <0 electrolito del coloidal
- 2. Diseño usando el criterio ASC
- 3. Perfil 3m del fondo (actual Cat 5)
- 1 m al fondo
- 4. Perfil 6m en los la columna de agua (250 - 300')
 - Composición NACB información constante
- 5. Filtración submarina (950 m)
 - Aluguer para personal (guía) / asistent
 - Art. min estaciones de Maquero de teo mento
- 6. Macroinvertebrados (> 200 m max 1500')
 - Verificación ambiental de calidad de agua ASC
 - Caracterización del sedimento
 - Auto bio. AMH + biomasa () , densidad (Larviformes, otros globales)
 - Bio del tipo indicadores
- 7. Fisicoquímica de sedimento (> 200 m max 1500')
 - Caracterización del
 - Análisis de calidad a nivel ambiental
 - ANÁLISIS DE CALIDAD AMBIENTAL (ANÁLISIS)



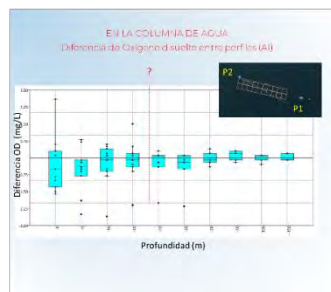
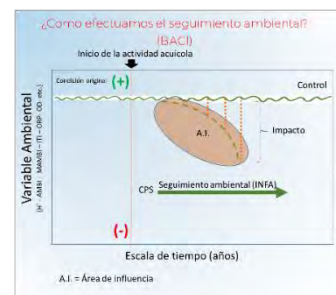
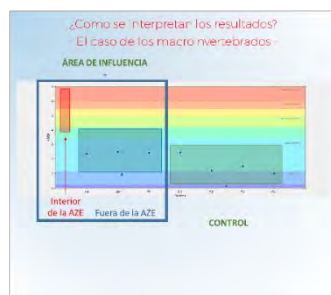
Se propuso los análisis potenciales para interpretar la información. El análisis incluye en el protocolo al índice AMBI y una estructura de análisis BACI. De esta manera, se compararán los resultados obtenidos en función del tiempo.

Se analizará la estructura de la columna de agua en términos de diagramas T-S, de manera de analizar las características de la columna de agua y relacionarlas con la concentración de OD.

Finalmente, se propone que los equipos a utilizar sean similares a los utilizados en los actuales muestreos INFA y CPS.

Esto último, se propone a raíz que existe experiencia en el país en la implementación con éxito del protocolo

ASC, muestreando y evaluando calidad de sedimentos a las de 200 m de profundidad.



Respecto del estándar ASC, es importante señalar que, no establece límites a la profundidad del centro o a la producción. Por el contrario, coloca el acento en el área de sedimentación, y en definir lo más certeramente posible la zona de mayor impacto y aquella donde la comunidad del bentos presenta perturbación no significativa. Este límite en el ASC es conocido como Zona de Efectos Permitidos (AZE de sus siglas en inglés). Este enfoque permite que, para una ubicación determinada de los módulos en los centros de cultivo, sea conocida *a priori* la red de estaciones, evitando subjetividad en el proceso del diseño del muestreo, aspecto que se propone que sea visado por la autoridad.



Por lo tanto, la propuesta presentada incluye en términos generales los siguientes puntos:

1. Modelación DEPOMOD. Idealmente corrientes 30 días/toda la columna.
2. Diseño muestral, usando los criterios del ASC
3. Perfiles de oxígeno
 - Según actual cat. 5, es decir a 1 m del fondo
 - Perfiles (I-C) en toda la columna de agua (hasta los 250 – 300)
 - Comparación (BACI) diferencias por estrato
4. Filmación submarina (150 m)
 - Registro visual puntual (grilla) / Arrastre
 - Las mismas estaciones de muestreo de sedimento
5. Macroinvertebrados (< 200 m máx. 150)
 - Diseño muestral usando criterios de estándar ASC
 - Comparaciones (BACI)
 - Uso de AMBI (M-AMBI), H', distinción taxonómica, otros (clásicos)
 - Uso de Bioindicadores
6. Físicoquímica de sedimento (< 200 m; máx. 150)
 - Comparaciones (BACI)
 - pH y ORP (análisis similar a MOM)
 - MOT, COT, N y P (dentro y fuera de AZE)

En la resolución vigente (Res Ex. N°3.612), se incluye mediciones de temperatura, OD y salinidad. La metodología de muestreo cobra importancia dependiendo de la orientación de las corrientes y de si existe o no estratificación. Así de este modo, como se menciona anteriormente es relevante conocer la hidrodinámica del sector, al menos en forma general, para el desarrollo de una modelación robusta y que entregue resultados cercanos a la realidad

A partir de esta presentación, se fueron efectuando ajustes y modificaciones al diseño propuesto, lo cual dio como resultado un protocolo de muestreo que posteriormente sería consensuado con Subsecretaría de Pesca y Sernapesca.

5.2.5 Comentarios y mejoras sugeridas al protocolo

En general, los asistentes recibieron bien la propuesta de utilización del estándar ASC como base para el muestreo.

Particularmente SBP no estuvo de acuerdo con el uso de un sistema de evaluación BACI, dado que involucra el uso de controles, los cuales están fuera de la CCAA, especificando que fuera de esta zona otorgada, no pueden pronunciarse.

El académico Robert Stead, precisó que la MOT es la principal variable para evaluar el enriquecimiento orgánico, por lo tanto, considera que es vital mantenerla e incluirla en los análisis.

El Profesor Nicolas Rozbaczylo, enfatizó, al igual que el Dr. Nelson Silva, la importancia de centrarse en la evaluación de los sedimentos y del bentos, a fin de evaluar directamente el efecto de la actividad acuícola, en lugar de realizar una medida que es muy indirecta, y que es la actual forma de medir la calidad en las categoría 5 y que corresponde a la medición de OD a 1 m del fondo.

La Profesora Sandra Marín, estuvo de acuerdo, al igual que Robert Stead, en incluir en el análisis el índice AMBI, aceptando que es factible que esta técnica aun no pueda masificarse, dado que requiere de mucha instrucción en los taxónomos que trabajan en los laboratorios. Al respecto, el profesor Nicolas Rozbaczylo puso énfasis en la adecuada determinación taxonómica, dado que una mala asignación de las especies puede conducir a errores en las estimaciones que entregue el índice AMBI.

En cuanto a la modelación, el profesional del IFOP, valoró que para el diseño muestral se utilice modelaciones. Sin embargo, mencionó que dada la experiencia que ellos tienen efectuando simulaciones en la calidad de sedimentos utilizando MIKE, ven que es una tarea bastante compleja. No obstante, a modo de ejercicio, en este proyecto resulta interesante esperar los resultados.

En este mismo sentido, hubo algunas aprensiones de parte de la autoridad en el uso del DEPOMOD. No obstante, tal como se mencionó el objetivo es realizar un primer acercamiento al diseño muestral, toda vez que los resultados a la fecha en el diseño de los ASC han sido satisfactorios.



5.2.6 Consenso metodológico con Subsecretaría de Pesca y Sernapesca

De acuerdo con las bases, luego de la reunión sostenida con expertos, la siguiente etapa fue consensuar la metodología de muestreo en una reunión donde participase Subsecretaría de Pesca y Sernapesca.

Dicha reunión se realizó el 19 de marzo del 2018, mediante videoconferencia con Subsecretaría de Pesca, Valparaíso y en oficinas de Subsecretaría de Pesca, Puerto Montt.

En dicha reunión, se presentó el resumen de los acuerdos tomados durante el taller del día 19 de enero del 2018.

Los asistentes fueron por parte de Subpesca, Cristian Acevedo, Flor Uribe, Carolina Molina y por parte de Sernapesca estuvo presente Yenni Guerrero.

Luego de la presentación (similar a la presentada al taller de expertos, pero con los ajustes discutidos, se generó un esquema de trabajo, el cual forma parte de consensos entre los expertos asistentes al primer taller y en la reunión con la autoridad.

Si bien la estructura principal de la propuesta fue diseñada por WSP, en lo que se menciona a continuación se señala el comentario experto, efectuado con miras a la mejora del diseño, entendiendo un mejoramiento continuo de proyecto.

Antes que todo, se hace hincapié, que, si bien el acuerdo preliminar fue generar un levantamiento de información en términos del AZE, cómo Área de Influencia, Subsecretaría enfatizó que el muestreo y análisis de información sea realizado dentro del marco normativo vigente. En estos términos, el muestreo principal debe quedar al interior del área de la concesión, independiente que exista otras zonas de muestreo fuera de esta zona. En este sentido, el último acuerdo fue establecer en reemplazo del concepto de AZE, a un Área de Influencia (AI), tal cual lo menciona la normativa nacional vigente, particularmente el DS 40 (Reglamento del SEA), Por lo tanto, para todos los efectos, el AI reemplaza el de AZE.

5.2.6.1 Comentarios y mejoras al protocolo

En la reunión con Subsecretaría de Pesca y Sernapesca, hubo nuevos acuerdos, los cuales se resumen a continuación y los cuales han sido incluidos en el protocolo final de muestreo.

- Muestreo. El muestreo, será efectivo por fuera de las boyas y de la red lobera.

- Draga: se recomienda para el muestreo, una draga con mayor peso. El uso de huinches resulta vital en estas instancias (recomendación de Subpesca, Y. Guerrero).
- Cámara: uso de cámara HD, con la adecuada luminosidad. Se acuerda que se evaluará si es idóneo filmar sólo hasta 100 m o bien hasta 150 m. No se contempla filmar a mayor profundidad. Como se propuso en el taller de expertos, la idea propuesta es efectuar filmaciones puntuales en las mismas estaciones del diseño muestral (recomendación de Subpesca, y Guerrero)
- Diseño muestral, sólo se debe contemplar estaciones de muestreo al interior de la concesión acuícola (Subsecretaría de Pesca, C. Acevedo)
- Oxígeno Disuelto: en centros de cultivo que estén sobre los 200 m de profundidad, se efectuará la medición sólo de OD, utilizando el mismo diseño muestral (AZE).
- Índices: Se recomienda además de AMBI, evaluar otros índices. Se incluirá las curvas ABC, y bajo el método de utilizar sólo abundancia y biomasa de poliquetos, y sin la estimación de biomasa como peso seco libre de cenizas.
- Bioindicadores: privilegiar el uso de bioindicadores, aun cuando, la complejidad de la determinación taxonómica será la misma encontrada para la aplicación del índice AMBI.
- Es importante, prestar atención a la identificación taxonómica, de manera de efectuar una adecuada medición del índice AMBI (UACH, S. Marín, N Rozbaczylo)
- ORP y pH, se seguirán protocolos estrictos para las mediciones de pH y ORP, debido a que producto de la heterogeneidad del sustrato, el uso de la draga, entre otros factores, los resultados de ambas variables pueden llegar a tener una amplia dispersión de resultados. Se efectuará un tratamiento estadístico de la información, evaluando la presencia de datos atípicos (outlier), a fin de obtener una mejor representación de los efectos sobre el medio natural. Los resultados se discutirán a la luz de efectos antropogénicos distintos de la acuicultura, por ejemplo, agricultura.
- Se prestará atención a la materia orgánica, como variable explicativa de los cambios en el bentos (Dr. R. Stead y S. Marin).
- DEPOMOD. Considerar la validez del DEPOMOD en el diseño muestral de centros profundos. Particularmente en centros profundos, donde las estaciones pudiesen quedar fuera de la concesión. En este último caso, se deberá optar por otra forma de definir el área de influencia (Subpesca, C. Acevedo)

5.2.7 Protocolo de muestreo consolidado

El diseño contempla el siguiente alcance:

a) Diseño Muestral

La primera etapa es definir donde muestrear, es decir se debe elaborar un Diseño Muestral. Para ello, se debe determinar el Área de Influencia, la cual se debe definir de acuerdo a criterios ecológicos basándose en el efecto que el Carbono depositado tiene sobre la comunidad del bentos (**Figura 34**). Por lo tanto, los pasos a seguir son:

a) Definición del Área de Influencia (en reemplazo de la AZE)

b) Modelación DEPOMOD (Proyecto Técnico., corrientes)

c) N° Estaciones de monitoreo (Figura 34)

- i) 4 estaciones dentro del AI
- ii) 4 estaciones fuera de la AI
- iii) 2 controles “aguas arriba” y “aguas abajo”

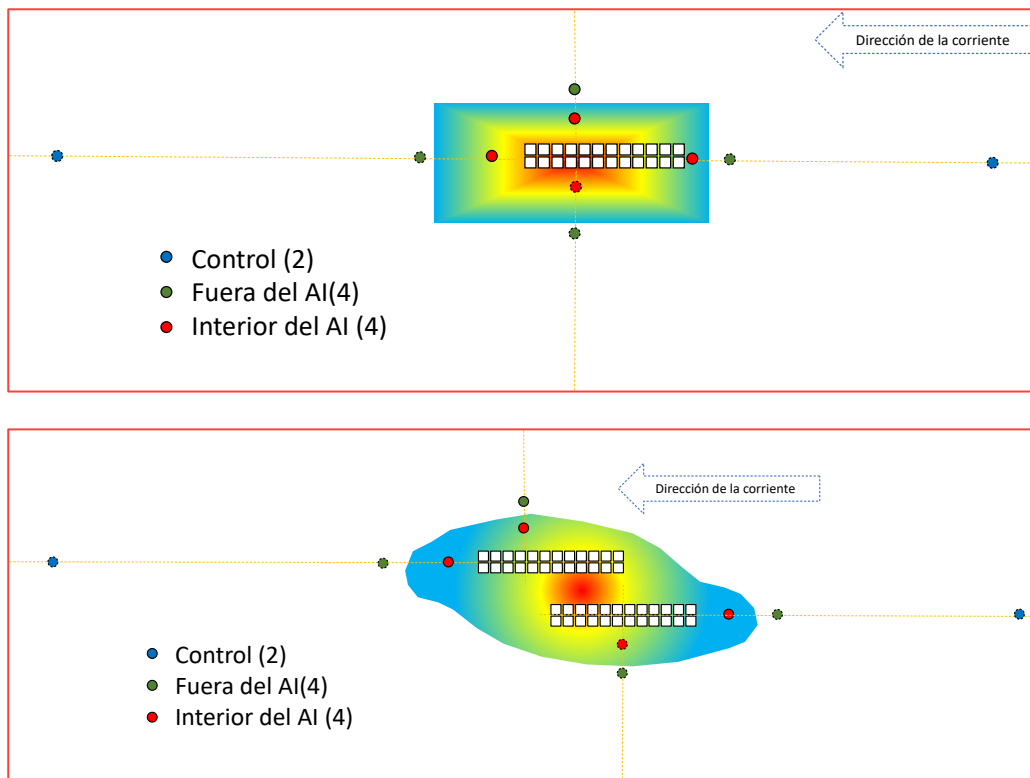


Figura 34 - Diseño propuesto (ver nota al pie N° 6).



b) Muestreo

El muestreo se realizará conforme las especificaciones generales que contempla la Res. Ex. N° 3.612/09.

a) Calidad de agua

a) 2 Perfiles (Res. Ex. N° 3.612/2009)

b) 8 perfiles entorno del módulo

i) (Res Ex. N° 660/2018)

ii) Propuesta basada en ASC (+ 2 controles)

b) Calidad del bentos.

Se evaluará tanto el fondo blando como el fondo duro.

i) Macroinvertebrados (profundidad <200 m)

ii) Filmación submarina (profundidad <150 m, Res. Ex. N° 660)

iii) Sedimentos (profundidad < 200 m)

- Granulometría
- pH y Redox
- MOT, N y P

c) Análisis

Para el análisis de los resultados, se proponen métodos complementarios a los que hoy indica la Res. Ex N° 3.612/09. Se comparará los datos de aquellas mediciones tomadas al interior del AI, fuera de ella y los controles, de manera de evaluar la existencia de patrones.

a) Calidad de agua

- Comparaciones univariadas y multivariadas

b) Calidad del bentos

i) Macroinvertebrados

- Abundancia / biomasa
- AMBI (M-AMBI), H', distinción taxonómica, H', D', J')
- Bioenv, ANOSIM, SIMPER

- Bioindicadores (*Borja, Warwick, Clarke*)

ii) Filmación submarina (profundidad hasta los 100 - 150 m)

- Abundancia relativa
- Composición taxonómica
- Fotografías/Video

iii) Sedimentos (profundidad 200 m)

- Comparaciones univariadas y multivariadas
- pH y Redox bajo relación MO

c) Equipos

i. Calidad de agua

- Multiparamétrico, CTDO (tipo EXO)

ii. b) Calidad del bentos

- Macroinvertebrados

- Dragas 0,1 m²

- Filmación submarina

Cámara submarina

- Sedimentos (profundidad máxima 200 m)

Draga 0,1 m²

Multiparamétrico tipo ORION y/o WTW

d) Laboratorio

Para todos los efectos, los laboratorios estarán bajo una acreditación del INN.

- NCH ISO 17025 Of.2005

5.2.8 Especificaciones técnicas a la metodología propuesta

Para delimitar el área de dispersión y el impacto potencial del proyecto se utilizó una isoconcentración igual a 2 g C/m²/día (0,7 Kg/m²/año), de acuerdo con lo planteado por Chang *et al* (2014), Gillibrand *et al.*, (2002) y Cromey *et al.*, (1998). Además, otros estudios sugieren que la transición del estado bentónico desde un ambiente “saludable” a uno con



condiciones “degradadas” se produce desde un rango de 1 a 2 g C/m²/día (Chamberlain & Stucchi, 2007).

El módulo de Respuesta Bentónica no será incluido en el presente estudio, porque está fuera de los alcances del proyecto. Por otra parte, el módulo de GaBoM podrá ser incluido para representar el alimento suministrado al centro. El módulo de resuspensión, podrá ser utilizado para obtener los valores de salida de concentración de Carbono.

Para dar cumplimiento al objetivo del estudio, se ha considerado el análisis de información batimétrico y de corrientes de cada centro, información que junto a los datos productivos del proyecto técnico permitirán alimentar el modelo DEPOMOD, de manera de obtener la dispersión de Carbono en el sedimento del centro de cultivo. Con la información de Carbono depositado, se procedió a la determinación del Área de Influencia, información que permitirá establecer la ubicación de las estaciones de muestreo.

La determinación del AI, requisito para el desarrollo del Criterio 2.1, se basó en los lineamientos que contempla el estándar ASC en su Anexo I.1, básicamente en la sugerencia de usar un modelo robusto como DEPOMOD. De igual forma, se utilizó el estándar para el diseño muestral, guiándose por el enunciado que indica que las estaciones de muestreo se deben ubicar en función de la AZE, ya sea que se trate de estaciones al interior como al exterior de la AZE.

Como criterio para establecer el límite del AI se utilizará una concentración de 1 g C/m²/día de Carbono depositado. Dicho valor, se basa en los modelos de Chang *et al*/ (2014), Hargrave *et al*/ (2008) y Hargrave (2010) (Ver **Tabla 2** y **Tabla 3**). Estos autores indican que, bajo este valor de concentración de Carbono, el sedimento evidenciaría una condición óxica, escenario donde la comunidad bentónica se presentaría bajo una condición ecológica que se puede considerar “normal”, donde la calidad del sedimento sería “muy bueno” y éste albergaría una “muy alta” diversidad de macrofauna. Este criterio, hoy en día se está comenzando a utilizar en las evaluaciones de impacto ambiental de proyectos que ingresan al SEIA y ya está ampliamente difundido en los seguimientos ambientales en el marco del estándar ASC para establecer los límites de la AZE.

Como programa de simulación del área de deposición, se utilizó el software DEPOMOD debido a su amplio uso en la acuicultura, por ejemplo, como para establecer los límites de biomasa de los centros de cultivo (SEPA 2005) y, además, porque actualmente es el modelo que el Stewardship Council (ASC 2012) recomienda para la predicción de los efectos de la acuicultura sobre el bentos (Keeley, *et al*, 2013).



Este modelo predice la deposición de sólidos en el fondo marino en torno a las balsas jaulas de cultivo de peces, asociando los cambios bentónicos provocados por los aportes de materia orgánica total en el medio. Para ello, combina las condiciones geográficas e hidrográficas locales con los volúmenes de compuestos orgánicos totales liberados (material fecal y alimento no consumido), trazando un mapa de acumulación o flujos de sedimentación de residuos en la grilla de fondo marino. De la modelación, se obtuvo la data de $g/C/m^2/día$, cuyos resultados fueron graficados con el programa Surfer para ser luego representados en AutoCad.

- **Método general**

Las consideraciones metodológicas generales y específicas corresponderán a los contenidos en la Res. Ex. N° 3.612/2009, Manual de informes ambientales de Silva & Quiroga. 2010, y estándar ASC (2017).

- **Matrices y parámetros para evaluar:**

Se evaluarán todos los parámetros que hoy contempla la Res. Ex. N° 3.612/2009 para los centros categoría 3, 4 y 5, adicionando Nitrógeno y Fósforo total, Respecto de estudios, normativas o directrices que establezcan límites en las concentraciones de Nitrógeno (N) y Fósforo (P) en el sedimento, tendientes a limitar los impactos negativos en este compartimento, la información es escasa y de larga data.

- Granulometría
- Materia Orgánica total (%)
- Nitrógeno y Fósforo
- Macrofauna submareal de fondos blandos
- pH y potencial Redox
- Perfil de OD
- Temperatura y Salinidad
- Registro Visual

Nota: Se indicó que la incorporación de Nitrógeno y Fósforo será sólo referencial y no se muestreará en todas las estaciones.

- Criterio para definir el Área de Influencia

Para definir el Área de Influencia (presentada originalmente como AZE) se seguirá a *priori* los siguientes criterios (ver **Figura 35**).

- Se modelará el área de deposición, mediante un software *ad hoc*. Particularmente se usará el DEPOMOD, de acuerdo al método POCH (2013).
- Para establecer el límite del Área de Influencia, se seguirán criterios ecológicos, a saber:
 - Chang *et al.*, (2014), Gillibrand *et al.*, (2002) y Cromey *et al.*, (1998), señalan que existiría una transición del estado bentónico desde un ambiente “saludable” a uno con condiciones “degradadas” en concentraciones de Carbono entre 1 a 2 g C/m²/día.
 - Para delimitar el área de dispersión y el impacto potencial del proyecto, se puede utilizar como referencia una isoconcentración igual a 1 o 2 g C/m²/día (0,7 Kg/m²/año) (**Figura 35**).

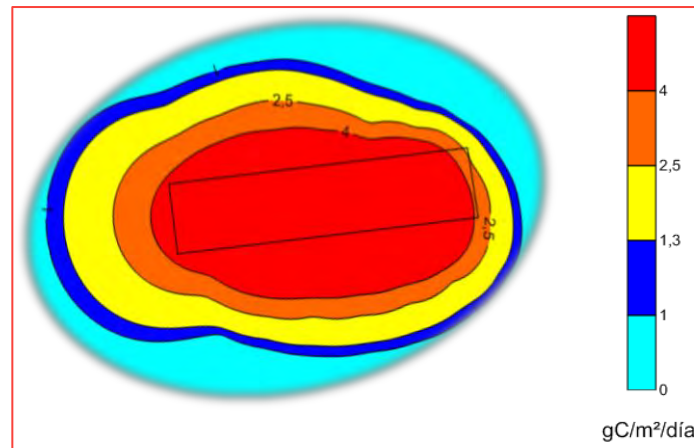


Figura 35 - Criterios y límites para definir el área de influencia. Fuente

- Evaluación de la Condición Ecológica

Con los datos de densidad y mediante la ayuda del programa Primer 6, se calcularán los siguientes parámetros comunitarios: Índice de Diversidad específica de Shannon-Weaver (H') calculado con $\log_2$, Índice de Dominancia de Simpson (D'), Riqueza específica (S) y Equidad o Uniformidad Pielou (J') (ver **Tabla 7**). Sobre la base de una matriz de similitud construida con el índice Bray-Curtis (Clarke & Gorley, 2006) se efectuará un análisis de clasificación (conglomerados) y de ordenación (n-MDS) (Clarke & Gorley, 2006). La significancia estadística de las comparaciones se realiza mediante un análisis de ANOSIM.



- Análisis de Macroinvertebrados

La metodología de muestreo y análisis de Macrofauna se basará el Numeral 28 de la Res. Ex. N°. 3.612/09. De cada estación de monitoreo se obtendrá 3 réplicas de macroinvertebrados, cada una proveniente de una muestra de sedimentos extraída con draga tipo Van-Veen de 0,1 m² de área de mordida, utilizando para el izamiento de esta un huinche. El sedimento obtenido será lavado y tamizado empleando para ello un tamiz de 500 µm de apertura de poro, la macrofauna bentónica retenida en este tamiz será envasada y preservada en alcohol al 70%, realizando todo este proceso desde una embarcación menor. Las muestras fijadas serán transportadas al laboratorio de sedimentos de WSP, ubicado en Puerto Montt, el cual se encuentra acreditado bajo NCh-ISO17025.Of 2005., en donde se realizará la separación y determinación taxonómica de los organismos, utilizando para ello estereomicroscopios y literatura especializada para cada uno de los taxa.

5.2.9 Índices de diversidad Alfa Clásicos

Para efectos de análisis de diversidad alfa, se propone utilizar los índices de diversidad clásicos, y comparar los resultados con otros índices bióticos (tales como AMBI). A continuación, se presentan los principales índices comunitarios.

Tabla 7 - Descripción de índices comunitarios.

Índices comunitarios	Método de análisis	
Riqueza específica (S)	Contabilización del número de especies por muestra	
Diversidad (H')	$H' = - \sum p_i \log_2 p_i$	Dónde: - Pi: Abundancia relativa de la especie i. - H' max: Log2 (S)
Uniformidad (J')	$J' = \frac{H'}{H'_{\max}}$	
Dominancia (λ)	$\lambda = \sum p_i^2$	

Fuente: basado en las fórmulas de Clarke & Warwick, 2001.

- Curvas ABC (Abundance - Biomass Curve)

Con la información de abundancia y biomasa se aplicará la técnica de las curvas ABC (Warwick & Clarke, 1994) a fin de establecer la presencia de perturbación ambiental. De acuerdo a la **Figura 36**, las curvas ABC, permitirán establecer el grado de perturbación ambiental del centro de cultivo, dependiendo del comportamiento de las curvas de abundancia y biomasa. En forma complementaria, se calculará el estadístico W (Clarke, 1990), el cual establece el nivel significancia del resultado de la curva ABC. Como las curvas ABC suelen estimarse a partir de la biomasa calculada como peso seco libre de ceniza, para este proyecto, se utilizará y evaluará la técnica a los grupos de poliquetos, taxa que suele predominar en los fondos blandos, utilizando como biomasa el peso húmedo, que resulta de drenar el contenido de alcohol de los ejemplares preservados, previo al pesado en una balanza, técnica que suele denominar peso “alcohólico”.

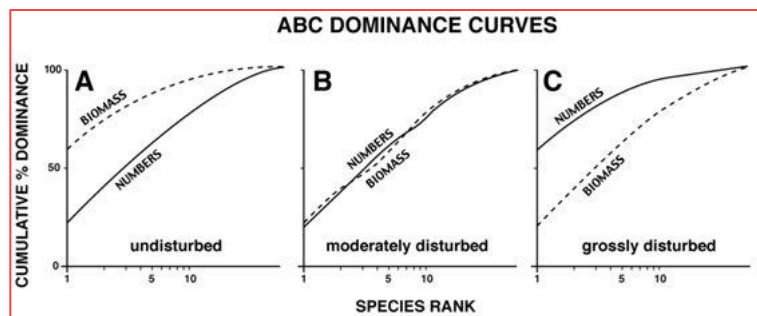


Figura 36 - Modelo de las Curvas ABC

Fuente, basado Clarke & Warwick, 2001.

- Índice Biótico AMBI

En la evaluación de la condición ecológica se utilizó el índice biótico AMBI (AZTI, *Marine Biotic index*), que se basa en la categorización de los macroinvertebrados bentónicos dentro de cinco grupos ecológicos, de acuerdo a su sensibilidad y gradiente de estrés ante el enriquecimiento orgánico (Borja & Pérez, 2000) (ver **Tabla 8**, **Tabla 9** y **Figura 37**). La metodología de trabajo en la interpretación del análisis AMBI se basará en el Manual para la Estimación del Índice Biótico AZTI *Marine Biotic Index* (AMBI) para la Acuicultura en Chile: Muestreo, Análisis, Cálculos e Interpretación (Marín, *et. al.*, 2014).

Tabla 8 - Definición de los grupos ecológicos que contempla el índice AMBI (Borja & Pérez, 2000).

Grupo Ecológico	Definición
Grupo I	Especies muy sensibles al enriquecimiento orgánico y presentes en condiciones no contaminadas (estadio inicial).
Grupo II	Especies indiferentes al enriquecimiento orgánico, siempre presentes en bajas densidades y que no presentan variaciones significativas en sus abundancias a lo largo del tiempo (del estadio inicial hasta el estadio levemente desbalanceado).
Grupo III	Especies tolerantes al enriquecimiento orgánico que pueden ocurrir en condiciones normales, pero el crecimiento de sus poblaciones es estimulado por el enriquecimiento orgánico (estadio levemente desbalanceado).
Grupo IV	Especies oportunistas de segundo orden que ocurren desde el estadio levemente desbalanceado hasta el altamente desbalanceado.
Grupo V	Especies oportunistas de primer orden presentes en el estadio altamente desbalanceado en condiciones de elevado enriquecimiento orgánico y contaminación.

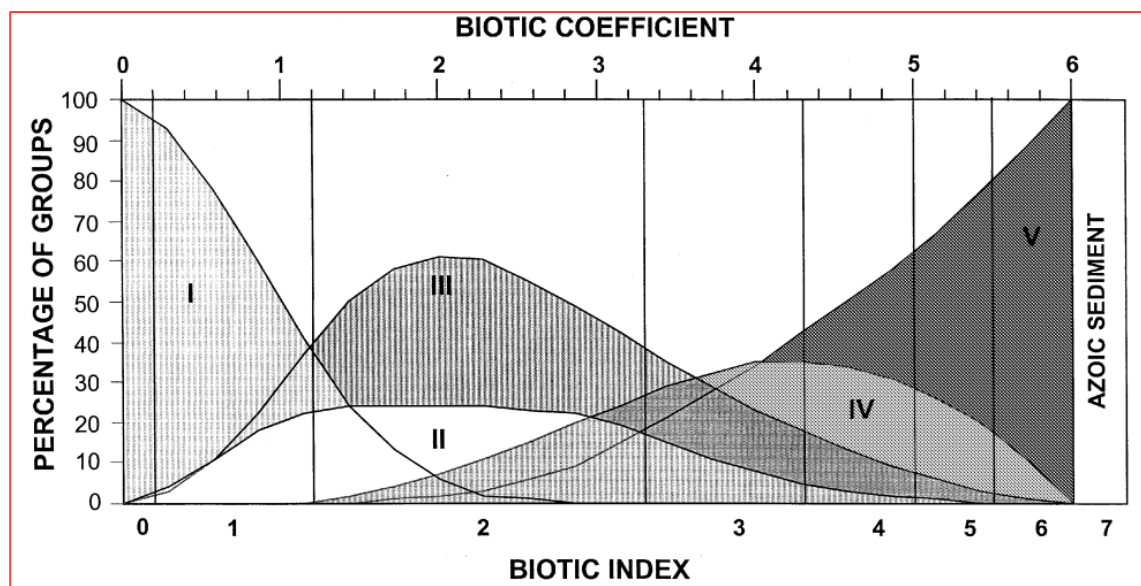


Figura 37 - Grupos ecológicos que contempla el índice AMBI y su presencia en un gradiente orgánico (Borja & Pérez, 2000).

Tabla 9 - Clasificación ecológica en la cual se basa el índice AMBI (tomado de Borja *et al.*, 2000).

Site pollution classification	Biotic Coefficient	Biotic index	Dominating ecological group	Benthic community health
Unpolluted	$0.0 < BC \leq 0.2$	0	I	Normal
Unpolluted	$0.2 < BC \leq 1.2$	1		Impoverished
Slightly polluted	$1.2 < BC \leq 3.3$	2	III	Unbalanced
Meanly polluted	$3.3 < BC \leq 4.3$	3		Transitional to pollution
Meanly polluted	$4.5 < BC \leq 5.0$	4	IV-V	Polluted
Heavily polluted	$5.0 < BC \leq 5.5$	5		Transitional to heavy pollution
Heavily polluted	$5.5 < BC \leq 6.0$	6	V	Heavy polluted
Extremely polluted	Azoic	7	Azoic	Azoic

- Índice Distinción Taxonómica

Es importante mencionar que existe la posibilidad de evaluar el AMBI con otros índices. Recientemente, algunos estudios ecológicos han propuesto el uso de las categorías taxonómicas superiores para evaluar los patrones espaciotemporales de la biodiversidad en las comunidades (Piazzi *et al.*, 2002; Giangrande, 2003).

Un índice interesante de analizar es la distinción taxonómica Clarke y Warwick (1998, 2001b), el cual le da valor al “dato” de la especie encontrada más que sólo al análisis numérico, instancia donde la componente taxonómica cobra importancia. Este análisis un poco más profundo, y si bien probablemente no es necesario aplicarlo a todos los casos, puede servir para dilucidar los reales efectos ambientales que la actividad podría estar generando, permitiendo poner alertas tempranas respecto los efectos sobre el ambiente de la calidad del bentos, como indicador de la capacidad de carga, básicamente porque permite detectar cambios funcionales y en la composición taxonómica del bentos (Somerfield *et al.*, 2008).

Los índices de diversidad taxonómicos tienen la ventaja de tener respuesta monotónica y ser independientes del tipo de hábitat, del tamaño de muestra y de la presencia de especies raras.

La ecuación que describe la distinción taxonómica es la siguiente:

$$\Delta^+ = [\sum \sum_{i < j} w_{ij}] / [S(S-1)/2]$$

Donde:

w_{ij} es la distancia taxonómica (peso taxonómico) a través del árbol de clasificación Linneana de cualquier par de individuos, siendo el primero para la especie i y el segundo para la especie j y S el número total de especies en la muestra.

El peso taxonómico (w_{ij}) es un valor que debe aumentar con la separación taxonómica entre las especies.



Los valores de $\Delta +$ serán calculados usando la rutina Diverse del programa PRIMER 6.1 (Clarke & Gorley, 2006).

- Análisis estadísticos generales

Los análisis estadísticos aplicados se basarán en técnicas gráficas descriptivas (p. ej Boxplot), univariadas y multivariadas, basándose principalmente en Taucher (2014), Vivanco (1999) y Clarke & Warwick (2001). Para efectos del presente estudio se considerará el promedio entre las réplicas de cada estación para estimar la abundancia y/o biomasa de cada especie. La abundancia de cada especie se evaluará de acuerdo a la abundancia promedio que se registre en las estaciones de referencia (Controles). Para evaluar la significancia se efectuarán comparaciones estadísticas mediante test no paramétricos, empleando para ello la prueba de Kruskal-Wallis (1952).

5.2.10 Programas estadísticos

Para la realización de los análisis estadísticos, los siguientes softwares podrán ser utilizados en el análisis de la información.

- **PRIMER** (versión 5 o superior) Clarke & Gorley, 2006. Software pagado
- **PAST** (ver 3.21 o superior) Hammer, *et al*, 2001. Software Libre
- **R-estadística**, (<https://www.r-project.org>). Software de código abierto

5.3 Resultados asociados al Objetivo 3

Los resultados que se presentan a continuación han sido elaborados de acuerdo a los requerimientos que contempla el objetivo N° 3 Implementar en terreno las variables, metodologías y/o tecnologías propuestas para la evaluación ambiental de los centros de cultivo categoría 5.

En este contexto se presenta la metodología aplicada, los equipos, instrumentos, para medición y toma de datos. Además, se presenta el método usado para la obtención de información a partir de 2 campañas en los 7 centros para aplicar la metodología y resultados obtenidos a las fechas de acuerdo a la Carta Gantt modificada de acuerdo a carta FIPA N° 660.

5.3.1 Centros de cultivo disponibles para implementar el protocolo de muestreo

El número de campañas por centro se estableció en 2 (dos), tal como se aprecia en la carta Gantt modificada y aprobada mediante carta FIPA N°660.

Desde un inicio, las mayores limitantes, aparte de la disponibilidad del centro para el estudio, ha sido la disponibilidad de información del centro, principalmente de datos de producción, corrientes adecuadas para modelación, entre otros.

Además, se buscó, que los centros a evaluar estuviesen cerca entre sí, de manera tal que esto permita efectuar el levantamiento de información en un mínimo de campañas de muestreo y no de manera fraccionada; esto, en virtud de la logística involucrada y factores climáticos.

Originalmente, los muestreos fueron planificados en los periodos de: principios de otoño, primavera y/o principios de verano (cerca del máximo de biomasa). No obstante, esto no fue posible dado que no se obtuvo disponibilidad de centros por parte de la industria sino hasta junio del año 2018. Posteriormente, durante julio y parte de agosto, la actividad se centró en la solicitud a las empresas participantes y recopilación de antecedentes del centro para efectuar los diseños muestrales.

Para ubicar espacialmente cada uno de los centros se utilizó el visualizador de mapas de SUBPESCA⁵. De acuerdo a la información proporcionada por Subpesca y su ubicación en relación a los barrios sanitarios, los centros se distribuyeron en 7 barrios en total. La totalidad de centros, el barrio (**Figura 38 a Figura 44**) y empresa a la cual pertenecen, se presentan a continuación:

1. **Barrio 1: Estuario del Reloncaví**
 - a. Un total de 8 centros, a saber:
 - i. 2 centros
 - ii. 2 centros
 - iii. 1 centro
 - iv. 3 centros



Figura 38 - Barrio 1

⁵ <http://mapas.subpesca.cl/visualizador/>

2. Barrio 2: Seno del Reloncaví

- a. Un total de 6 centros
 - i. 2 centros
 - ii. 2 centros
 - iii. centro
 - iv. 1 centro



Figura 39 - Barrio 2

3. Barrio 3B: área de Calbuco

- a. Un total de 1 centro
- i. 1 centro

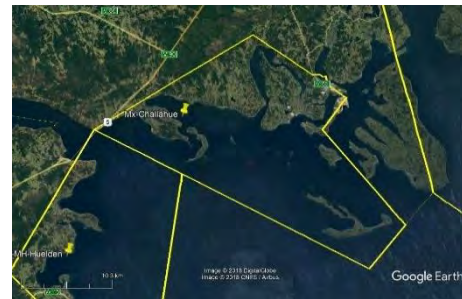


Figura 40 – Barrio 3B

4. Barrio 6: Chiloé Norte (Ancud)

- a. Un total de 1 centro:
i. 1 centro

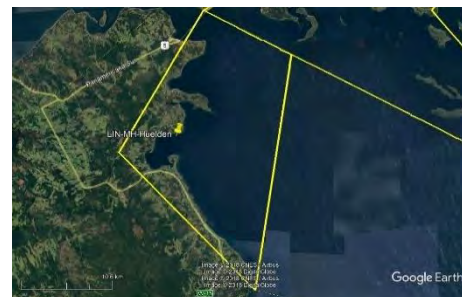


Figura 41 - Barrio 6

5. Barrio 10 B: Chiloé central (Chonchi)

- a. Un total de 4 centros de cultivo categoría 5.
 - i. 2 centros
 - ii. 2 centros
 - iii. 1 centro

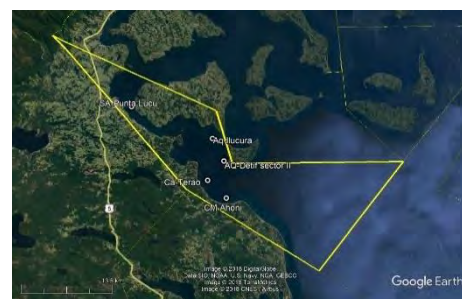


Figura 42 - Barrio 10B

6. Barrio 17B: Llancahué - Hornopirén

- a. Un total de 14 centros categoría 5,
 - i. 7 centros
 - ii. 3 centros
 - iii. 3 centros
 - iv. 1 centro



Figura 43 - Barrio 17B

7. Barrio 17A: Fiordo Comau

- a. Un total de 4 centros categoría 5
 - i. 3 centros
 - ii. 1 centro.



Figura 44 - Barrio 17a

5.3.2 Elección de potenciales áreas de estudio

Considerando la densidad de centros existentes en cada uno de los barrios, se pudo establecer como zonas prioritarias de trabajo a los siguientes barrios (**Tabla 10**):

Tabla 10 - Cantidad de centros Categoría 5 por barrio sanitario

Barrio 17B (14 centros)
Barrio 2 (6 centros)
Barrio 1 (8 centros)
Barrio 10 B (4 centros).

El **Barrio 17 A** también resultó ser una opción válida si se considera su cercanía con el Barrio 17B. Por el contrario, los barrios 3B y 6 debido a su baja densidad en cantidad de centros de cultivo han sido descartados por el momento. Por otra parte, de acuerdo a los objetivos del proyecto, como se contempla extraer sedimentos del piso marino, podría también descartarse el Barrio 2, correspondiente al estuario del Reloncaví, debido a que acorde con la experiencia del grupo de consultores de WSP, el sustrato es mayoritariamente rocoso o rico en restos calcáreos.

Empresas salmoneras presentes por áreas escogidas

Para mantener anonimato, las empresas son listadas con letras (**Tabla 11**). De las áreas elegidas (**Tabla 11** y **Figura 45**), se procedió a contactar a las empresas a cargo de los centros de cultivo anteriormente listados. El contacto se efectuó mediante correo electrónico y por teléfono. Dicha tarea se realizó durante el mes de marzo y abril de 2018. No obstante, no se obtuvo respuesta favorable a la solicitud.

Tabla 11 - Empresas y centros Categoría 5 disponibles por barrio sanitario

Empresa	Centros Categoría 5			Localización de los Barrio
	Barrio	N° de centros disponibles	Total	
Empresa A	Barrio 1	1	11	
	Barrio 17B	7		
	Barrio 17A	3		
Empresa B	Barrio 1	3	6	
	Barrio 17B	3		
Empresa C	Barrio 1	2	4	
	Camanchaca	2		
Empresa D	Barrio 2	2	4	
	Barrio 17B	1		
	Barrio 17A	1		
Empresa E	Barrio 2	2	4	
	Barrio 10B	2		
Empresa F	Barrio 10B	1	4	
	Barrio 17B	3		
Empresa G	Barrio 1	2	2	
Empresa H	Barrio 2	1	1	
Empresa I	Barrio 2	1	1	

Figura 45 – Barrios escogidos

5.3.3 Elección definitiva de los centros de cultivo

Las primeras invitaciones a participar del proyecto iniciaron en febrero. No obstante, luego de dos meses en que no hubo respuesta, se informó a SUBPESCA y fue solicitado apoyo de manera que las empresas quisiesen participar.

Con Fecha 3 de abril de 2018, SUBPESCA envió la siguiente carta a la industria:

"Estimados:

Junto con saludar, quisiera informarles de la realización del proyecto FIPA N°2017-14 denominado "Revisión y análisis de la evaluación ambiental de los centros de cultivo categoría 5", durante el 2018-2019, adjudicado a la



consultora POCH. El proyecto busca analizar nuevas metodologías y/o variables ambientales que permitan determinar la condición ambiental de centros de cultivo categoría 5, esto con la finalidad de hacer más robusta la evaluación ambiental para esta categoría de centros.

En este contexto, solicitamos de su colaboración para contar con centros categoría 5 que se encuentren en operación durante al año 2018 y en los cuales sea posible realizar diversas mediciones y/o toma de muestras in situ, que permitan probar las metodologías y análisis de las variables propuestas por el ejecutor. Para esto, agradeceremos responder a esta solicitud a más tardar hasta el **jueves 5 de abril**, dado que se requiere iniciar el trabajo de terreno a la brevedad.

Cabe señalar, además, que los resultados obtenidos de este estudio en ningún caso serán utilizados para la evaluación ambiental propia de los centros de cultivo a través de las INFAs, considerando además el resguardar la identificación particular (nombre y CI) del o los centros en los cuales se realicen estos estudios.

Se adjuntan los TTR del proyecto y ante cualquier consulta favor comunicarse con Carolina Molina, mail: cmolina@subpesca.cl, fono: 32-2502726; o Flor Uribe, mail: fluribe@subpesca.cl, fono: 32-2502765.

Jaime

Desde ya muchas gracias,

Eugenio Zamorano Villalobos

Médico Veterinario

Jefe División de Acuicultura

Subsecretaría de Pesca y Acuicultura | Gobierno de Chile

Figura 46 – Carta enviada por Subpesca para solicitud de Centros

Esta solicitud de participación a las empresas de la industria, de las cuales sólo 2 respondieron afirmativamente. Sin embargo, cuando les fue enviada una carta de participación, no hubo respuesta. Finalmente, ambas empresas no facilitaron a disposición centros de cultivo para el proyecto.

A fines de junio del año 2018 se logró contar con los siete centros de cultivo para el proyecto. Desde esa fecha, se comenzó a solicitar la información para efectuar los diseños muestrales, información que llegó finalmente en julio del presente año.

Las empresas que ofrecieron centros de cultivo para el proyecto fueron:

- **Invermar:** 2 centros puestos a disposición
- **Ventisqueros:** 3 centros puestos a disposición

- **Salmones Multiexport:** 2 centros puestos a disposición

Luego de 4 meses de arduas gestiones, finalmente se obtuvo 7 centros. La localización general de los centros se encuentra en la **Figura 47**. Se ha obviado un detalle de la ubicación dado que este ha sido un requisito para la participación de las empresas.



Figura 47. Diagrama con la localización general de los Centros de Cultivo utilizados en el desarrollo del presente estudio.

Luego de aceptada la participación por parte de las empresas salmoneras, se procedió a la solicitud de información para efectuar los diseños muestrales.

Esta información fue:

- Confirmación y ubicación de los centros
- Batimetría (ideal de fondeo) y ubicación real de los módulos.
- Modelación del área de dispersión de COT (de existir)

5.3.4 Protocolo de Muestreo aplicado a los centros

Como ya ha sido mencionado, los aspectos metodológicos generales y específicos corresponden a los contenidos en la Res. Ex. N° 3.612/2009 y sus modificaciones, al Manual de informes ambientales de Silva & Quiroga. 2010, y al estándar ASC (2017).

1. Diseño Muestral

La primera etapa es definir donde muestrear, es decir se debe elaborar un Diseño Muestral. Para ello, es menester el Área de Influencia, la cual se debe definir de acuerdo a criterios ecológicos basándose en el efecto que el Carbono depositado tiene sobre la comunidad del bentos:

a) Definición del Área de Influencia (en reemplazo de la AZE)

b) Modelación DEPOMOD (Proyecto Técnico., corrientes)

c) N° Estaciones de monitoreo

i) 4 estaciones dentro del AI

ii) 4 estaciones fuera de la AI

iii) 2 controles “aguas arriba” y “aguas abajo”

2. Muestreo

El muestreo se realizó conforme las especificaciones generales que contempla la Res. Ex. N°3.612/09.

a) Calidad de agua

a) 2 Perfiles (Res. Ex. N° 3.612/2009)

b) 8 perfiles entorno del módulo

i) (Res Ex. N° 660/2018)

ii) Propuesta basada en ASC (+ 2 controles)

b) Calidad del bentos. Se evaluó tanto el fondo blando como el fondo duro.

- i) Macroinvertebrados (profundidad <200 m)
- ii) Filmación submarina (profundidad <150 m, Res. Ex. N° 660)
- iii) Sedimentos (profundidad < 200 m)
 - Granulometría
 - pH y Redox
 - MOT, N y P

3. Análisis

Para el análisis de los resultados, se proponen métodos complementarios a los que hoy indica la Res. Ex. N° 3.612/2009. Se comparó los datos de aquellas mediciones tomadas al interior del AI, fuera de ella y los controles, de manera de evaluar la existencia de patrones.

a) Calidad de agua

- Comparaciones univariadas y multivariadas

b) Calidad del bentos

i) Macroinvertebrados

- Abundancia / biomasa
- AMBI (M-AMBI), H', distinción taxonómica, H', D', J')
- Bioenv, ANOSIM, SIMPER
- Bioindicadores (*Borja, Warwick, Clarke*)

ii) Filmación submarina (profundidad hasta los 100 - 150 m)

- Abundancia relativa
- Composición taxonómica
- Fotografías/Video

iii) Sedimentos (profundidad 200 m)

- Comparaciones univariadas y multivariadas
- pH y Redox bajo relación MO

4) Equipos

a) Calidad de agua



- Multiparamétrico, CTDO (tipo EXO)

b) Calidad del bentos

i) Macroinvertebrados

- Draga 0,1 m²

ii) Filmación submarina

Cámara submarina

iii) Sedimentos (profundidad máxima 200 m)

Draga 0,1 m²

Multiparamétrico tipo ORION y/o WTW

5. Laboratorio

Para todos los efectos, los laboratorios estarán bajo una acreditación del INN.

- NCH ISO 17025 Of.2005

5.3.5 Resultados de las campañas de muestreo

A continuación, se entregan resultados de la primera campaña de muestreo, de acuerdo a la programación que se puede apreciar en la carta Gantt, cuya modificación fue aprobada por FIPA en carta N° 660 (Anexo E).

La campaña de terreno fue desarrollada en octubre y noviembre del 2018, la segunda campaña fue desarrollada en enero del 2019, para la primera campaña se presentó el primer día puerto cerrado por condición de mal tiempo. En el Anexo D se entregan resultados, tales como los ingresos de las muestras recolectadas, informes de laboratorios emitidos hasta la fecha, datos crudos, entre otros.

En la **Figura 48** se aprecia mail enviado a empresa participante para inicio de campaña advirtiéndole una señal de malas condiciones climáticas en la zona

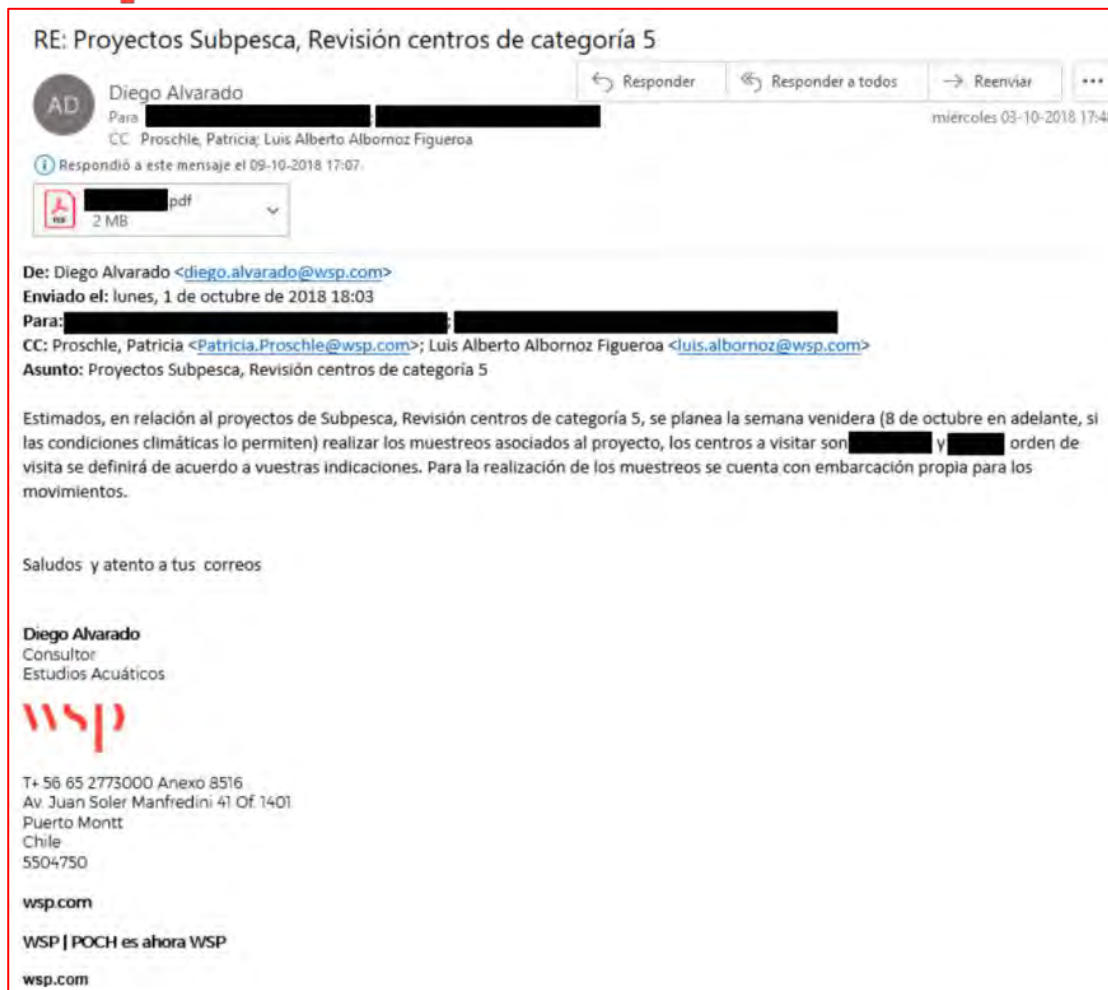


Figura 48 - Mail enviado a empresas participante para inicio de campaña 1

Los resultados se presentan por centro muestreado. Como se mencionó anteriormente, a fin de mantener en reserva la ubicación del centro, se menciona cada uno de ellos con una letra.

5.3.5.1 Diseño Muestral y Muestreo

Para la realización del diseño muestral se utilizó el Modelo DEPOMOD, los datos de entrada fueron proporcionados por las empresas participantes, (corrientes, batimetrías, ubicación de los módulos, entre otros). La información recibida por parte de las empresas participantes, si bien no fue la óptima, estas si cumplen para el desarrollo del modelo Depomod. Cabe señalar que el modelo utilizado predice bien las cargas orgánicas provenientes de sitios con acuicultura, en lugares para los que se desarrolló el modelo. Es decir, lugares someros con presencia de sedimentos blandos, y flujo laminar. Se considera que la profundidad no es un factor crítico en la predicción por sí solo, sino más bien la



combinación de factores como la profundidad y fondos marinos duros. (IFOP 2013 Experiencia internacional en el uso del DEPOMOD para Acuicultura)

A modo de estandarizar los datos de entrada al modelo Depomod, para todos los centros que se modelaron (A, B, C, D, E, F y G) se utilizó la información de la siguiente manera

- Batimetría: extraída de los planos enviados por parte de las empresas participantes, donde la data recibida corresponde a un archivo formato DXF o DWG. Este archivo tuvo que ser transformado a un formato SRF (archivo Surfer) para la extracción de las coordenadas XYZ. La utilización de la data batimétrica se utiliza para la conformación del módulo Grid Generation.
- Plano con ubicación de jaulas: se extrajeron de estos planos, la ubicación de las jaulas en coordenadas UTM, las cuales fueron transformadas en coordenadas absolutas para luego ser ingresadas en el Cage Information (Información de Jaulas)
- Corrientes: La data de correntometría entregada por los productores de salmon fueron las correspondientes a las Caracterizaciones preliminares de sitio (CPS) o de fondeo, considerando la data levantada, que en algunos casos superan los 10 años de antigüedad, se optó por utilizar 5 capas x distantes entre sí. Para todos los centros, las capas consideradas fueron Superficie, Superficie – X, Media, Media – X y Fondo. De este modo, las capas utilizadas mantienen una distancia similar entre ellas y la predicción del modelo DEPOMOD en cuanto a los resultados para la distancia desde la zona de mayor acumulación, no es afectada directamente por las corrientes, sino que por la suma de los distintos módulos del modelo.
- Alimentación: Referente a la información del alimento suministrado a los peces durante el ciclo productivo, por parte de los productores no se pudo obtener una data real del último ciclo o ciclo actual, por lo tanto, se consideró utilizar una estimación basada en el número de jaulas, FC% promedio de la industria, máxima biomasa permitida en razón a los m³ utilizados por el centro, peso cosecha e información del Proyecto técnico.
- Características del alimento, carbón y fecas: no hubo información relacionada entregada por empresas participantes, por ende, se ocupó y estandarizo esta con información bibliográfica.

La **Figura 49** presenta el diseño muestral con la ubicación de las estaciones de acuerdo con los resultados obtenidos a partir del modelo DEPOMOD. En la **Tabla 12** se presentan los parámetros de entrada al modelo. Para la generación de la grilla se utilizó la batimetría del centro de cultivo, incorporando la ubicación del módulo de cultivo instalado al momento del muestreo. El módulo trayectoria de partículas utilizó los datos de corrientes del centro de cultivo, considerando para la modelación un ciclo completo (18 meses,) y la producción indicada en el proyecto técnico. El resto de los valores fue extraído de la literatura. El modelo de resuspensión fue utilizado sólo para obtener los resultados del modelo.

El muestreo de la primera campaña fue realizado entre los días 10, 11 y 13 de octubre de 2018. Los días de levantamiento se presentaron despejados con viento de aproximadamente 2 nudos proveniente del suroeste. La **Figura 50** entrega algunas imágenes de las actividades desarrolladas en los días de levantamiento de información, destacando la extracción y medición de parámetros en el sedimento, medición de perfiles de la columna de agua y filmación submarina. La segunda campaña fue levantada los días 20 y 21 de enero del 2019 donde los días se presentaron despejados, con viento sur.

Tabla 12 - Variables de entrada al modelo DEPOMOD. Centro A.

Generación de la Grilla		
	Unidad	Valor
Major Grid	Unidades	50 x 50
Major Grid Resolución de la Celda	m	20 x 20
Minor Grid	Unidades	99 x 99
Minor Grid Resolución de la Celda	m	10 x 10
Número de Módulos	Unidades	1
Número de Jaulas Por Módulo	Unidades	18
Trayectoria de Partícula		
Contenido de Agua en el Alimento	%	9
Digestibilidad	%	92
Porcentaje de Alimento no Consumido	%	4
Porcentaje de Carbono en el pellet de alimento	%	46
Porcentaje de Carbono en las Fecas	%	30
Número de Dietas Suministradas al Cultivo	Unidades	1
Tamaño de la Fecas	mm	1



Velocidad de Hundimiento de las Fecas	m/s	0,032 ± 0,01
Número de Partículas Simuladas	N°	10
Tipo de Correntómetro	ADCP	
Número de Capas de corrientes utilizadas	Unidades	5
Profundidades de las Capas de Corrientes (*desde Superficie)	m	2 – 16 – 30 – 44 - 58
Profundidades anclaje Correntómetro	m	62
Periodo de medición de corrientes	días	1
Paso del tiempo de los datos promedio por hora de Corrientes	s	600
Evaluación de la exactitud de la trayectoria	s	60
Coeficiente de Dispersión Dirección Horizontal x (Kx)	m²	0,1
Coeficiente de Dispersión Dirección Horizontal y (Ky)	m²	0,1
Coeficiente de Dispersión Dirección Vertical (Kz)	m²	0,001
Periodo de tiempo utilizado para la Simulación	meses	18
Total, alimento suministrado (Ton) durante ciclo productivo	Proyecto técnico aprobado.	
Resuspensión		
Módulo utilizado solo para obtener los valores de salida de Carbono		

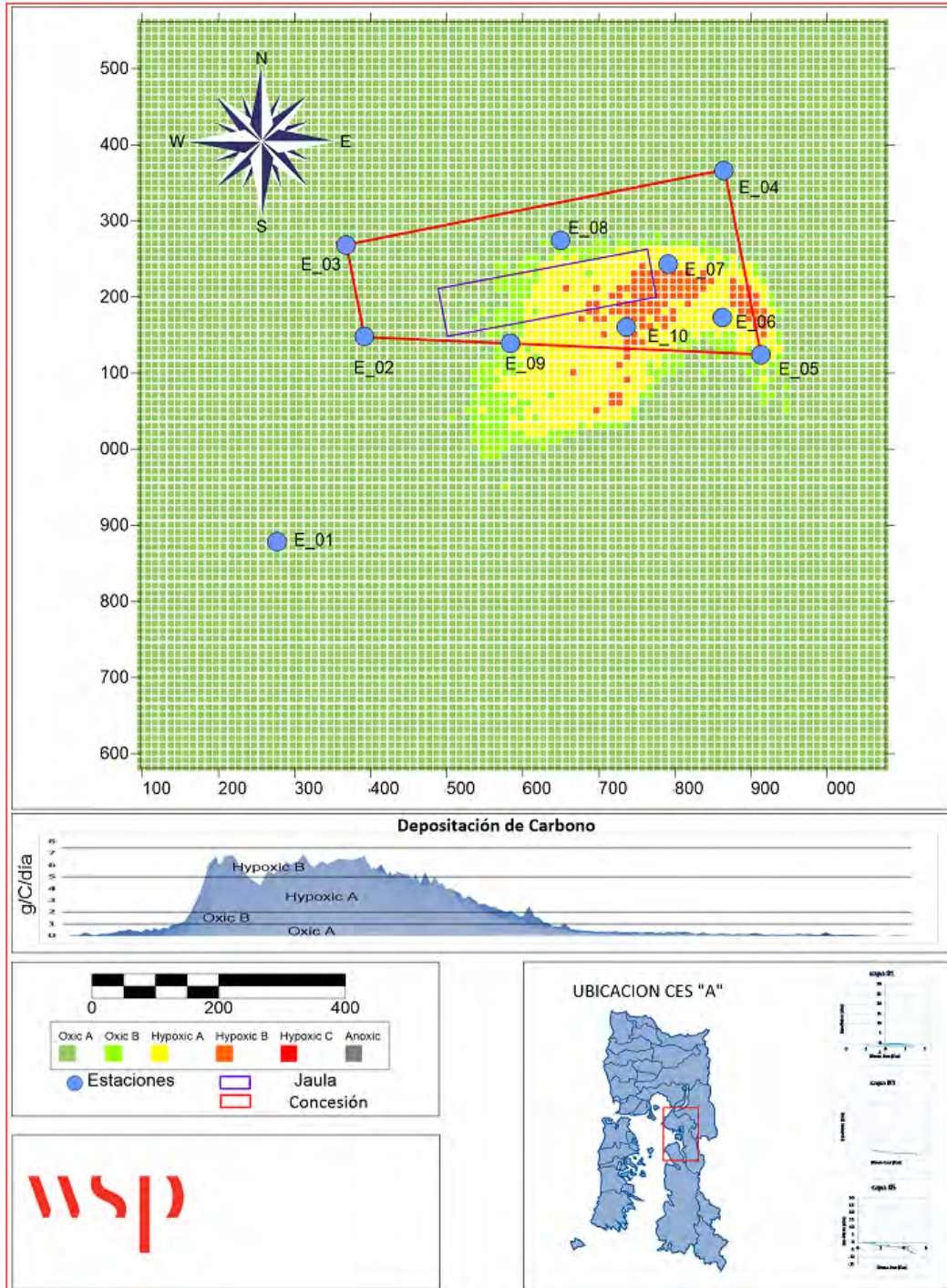


Figura 49 - Esquema deposición de Carbono y ubicación de las estaciones de muestreo. Centro A.



Figura 50 - Actividades de muestreo en el Centro A.



5.3.5.1.2 Centro B

El muestreo de la primera campaña fue realizado entre los días 11 y 12 de octubre 2018. Los días de levantamiento se presentaron despejados con viento de aproximadamente 2 nudos proveniente del suroeste, a su vez la segunda campaña fue realizada el día 17 de enero del año 2019, donde el día se presentó con cielo despejado y un viento sur de aproximadamente 3 nudos.

La **Tabla 13** da a conocer los parámetros de entrada al modelo DEPOMOD. Para la generación de la grilla se utilizó la batimetría del centro de cultivo, incorporando la ubicación del módulo de cultivo que actualmente se encuentra instalado. El módulo de trayectoria de partículas utilizó los datos de corrientes del centro de cultivo, considerando el ciclo completo (18 meses) y la producción indicada en el proyecto técnico. El resto de los valores fueron extraídos de la literatura atinente. El modelo de Resuspensión fue utilizado sólo para obtener los resultados del modelo.

La **Figura 51** presenta el diseño muestral con la ubicación de las estaciones de acuerdo con los resultados obtenidos a partir del modelo.

Por otro lado, la **Figura 52** entrega algunas imágenes de las actividades desarrolladas en los días de levantamiento, destacando la extracción y medición de parámetros en el sedimento (físico químico y macrofauna bentónica) y medición de perfiles de la columna de agua.

Tabla 13 - Variables de entrada al modelo DEPOMOD. Centro B.

Generación de la Grilla		
	Unidad	Valor
Major Grid	Unidades	50 x 50
Major Grid Resolución de la Celda	m	24 x 24
Minor Grid	Unidades	99 x 99
Minor Grid Resolución de la Celda	m	12 x 12
Número de Módulos	Unidades	1
Número de Jaulas Por Módulo	Unidades	18
Trayectoria de Partícula		
Contenido de Agua en el Alimento	%	9
Digestibilidad	%	96
Porcentaje de Alimento no Consumido	%	5
Porcentaje de Carbono en el pellet de alimento	%	46



Porcentaje de Carbono en las Fecas	%	30
Número de Dietas Suministradas al Cultivo	Unidades	1
Tamaño de la Fecas	mm	1
Velocidad de Hundimiento de las Fecas	m/s	0,032 ± 0,01
Número de Partículas Simuladas	Nº	10
Tipo de Correntómetro	ADCP	
Número de Capas de corrientes utilizadas	Unidades	5
Profundidades de las Capas de Corrientes (*desde Superficie)	m	2 - 16 - 32 - 46 - 60
Profundidades anclaje Correntómetro	m	62
Periodo de medición de corrientes	días	30
Paso del tiempo de los datos promedio por hora de Corrientes	s	3600
Evaluación de la exactitud de la trayectoria	s	60
Coeficiente de Dispersión Dirección Horizontal x (Kx)	m²	0,1
Coeficiente de Dispersión Dirección Horizontal y (Ky)	m²	0,1
Coeficiente de Dispersión Dirección Vertical (Kz)	m²	0,001
Periodo de tiempo utilizado para la Simulación	meses	18
Total, alimento suministrado (Ton) durante ciclo productivo	Proyecto técnico aprobado.	
Resuspensión		
Módulo utilizado solo para obtener los valores de salida de Carbono		

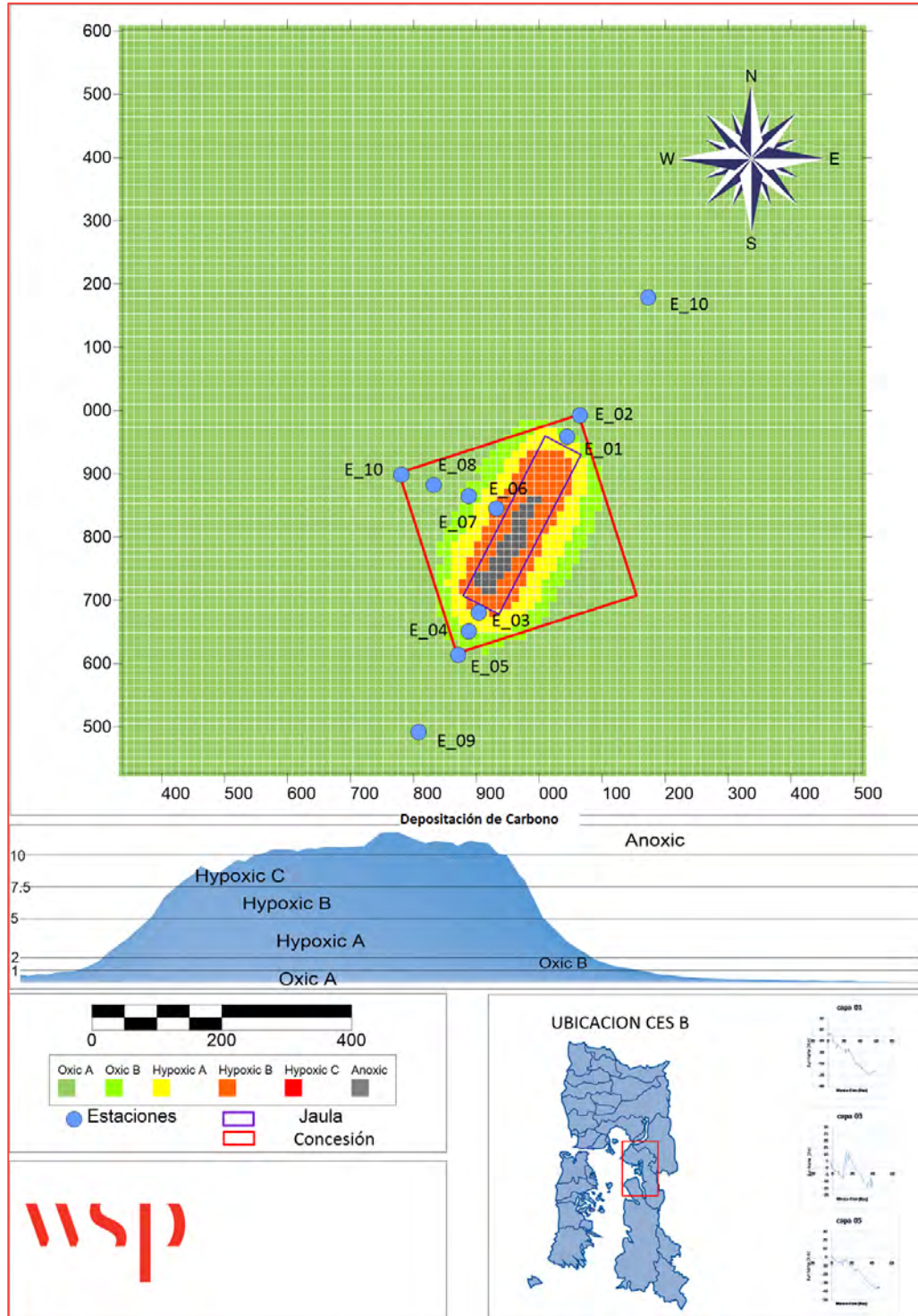


Figura 51 - Esquema deposición de Carbono y ubicación de las estaciones de muestreo. Centro B.

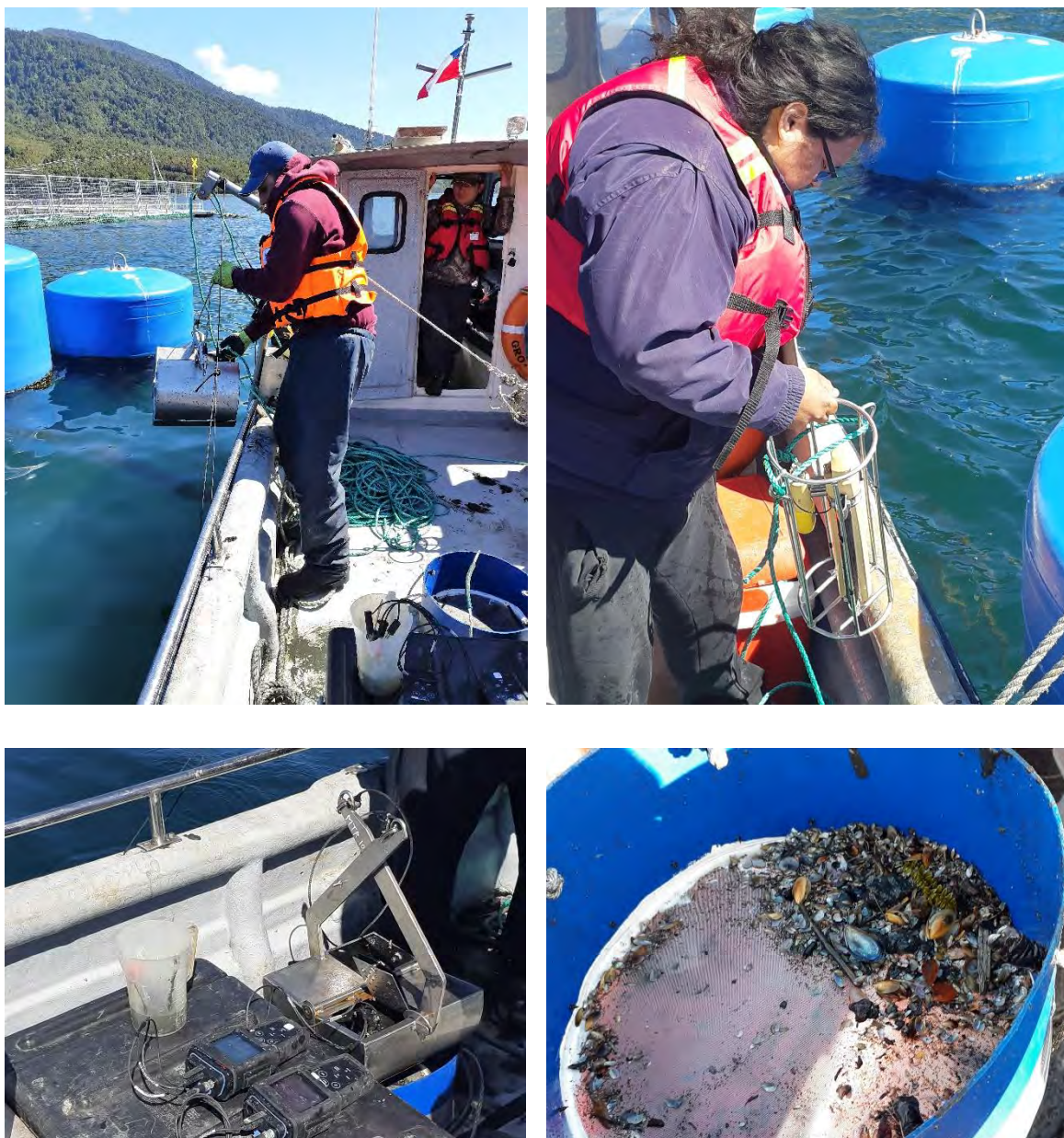


Figura 52 - Fotografías muestreo Centro B.

5.3.5.1.3 Centro C

El muestreo de la primera campaña fue realizado el día 6 de noviembre del año 2018 donde el día se presentó despejado con viento sur de aproximadamente 4 nudos. Para la segunda campaña esta fue realizado el día 23 de enero del 2019 donde se presentó un día soleado con viento sureste, con una velocidad aproximada de 7 nudos.

La **Tabla 14** da a conocer los parámetros de entrada. Para la generación de la grilla se utilizó la batimetría del centro de cultivo, incorporando la ubicación del módulo de cultivo que

wsp.com



actualmente se encuentra instalado. El módulo trayectoria de partículas utilizó los datos de corrientes del centro de cultivo entregado por la empresa productora de salmones, la información se presentó en 9 capas con los siguientes intervalos: 2 a 5 m (capa 1), 5 a 8 m (capa 2), 8 a 11 m (capa 3), 11 a 14 m (capa 4), 14 a 17 m (capa 5), 17 a 20 m (capa 6), 20 a 23 m (capa 7), 23 a 26 m (capa 8) y 26 a 29 m (capa 9). Como se mencionó anteriormente se utilizaron las capas de manera x distantes siendo ocupadas las siguientes: capa 1, capa 3, capa 5, capa 7 y capa 9. Las corrientes utilizadas en el desarrollo del modelo corresponden a una realizada para el fondeo de las artes de cultivo. Se consideró un ciclo completo (18 meses) y la producción indicada en el proyecto técnico. El resto de los valores fue extraído de la literatura atinente. El modelo de resuspensión fue utilizado sólo para obtener los resultados del modelo.

Tabla 14 - Variables de entrada al modelo DEPOMOD. Centro C.

Generación de la Grilla		
	Unidad	Valor
Major Grid	Unidades	50 x 50
Major Grid Resolución de la Celda	m	20 x 20
Minor Grid	Unidades	99 x 99
Minor Grid Resolución de la Celda	m	10 x 10
Número de Módulos	Unidades	2
Número de Jaulas Por Módulo	Unidades	12
Trayectoria de Partícula		
Contenido de Agua en el Alimento	%	9
Digestibilidad	%	80
Porcentaje de Alimento no Consumido	%	5
Porcentaje de Carbono en el pellet de alimento	%	46
Porcentaje de Carbono en las Fecas	%	30
Número de Dietas Suministradas al Cultivo	Unidades	1
Tamaño de la Fecas	mm	1
Velocidad de Hundimiento de las Fecas	m/s	0,032 ± 0,01
Número de Partículas Simuladas	N°	10
Tipo de Correntómetro	ADCP	

Número de Capas de corrientes utilizadas	Unidades	5
Profundidades de las Capas de Corrientes (*desde Superficie)	m	(2-5) – (8-11) – (14-17) – (20-23) – (26-29)
Profundidades anclaje Correntómetro (correntometría fondeo)	m	32
Periodo de medición de corrientes	días	9
Paso del tiempo de los datos promedio por hora de Corrientes	s	600
Evaluación de la exactitud de la trayectoria	s	60
Coeficiente de Dispersión Dirección Horizontal x (Kx)	m²	0,1
Coeficiente de Dispersión Dirección Horizontal y (Ky)	m²	0,1
Coeficiente de Dispersión Dirección Vertical (Kz)	m²	0,001
Periodo de tiempo utilizado para la Simulación	meses	18
Total, alimento suministrado (Ton) durante ciclo productivo	Proyecto técnico aprobado.	
Resuspensión		
Módulo utilizado solo para obtener los valores de salida de Carbono		

La **Figura 53** se presenta el diseño muestral con la ubicación de las estaciones de acuerdo a los resultados obtenidos a partir del modelo.

Por otro lado, la **Figura 54** entrega algunas imágenes de las actividades desarrolladas en los días de levantamiento, destacando la extracción y medición de parámetros en el sedimento (físico químico y macrofauna bentónica) y medición de perfiles de la columna de agua.

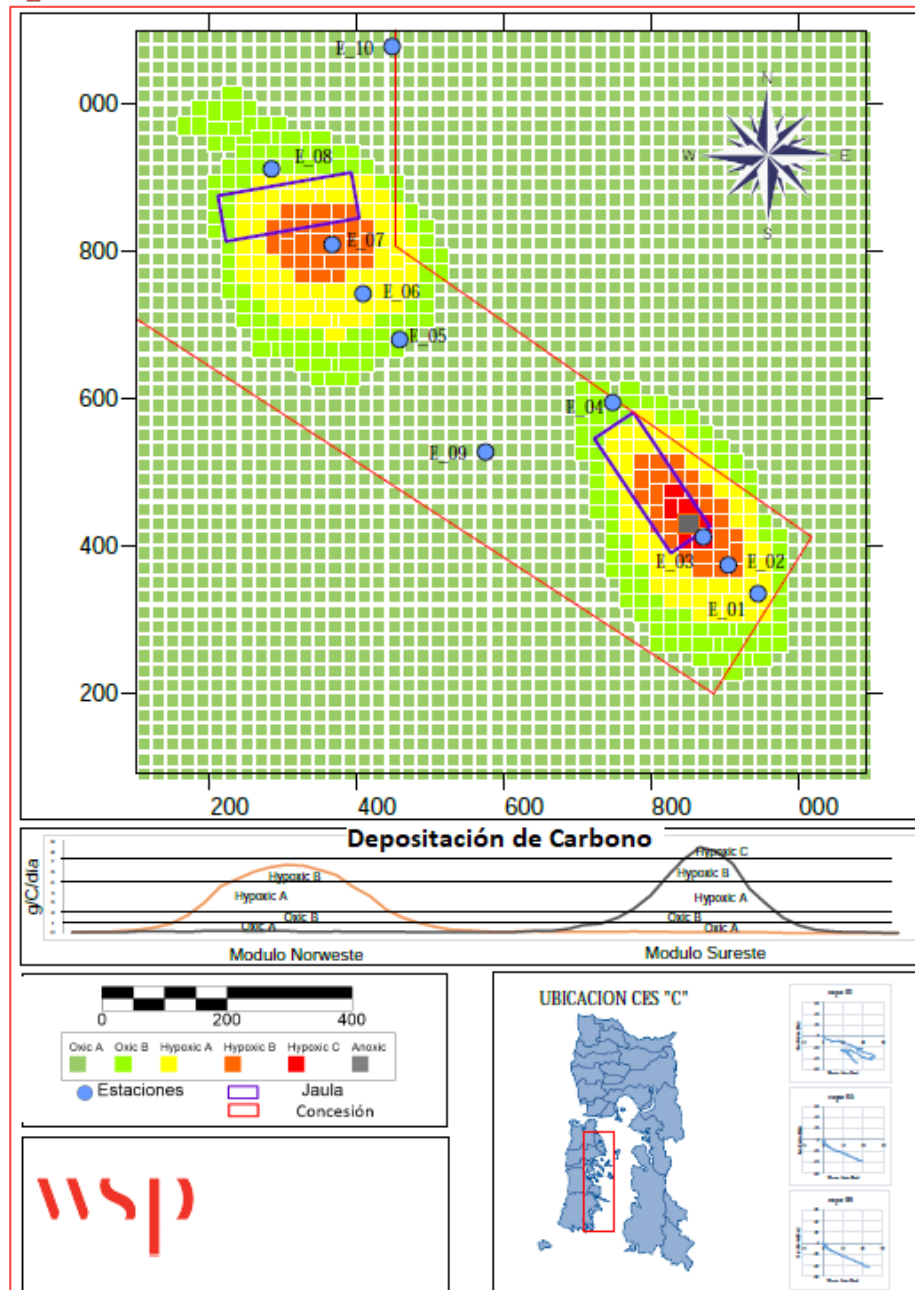


Figura 53 - Esquema deposición de Carbono y ubicación de las estaciones de muestreo. Centro C.

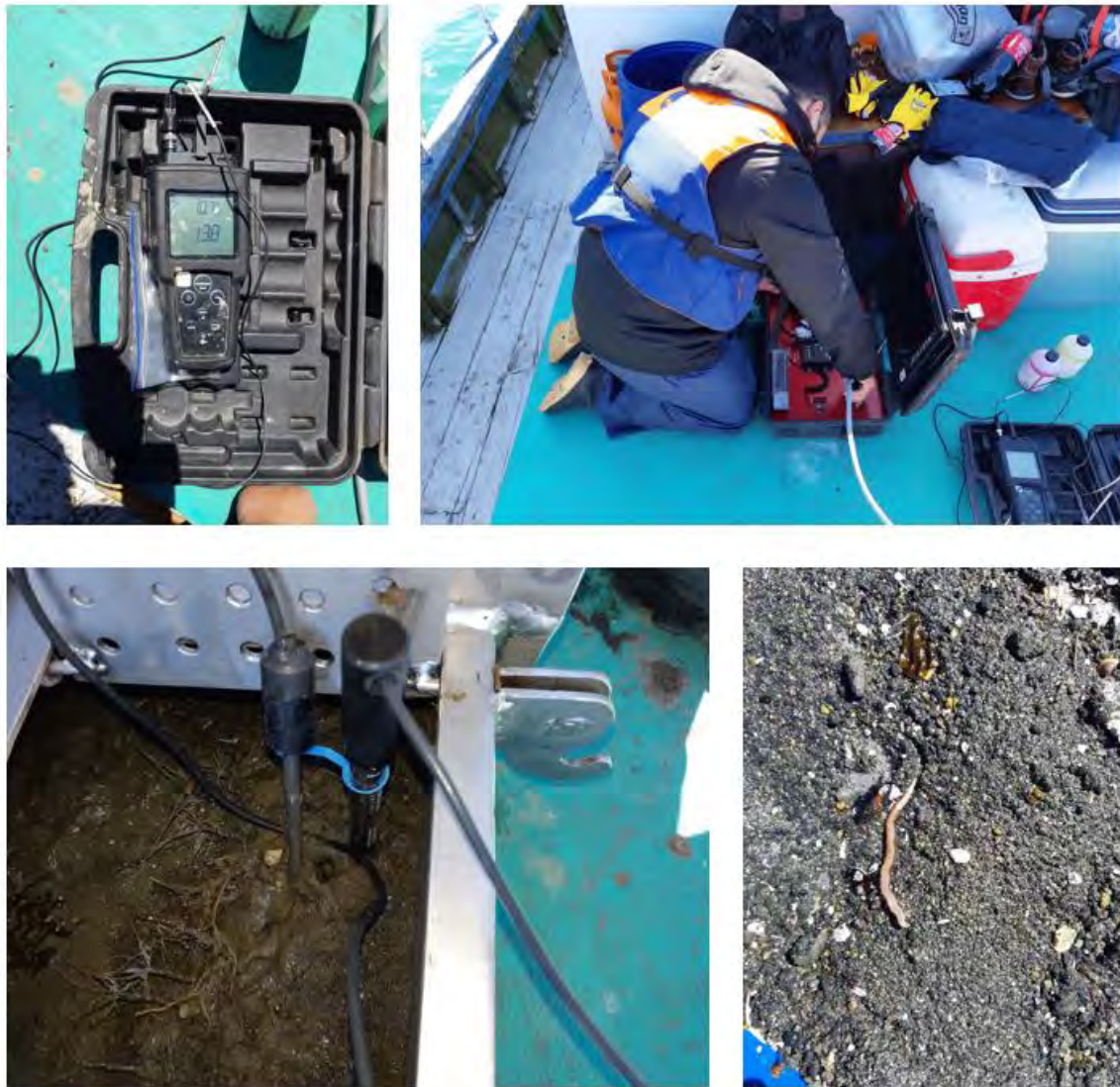


Figura 54 - Fotografías muestreo Centro C.

5.3.5.1.4 Centro D

El muestreo de la primera campaña fue realizado entre los días 12 y 13 de octubre del año 2018. Los días de levantamiento se presentaron parcial a nublado, con viento de aproximadamente 2 nudos proveniente del suroeste. La segunda campaña fue realizada el día 19 de enero del 2019. El día se presentó parcialmente despejado con una velocidad de 5 nudos aproximadamente, proveniente del oeste.

La **Tabla 15** da a conocer los parámetros de entrada. Para la generación de la grilla se utilizó la batimetría del centro de cultivo, incorporando la ubicación del módulo de cultivo que



actualmente se encuentra instalado. El módulo trayectoria de partículas utilizó los datos de corrientes del centro de cultivo, considerando el ciclo completo (18 meses) y la producción indicada en el proyecto técnico. El resto de los valores fueron extraídos de la literatura atinente. El modelo de resuspensión fue utilizado sólo para obtener los resultados del modelo.

Tabla 15. Variables de entrada al modelo DEPOMOD. Centro D.

Generación de la Grilla		
	Unidad	Valor
Major Grid	Unidades	50 x 50
Major Grid Resolución de la Celda	m	24 x 24
Minor Grid	Unidades	99 x 99
Minor Grid Resolución de la Celda	m	12 x 12
Número de Módulos	Unidades	1
Número de Jaulas Por Módulo	Unidades	16
Trayectoria de Partícula		
Contenido de Agua en el Alimento	%	9
Digestibilidad	%	96
Porcentaje de Alimento no Consumido	%	5
Porcentaje de Carbono en el pellet de alimento	%	46
Porcentaje de Carbono en las Fecas	%	30
Número de Dietas Suministradas al Cultivo	Unidades	1
Tamaño de la Fecas	mm	1
Velocidad de Hundimiento de las Fecas	m/s	0,032 ± 0,01
Número de Partículas Simuladas	N°	10
Tipo de Correntómetro	ADCP	
Número de Capas de corrientes utilizadas	Unidades	5
Profundidades de las Capas de Corrientes (*desde Superficie)	m	2 - 16 - 32 - 46 - 60
Profundidades anclaje Correntómetro	m	62
Periodo de medición de corrientes	días	30
Paso del tiempo de los datos promedio por hora de Corrientes	s	3600
Evaluación de la exactitud de la trayectoria	s	60
Coeficiente de Dispersión Dirección Horizontal x (Kx)	m ²	0,1
Coeficiente de Dispersión Dirección Horizontal y (Ky)	m ²	0,1
Coeficiente de Dispersión Dirección Vertical (Kz)	m ²	0,001

Periodo de tiempo utilizado para la Simulación	meses	18
Total, alimento suministrado (Ton) durante ciclo productivo	Proyecto técnico aprobado.	
Resuspensión		
Módulo utilizado solo para obtener los valores de salida de Carbono		

En la **Figura 55** se presenta el diseño muestral con la ubicación de las estaciones de acuerdo con los resultados obtenidos a partir del modelo.

Por otro lado, la **Figura 56** entrega algunas imágenes de las actividades desarrolladas en los días de levantamiento, destacando la extracción y medición de parámetros en el sedimento (físico químico y macrofauna bentónica) y medición de perfiles de la columna de agua.

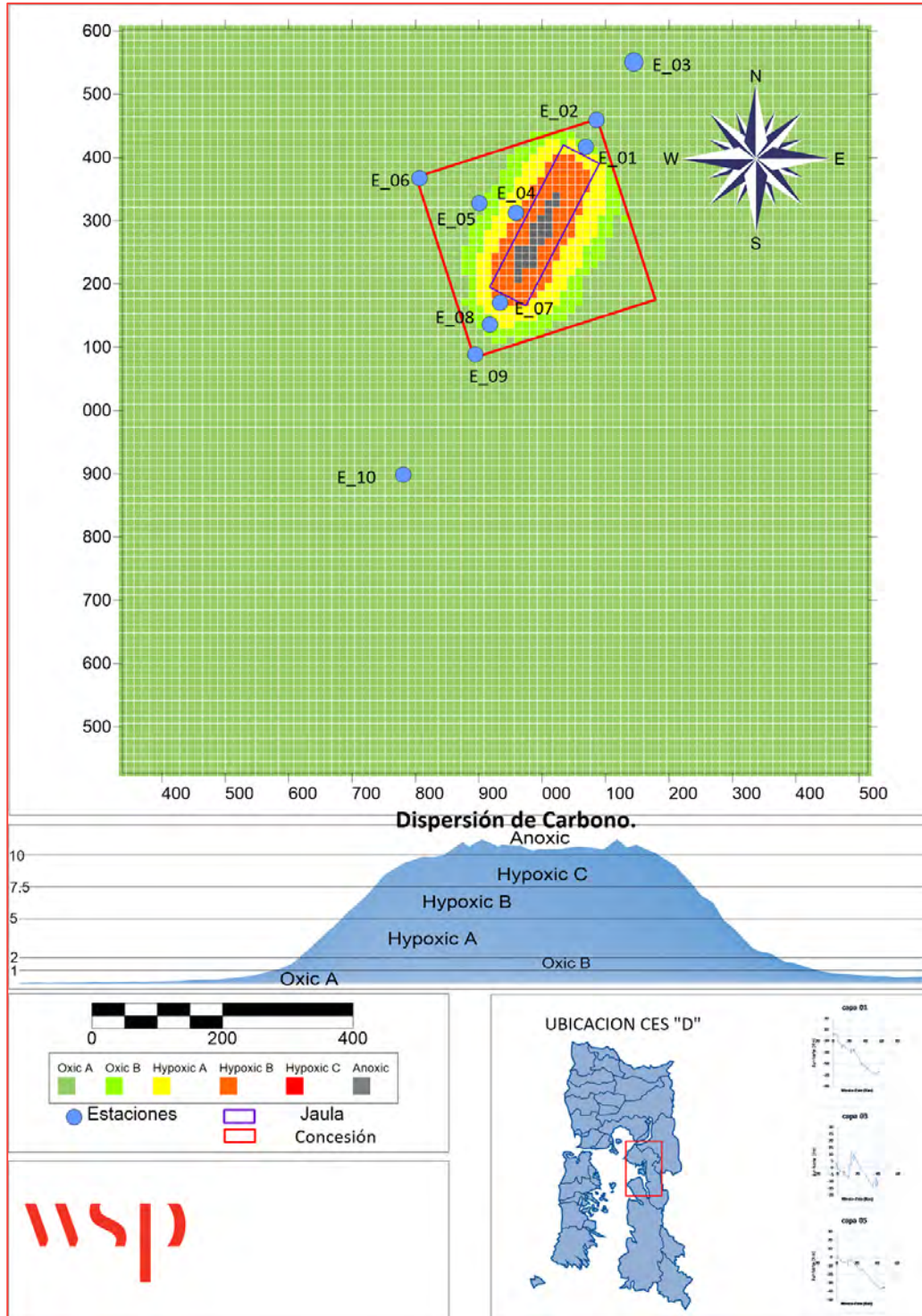


Figura 55 - Esquema deposición de Carbono y ubicación de las estaciones de muestreo. Centro D.



Figura 56 - Fotografías muestreo Centro D.



5.3.5.1.5 Centro E

El muestreo de la primera campaña fue realizado el 13 de octubre del año 2018. El día de levantamiento se presentó parcial a nublado, con viento de aproximadamente 2 nudos proveniente del suroeste. La segunda campaña fue realizada el 17 de enero del año 2019 donde se presentó un día parcialmente nublado con velocidad del viento de 5 nudos aproximadamente y una dirección suroeste.

La **Tabla 16** da a conocer los parámetros de entrada. Para la generación de la grilla se utilizó la batimetría del centro de cultivo, incorporando la ubicación del módulo de cultivo que actualmente se encuentra instalado. El módulo trayectoria de partículas utilizó los datos de corrientes del centro de cultivo, considerando el ciclo completo (18 meses) y la producción indicada en el proyecto técnico. El resto de los valores fue extraído de la literatura atinente. El modelo de resuspensión fue utilizado sólo para obtener los resultados del modelo.

Tabla 16 - Variables de entrada al modelo DEPOMOD. Centro E.

Generación de la Grilla		
	Unidad	Valor
Major Grid	Unidades	50 x 50
Major Grid Resolución de la Celda	m	20 x 20
Minor Grid	Unidades	99 x 99
Minor Grid Resolución de la Celda	m	10 x 10
Número de Módulos	Unidades	1
Número de Jaulas Por Módulo	Unidades	16
Trayectoria de Partícula		
Contenido de Agua en el Alimento	%	9
Digestibilidad	%	96
Porcentaje de Alimento no Consumido	%	5
Porcentaje de Carbono en el pellet de alimento	%	46
Porcentaje de Carbono en las Fecas	%	30
Número de Dietas Suministradas al Cultivo	Unidades	1
Tamaño de la Fecas	mm	1
Velocidad de Hundimiento de las Fecas	m/s	0,032 ± 0,01
Número de Partículas Simuladas	Nº	10
Tipo de Correntómetro	ADCP	

Número de Capas de corrientes utilizadas	Unidades	5
Profundidades de las Capas de Corrientes (*desde Superficie)	m	2 - 16 - 32 - 46 - 60
Profundidades anclaje Correntómetro	m	62
Periodo de medición de corrientes	días	30
Paso del tiempo de los datos promedio por hora de Corrientes	s	3600
Evaluación de la exactitud de la trayectoria	s	60
Coeficiente de Dispersión Dirección Horizontal x (Kx)	m ²	0,1
Coeficiente de Dispersión Dirección Horizontal y (Ky)	m ²	0,1
Coeficiente de Dispersión Dirección Vertical (Kz)	m ²	0,001
Periodo de tiempo utilizado para la Simulación	meses	18
Total, alimento suministrado (Ton) durante ciclo productivo	Proyecto técnico aprobado.	
Resuspensión		
Módulo utilizado solo para obtener los valores de salida de Carbono		

En la **Figura 57** se presenta el diseño muestral con la ubicación de las estaciones de acuerdo con los resultados obtenidos a partir del modelo.

Por otro lado, la **Figura 58** entrega algunas imágenes de las actividades desarrolladas en los días de levantamiento, destacando la extracción y medición de parámetros en el sedimento (físico químico y macrofauna bentónica) y medición de perfiles de la columna de agua.

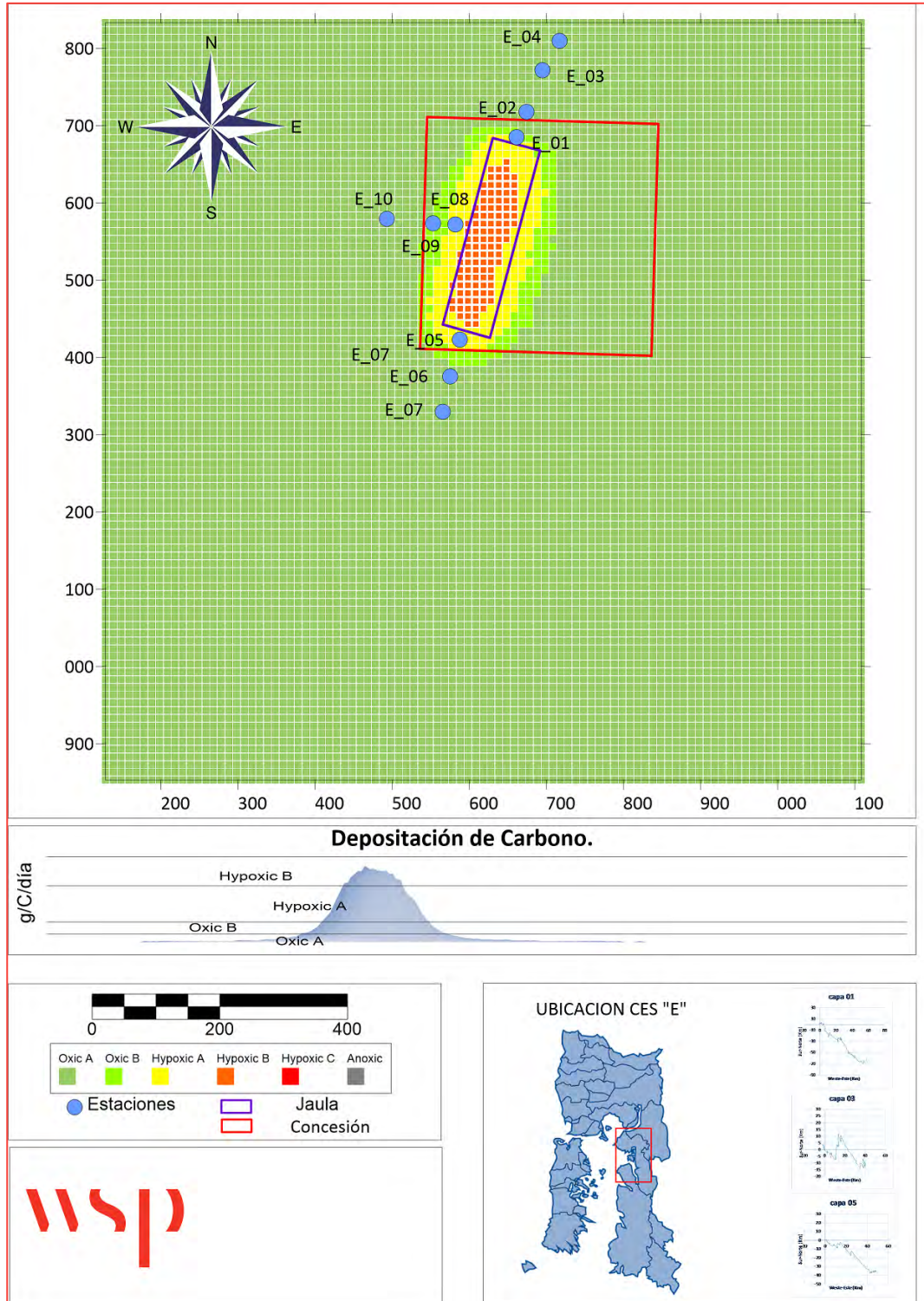


Figura 57 - Esquema deposición de Carbono y ubicación de las estaciones de muestreo. Centro E.

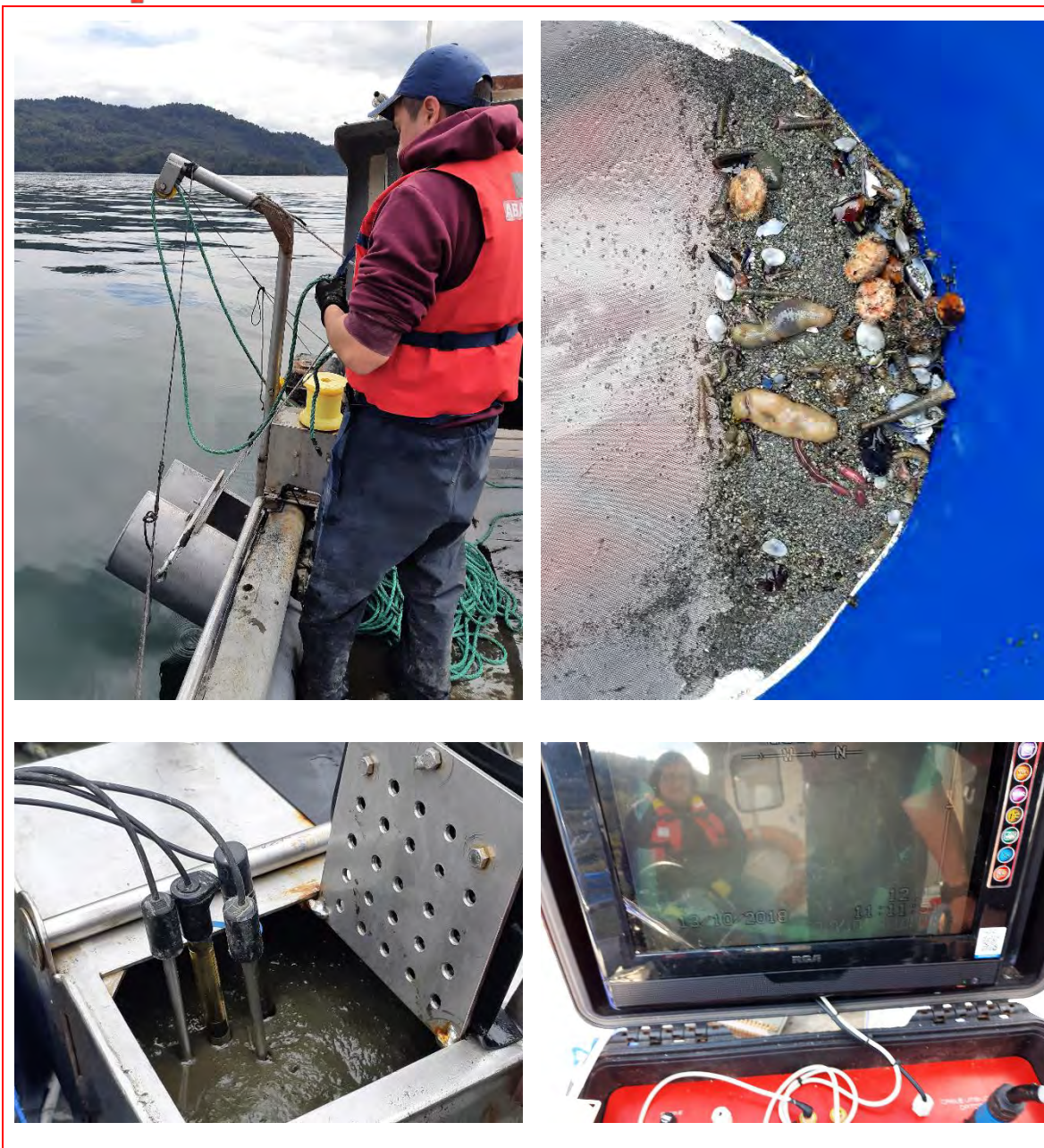


Figura 58 - Fotografías muestreo Centro E.

5.3.5.1.6 Centro F

El muestreo de la primera campaña fue realizado el 07 de noviembre del año 2018. El día de levantamiento se presentó nublado, con viento de aproximadamente 4 nudos proveniente del sureste. La segunda campaña fue realizada el 24 de enero del año 2019 donde se presentó un día, donde se aprecia parcialmente nublado con velocidad del viento de 4 nudos aproximadamente y una dirección suroeste.



La **Tabla 17** da a conocer los parámetros de entrada. Para la generación de la grilla se utilizó la batimetría del centro de cultivo, incorporando la ubicación del módulo de cultivo que actualmente se encuentra instalado. El módulo trayectoria de partículas utilizó los datos de corrientes del centro de cultivo, considerando el ciclo completo (18 meses) y la producción indicada en el proyecto técnico. El resto de los valores fue extraído de la literatura atinente. El modelo de resuspensión fue utilizado sólo para obtener los resultados del modelo.

Tabla 17 - Variables de entrada al modelo DEPOMOD. Centro F.

Generación de la Grilla		
	Unidad	Valor
Major Grid	Unidades	50 x 50
Major Grid Resolución de la Celda	m	20 x 20
Minor Grid	Unidades	99 x 99
Minor Grid Resolución de la Celda	m	10 x 10
Número de Módulos	Unidades	1
Número de Jaulas Por Módulo	Unidades	16
Trayectoria de Partícula		
Contenido de Agua en el Alimento	%	9
Digestibilidad	%	96
Porcentaje de Alimento no Consumido	%	5
Porcentaje de Carbono en el pellet de alimento	%	46
Porcentaje de Carbono en las Fecas	%	30
Número de Dietas Suministradas al Cultivo	Unidades	1
Tamaño de la Fecas	mm	1
Velocidad de Hundimiento de las Fecas	m/s	0,032 ± 0,01
Número de Partículas Simuladas	N°	10
Tipo de Correntómetro	ADCP	
Número de Capas de corrientes utilizadas	Unidades	5
Profundidades de las Capas de Corrientes (*desde Superficie)	m	2 – 16 – 32 – 46 – 60
Profundidades anclaje Correntómetro	m	62
Periodo de medición de corrientes	días	30

Paso del tiempo de los datos promedio por hora de Corrientes	s	3600
Evaluación de la exactitud de la trayectoria	s	60
Coeficiente de Dispersión Dirección Horizontal x (Kx)	m²	0,1
Coeficiente de Dispersión Dirección Horizontal y (Ky)	m²	0,1
Coeficiente de Dispersión Dirección Vertical (Kz)	m²	0,001
Periodo de tiempo utilizado para la Simulación	meses	18
Total, alimento suministrado (Ton) durante ciclo productivo	Proyecto técnico aprobado.	
Resuspensión		
Módulo utilizado solo para obtener los valores de salida de Carbono		

En la **Figura 59** se presenta el diseño muestral con la ubicación de las estaciones de acuerdo con los resultados obtenidos a partir del modelo.

Por otro lado, la **Figura 60** entrega algunas imágenes de las actividades desarrolladas en los días de levantamiento, destacando la extracción y medición de parámetros en el sedimento (físico químico y macrofauna bentónica) y medición de perfiles de la columna de agua.

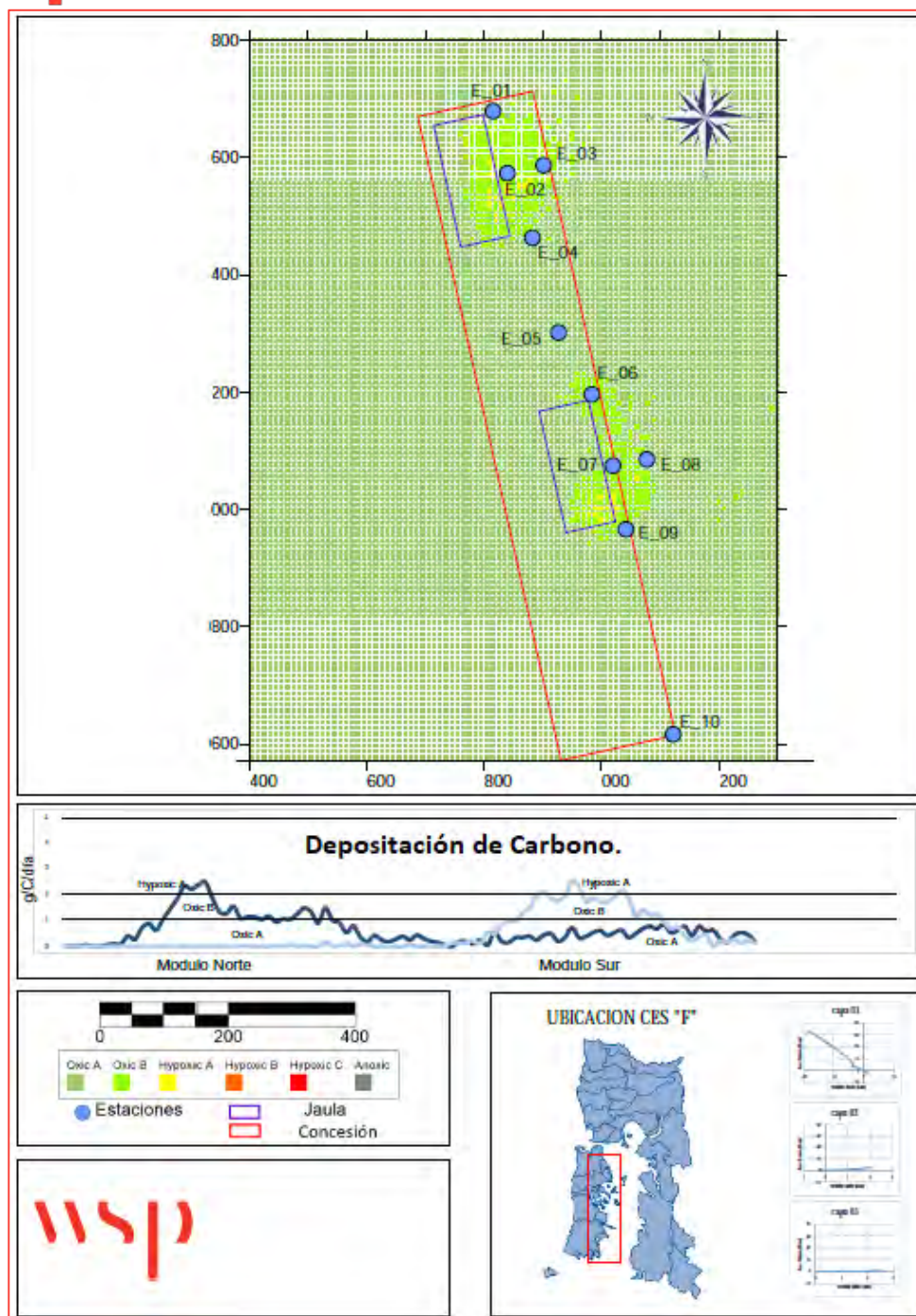


Figura 59 - Esquema deposición de Carbono y ubicación de las estaciones de muestreo. Centro F.

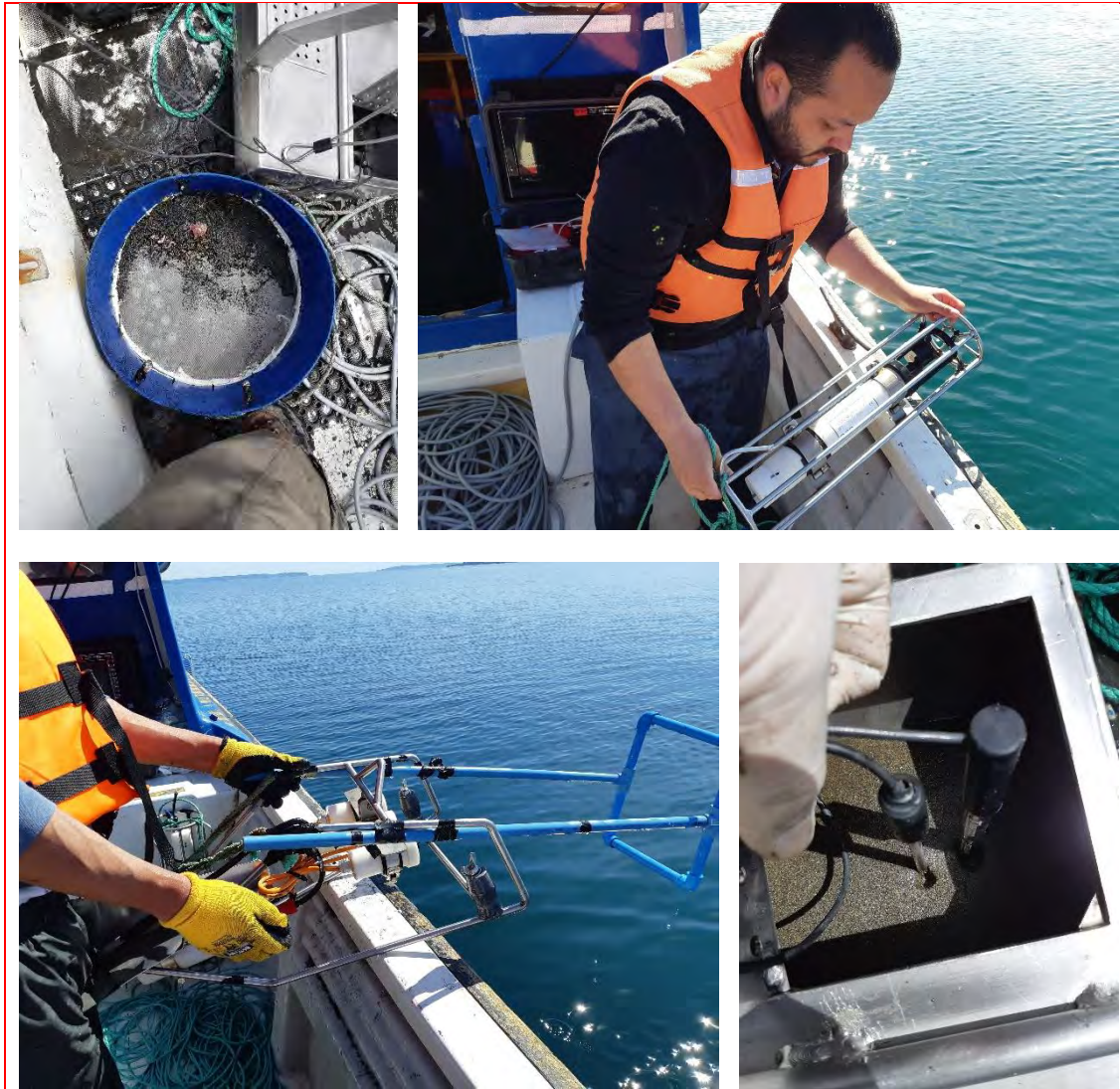


Figura 60 - Fotografías muestreo Centro F.

5.3.5.1.7 Centro G

El muestreo de la primera campaña fue realizado el 28 y 29 de noviembre del año 2018. El día de levantamiento se presentó parcial a nublado, con viento de aproximadamente de 5 nudos proveniente del sur. La segunda campaña fue realizada el 20 de enero del año 2019 donde se presentó un día, donde se aprecia parcialmente nublado con velocidad del viento de 3 nudos aproximadamente y una dirección suroeste.

La **Tabla 18** da a conocer los parámetros de entrada al modelo. Para la generación de la grilla se utilizó la batimetría del centro de cultivo, incorporando la ubicación del módulo



de cultivo que actualmente se encuentra instalado. El módulo trayectoria de partículas utilizó los datos de corrientes del centro de cultivo entregado por la empresa productora de salmones, la información se presentó en 6 capas con los siguientes intervalos: 2 m (capa 1), 4 m (capa 2), 6 m (capa 3) 8 m (capa 4) 10 m (capa 5) y 12 m (capa 6). Como se mencionó anteriormente se utilizaron las capas de manera x distantes siendo ocupadas las siguientes: capa 1, capa 2, capa 3, capa 4 y capa 6. Las corrientes utilizadas en el desarrollo del modelo corresponden a una realizada para el fondeo de las artes de cultivo. Se consideró un ciclo completo (18 meses) y la producción indicada en el proyecto técnico. El resto de los valores fue extraído de la literatura atingente. El modelo de resuspensión fue utilizado sólo para obtener los resultados del modelo.

Tabla 18 - Variables de entrada al modelo DEPOMOD. Centro G.

Generación de la Grilla		
	Unidad	Valor
Major Grid	Unidades	50 x 50
Major Grid Resolución de la Celda	m	20 x 20
Minor Grid	Unidades	99 x 99
Minor Grid Resolución de la Celda	m	10 x 10
Número de Módulos	Unidades	1
Número de Jaulas Por Módulo	Unidades	20
Trayectoria de Partícula		
Contenido de Agua en el Alimento	%	9
Digestibilidad	%	96
Porcentaje de Alimento no Consumido	%	5
Porcentaje de Carbono en el pellet de alimento	%	46
Porcentaje de Carbono en las Fecas	%	30
Número de Dietas Suministradas al Cultivo	Unidades	1
Tamaño de la Fecas	mm	1
Velocidad de Hundimiento de las Fecas	m/s	0,032 ± 0,01
Número de Partículas Simuladas	N°	10
Tipo de Correntómetro	ADCP	
Número de Capas de corrientes utilizadas	Unidades	5

Profundidades de las Capas de Corrientes (*desde Superficie)	m	2 - 04 - 06 - 08 - 12
Profundidades anclaje Correntómetro	m	14
Periodo de medición de corrientes	días	14
Paso del tiempo de los datos promedio por hora de Corrientes	s	600
Evaluación de la exactitud de la trayectoria	s	60
Coeficiente de Dispersión Dirección Horizontal x (Kx)	m²	0,1
Coeficiente de Dispersión Dirección Horizontal y (Ky)	m²	0,1
Coeficiente de Dispersión Dirección Vertical (Kz)	m²	0,001
Periodo de tiempo utilizado para la Simulación	meses	18
Total, alimento suministrado (Ton) durante ciclo productivo	Proyecto técnico aprobado.	
Resuspensión		
Módulo utilizado solo para obtener los valores de salida de Carbono		

En la **Figura 61** se presenta el diseño muestral con la ubicación de las estaciones de acuerdo con los resultados obtenidos a partir del modelo.

Por otro lado, la **Figura 62** entrega algunas imágenes de las actividades desarrolladas en los días de levantamiento, destacando la extracción y medición de parámetros en el sedimento (físico químico y macrofauna bentónica) y medición de perfiles de la columna de agua.

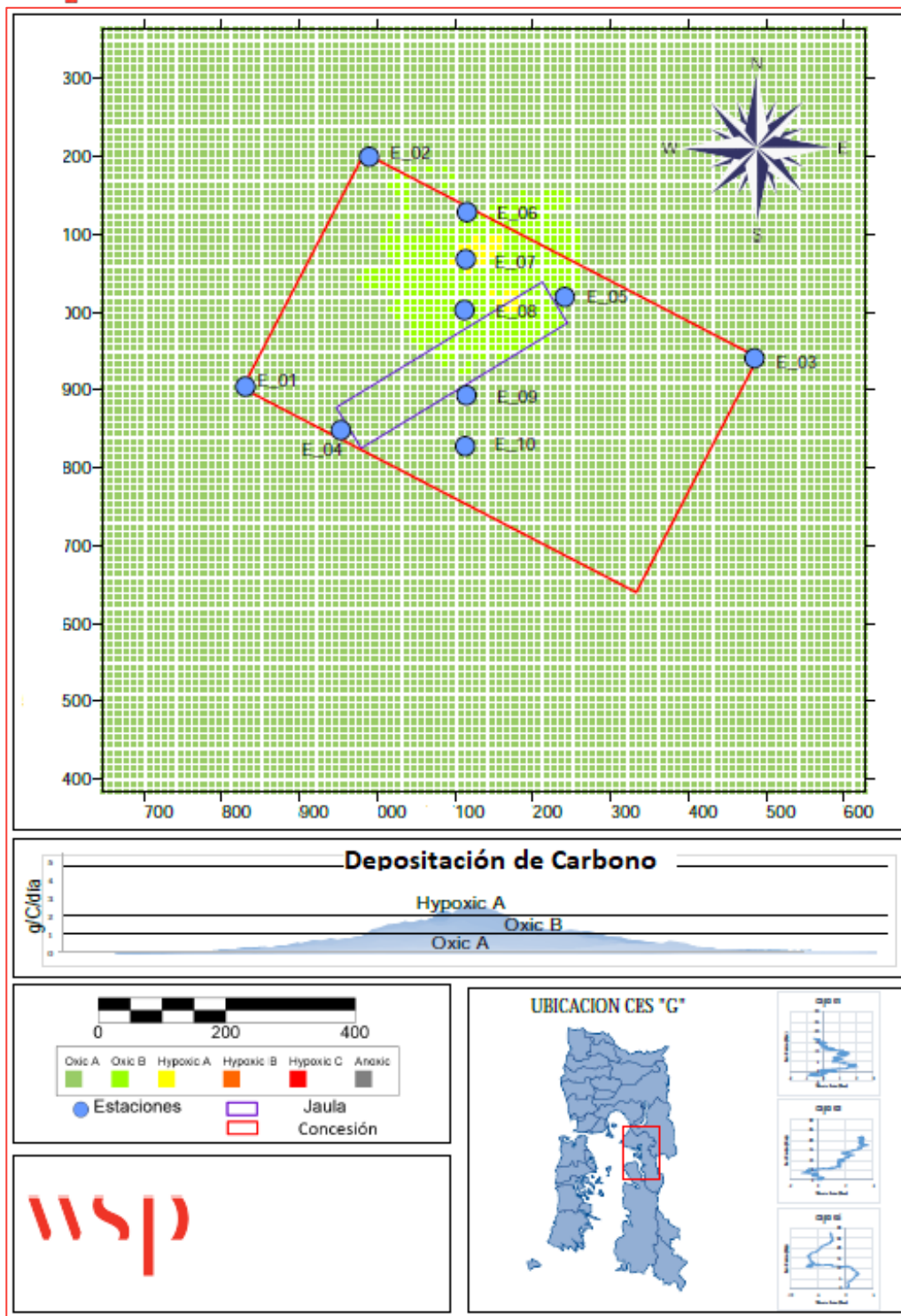


Figura 61 - Esquema deposición de Carbono y ubicación de las estaciones de muestreo. Centro G.



Figura 62 - Fotografías muestreo Centro G.

5.3.6 Ajuste de los resultados del modelo DEPOMOD

Se realizó un ajuste a los resultados que entrega el modelo de acuerdo con conceptos estadísticos. Las Figuras desde la 63 a la 69 entregan los resultados del modelo, (en orden desde el Centro A al Centro G) con el valor de concentración de COT en $\text{gC}/\text{m}^2/\text{día}$. Los números corresponden a los gramos de Carbono que predice el modelo y que son depositados en el sustrato. Cada valor está asociado a una coordenada Este y Norte, donde cada píxel se corresponde con un valor de concentración que entrega la simulación.



En las siguientes Figuras se aprecia que hay rectángulos que encierran 1 píxel central, el cual corresponde a la ubicación establecida para una estación de muestreo. En cada estación de muestreo se presentan en 3 niveles crecientes que la circunscriben (ver Figuras 63 a 69): el primero y central, es equivalente a sólo 1 píxel y corresponde a un área $10 \times 10 \text{ m}^2$; un segundo cuadrado encierra un total de 9 píxeles con un total de $30 \times 30 \text{ m}^2$; y el tercer nivel, encierra un área de $50 \times 50 \text{ m}^2$, con un total de 25 píxeles.

Las siguientes Figuras, (desde la **Figura 70** a la **Figura 76**) presenta la estadística asociada a cada área de píxeles. Donde se aprecia un análisis de histograma, la estadística básica de cada nivel y finalmente una gráfica de barra donde se aprecia una estabilidad en la concentración de carbono conforme se incrementa el área de deposición.

Los resultados indican que, al utilizar una grilla pequeña para la modelación en DEPOMOD, es más conveniente utilizar el promedio de los píxeles de deposición que entrega el modelo y que están en torno al píxel central el cual está a su vez referido a la estación de muestreo que se ha establecido al momento del diseño muestral o a la coordenada de muestreo tomada *in situ*. Los resultados indican que al menos el área debiese involucrar la cantidad de píxeles necesaria para lograr un área de $30 \times 30 \text{ m}^2$, o en su defecto un área de $50 \times 50 \text{ m}^2$. Esto es así, debido a que probabilísticamente, a mayor área, disminuye la incerteza asociada a las concentraciones esperadas por el modelo (predicción) y a los resultados observados en el muestreo.

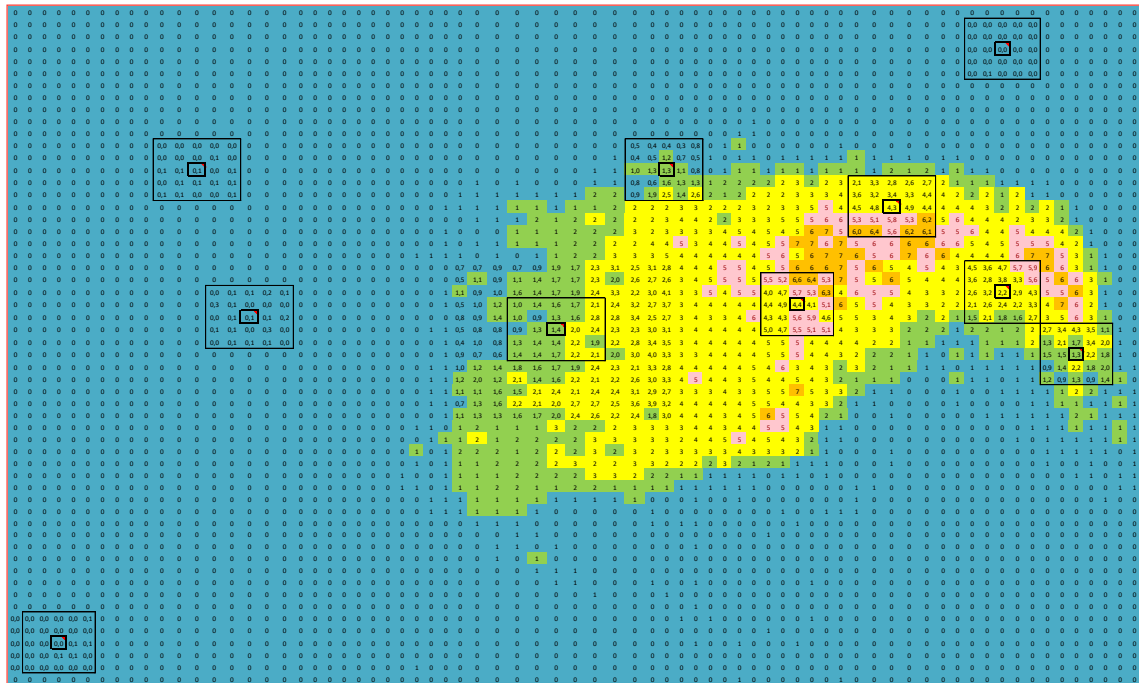


Figura 63 - Resultados de deposición predichos por DEPOMOD en el área de deposición del Centro A.



Centro B resultados deposición

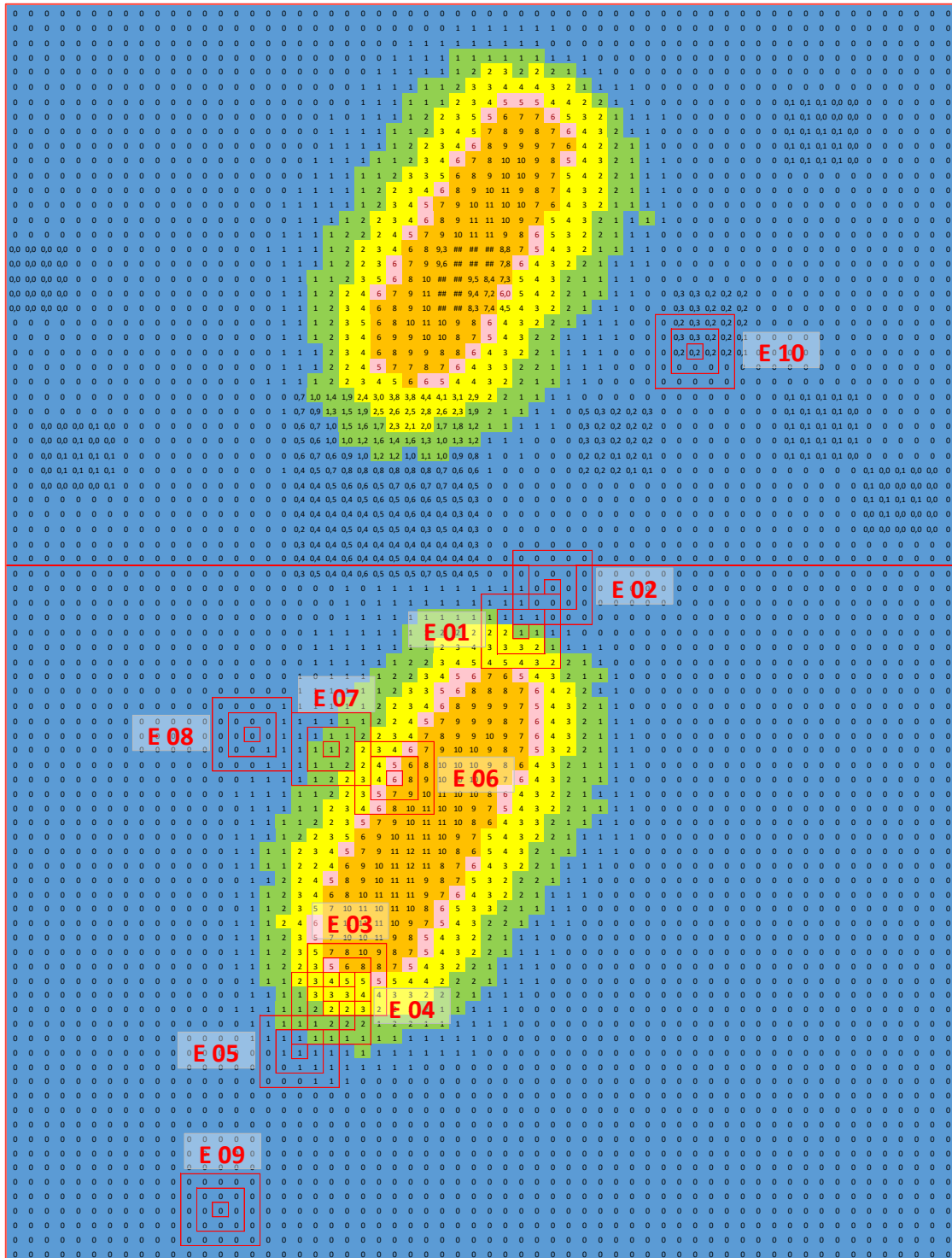


Figura 64 - Resultados de deposición predichos por DEPOMOD en el área de deposición del Centro B.

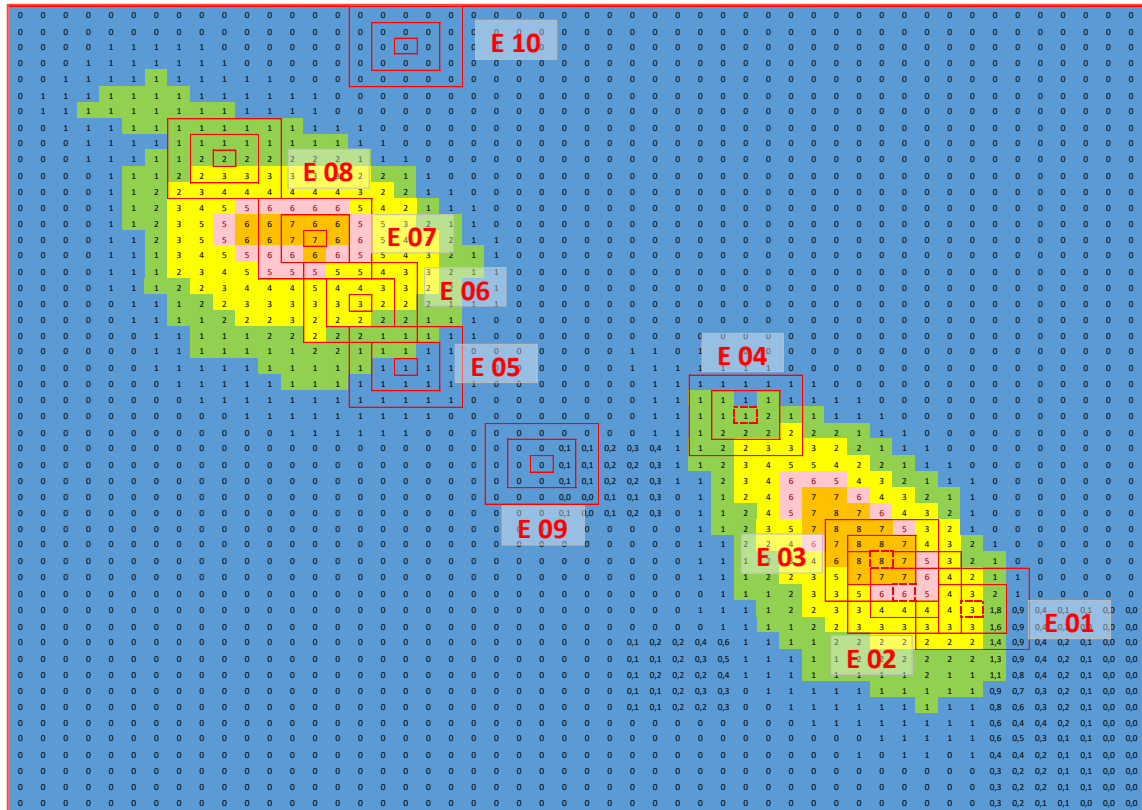


Figura 65 - Resultados de deposición predichos por DEPOMOD en el área de deposición del Centro C.

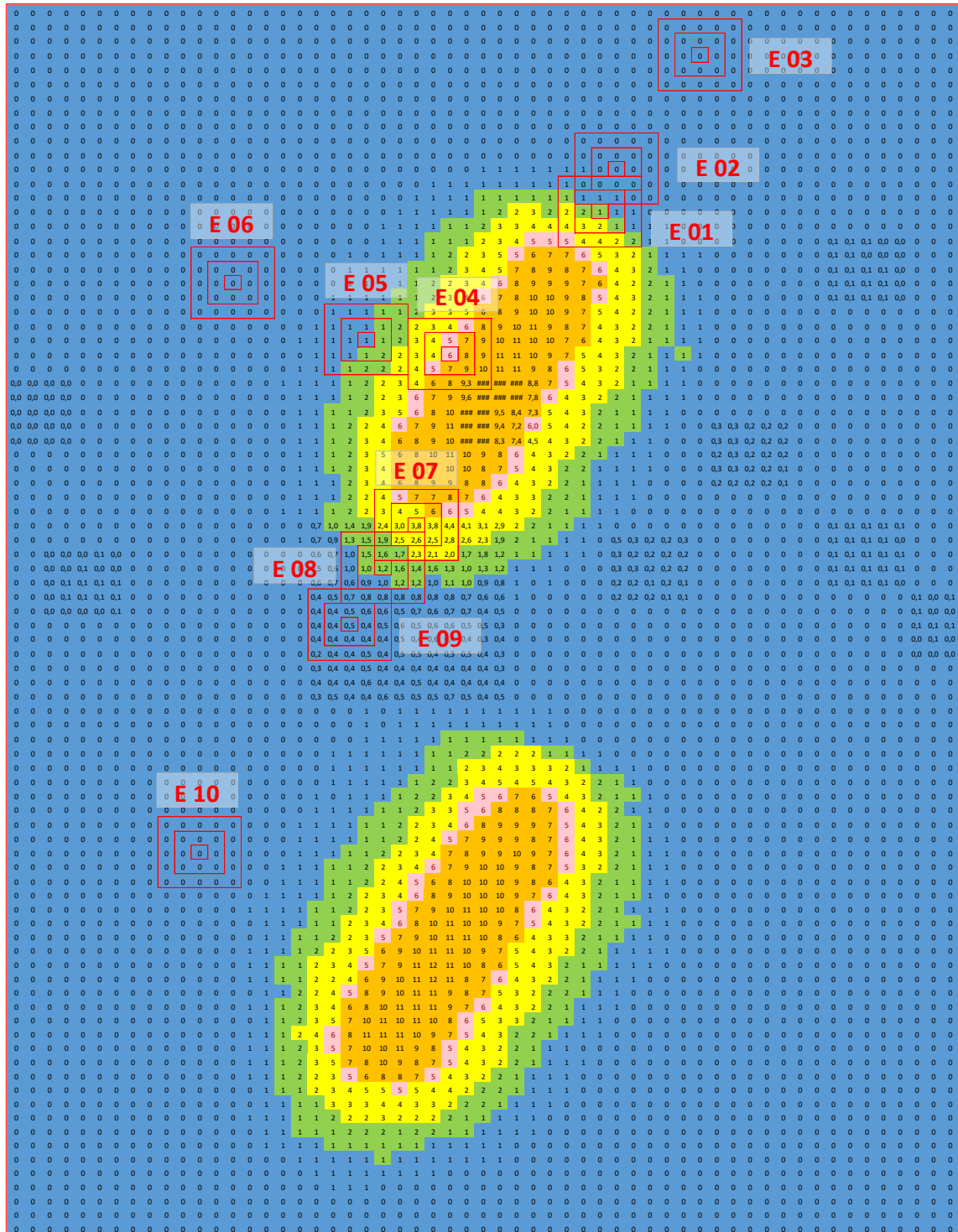


Figura 66 - Resultados de deposición predichos por DEPOMOD en el área de deposición del Centro D.

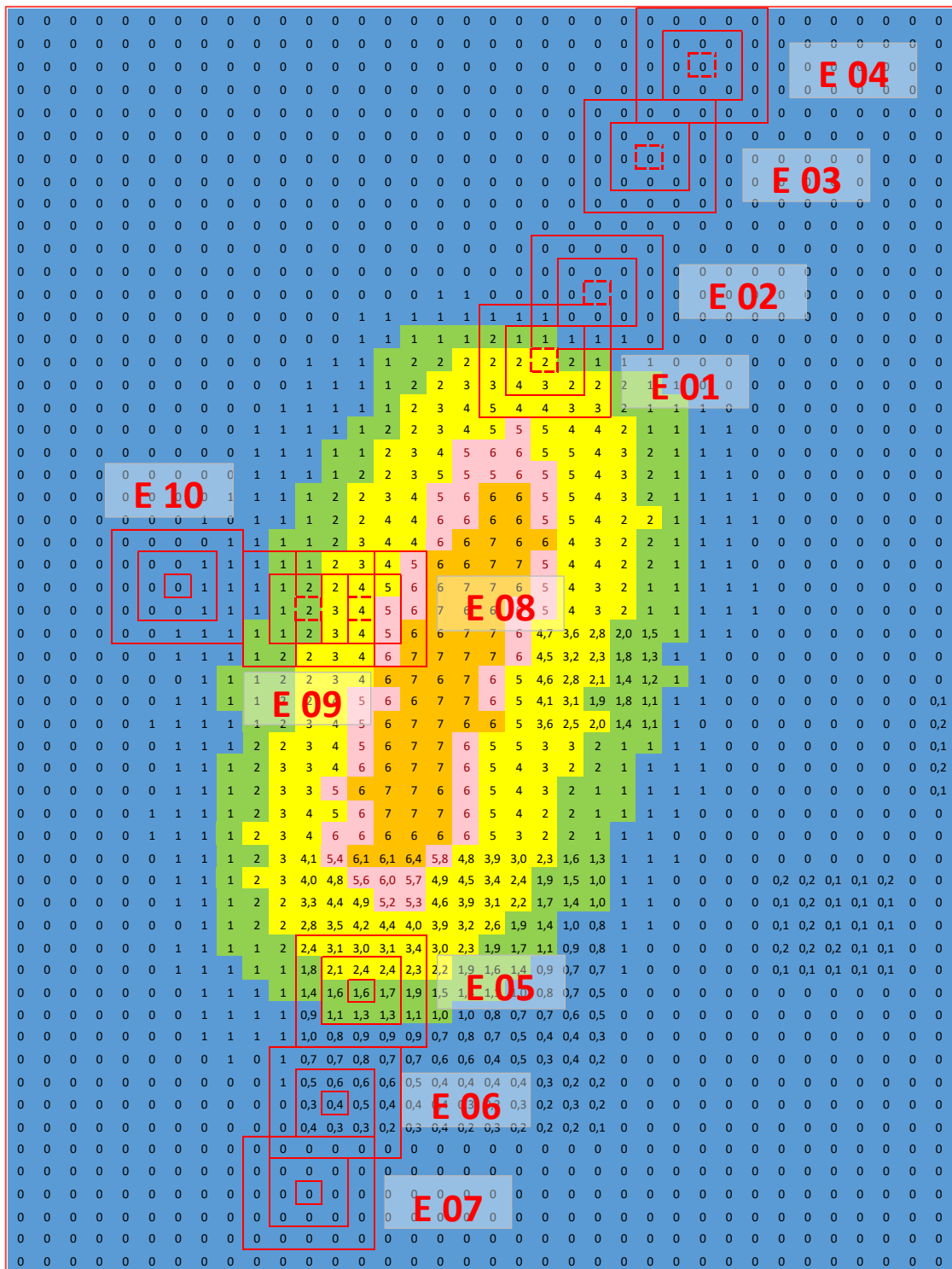


Figura 67 - Resultados de deposición predichos por DEPOMOD en el área de deposición del Centro E.



Centro F resultados deposición

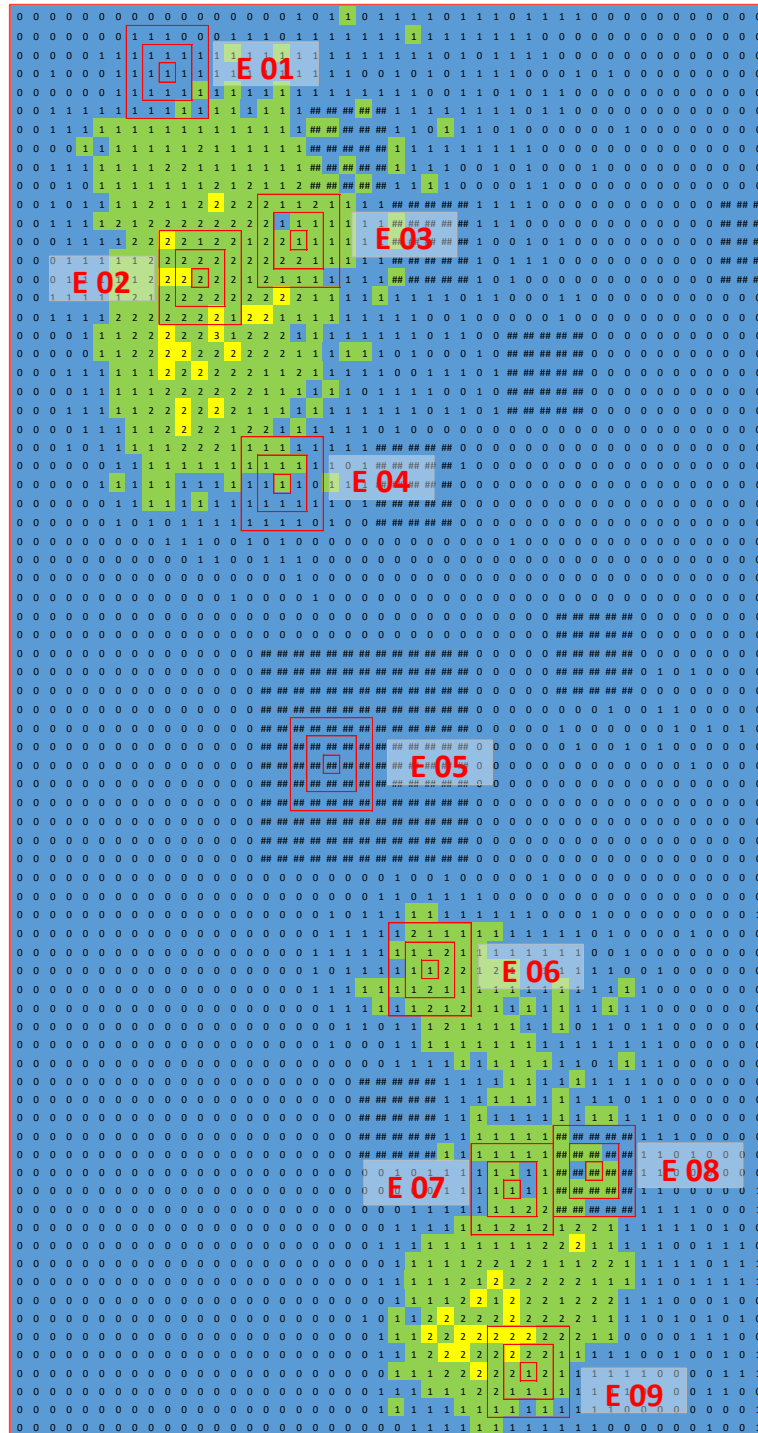


Figura 68 - Resultados de deposición predichos por DEPOMOD en el área de deposición del Centro F.



Centro G resultados deposición

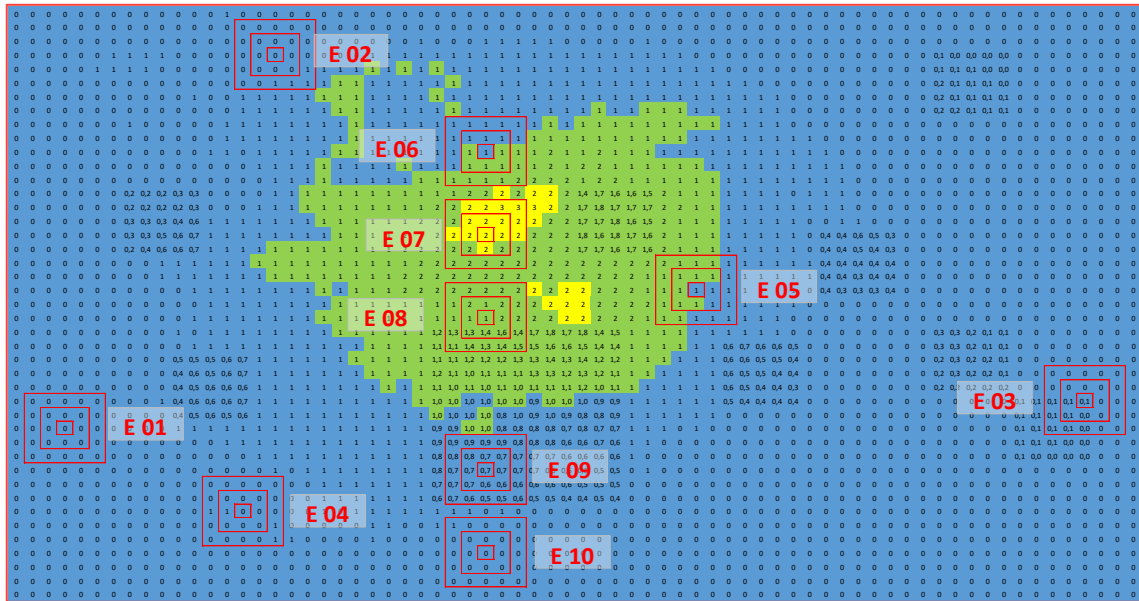


Figura 69 - Resultados de deposición predichos por DEPOMOD en el área de deposición del Centro G.

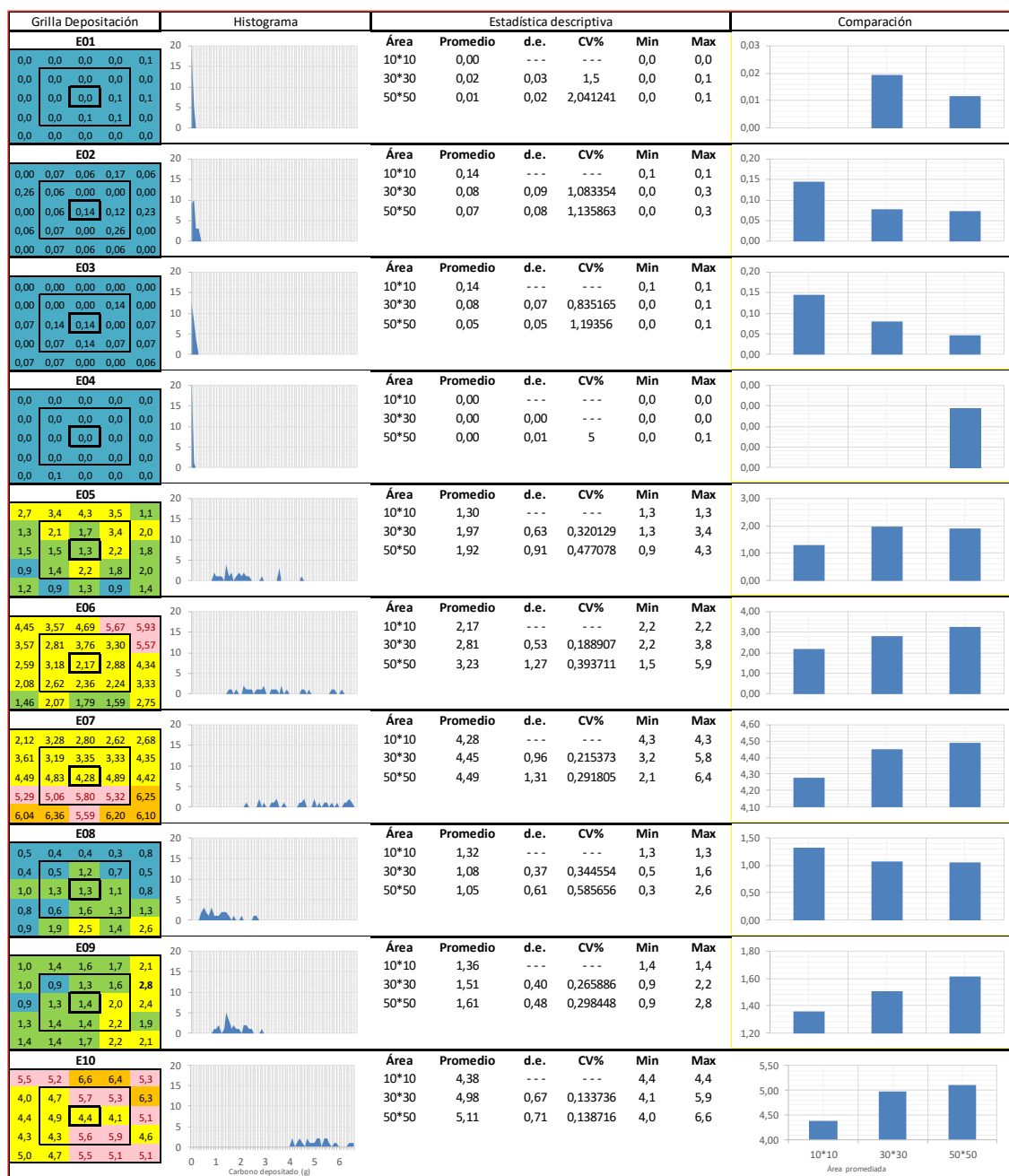


Figura 70 - Comparación de los resultados de deposición entregados por DEPOMOD en Centro A

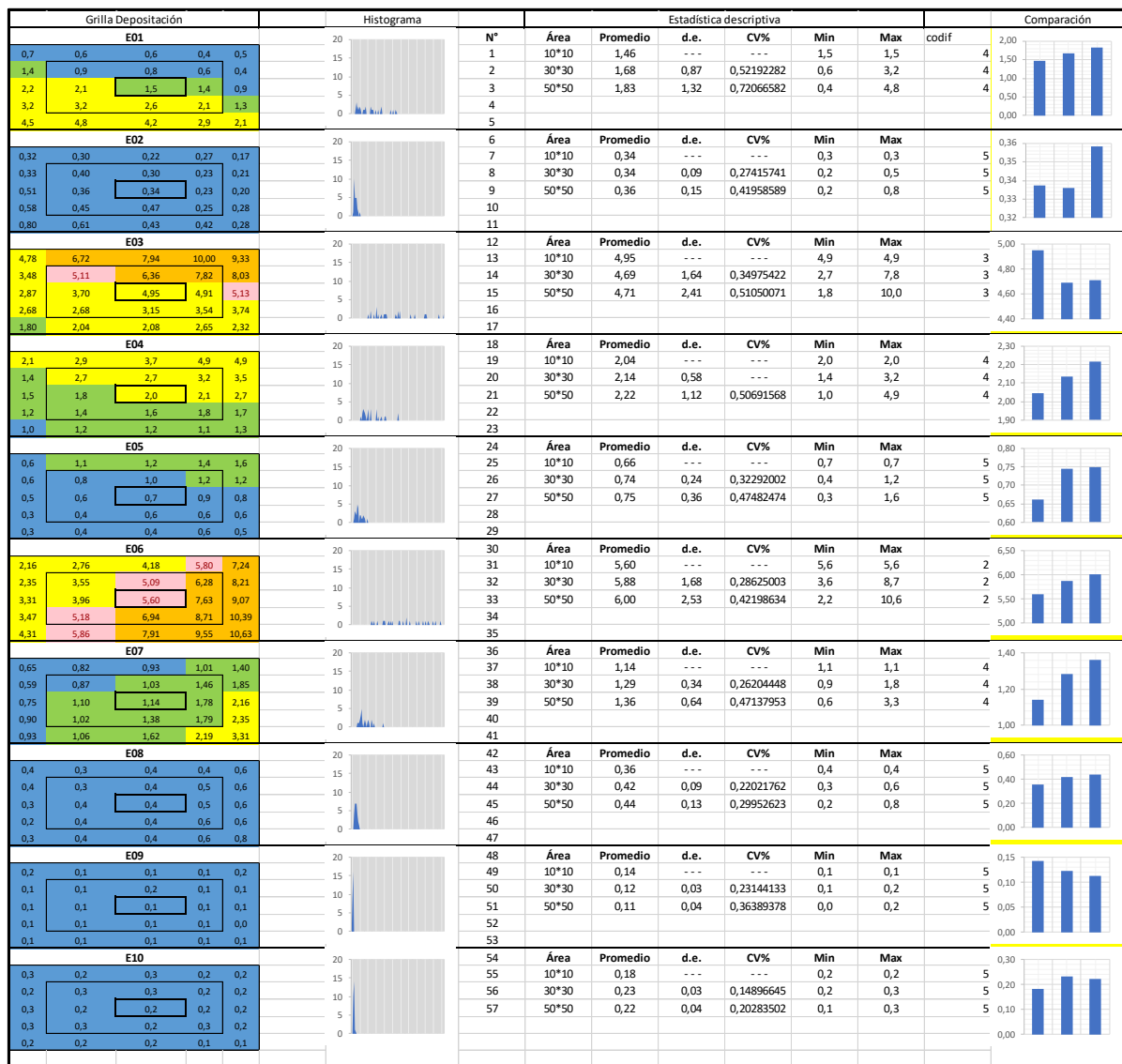


Figura 71 - Comparación de los resultados de deposición entregados por DEPOMOD en Centro B.

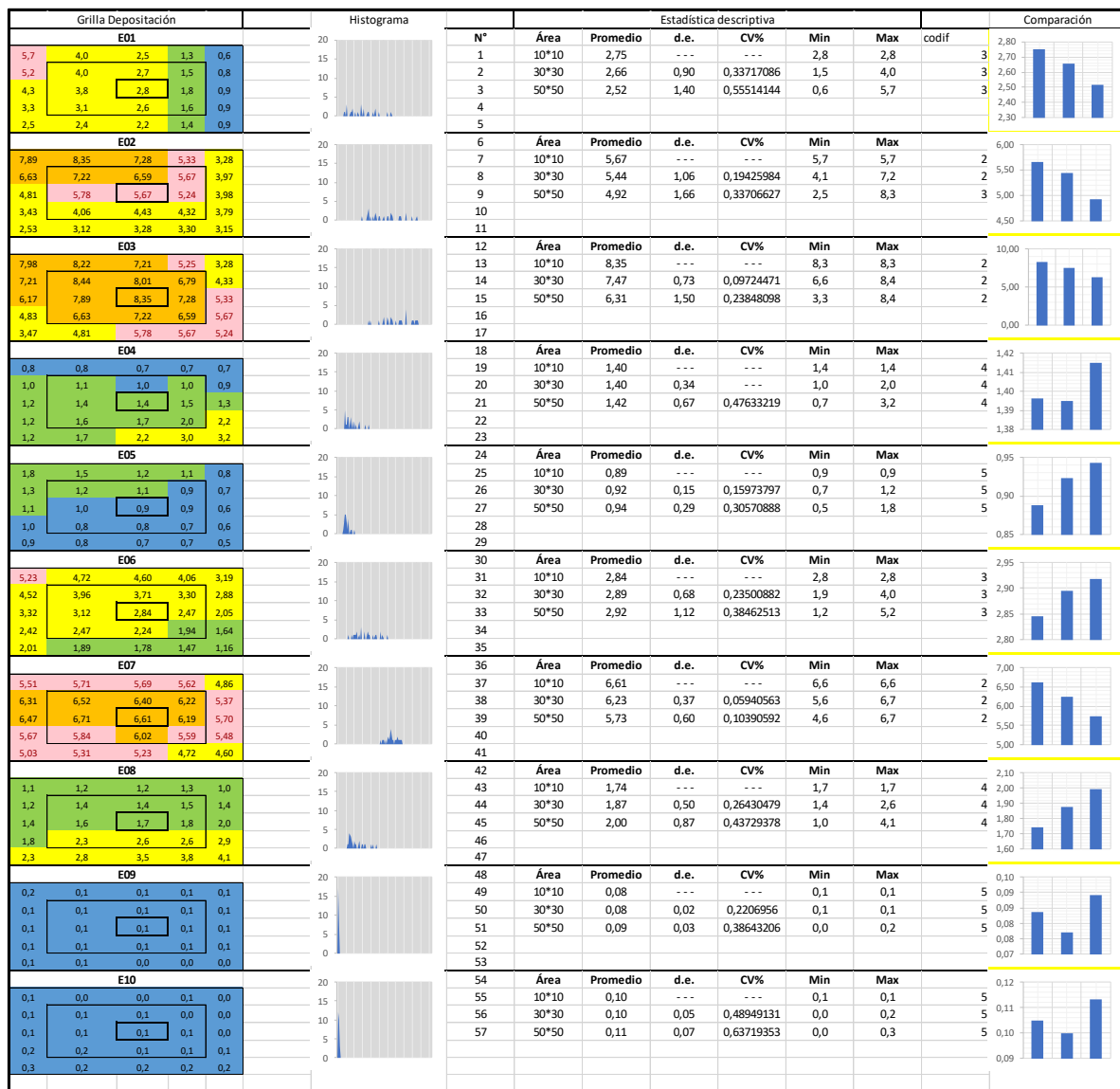


Figura 72 - Comparación de los resultados de deposición entregados por DEPOMOD en Centro C.

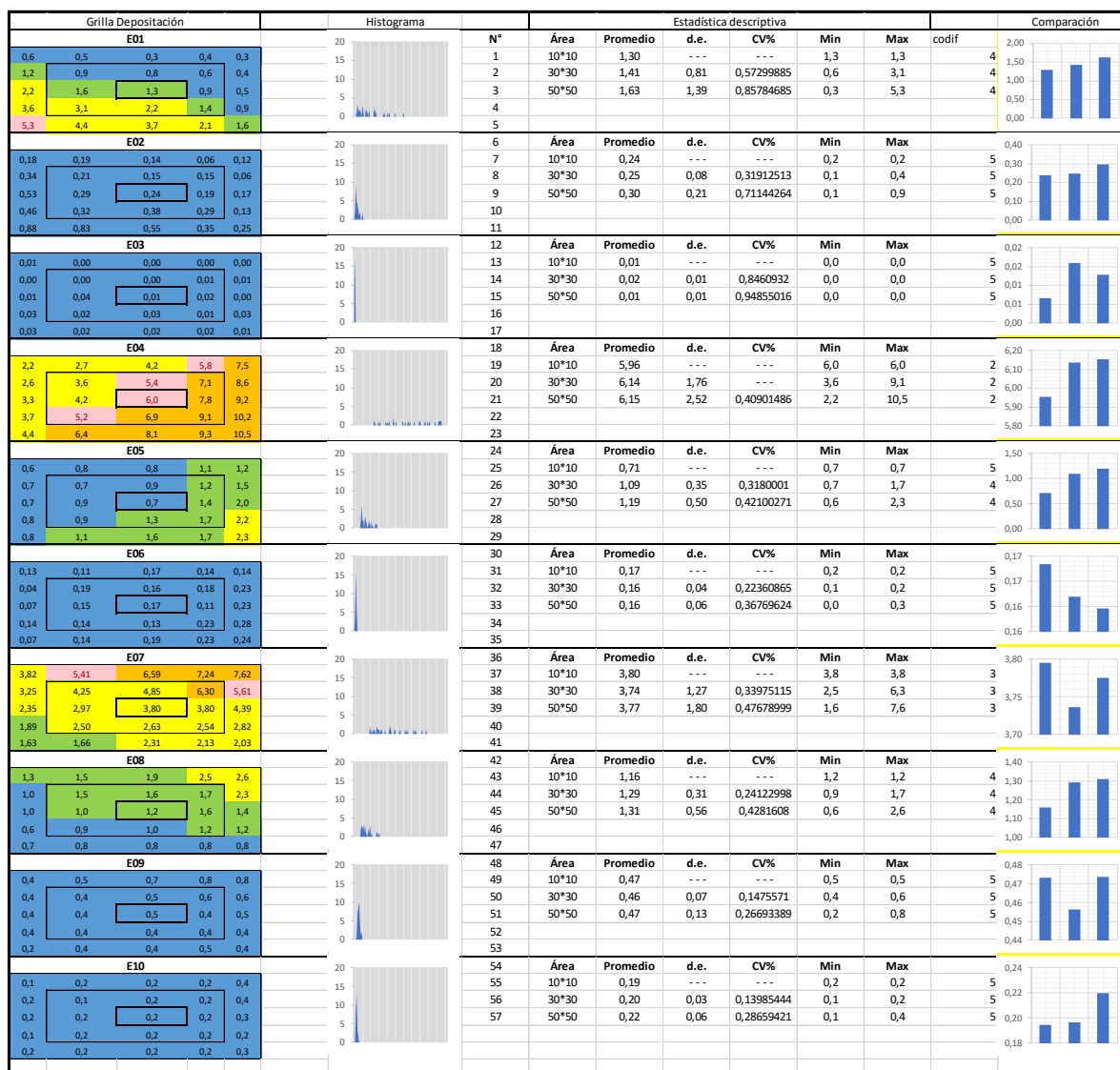


Figura 73 - Comparación de los resultados de deposición entregados por DEPOMOD en Centro D.

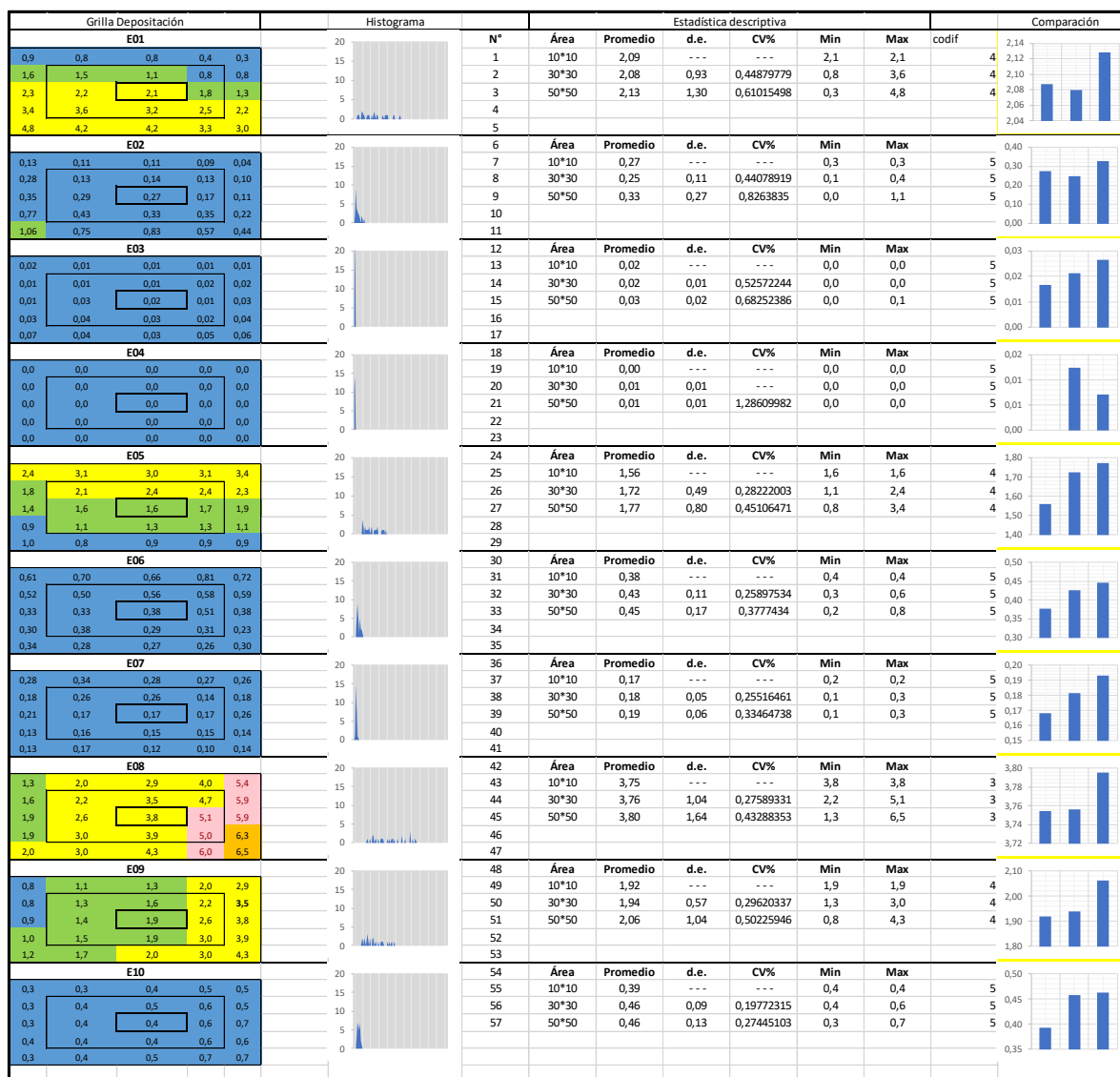


Figura 74 - Comparación de los resultados de deposición entregados por DEPOMOD en Centro E.

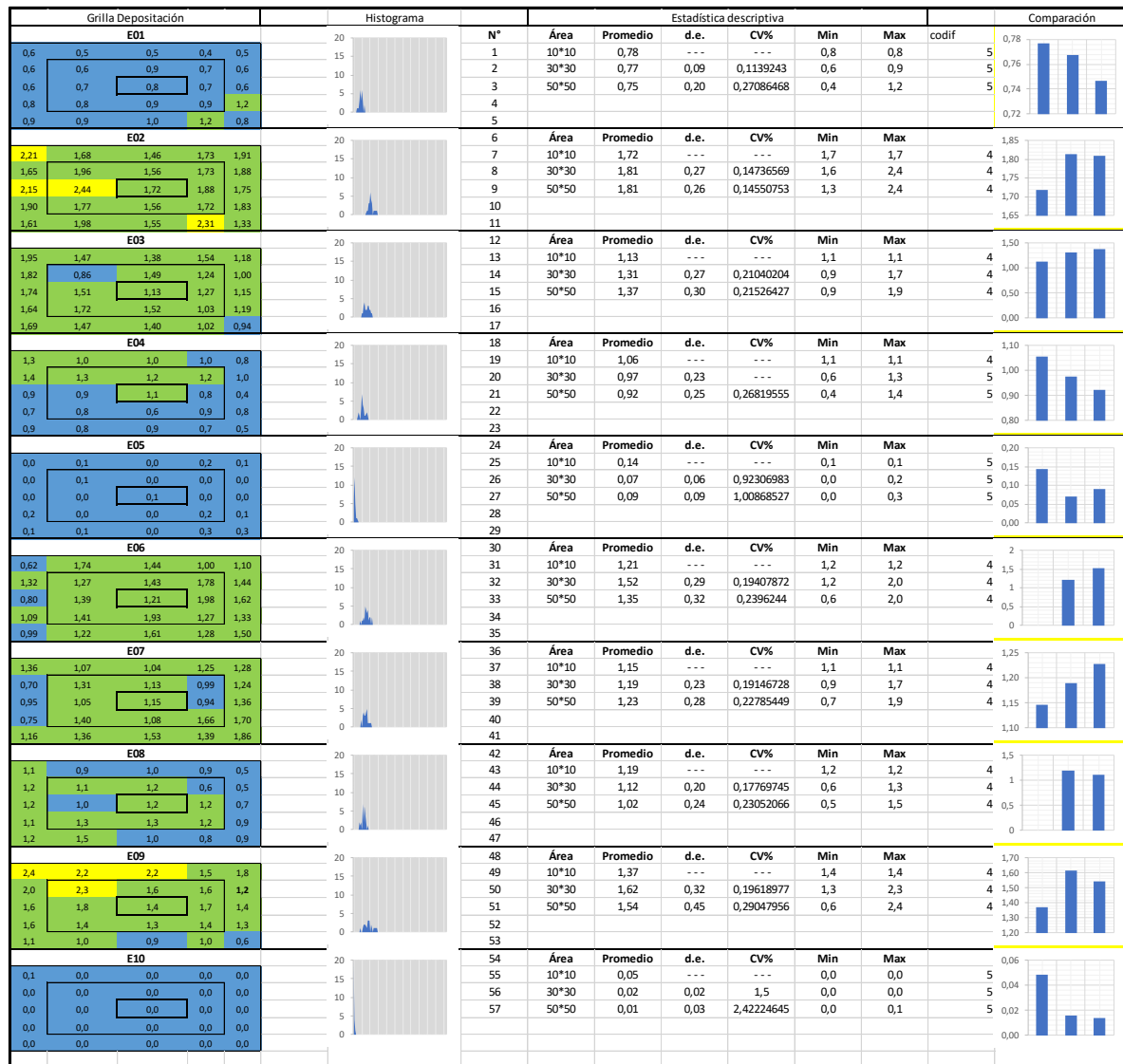


Figura 75 - Comparación de los resultados de deposición entregados por DEPOMOD en Centro F.

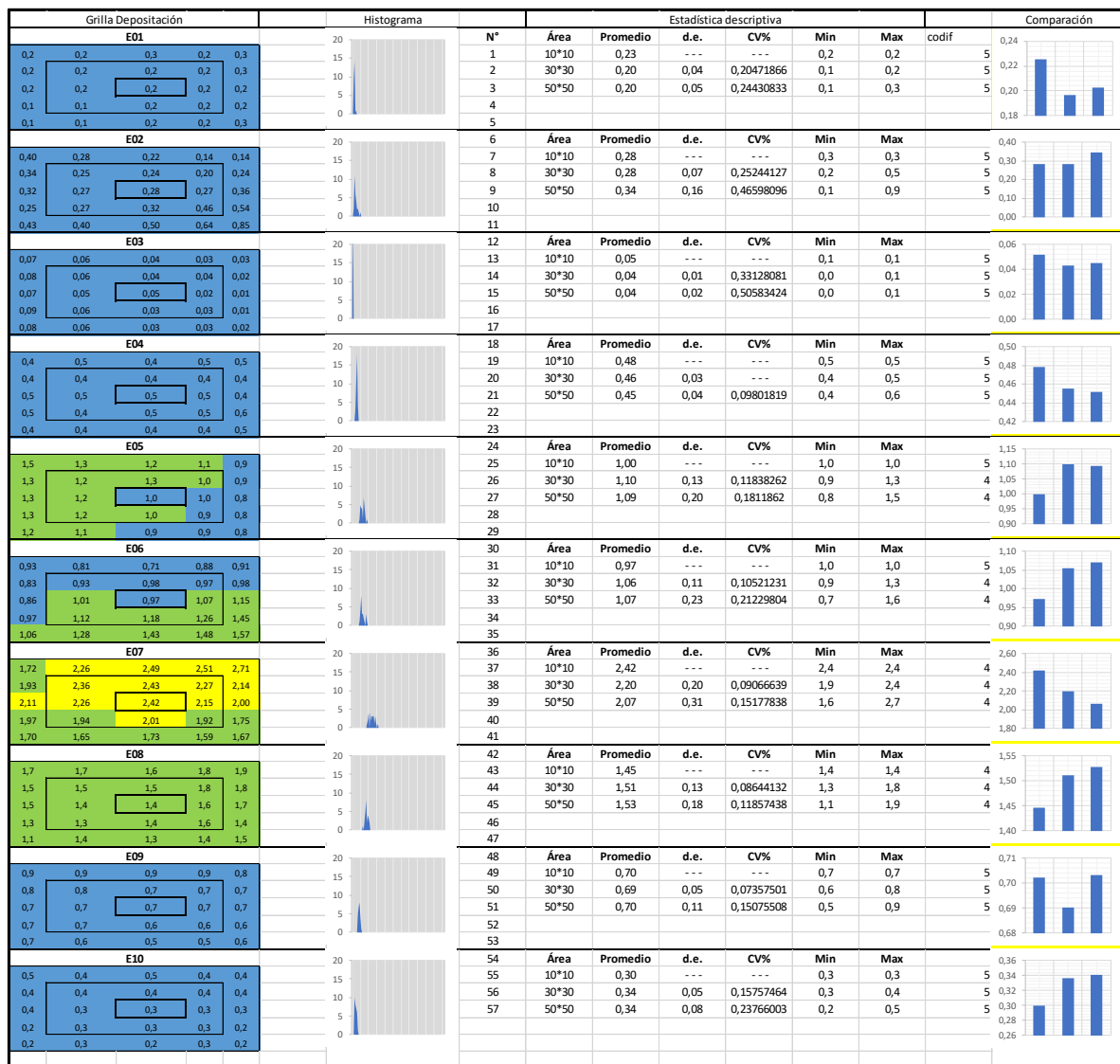


Figura 76 - Comparación de los resultados de deposición entregados por DEPOMOD en Centro G.

5.3.7 Resultados de muestreo Campaña N° 1

5.3.7.1 Centro A

5.3.7.1.1 Perfiles de Oxígeno Disuelto

Los perfiles de OD del Ces A (**Figura 77**) dan a conocer una columna bastante homogénea, con valores más altos en superficie y disminuyendo a medida que aumenta la profundidad, sin observar valores por debajo de los límites de aceptabilidad señalados en el Numeral N° 34 de la Res. Ex. N° 3.612/09 y sus modificaciones.

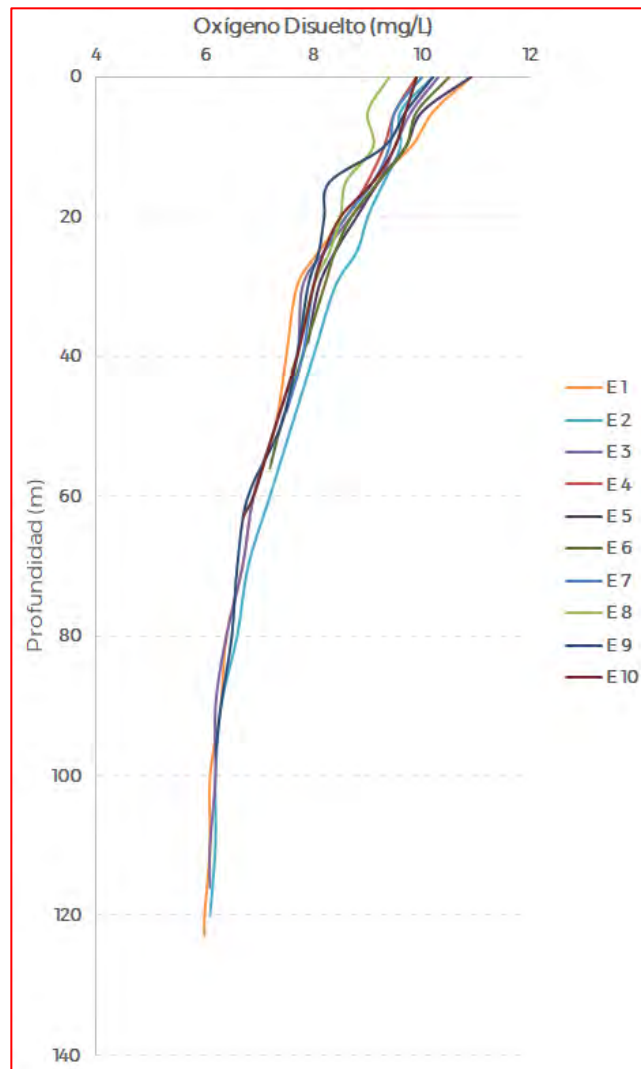


Figura 77 - Perfil de OD en las estaciones de muestreo. Centro A, Campaña 1

5.3.7.1.2 Granulometría

En la **Tabla 19** se presentan los resultados en porcentajes para arena, fango y grava de las muestras colectadas y en **Figura 78** se presentan los gráficos por estación y Ces total. Los análisis indican que el Ces presenta fondo blando en un 60%, predominando la arena con un 65.5%.

Tabla 19 – Granulometría de sedimentos, Centro A, campaña 1.

Estación	Fracción	%
Estación 1	Arena	2.79
	Fango	97.08
	Grava	0.12
Estación 2	Arena	56.73
	Fango	42.03
	Grava	1.24
Estación 3	Arena	-
	Fango	-
	Grava	-
Estación 4	Arena	-
	Fango	-
	Grava	-
Estación 5	Arena	-
	Fango	-
	Grava	-
Estación 6	Arena	69.48
	Fango	9.6
	Grava	20.92
Estación 7	Arena	88.33
	Fango	10.57
	Grava	1.09
Estación 8	Arena	-
	Fango	-
	Grava	-
Estación 9	Arena	88.52
	Fango	10.55
	Grava	0.93
Estación 10	Arena	87.66
	Fango	11.17
	Grava	1.17



Figura 78 – Gráficos en porcentaje del tipo de sedimento del Centro A, Campaña 1

5.3.7.1.3 Materia Orgánica (Mot%), Nitrógeno, Redox, pH y Fósforo,

En la **Tabla 20** se presentan los valores para Materia Orgánica (Mot%), Nitrógeno, Redox, pH y Fósforo del Centro A, registrados en la primera campaña.

Tabla 20 – Resultados para muestras de sedimento de Materia Orgánica (Mot%), Nitrógeno Redox, pH y Fósforo. Centro A, campaña 1.

ESTACION	Mot%	N%	Redox	pH	P%
Estación 1	4.91	0.41	124.93	7.4	0.49
Estación 2	2.20	0.37	86.50	7.2	0.41
Estación 3	-	-	-	-	-
Estación 4	-	-	-	-	-
Estación 5	-	-	-	-	-
Estación 6	1.87	0.49	287.07	7.5	0.15
Estación 7	2.09	0.38	109.77	7.4	0.02
Estación 8	-	-	-	-	-
Estación 9	5.72	0.30	122.43	7.2	0.28
Estación 10	2.94	0.87	169.90	7.3	0.74

En relación con las variables que poseen límites de aceptabilidad en el numeral 34 de la Res. Ex. N° 3.612/09. (Mot% $\leq$ 9%; Redox $\geq$ 50mV; pH $\geq$ 7.1) Todas las muestras colectadas cumplen con esta Resolución. En **Figura 79** se observan los valores medidos en comparación a sus límites de aceptabilidad.

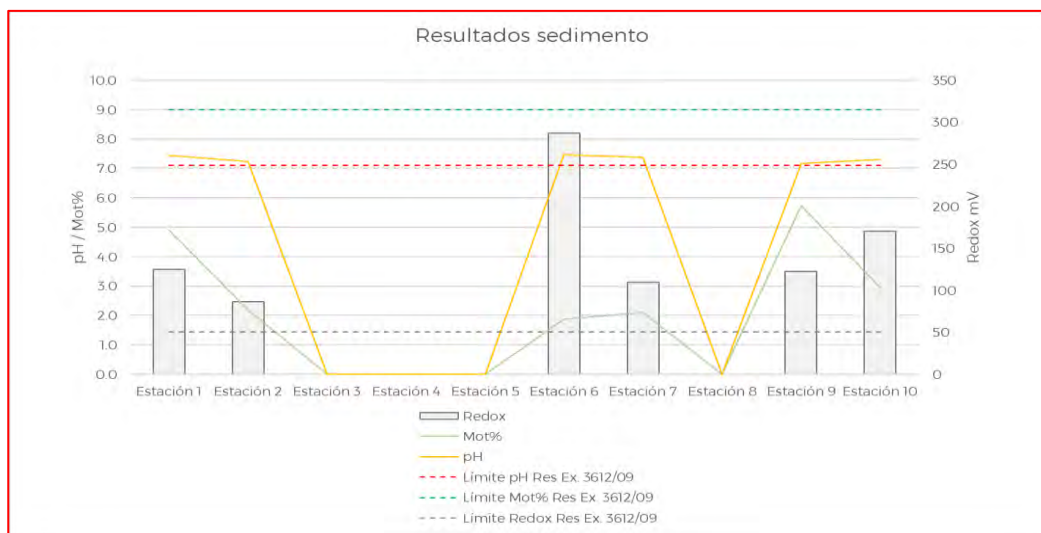


Figura 79 – Gráficos de resultados para sedimentos en relación con límites de aceptabilidad basados en Res. Ex. N° 3.612/09. Centro A, campaña 1

En relación con las variables registradas para Nitrógeno y Fósforo, teniendo en cuenta los límites establecidos por NIVA (1993), la Variable N no cumpliría en ninguna de sus estaciones y para la variable P solo cumpliría en la estación E7. Mientras que, a nivel nacional, según UPLA (2002) para N todas las estaciones cumplirían y para P solo una no cumpliría (E7).

5.3.7.1.4 Registro Visual

Se realizaron filmaciones submarinas puntuales en aquellas estaciones que presentaron profundidad inferior a 100 m. En la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos para el Ces A relacionados al tipo de sustrato observado y a distintos elementos presentes en el fondo en 7 de las 10 estaciones, a su vez, en la **Figura 80** se presentan capturas del registro visual por estación. Aquellas estaciones que no se encuentran en la tabla, ni aparecen con capturas, es debido a que las profundidades registradas fueron mayores a 100 m.

Tabla 21 – Resultados registro visual del Ces A, campaña 1

Estación	Sustrato						Fauna		
	Z (m)	Tipo de sustrato	Partículas en suspensión	Cubiertas de microorganismos	Restos Náufragos	Burbujas de gas	Biodiversidad en relación con el sustrato	Presencia de restos calcáreos	Fauna no representativa del lugar
E3	43	Duro	x	x	x	x	alta	x	x
E4	17	Duro	x	x	x	x	media	x	x
E5	52	Duro	x	x	x	x	baja	x	x
E6	65	Blando	✓	✓	x	x	0	✓	x
E7	57	Blando	✓	✓	x	x	0	x	x
E8	35	Duro	✓	x	x	x	baja	✓	x
E10	88	Blando	x	✓	x	x	0	x	x

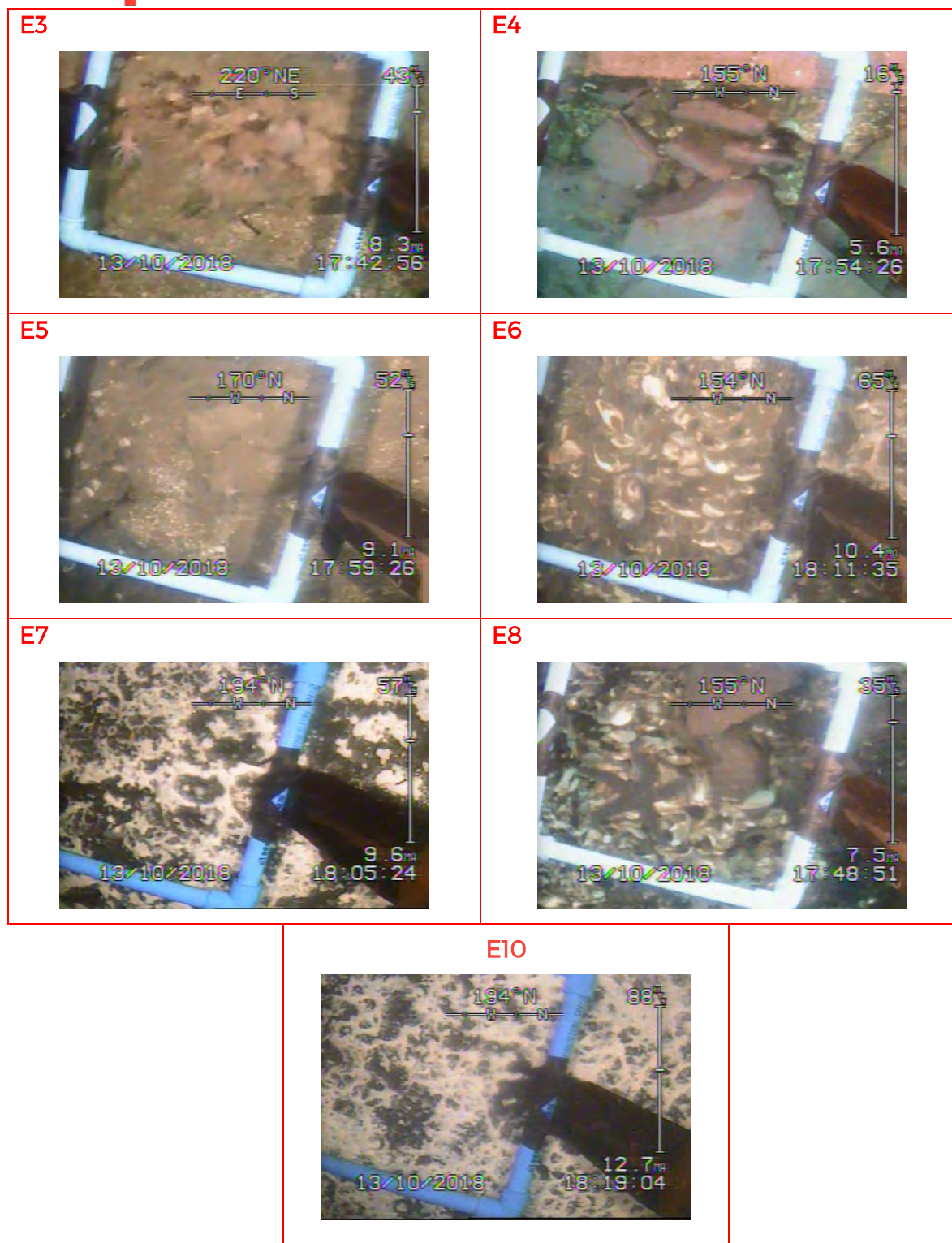


Figura 80 – Capturas obtenidas del Registro Visual para el Centro A, campaña 1.



A continuación, en la **Tabla 22** se presentan los resultados para macrofauna observados durante la filmación submarina para cada estación registrada. Aquellas especies que aparecen con un valor en la columna “número de individuos” fueron contabilizadas en el cuadrante que corresponde a la captura. Las demás especies sin valor asociado son las registradas durante toda la grabación.

Tabla 22 – Resultados de macrofauna observada en registro visual, Centro A, campaña 1.

Estación	Z (m)	Nombre Común	Nombre Científico	N° individuos	Descripción
E3	43	Pepino de mar	Clase Holothuroidea	7	Durante esta inspección se observó un fondo duro con sectores con sedimento sobre él, No se registró la presencia de cubierta de microorganismos, ni burbujas de gas emanando del sustrato.
		Coral látigo	<i>Primnoella chilensis</i>	-	
		Estrella morada	<i>Cosmasteria lurida</i>	-	
		Cirrípedos	<i>Balanus</i> sp.	-	
E4	17	Coral látigo	<i>Primnoella chilensis</i>	2	Se observó un fondo duro con sectores con sedimento sobre él, No se registró la presencia de cubierta de microorganismos, ni burbujas de gas emanando del sustrato.
		Alga crustosa	<i>Lithothamnion calcareum</i>	70%	
		Esponja amarilla	Phylum Porifera	-	
E5	52	Pepino de mar	Clase Holothuroidea	1	Durante esta inspección se observó un fondo duro con sectores con sedimento sobre él. No se registró la presencia de cubierta de microorganismos, ni burbujas de gas emanando del sustrato.
		Esponja tubular	Phylum Porifera	-	
E6	65	-	-	-	Durante esta inspección se observó un fondo blando, cubierto de valvas de mitílidos con presencia de cubierta de microorganismos
E7	57	-	-	-	Durante esta inspección se observó un fondo duro, cubierto de microorganismos.
E8	35	Estrella morada	<i>Cosmasteria lurida</i>	1	Durante esta inspección se observó un fondo duro, con presencia de gran cantidad de valvas de mitílidos.
		Alga crustosa	<i>Lithothamnion calcareum</i>	40%	
E10	88	-	-	-	Durante esta inspección se observó un fondo blando, cubierto de microorganismos.

5.3.7.1.5 Macroinvertebrados colectados mediante muestreo con Draga

5.3.7.1.5.1 Índices

Los resultados de los índices comunitarios de la campaña 1, para el Ces A se encuentran en la siguiente Tabla, para la obtención de las muestras estas fueron colectadas mediante draga hasta una profundidad de máxima de 200 metros.

Tabla 23 - Índices comunitarios (FD: Fondo duro, SF: Sin fauna). Centro A, campaña 1.

Estación	S	N	J'	H'(log2)	Lambda
E1	20	332	0,868	3,75	0,1
E2	31	328	0,922	4,568	0,051
E3	FD/SF	FD/SF	FD/SF	FD/SF	FD/SF
E4	FD/SF	FD/SF	FD/SF	FD/SF	FD/SF
E5	FD/SF	FD/SF	FD/SF	FD/SF	FD/SF
E6	13	195	0,585	2,163	0,391
E7	10	322	0,619	2,055	0,324
E8	FD/SF	FD/SF	FD/SF	FD/SF	FD/SF
E9	8	349	0,686	2,059	0,316
E10	6	365	0,552	1,427	0,505

5.3.7.1.5.2 Composición taxonómica y bioindicadores

En el sector se detectaron especies bioindicadora (tipo IV y V, según AMBI). Estas especies se detallan en **Tabla 24**.

Tabla 24 - Especies bioindicadora en la campaña 1. Centro A, campaña 1.

Especie	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
<i>Capitella</i> sp.	0	0	0	0	0	117	147	0	170	250
<i>Cirriformia</i> sp.	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Dorvilleidae</i> n.d.	0	0	0	0	0	7	30	0	83	53
<i>Nassarius coppingeri</i>	0	23	0	0	0	7	17	0	3	3
<i>Nebalia</i> sp.	0	0	0	0	0	30	3	0	0	0
<i>Prionospio</i> sp.	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tharyx</i> sp.	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0

5.3.7.1.5.3 Índices AMBI y m-AMBI

Respecto de los resultados del AMBI durante la primera campaña de muestreo (**Tabla 25**), en general, las comunidades macrobentónicas con mayor nivel de degradación fueron registradas en las estaciones E6, E7, E9 y E10 para el Ces A

Tabla 25 – Resultados de AMBI. Centro A, campaña 1.

Centro	E 1	E 2	E 3	E 4	E 5	E 6	E 7	E 8	E 9	E 10
Centro A	1,16	1,63	-	-	-	4,42	4,25	-	4,11	4,96

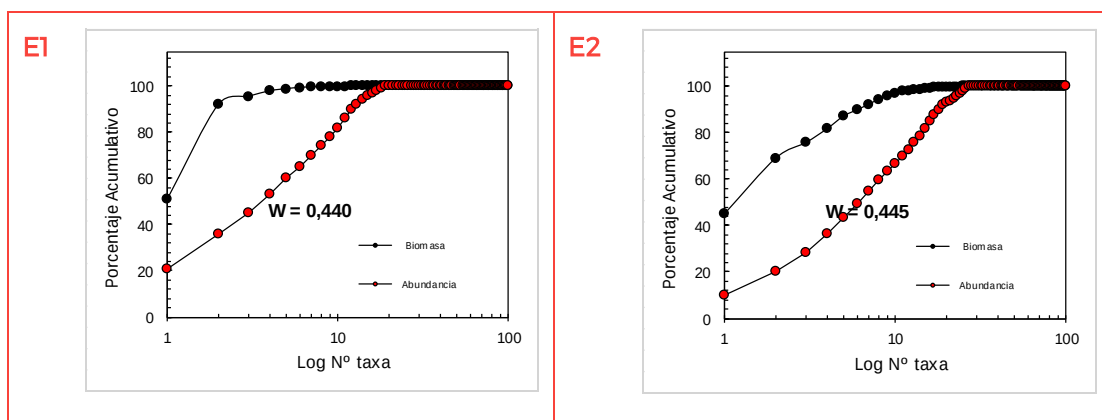
Los resultados del M-AMBI, en la primera campaña de muestreo indican que (**Tabla 26**), en general la estación E2, presenta los mayores valores del M-AMBI, por lo cual tendría las comunidades macrobentónicas con un mayor nivel de degradación.

Tabla 26 - Resultados de M-AMBI. Centro A, campaña 1

Centro	E 1	E 2	E 3	E 4	E 5	E 6	E 7	E 8	E 9	E 10
Centro A	0,78	0,95	-	-	-	0,37	0,35	-	0,33	0,22

5.3.7.1.5.4 Curvas ABC

Los resultados de las Curvas ABC (**Figura 81**) indican que 2 de las estaciones presentan una condición deteriorada (E9 y especialmente E10).



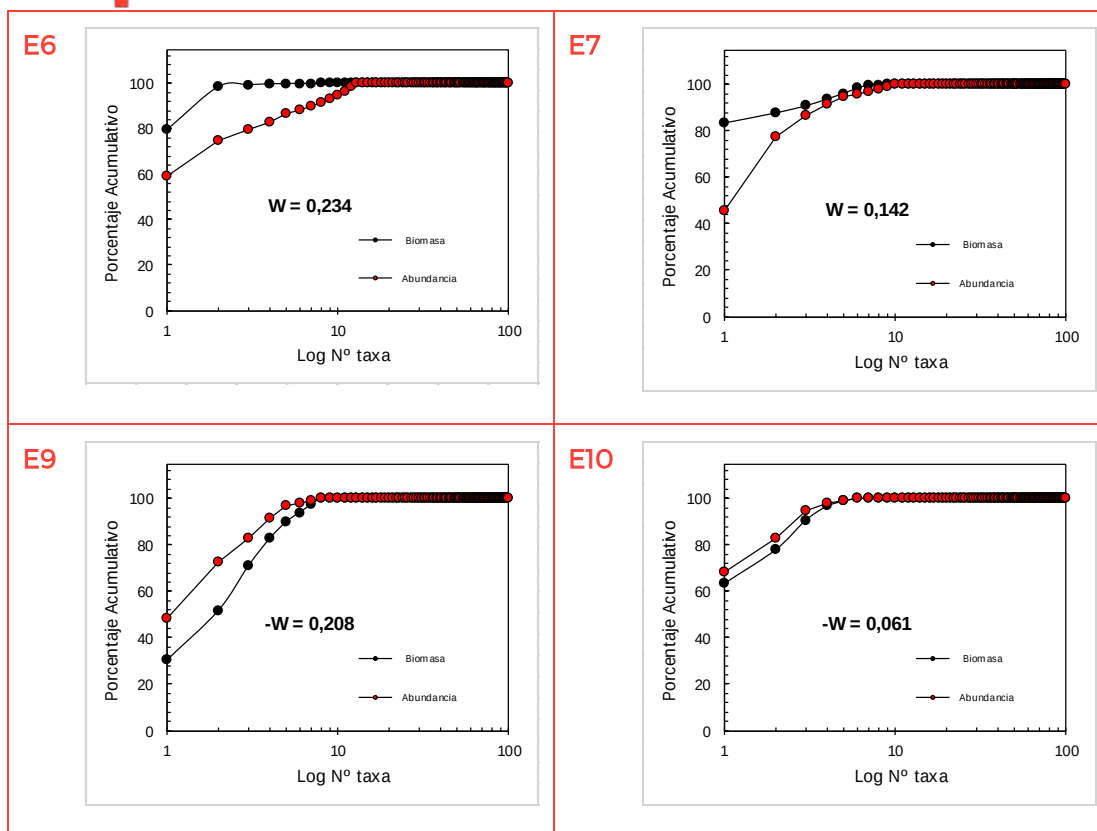


Figura 81 - Curvas ABC. Centro A, campaña 1

5.3.7.1.6 Relaciones Entre Variables

Los resultados indicaron que a menor distancia a la zona "0", es decir a la zona de mayor deposición, menor será la condición óxica del sedimento en aquella estación de muestreo (**Figura 82**). Los resultados predicen que, a menos de 100 m, existe una alta probabilidad que el sustrato esté perturbado.

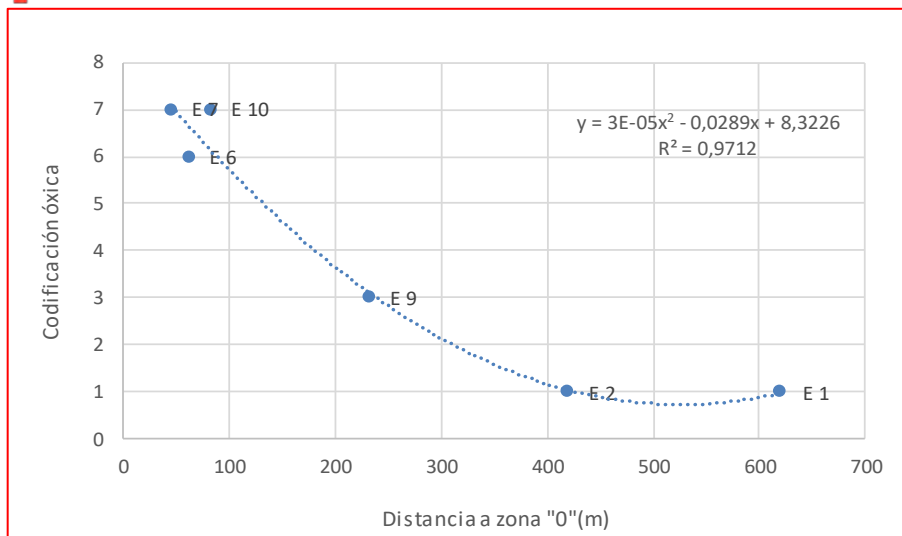


Figura 82 - Relación entre Distancia a la zona "0" y la condición Óxica en el Centro A, campaña 1.

En cuanto al MOT (%), conforme aumenta la distancia a la zona "0", la materia orgánica se incrementa (**Figura 83**). En los primeros 100 m, esta relación pareciera incrementarse notoriamente, para luego tender a una pendiente "0". Por otra parte, si esta relación estuviese indicando arrastre de sedimento, pudiese encontrarse que no existe relación de causalidad entre estas dos variables. Dicho de otro modo, salvo en los primeros 100 m, no existe relación causa efecto entre la distancia a la zona "0" y la concentración de MOT acumulado en el sedimento.

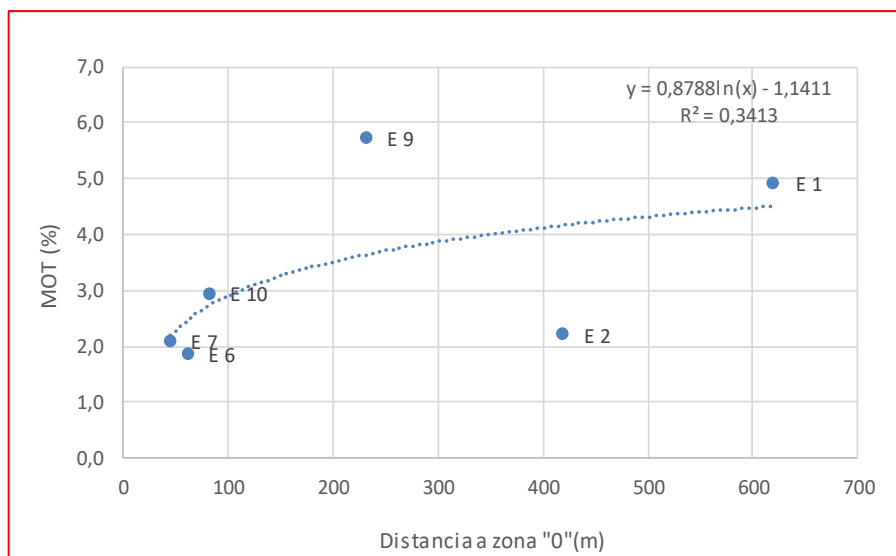


Figura 83 - Relación entre Distancia a la zona "0" y MOT (%) en el Centro A, campaña 1

Por su parte, existe buen ajuste entre la distancia a la zona "0" y la predicción de C depositado por el DEPOMOD (**Figura 84**).

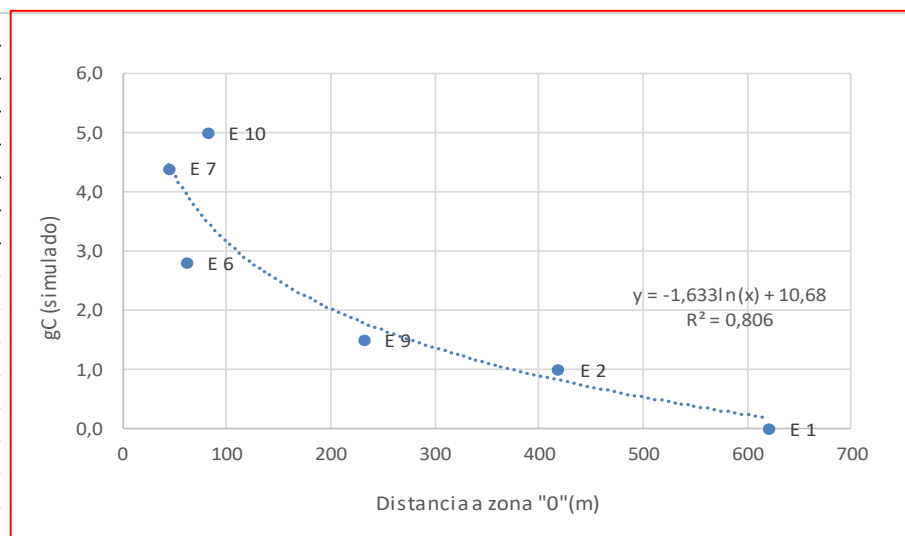


Figura 84 - Relación entre Distancia a la zona "0" y MOT (%) en el Centro A, campaña 1.

En cuanto al pH (**Figura 85**), los resultados indican que en los primeros 200 m, el pH baja conforme se incrementa la distancia a la zona "0", para posteriormente comenzar a incrementarse conforme aumenta la distancia a la zona "0". Esto puede estar indicando que existe otra variable que modula la reacción del pH en este centro, pues lo lógico habría sido que a mayor cercanía a la zona "0" menor hubiese sido el valor de pH.

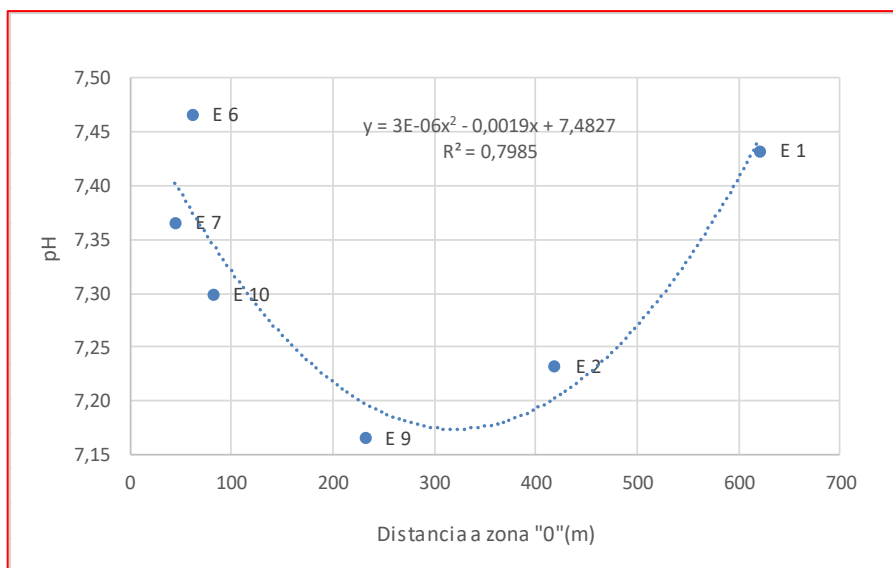


Figura 85 - Relación entre Distancia a la zona "0" y pH en el Centro A, campaña 1.

Resulta interesante observar que conforme el muestreo se aleja de la Zona "0" el valor de AMBI disminuye (**Figura 86**). Este resultado indica que existe perturbación hasta 250 m posterior a la zona "0", lo que indica la sensibilidad del índice para evaluar la perturbación sobre el sustrato.

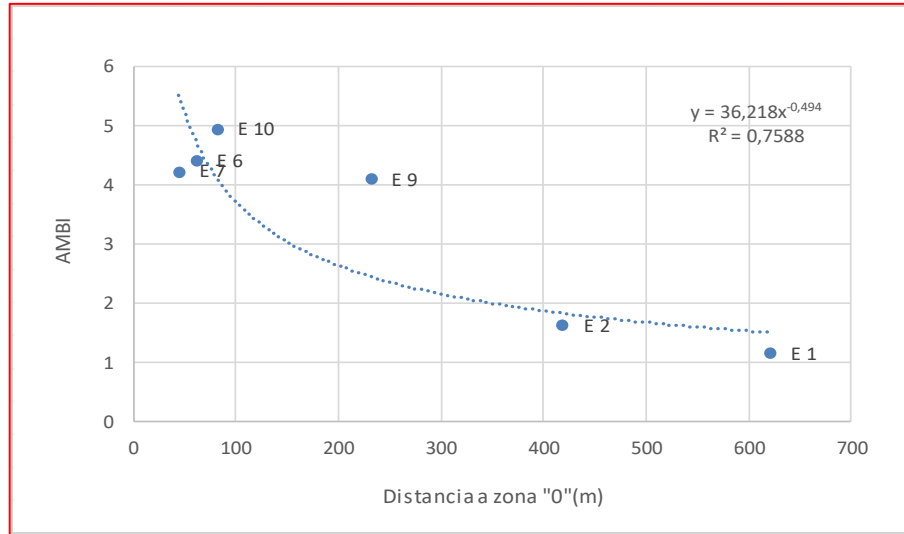


Figura 86 - Relación entre Distancia a la zona "0" y AMBI en el Centro A, campaña 1.

Los resultados de la diversidad (**Figura 87**), indican que esta se mantiene baja hasta por lo menos 300 m de distancia de la zona "0".

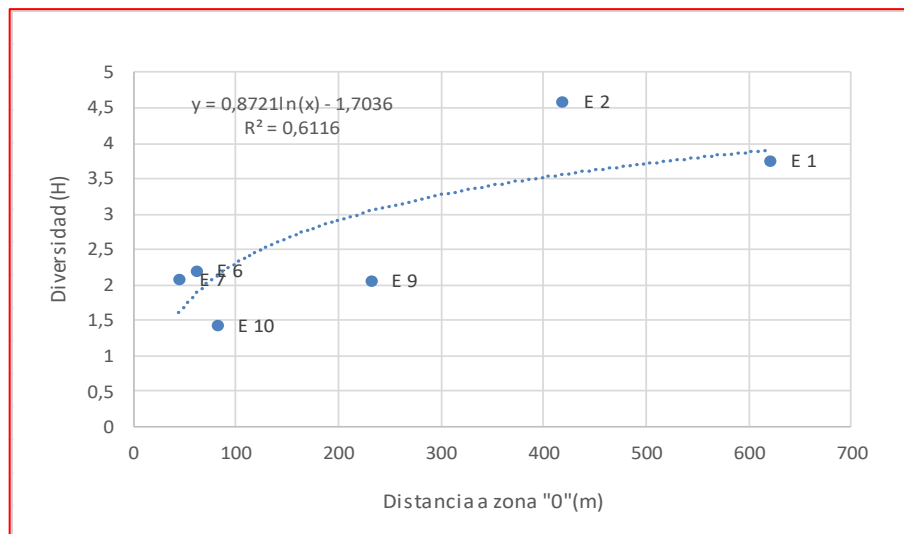


Figura 87 - Relación entre Distancia a la zona "0" y el índice de Diversidad H' en el Centro A, campaña 1.

En relación con el Nitrógeno total en el sedimento (**Figura 88**), los resultados indican que la mayor deposición acontece en los primeros 100 m. Si bien en otras variables se ha encontrado que en la estación E9 existe efecto ambiental del parámetro de interés, en este caso se aprecia que el Nitrógeno rápidamente decae, probablemente a partir de los 150 m. Esto da indicios que no sería una variable que impacte significativamente el sedimento con el potencial de afectar la macrofauna bentónica.

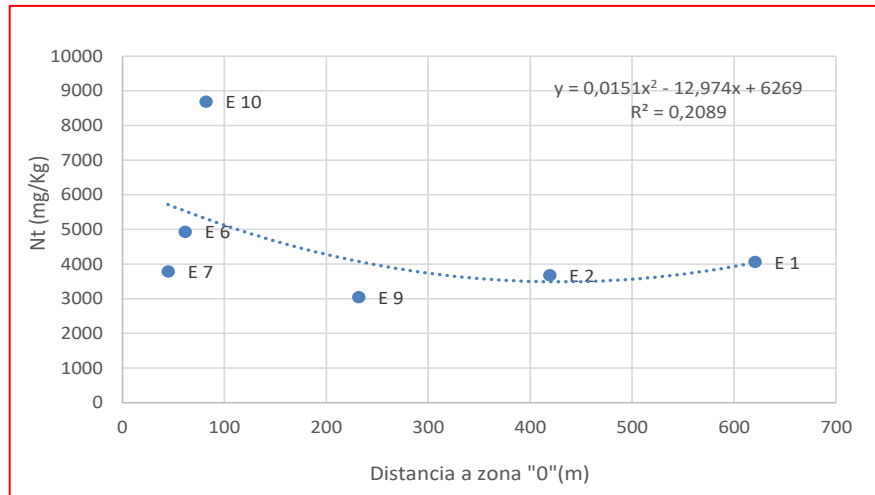


Figura 88 - Relación entre Distancia a la zona "0" y MOT (%) en el Centro A, campaña 1.

En relación con el Fósforo total (Pt), los resultados indican que su concentración se incrementa conforme se incrementa la distancia a la zona "0", probablemente debido a un transporte de sedimento o bien debido a un consumo por parte de procesos biogeoquímicos en la zona de mayor impacto. (**Figura 89**).

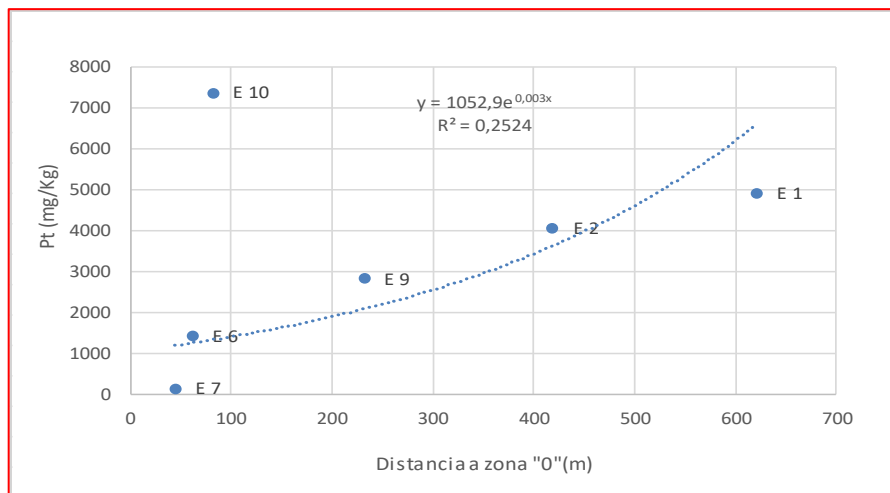


Figura 89 - Relación entre Distancia a la zona "0" y MOT (%) en el Centro A, campaña 1.

Es importante considerar que en el sedimento ocurren otros procesos o sinergias que responden a características propias del entorno (ejemplo batimetría, transporte). Por ejemplo, si bien no existe un buen ajuste, los resultados indican que, debido a la geomorfología del lugar, la materia orgánica se incrementa con la profundidad, probablemente debido a transporte por la pendiente y las corrientes. **(Figura 90)**

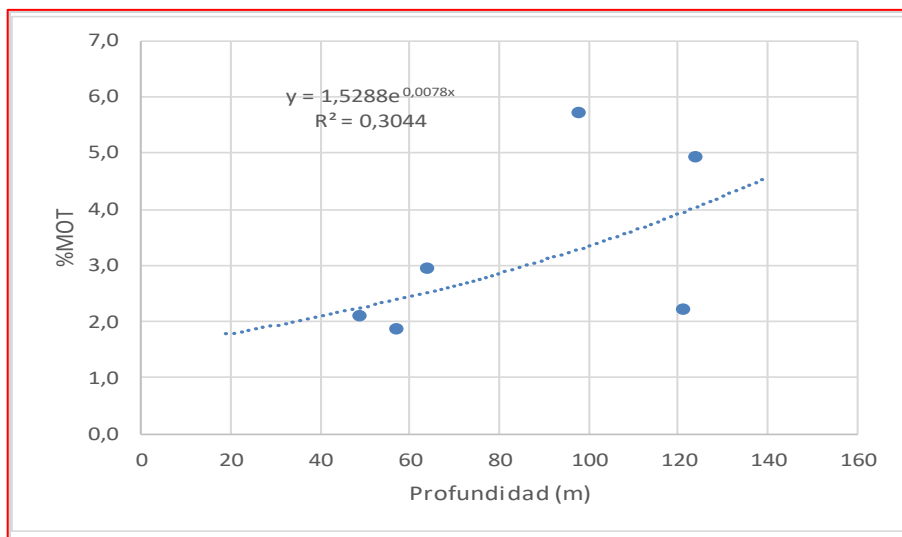


Figura 90 - Relación entre profundidad y MOT (%) en el Centro A, campaña 1.

5.3.7.2.1 Perfiles de Oxígeno Disuelto

Los perfiles de OD del Ces B (**Figura 91**) dan a conocer una columna bastante homogénea, con valores más altos en superficie, disminuyendo a medida que aumenta la profundidad. Cerca del fondo los valores alcanzados superan los límites de aceptabilidad señalados en el Numeral N° 34 de la Res. Ex. N° 3.612/09 y sus modificaciones para todos los perfiles realizados.

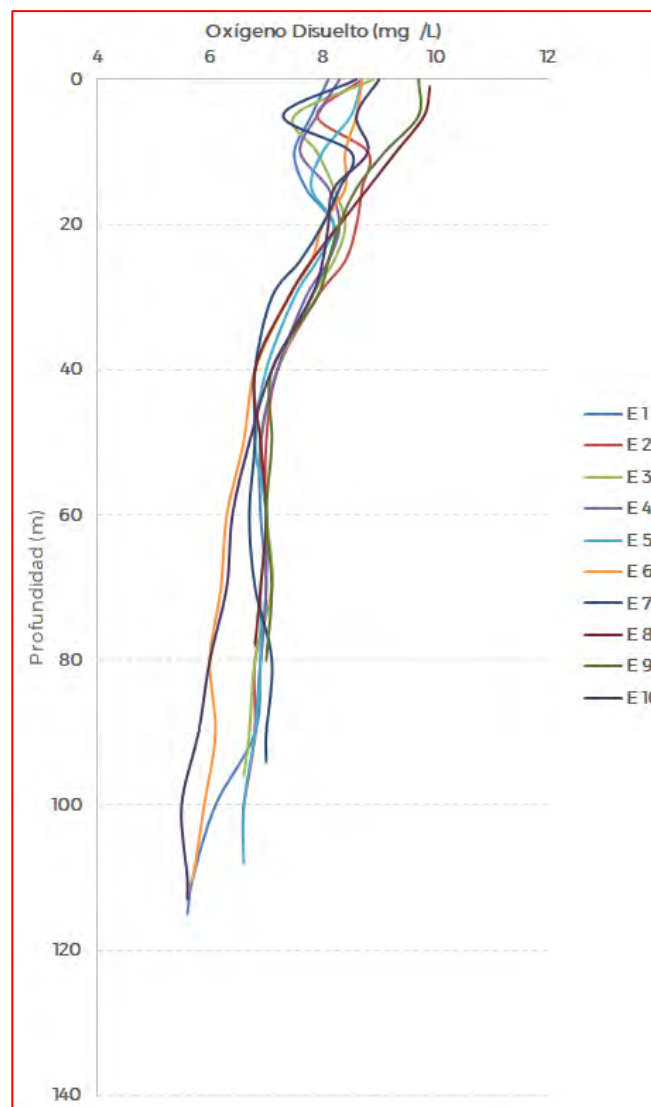


Figura 91 - Perfil de Oxígeno Disuelto en las estaciones de muestreo. Centro B, campaña 1.

5.3.7.2.2 Granulometría

En **Tabla 27** se presentan los resultados en porcentajes para las muestras colectadas y en **Figura 92** se presentan los gráficos por estación y Ces total. Los análisis indican que el Ces presenta fondo blando en un 100%, predominando el Fango con un 58.9%.

Tabla 27 – Granulometría de sedimentos Centro B, campaña 1.

Estación	Fracción	%
Estación 1	Arena	12.61
	Fango	86.5
	Grava	0.89
Estación 2	Arena	8.75
	Fango	91.01
	Grava	0.24
Estación 3	Arena	58.91
	Fango	40.55
	Grava	0.54
Estación 4	Arena	74.9
	Fango	24.69
	Grava	0.41
Estación 5	Arena	60.75
	Fango	39.18
	Grava	0.08
Estación 6	Arena	21.45
	Fango	77.14
	Grava	1.41
Estación 7	Arena	46.08
	Fango	53.83
	Grava	0.09
Estación 8	Arena	49.57
	Fango	50.34
	Grava	0.09
Estación 9	Arena	54.84
	Fango	45.06
	Grava	0.1
Estación 10	Arena	15.49
	Fango	81.47
	Grava	3.04



Figura 92 – Gráficos en porcentaje del tipo de sedimento del Centro B, campaña 1

5.3.7.2.3 Materia Orgánica (Mot%), Nitrógeno, Redox, pH y Fósforo,

En la **Tabla 28** se presentan los valores para Materia Orgánica (Mot%), Nitrógeno, Redox, pH y Fósforo del Centro B, registrados en la primera campaña.

Tabla 28 – Resultados para muestras de sedimento de Materia Orgánica (Mot%), Nitrógeno Redox, pH y Fósforo. Centro B, campaña 1.

ESTACION	Mot%	Nitrógeno	Redox	pH	Fósforo
Estación 1	6.1	0.11	-122.73	7.3	0.09
Estación 2	5.9	0.32	-8.30	7.2	0.33
Estación 3	1.9	0.18	34.63	7.1	0.40
Estación 4	1.1	0.13	113.90	7.0	0.10
Estación 5	1.3	0.17	101.03	7.0	0.38
Estación 6	4.0	0.26	-154.90	7.1	0.19
Estación 7	2.6	0.20	-98.13	7.2	0.08
Estación 8	2.0	0.17	144.23	7.1	0.27
Estación 9	1.4	0.14	129.17	7.3	0.38
Estación 10	5.9	0.21	117.00	7.2	0.14

En relación con las variables que poseen límites de aceptabilidad en el numeral 34 de la Res. Ex. N° 3.612/09. (Mot% $\leq$ 9%; Redox $\geq$ 50mV; pH $\geq$ 7.1) las muestras colectadas para las estaciones E1, E2, E6 y E7 para la variable Redox no cumplirían. Las estaciones E4 y E5 para los valores registrados en pH no cumplirían con la Res. Ex. N° 3.612/09.

En la **Figura 93** que a continuación se presenta se observan los valores medidos en comparación a sus límites de aceptabilidad.



Figura 93 – Gráficos de resultados para sedimentos en relación con límites de aceptabilidad basados en Res. Ex. N° 3.612/09. Centro B, campaña 1.



En relación con las variables registradas para Nitrógeno y Fósforo, teniendo en cuenta los límites establecidos por NIVA (1993), la Variable N no cumpliría en 4 de sus estaciones y para la variable P no cumpliría en ninguna. Mientras que, a nivel nacional, según UPLA (2002) estas variables cumplirían en todas sus estaciones para N y para P solo en 6 estaciones.

5.3.7.2.4 Registro Visual

Se realizaron filmaciones submarinas puntuales en aquellas estaciones que presentaron profundidad inferior a 100 m. En la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos para el Ces B relacionados al tipo de sustrato observado y a distintos elementos presentes en el fondo en 5 de las 10 estaciones, a su vez, en la **Figura 94** se presentan capturas del registro visual por estación. Aquellas estaciones que no se encuentran en la **Tabla 29**, ni aparecen con capturas, es debido a que las profundidades registradas fueron mayores a 100 m.

Tabla 29 – Resultados registro visual. Centro B, campaña 1.

Estación	Sustrato						Fauna		
	Profundidad (m)	Tipo de sustrato	Partículas en suspensión	Cubiertas de microorganismos	Restos Náufragos	Burbujas de gas	Biodiversidad en relación con el sustrato	Presencia de restos calcáreos	Fauna no representativa del lugar
E3	98	Blando	✓	x	x	x	0	x	x
E4	94	Blando	✓	x	x	x	0	✓	x
E7	107	Blando	✓	✓	x	x	0	✓	x
E8	102	Blando	✓	✓	x	x	0	x	x
E9	83	Blando	✓	x	x	x	0	x	x

E3	E4
-----------	-----------

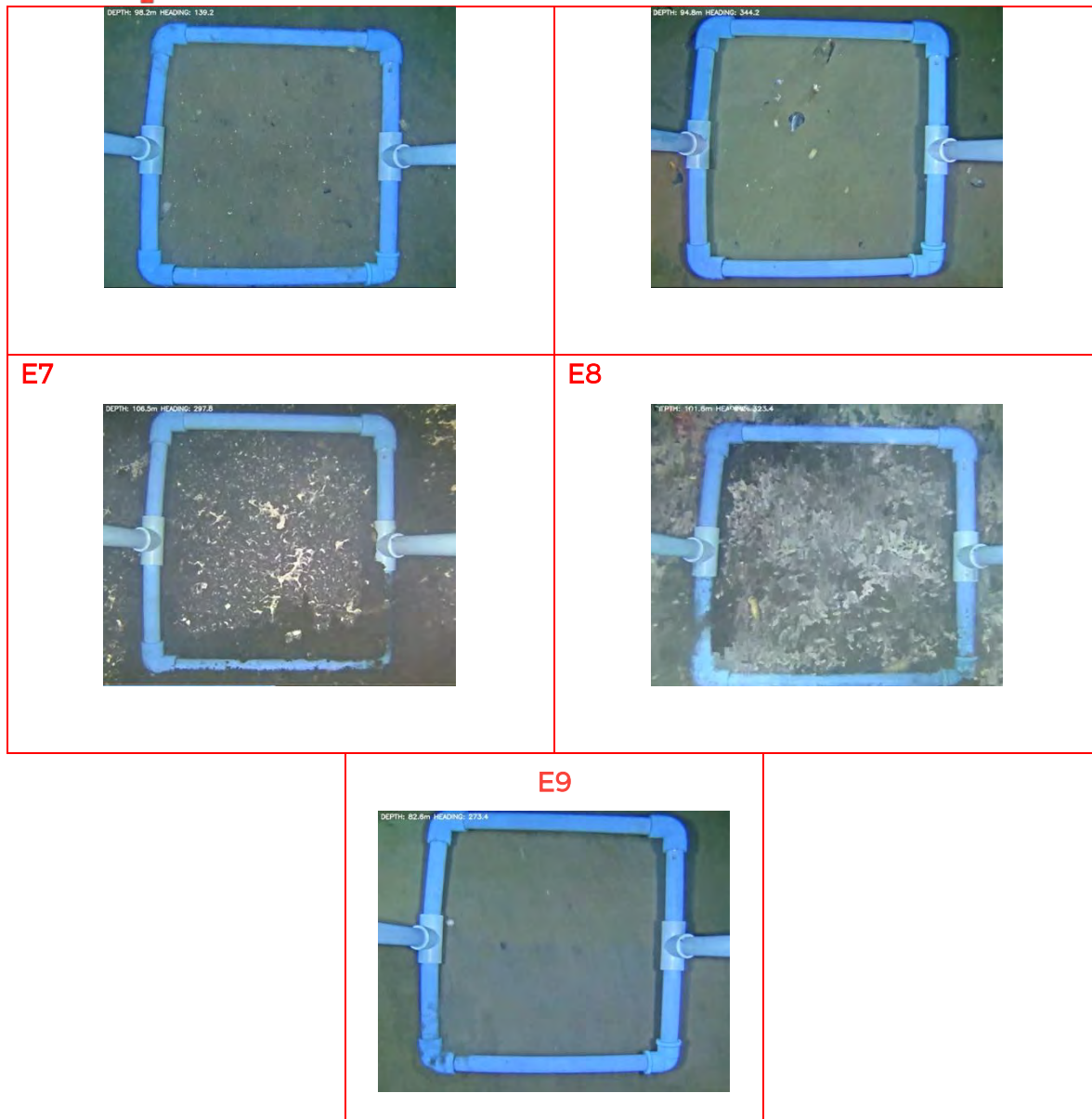


Figura 94 – Capturas obtenidas del Registro Visual para el Centro B, campaña 1.

A continuación, en **Tabla 30** se presentan los resultados para macrofauna observados durante la filmación submarina para cada estación registrada.

Tabla 30 – Resultados de macrofauna observada en registro visual. Centro B, campaña 1.

Estación	Z (m)	Nombre Común	Nombre Científico	N° Individuos	Descripción
E3	98	N/A	N/A	N/A	El registro visual fue realizado a una profundidad de 98 metros. Durante esta inspección se observó un fondo blando, con partículas en suspensión, sin presencia de fauna bentónica. No se registró la presencia de cubierta de microorganismos, ni burbujas de gas emanando del sustrato.
E4	94	N/A	N/A	N/A	El registro visual fue realizado a una profundidad de 94 metros. Durante esta inspección se observó un fondo blando, con partículas en suspensión, sin presencia de fauna bentónica, pero si valvas de mitílidos. No se registró la presencia de cubierta de microorganismos, ni burbujas de gas emanando del sustrato.
E7	107	N/A	N/A	N/A	El registro visual fue realizado a una profundidad de 107 metros. Durante esta inspección se observó un fondo blando con muchas partículas en suspensión. No se registró la presencia de burbujas de gas emanando del sustrato, pero si la presencia de cubierta de microorganismos.
E8	102	N/A	N/A	N/A	El registro visual fue realizado a una profundidad de 102 metros. Durante esta inspección se observó un fondo blando con muchas partículas en suspensión. No se registró la presencia de burbujas de gas emanando del sustrato, pero si la presencia de cubierta de microorganismos.
E9	83	N/A	N/A	N/A	El registro visual fue realizado a una profundidad de 83 metros. Durante esta inspección se observó un fondo blando con muchas partículas en suspensión. No se registró la presencia de cubierta de microorganismos, ni burbujas de gas emanando del sustrato.

5.3.7.2.5 Macroinvertebrados colectados mediante muestreo con Draga

5.3.7.2.5.1 Índices

Los resultados de los índices comunitarios de la campaña 1, para el Ces B se encuentran en la siguiente Tabla, para la obtención de las muestras estas fueron colectadas mediante draga hasta una profundidad de máxima de 200 metros.

Tabla 31 - Índices comunitarios (*: No calculable). Centro B, campaña 1.

Estación	S	N	J'	H'(log2)	Lambda
E1	1	83	*	0,00	1
E2	3	123	0,835	1,32	0,43
E3	8	102	0,966	2,9	0,15
E4	9	188	0,816	2,59	0,24
E5	7	110	0,856	2,40	0,26
E6	2	20	1	1	0,5
E7	2	30	0,918	0,92	0,56
E8	7	127	0,912	2,56	0,2
E9	5	97	0,91	2,11	0,26
E10	5	85	0,96	2,23	0,22

5.3.7.2.5.2 Composición taxonómica y bioindicadores

En el sector se detectaron especies bioindicadora (tipo IV y V, según AMBI). Estas especies se detallan en **Tabla 32**.

Tabla 32 - Especies bioindicadora en la campaña 1.

Especie	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
<i>Capitella</i> sp.	133	43	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Dorvilleidae</i> n.d.	20	140	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Jassa falcata</i>	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nassarius coppingeri</i>	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0

5.3.7.2.5.3 Índices AMBI y m-AMBI

Respecto de los resultados del AMBI durante la primera campaña de muestreo (**Tabla 33**), en general, las comunidades macrobentónicas con mayor nivel de degradación fueron registradas en la estación E1.

Tabla 33 – Resultados de AMBI. Centro B, campaña 1.

Centro	E 1	E 2	E 3	E 4	E 5	E 6	E 7	E 8	E 9	E 10
Centro B	6,00	3,57	1,62	2,35	2,55	3,75	2,00	1,66	2,33	1,68

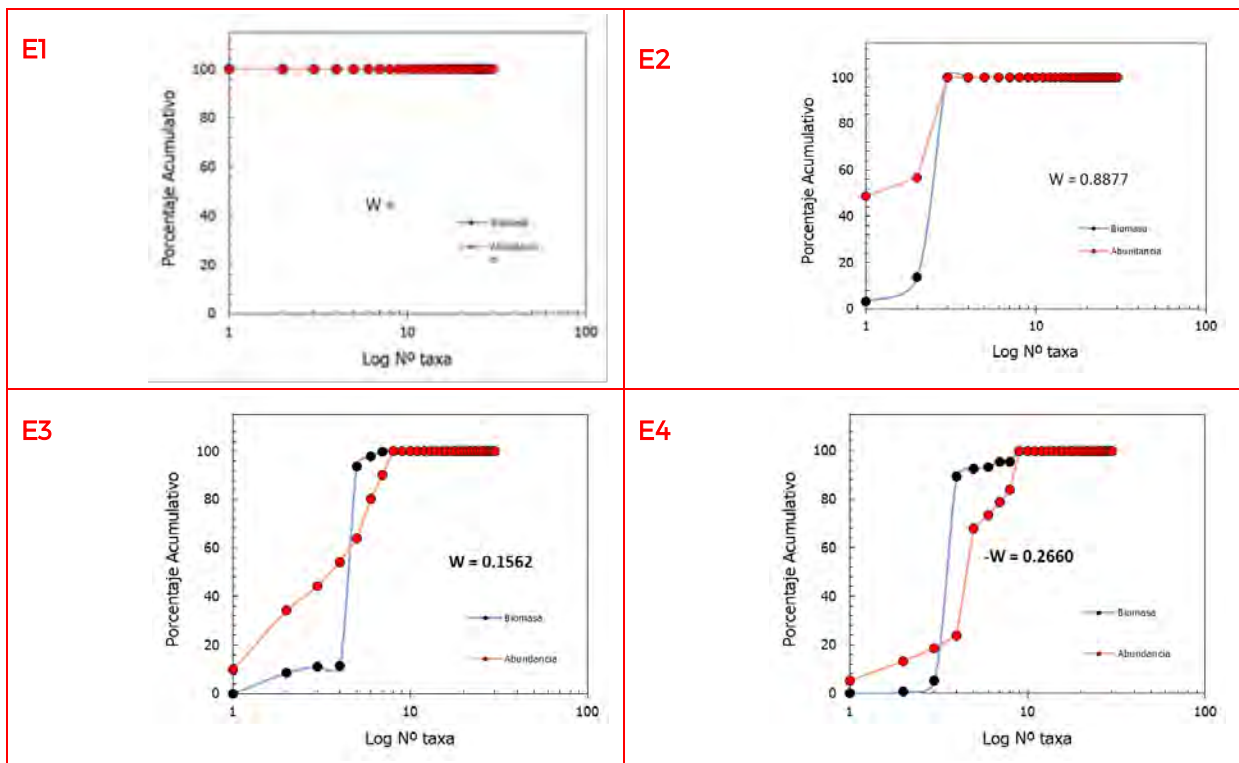
Los resultados del M-AMBI, en la primera campaña de muestreo (**Tabla 34**) indican que en general la estación E3, presenta los mayores valores del M-AMBI, por lo cual tendría las comunidades macrobentónicas con un mayor nivel de degradación.

Tabla 34 - Resultados de M-AMBI, primera campaña de muestreo. Centro B, campaña 1.

Centro	E 1	E 2	E 3	E 4	E 5	E 6	E 7	E 8	E 9	E 10
Centro B	0,01	0,26	0,54	0,49	0,44	0,21	0,30	0,50	0,41	0,45

5.3.7.2.5.4 Curvas ABC

Los resultados de las Curvas ABC (**Figura 95**), indican que todas las estaciones presentan una condición deteriorada, especialmente E2, E6 y E8.



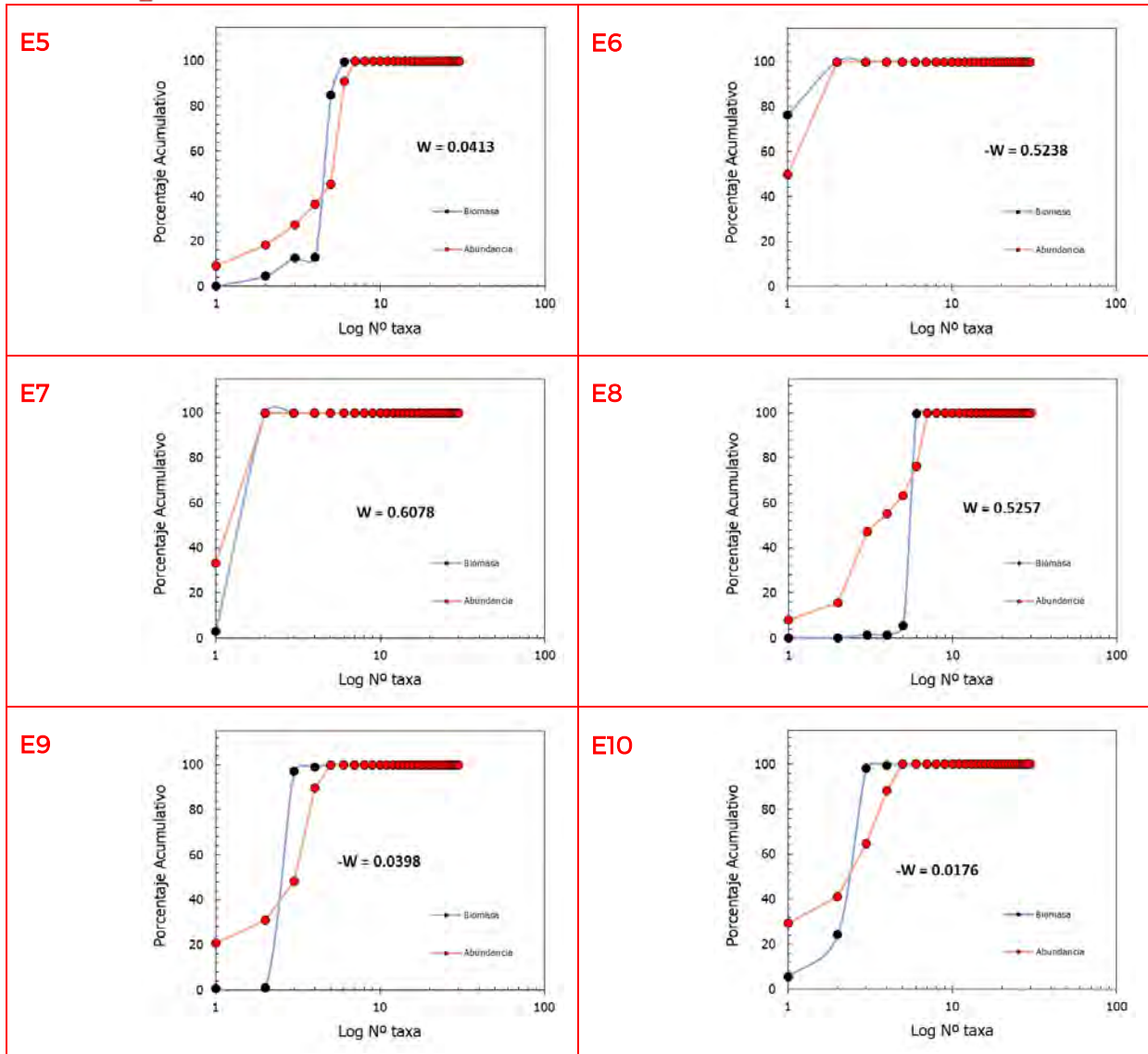


Figura 95 - Curvas ABC. Centro B, campaña 1.

5.3.7.2.6 Relaciones Entre Variables

Los resultados indicaron que a menor distancia de la zona "0", es decir la zona de mayor deposición, menor será la condición Óxica del sedimento en aquella estación de muestreo. (Figura 96) Los resultados predicen que, a menos de 100 m, existe probabilidad ($R^2=0,68$), de encontrar un sustrato perturbado, sin embargo, a 300 metros aproximadamente, el sustrato alcanza una condición Óxica aceptable, respecto a la zona "0".

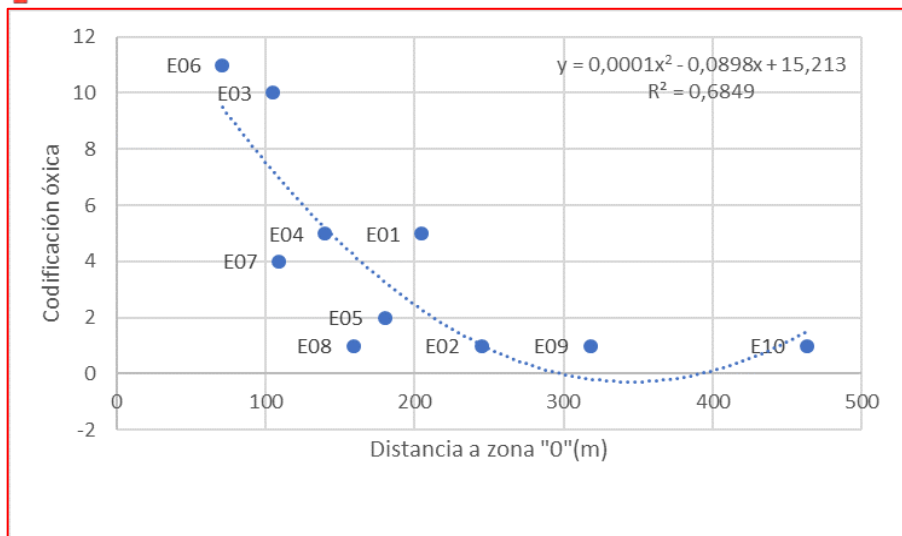


Figura 96 - Relación entre Distancia a la zona "0" y la condición Óxica en el Centro B, campaña 1.

En cuanto al MOT (%), conforme aumenta la distancia a la zona "0", la materia orgánica se incrementa, no obstante, el coeficiente de determinación mostro valores bajos, por lo que no existiría una relación causa efecto entre la distancia a la zona "0" y la concentración de MOT, salvo a una distancia aproximada de 100 metros. La falta de correlación podría estar explicada por las condiciones naturales del área de estudio como la pendiente o batimetría.

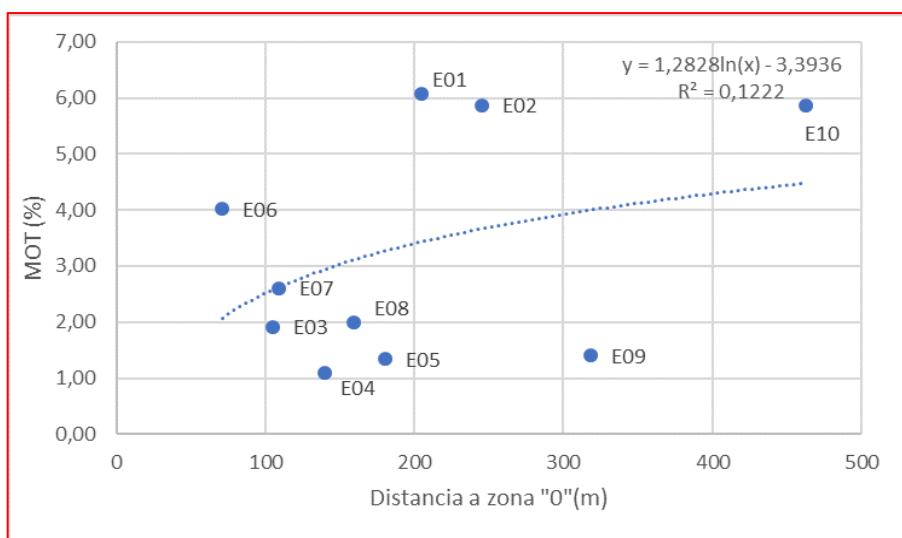


Figura 97 - Relación entre Distancia a la zona "0" y MOT (%) en el Centro B, campaña 1.

Respecto al Carbono depositado en el sedimento, existe buen ajuste ($R^2 = 0,63$) con la distancia desde la zona "0", a mayor distancia de la zona "0", menor es la cantidad de Carbono depositado

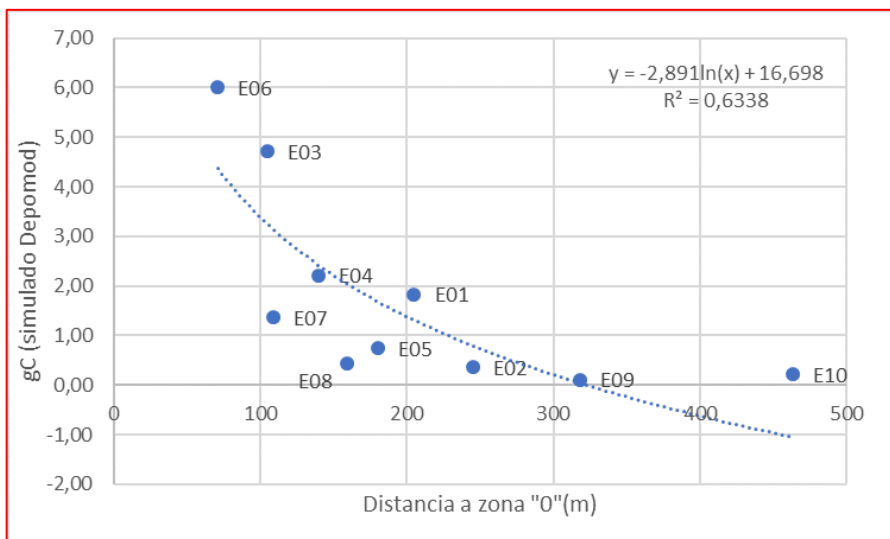


Figura 98 - Relación entre Distancia a la zona "0" y g de Carbono en el Centro B, campaña 1.

En cuanto al pH, los resultados indican que a partir de los 100 metros el pH comienza a aumentar, hasta los 400 metros aproximadamente, esta anomalía, podría ser explicada por otra variable que modula la reacción del pH en este centro, lo cual se ve reflejado por el coeficiente de determinación el cual muestra un ajuste de 0,33.

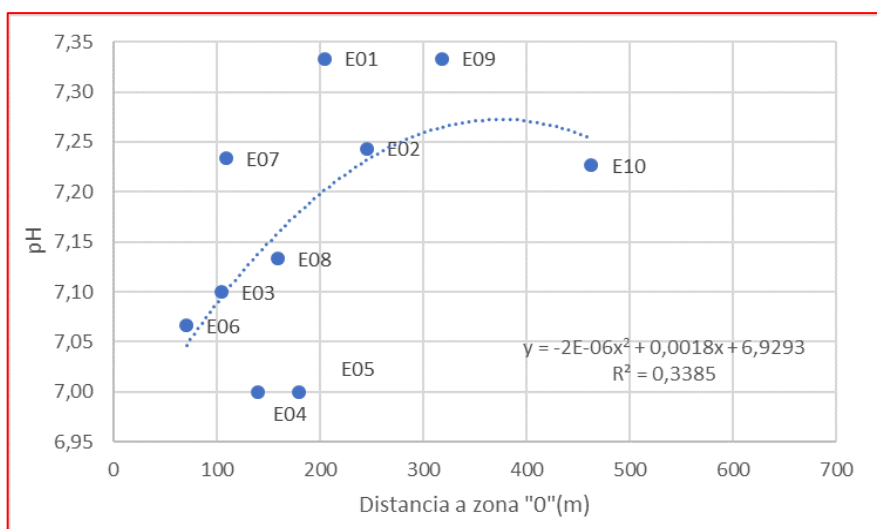


Figura 99 - Relación entre Distancia a la zona "0" y pH en el Centro B, campaña 1.

Respecto a los resultados de AMBI, existe cierta tendencia, al alejarse de la zona "0", el valor disminuye, sin embargo, el nivel de ajuste es casi inexistente, por lo que otras variables podrían explicar esta falta de consistencia.

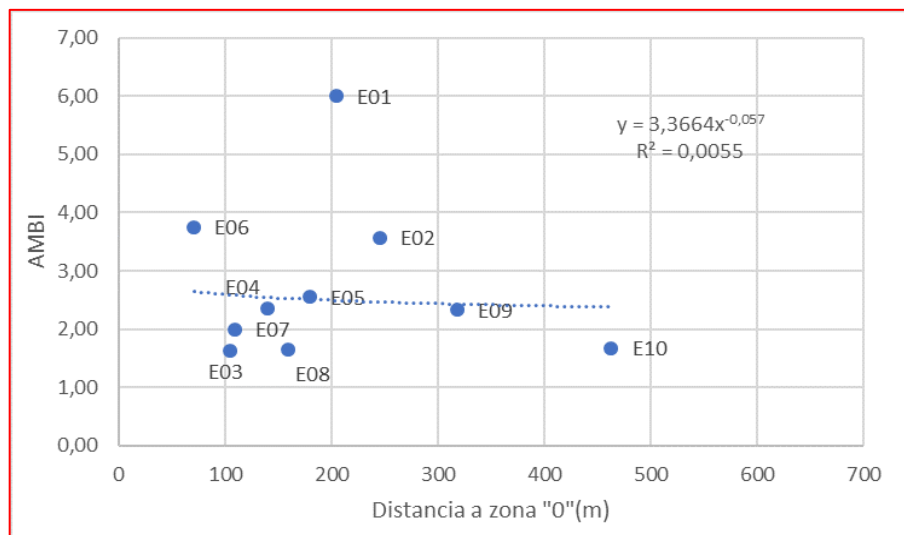


Figura 100 - Relación entre Distancia a la zona "0" y AMBI en el Centro B, campaña 1.

Respecto a la diversidad, según la correlación obtenida, esta se mantiene baja hasta los 350 m. aprox., lo que podría ser explicado por otra variable, ya que el nivel de ajuste es bastante bajo ($R^2 = 0,012$), sumado a lo anterior existen estaciones con valores de diversidad altos (E03, E04, E08), las cuales se encuentran a menos de 200 metros de la zona "0".

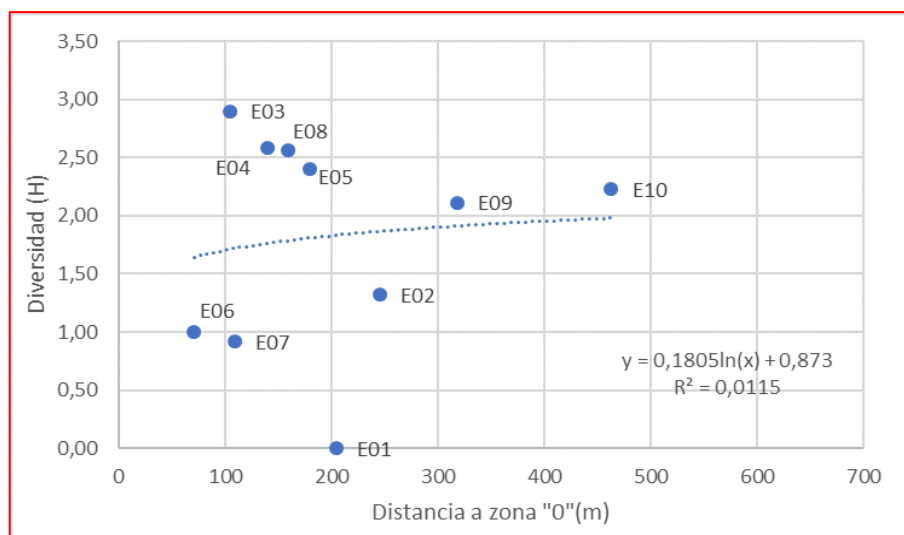


Figura 101 - Relación entre Distancia a la zona "0" y el índice de Diversidad H en el Centro B, campaña 1.

En relación al Nitrógeno total en el sedimento los resultados indican que la mayor deposición acontece en los primeros 100 m. y a los 450 m. aprox. por lo que no tendría relación con los nutrientes o existe transporte de sedimentos desde "0". El impacto en el sedimento producto del Ces no afectaría potencialmente la macrofauna bentónica.

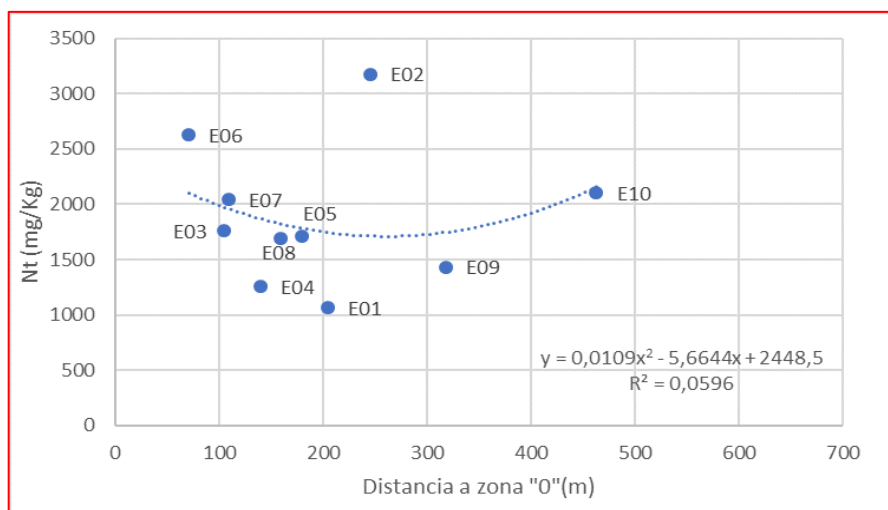


Figura 102 - Relación entre Distancia a la zona "0" y Nitrógeno total en el Centro B, campaña 1.

En relación con el Fósforo total, los resultados indican que su concentración incrementa levemente desde los 100 metros, hasta los 450 metros, probablemente por un arrastre de sedimentos en algunos sectores, ya que existen estaciones a menos de 200 metros con valores extremos en la concentración de Fósforo (E03 y E07).

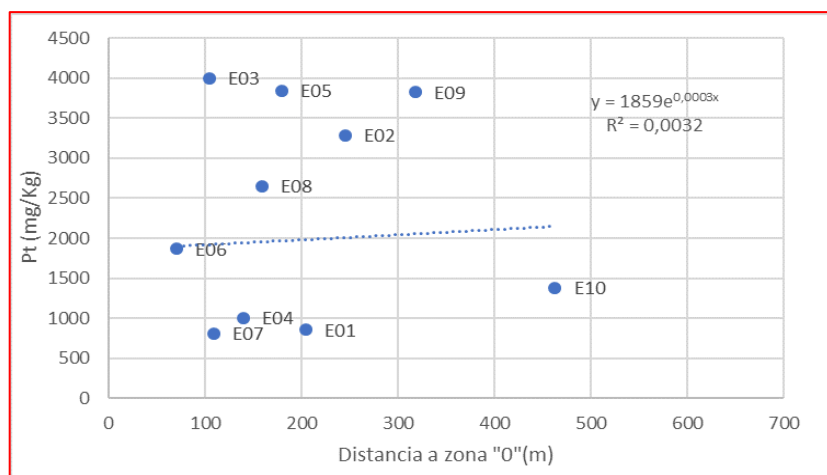


Figura 103 - Relación entre Distancia a la zona "0" y Fosforo total en el Centro B, campaña 1.

Es importante considerar que en la acumulación de materia orgánica o nutrientes en el sedimento no solo influye la distancia a la fuente emisora de estos nutrientes, variables como la pendiente o la batimetría pueden tener efectos importantes en el sedimento, en este sentido, existe una fuerte relación entre la profundidad y la MOT ($R^2 = 0,91$), la cual incrementa fuertemente a partir de los 100 metros, por lo existiría un arrastre de sedimentos a zonas de mayor profundidad producto de las corrientes y la pendiente.

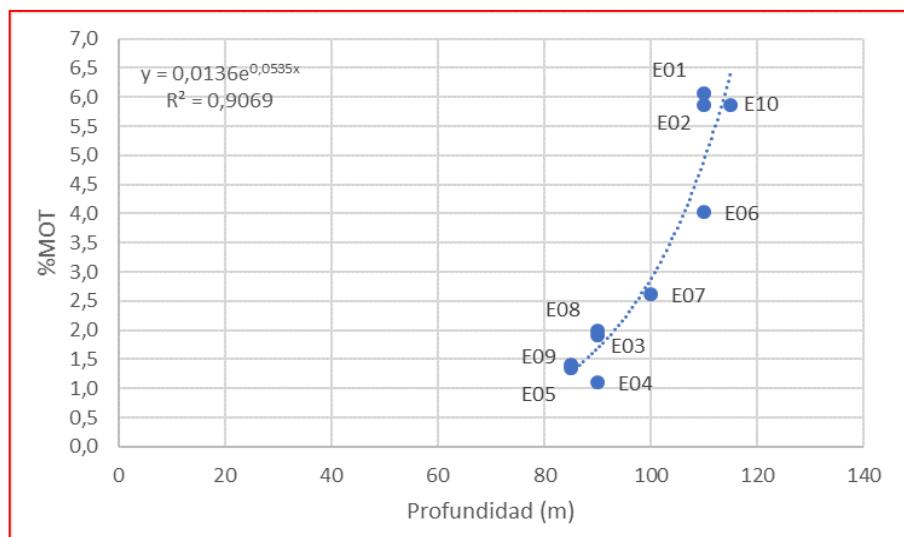


Figura 104 - Relación entre profundidad y MOT (%) en el Centro B, campaña 1.

5.3.7.3 Centro C

5.3.7.3.1 Perfiles de Oxígeno Disuelto

Los perfiles de OD del Ces C (**Figura 105**) dan a conocer una columna bastante homogénea, con valores más altos en superficie, disminuyendo a medida que aumenta la profundidad. Cerca del fondo los valores alcanzados superan los límites de aceptabilidad señalados en el Numeral N° 34 de la Res. Ex. N° 3.612/09 y sus modificaciones para todos los perfiles realizados.

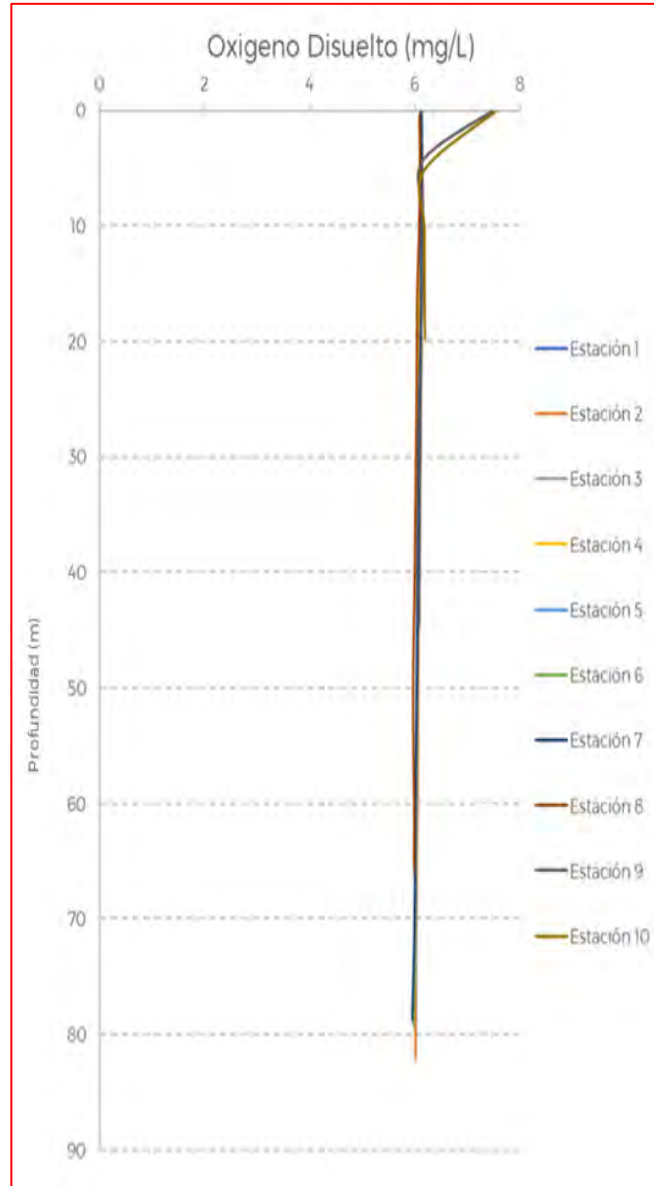


Figura 105 - Perfil de Oxígeno Disuelto en las estaciones de muestreo. Centro C, campaña 1.

5.3.7.3.2 Granulometría

En **Tabla 35** se presentan los resultados en porcentajes para las muestras colectadas y en **Figura 106** se presentan los gráficos por estación y Ces total. Los análisis indican que el Ces presenta fondo blando en un 100%, predominando ella arena con un 89.4%.

Tabla 35 – Granulometría de sedimentos. Centro C, campaña 1.

Estación	Fracción	%
Estación 1	Arena	90.75

Estación	Fracción	%
	Fango	7.43
	Grava	1.82
Estación 2	Arena	78.92
	Fango	9.09
	Grava	11.99
Estación 3	Arena	86.48
	Fango	5.6
	Grava	7.92
Estación 4	Arena	89.04
	Fango	10.22
	Grava	0.73
Estación 5	Arena	89.81
	Fango	8.53
	Grava	1.66
Estación 6	Arena	95.83
	Fango	4.03
	Grava	0.14
Estación 7	Arena	96.74
	Fango	3.12
	Grava	0.14
Estación 8	Arena	90.69
	Fango	5.64
	Grava	3.67
Estación 9	Arena	94.39
	Fango	5.52
	Grava	0.09
Estación 10	Arena	81.68
	Fango	16.78
	Grava	1.55



Figura 106 – Gráficos en porcentaje del tipo de sedimento del Centro C, campaña 1.

5.3.7.3.3 Materia Orgánica (Mot%), Nitrógeno, Redox, pH y Fósforo,

En **Tabla 36** se presentan los valores para Materia Orgánica (Mot%), Nitrógeno Redox, pH y Fósforo del Centro C, registrados en la primera campaña.

Tabla 36 – Resultados para muestras de sedimento de Materia Orgánica (Mot%), Nitrógeno Redox, pH y Fósforo. Centro C, campaña 1.

ESTACION	Mot%	Nitrógeno	Redox	pH	Fósforo
Estación 1	1.1	0.10	321.20	7.0	0.23
Estación 2	1.7	0.10	129.10	6.9	0.07
Estación 3	1.1	0.12	393.73	6.6	0.10
Estación 4	1.4	0.18	246.47	6.7	0.07
Estación 5	1.1	0.13	276.53	6.8	0.29
Estación 6	0.8	0.11	357.73	7.0	0.25
Estación 7	0.9	0.11	221.40	7.0	0.14
Estación 8	0.9	0.12	272.13	6.8	0.11
Estación 9	1.4	0.18	288.00	6.8	0.23
Estación 10	1.3	0.11	262.00	6.6	0.21

En relación con las variables que poseen límites de aceptabilidad en el numeral 34 de la Res. Ex. N° 3.612/09. (Mot% $\leq$ 9%; Redox $\geq$ 50mV; pH $\geq$ 7.1) las muestras colectadas para las estaciones E2, E3, E4, E5, E8, E9 y E10 para la variable pH no cumplirían.

En **Figura 107**, se presenta se observan los valores registrados en comparación a sus límites de aceptabilidad.



Figura 107 – Gráficos de resultados para sedimentos en relación con límites de aceptabilidad basados en Res. Ex. N° 3.612/09. Centro C, campaña 1

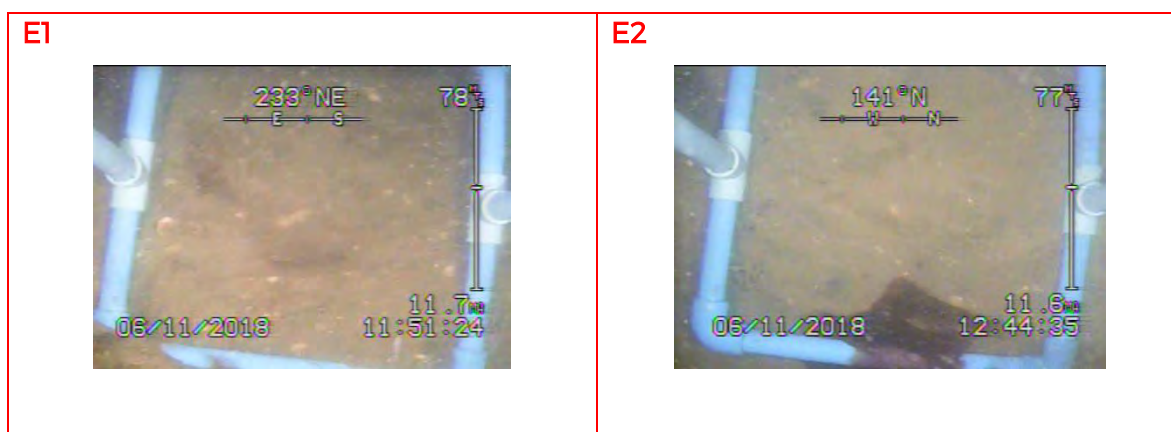
En relación con las variables registradas para Nitrógeno y Fósforo, teniendo en cuenta los límites establecidos por NIVA (1994), la Variable N cumpliría en las 10 estaciones y P no cumpliría en la totalidad de ellas. Mientras que, a nivel nacional, según UPLA (2002) La variable N cumpliría en la totalidad de las estaciones y para la variable P solo en 5 estaciones.

5.3.7.3.4 Registro Visual

Se realizaron filmaciones submarinas puntuales en aquellas estaciones que presentaron profundidad inferior a 100 m. En la **Tabla 37** se presentan los resultados obtenidos para el Ces C relacionados a la macrofauna y tipo de sustrato observado, entre otros, a su vez, en la **Figura 108** se presentan capturas del registro puntual por estaciones.

Tabla 37 – Resultados registro visual. Centro C, campaña 1.

Estación	Sustrato						Fauna		
	Profundidad (m)	Tipo de sustrato	Partículas en suspensión	Cubiertas de microorganismos	Restos Náufragos	Burbujas de gas	Biodiversidad en relación con el sustrato	Presencia de restos calcáreos	Fauna no representativa del lugar
E1	78	Blando	✓	x	x	x	0	x	x
E2	77	Blando	✓	x	x	x	0	x	x
E3	81	Blando	✓	x	x	x	0	x	x
E4	85	Blando	✓	x	x	x	0	x	x
E5	86	Blando	✓	x	x	x	0	x	x
E6	79	Blando	✓	x	x	x	0	✓	x
E7	91	Blando	✓	x	x	x	0	x	x
E8	63	Blando	✓	x	x	x	0	x	x
E9	61	Blando	✓	x	x	x	0	✓	x
E10	60	Blando	✓	x	x	x	0	x	x



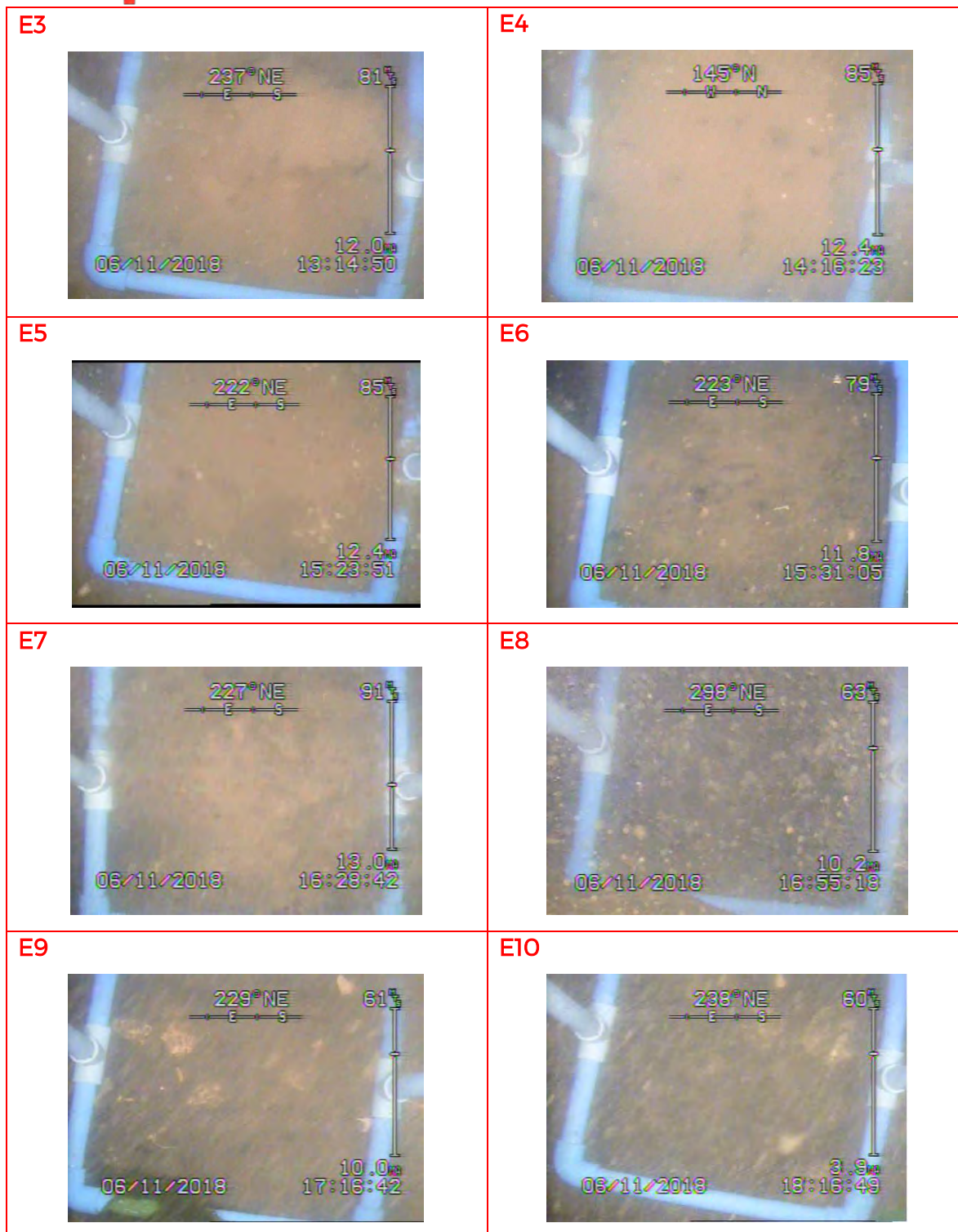


Figura 108 – Capturas obtenidas del Registro Visual para el Centro C, campaña 1.

A continuación, en la **Tabla 38** se presentan los resultados para macrofauna observados durante la filmación submarina para cada estación registrada.

Tabla 38 – Resultados de macrofauna observada en registro visual. Centro C, campaña 1.

Estación	Z (m)	Nombre Común	Nombre Científico	N° Individuos	Descripción
E1	78	N/A	N/A	N/A	El registro visual fue realizado a una profundidad de 78 metros. Durante esta inspección se observó un fondo blando, con corriente fuerte y muchas partículas en suspensión.
E2	77	N/A	N/A	N/A	El registro visual fue realizado a una profundidad de 77 metros. Durante esta inspección se observó un fondo blando, con corriente fuerte y muchas partículas en suspensión. Poca visibilidad. No se registró la presencia de fauna bentónica.
E3	81	N/A	N/A	N/A	El registro visual fue realizado a una profundidad de 81 metros. Durante esta inspección se observó un fondo blando, con corriente fuerte y muchas partículas en suspensión. Poca visibilidad. No se registró la presencia de fauna bentónica.
E4	85	N/A	N/A	N/A	Durante esta inspección se observó un fondo blando, con corriente fuerte y muchas partículas en suspensión. Poca visibilidad. No se registró la presencia de fauna bentónica.
E5	86	N/A	N/A	N/A	El registro visual fue realizado a una profundidad de 86 metros. Durante esta inspección se observó un fondo blando, con corriente fuerte y muchas partículas en suspensión, sin presencia de fauna bentónica, pero si gran cantidad de crustáceos en la columna de agua cercana al fondo.
E6	79	N/A	N/A	N/A	El registro visual fue realizado a una profundidad de 79 metros. Durante esta inspección se observó un fondo blando, con corriente fuerte, muchas partículas en suspensión y restos calcáreos.
E7	91	N/A	N/A	N/A	El registro visual fue realizado a una profundidad de 91 metros. Durante esta inspección se observó un fondo blando, con corriente fuerte y muchas partículas en suspensión.
E8	63	N/A	N/A	N/A	El registro visual fue realizado a una profundidad de 63 metros. Durante esta inspección se observó un fondo blando, con corriente fuerte y muchas partículas en suspensión.
E9	61	N/A	N/A	N/A	El registro visual fue realizado a una profundidad de 61 metros. Durante esta inspección se observó un fondo blando, con corriente fuerte, muchas partículas en suspensión y restos calcáreos.

Estación	Z (m)	Nombre Común	Nombre Científico	N° individuos	Descripción
E10	60	N/A	N/A	N/A	El registro visual fue realizado a una profundidad de 60 metro. Durante esta inspección se observó un fondo blando, sin presencia de fauna bentónica.

5.3.7.3.5 Macroinvertebrados colectados mediante muestreo con Draga

5.3.7.3.5.1 Índices

Los resultados de los índices comunitarios de la campaña 1, para el Ces C se encuentran en la siguiente Tabla, para la obtención de las muestras estas fueron colectadas mediante draga hasta una profundidad máxima de 200 metros.

Tabla 39 - Índices comunitarios. Centro C, campaña 1

Estación	S	N	J'	H'(log2)	Lambda
E1	14	101	0,918	3,494	0,104
E2	14	185	0,969	3,689	0,085
E3	14	185	0,972	3,702	0,084
E4	7	93	0,974	2,734	0,158
E5	5	60	0,97	2,252	0,222
E6	9	117	0,931	2,952	0,158
E7	3	50	0,865	1,371	0,44
E8	9	190	0,842	2,669	0,224
E9	7	100	0,97	2,722	0,16
E10	12	481	0,648	2,322	0,314

5.3.7.3.5.2 Composición taxonómica y bioindicadores

En el sector se detectaron especies bioindicadora (tipo IV y V, según AMBI). Estas especies se detallan en tabla siguiente.

Tabla 40 - Especies bioindicadora en el Centro C, Campaña 1.

Especie	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
<i>Aphelocheata</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
<i>Chaetozone</i> sp.	0	3	10	0	0	3	0	0	0	7
<i>Leitoscoloplos</i> sp.	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0
<i>Nassarius coppingeri</i>	0	0	0	0	7	37	10	7	7	0

<i>Polydora</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
<i>Aphelochaeta</i> sp.	37	0	3	3	0	10	0	13	27	3

5.3.7.3.5.3 Índices AMBI y m-AMBI

Respecto de los resultados del AMBI durante la primera campaña de muestreo (**Tabla 41**), en general, las comunidades macrobentónicas con mayor nivel de degradación fueron registradas en la estación E7 y E6.

Tabla 41 – Resultados de AMBI. Centro C, campaña 1.

Centro	E 1	E 2	E 3	E 4	E 5	E 6	E 7	E 8	E 9	E 10
Centro C	1,21	1,26	1,38	0,86	2,25	2,95	3,60	1,03	1,95	2,49

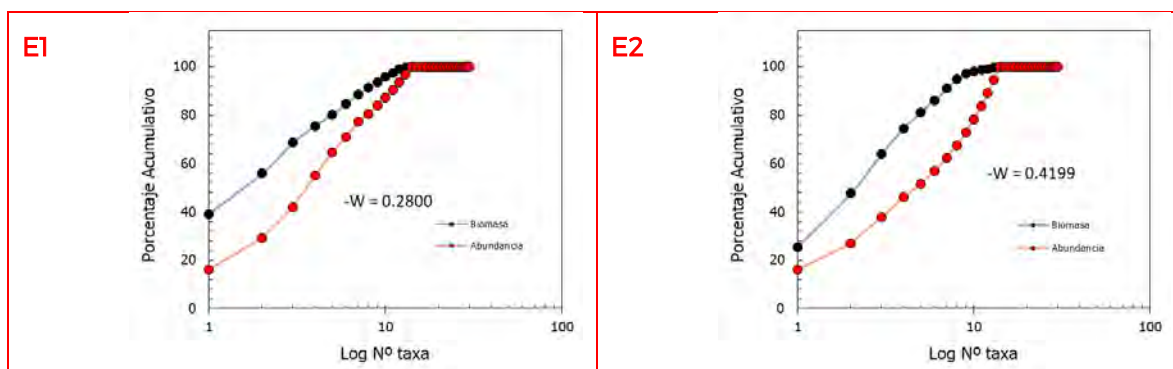
Los resultados del M-AMBI, en la primera campaña de muestreo (**Tabla 42**) indican que en general la estación E1, E2 y E3, presenta los mayores valores del M-AMBI, por lo cual tendría las comunidades macrobentónicas con un mayor nivel de degradación.

Tabla 42 - Resultados de M-AMBI. Centro C, campaña 1.

Centro	E 1	E 2	E 3	E 4	E 5	E 6	E 7	E 8	E 9	E 10
Centro C	0,68	0,69	0,68	0,55	0,42	0,49	0,26	0,56	0,49	0,50

5.3.7.3.5.4 Curvas ABC

Los resultados de las Curvas ABC (**Figura 109**), indican que todas las estaciones presentan una condición deteriorada, especialmente E6 y E7.



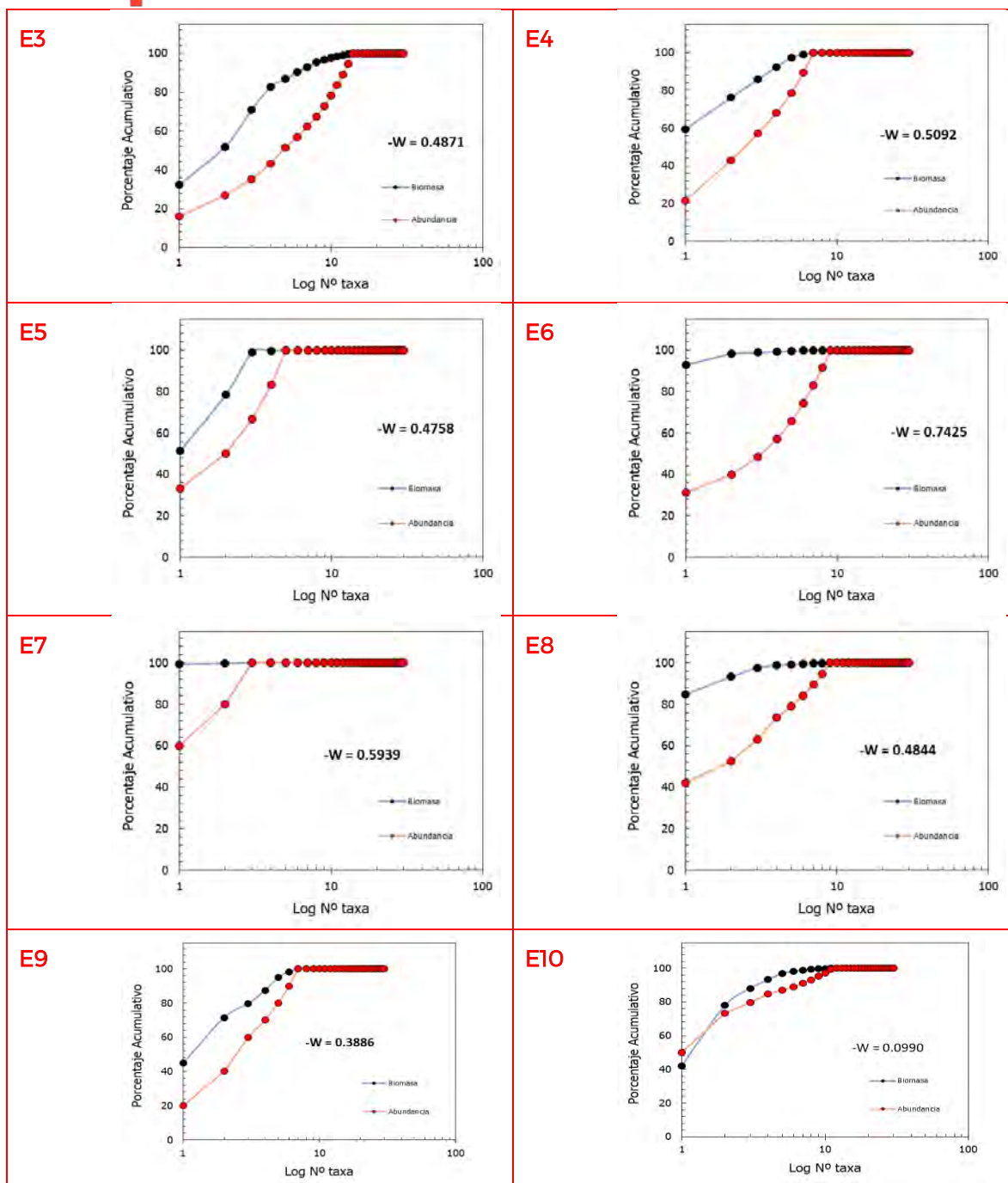


Figura 109 - Curvas ABC. Centro C, campaña 1.

5.3.7.3.6 Relaciones Entre Variables

Respecto a la condición Óxica en este centro de cultivo, a menos de 100 metros, existe alta probabilidad de que el sustrato este perturbado, no obstante, la condición Óxica mejora ostensiblemente al aumentar la distancia desde la zona "O", alcanzado su mejor condición a los 750 metros aproximadamente.

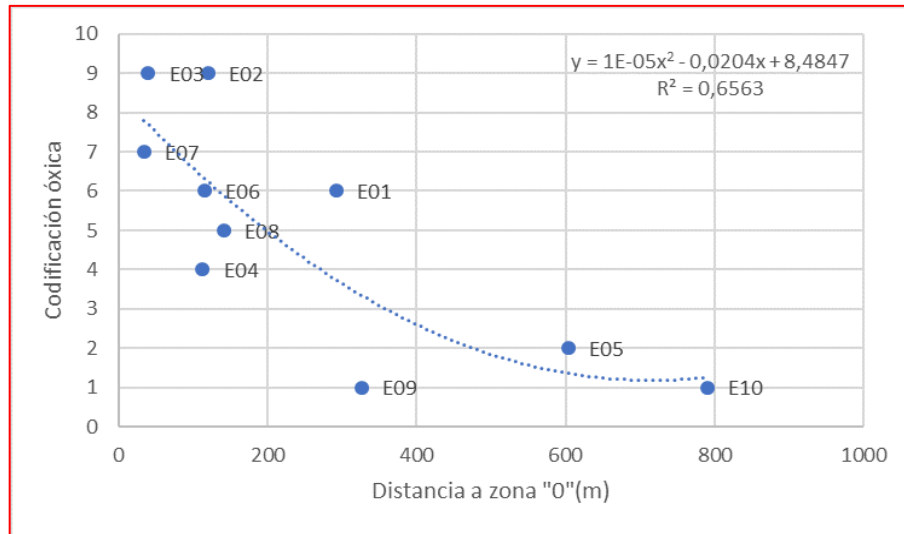


Figura 110 - Relación entre Distancia a la zona "O" y la condición Óxica en el Centro C, campaña 1.

En cuanto a la relación entre la distancia y la materia orgánica total en el sustrato, los resultados indican que la concentración de MOT en general aumenta levemente desde los 50 metros aproximadamente, desde la zona "O", por lo que existiría transporte de materia orgánica a otros lugares alejados de la zona "O" alcanzando los mayores resultados a los 800 metros, influenciado por variables como la pendiente o batimetría, esto explicaría el bajo índice de determinación ($R^2 = 0,08$).

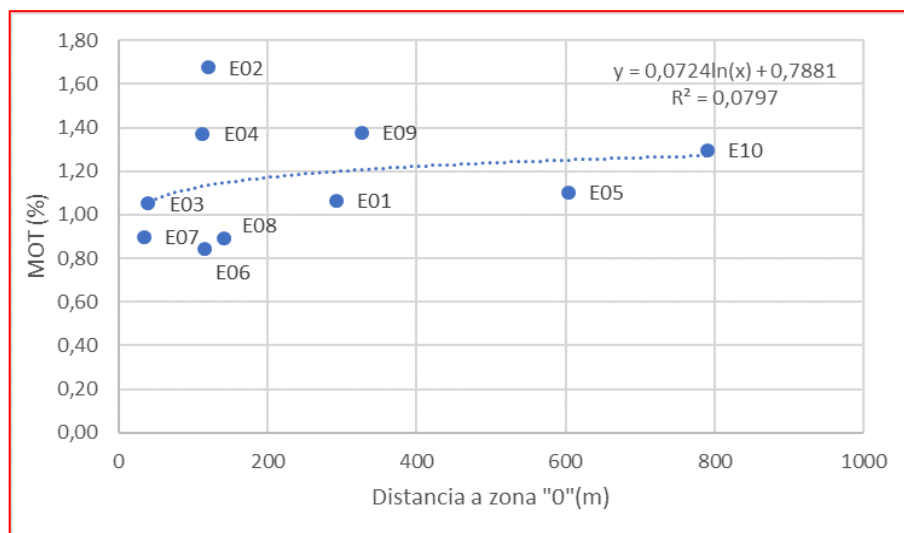


Figura 111 - Relación entre Distancia a la zona "O" y MOT (%) en el Centro C, campaña 1.

Respecto a la relación entre la distancia y la cantidad de Carbono en el sedimento, existe buen ajuste entre estas variables, en donde la cantidad de Carbono comienza a disminuir notoriamente a partir de los 100 metros aproximadamente, desde la zona "O", si bien esto podría ser un resultado lógico no tendría relación con la materia orgánica total en el sustrato, la cual a mayor distancia desde la zona "O", se incrementa. Lo anterior podría explicarse por el aumento del Nitrógeno y en mayor medida el Fósforo, reemplazando en cierta medida la proporción de Carbono en zonas alejadas de la zona "O".

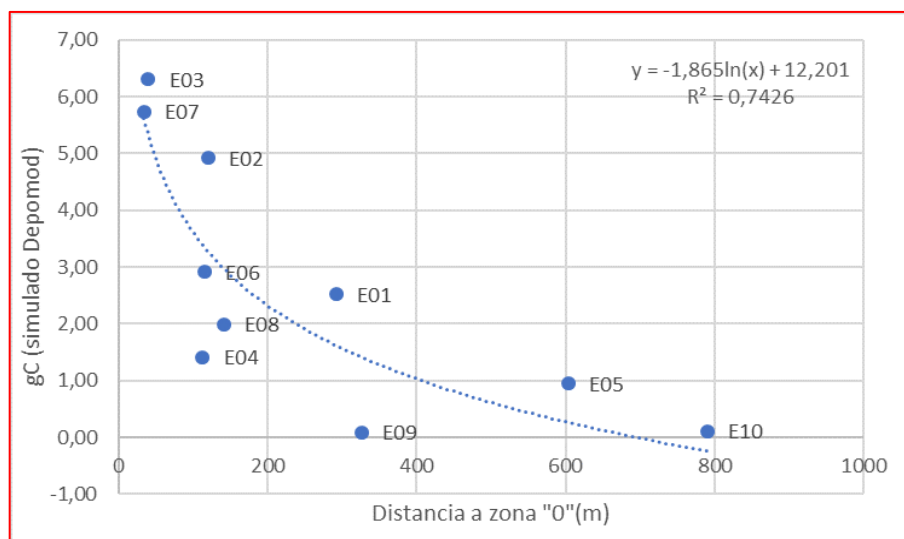


Figura 112 - Relación entre Distancia a la zona "O" y g de Carbono en el Centro C, campaña 1.

En cuanto al pH, los resultados indican que en los primeros 300 m, el pH aumenta conforme se incrementa la distancia a la zona "O", para posteriormente comenzar a disminuir conforme aumenta la distancia a la zona "O". Lo lógico sería que este aumentara hasta estabilizarse, sin embargo, otras variables podrían influir en este resultado, como el aumento de materia orgánica a medida que aumenta la distancia desde la zona "O" de este centro de cultivo.

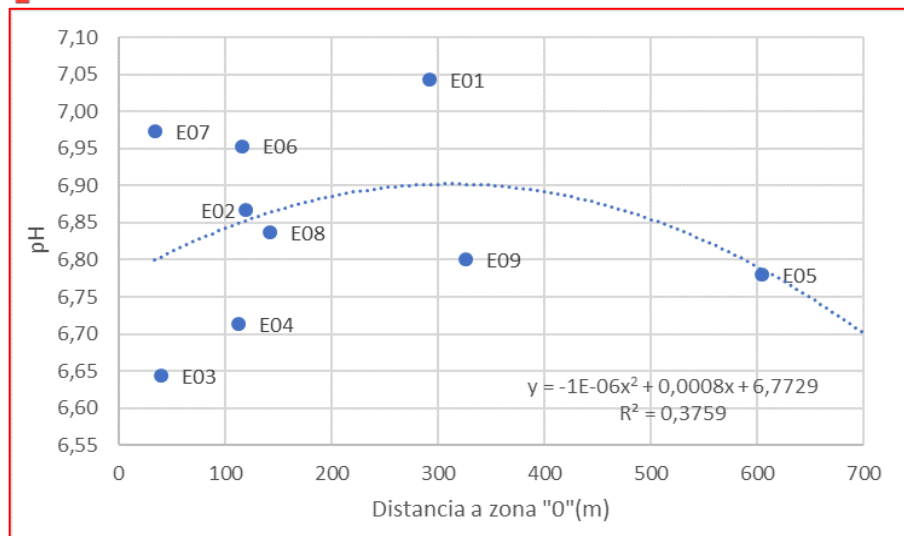


Figura 113 - Relación entre Distancia a la zona "0" y pH en el Centro C, campaña 1.

Respecto a la relación entre la distancia y el, esta es baja ($R^2=0,002$), a pesar de ello se logra observar cierta tendencia, la cual indica que las comunidades de macroinvertebrados se ven afectadas levemente conforme aumenta la distancia a la zona "0", esta relación podría estar explicada por el aumento de la materia orgánica o el Fósforo a mayores distancia de esta zona, ya que las estaciones E06 y E07 mantienen los peores valores de este índice, estando a menos de 150 metros de distancia de la zona "0"

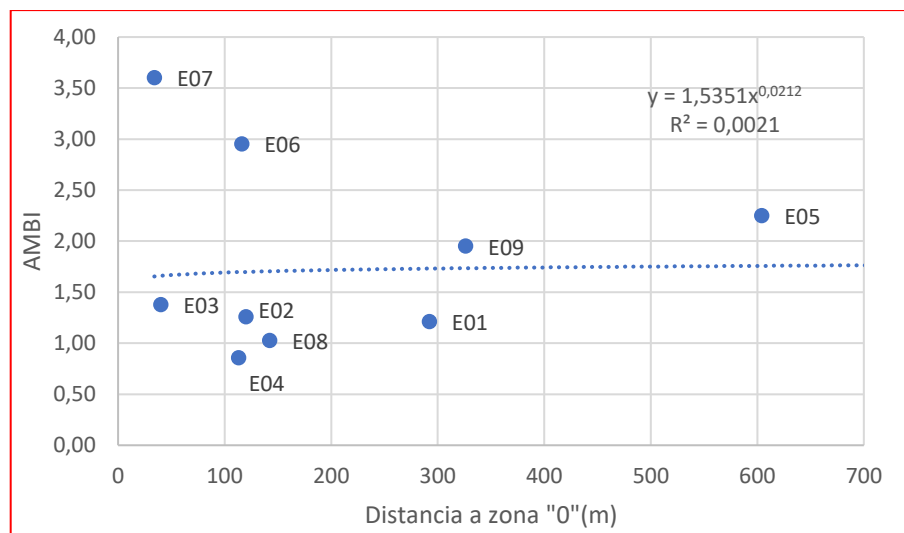


Figura 114 - Relación entre Distancia a la zona "0" y AMBI en el Centro C, campaña 1.

En cuanto la relación de la distancia a la zona "0" y la diversidad de macroinvertebrados en el sustrato, el ajuste es casi inexistente ($R^2= 0,004$), ya que existen estaciones con valores

extremos de diversidad (E03 y E07) a menos de 100 metros de la zona "0", a pesar de ello se logra observar cierta tendencia, la cual indica una leve disminución de la diversidad de especies a medida que aumenta la distancia de la zona "0", esto podría tener relación con el aumento de la materia orgánica total y la acidificación del pH a mayor distancia de la zona "0".

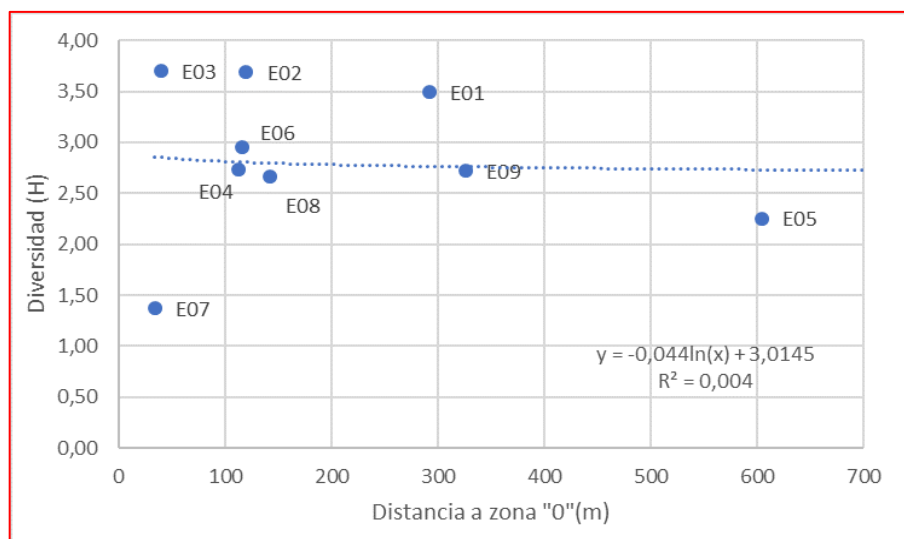


Figura 115 - Relación entre Distancia a la zona "0" y el índice de Diversidad H en el Centro C, campaña 1.

En relación al Nitrógeno total en el sedimento si bien no existe un ajuste apropiado ($R^2=0,11$) respecto la distancia desde la zona "0", los resultados indican que la mayor deposición acontece a partir de los 50 metros, aumentando hasta los 400 metros, lo que podría explicarse por el aumento de la materia orgánica a medida que se incrementa la distancia desde la zona "0"

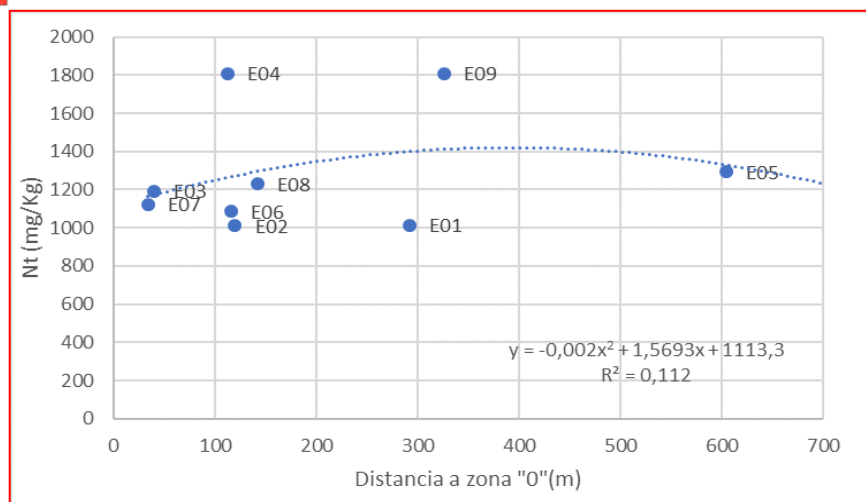


Figura 116 - Relación entre Distancia a la zona "O" y Nitrógeno total en el Centro C, campaña 1.

En cuanto a la relación de la distancia desde la zona "O" y el Fósforo total, los resultados indican que su concentración se incrementa conforme se incrementa la distancia a la zona "O", probablemente debido al transporte de materia orgánica descrito anteriormente o bien debido a un consumo por parte de procesos biogeoquímicos en la zona de mayor impacto.

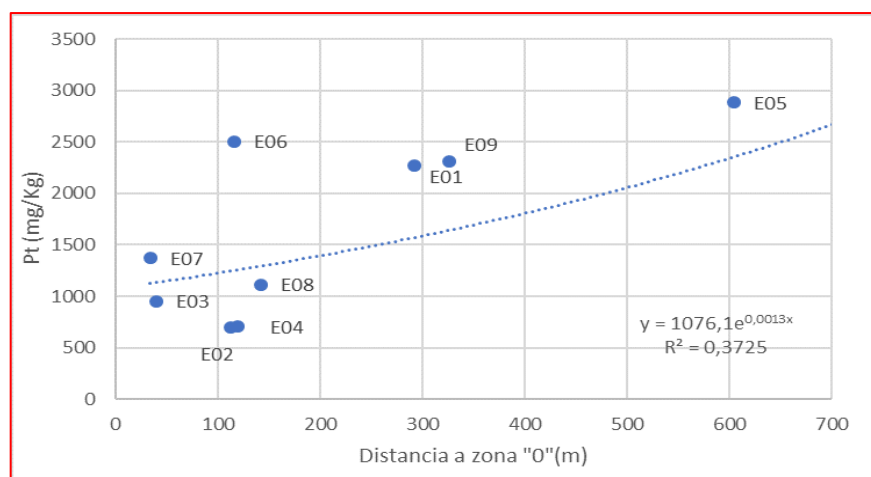


Figura 117 - Relación entre Distancia a la zona "O" y el Fosforo total en el Centro C, campaña 1.

Es importante considerar que en el sedimento ocurren otros procesos o sinergias que responden a características propias del entorno (ejemplo batimetría, transporte).

Por ejemplo, si bien no existe un buen ajuste, los resultados indican que, debido a la geomorfología del lugar, la materia orgánica disminuye conforme aumenta la profundidad, lo que se explicaría por efecto del bajo transporte de sedimentos, en consecuencia, el Fósforo y Nitrógeno queden depositados en sectores más alejados de la zona “0”, como es el caso del centro C.

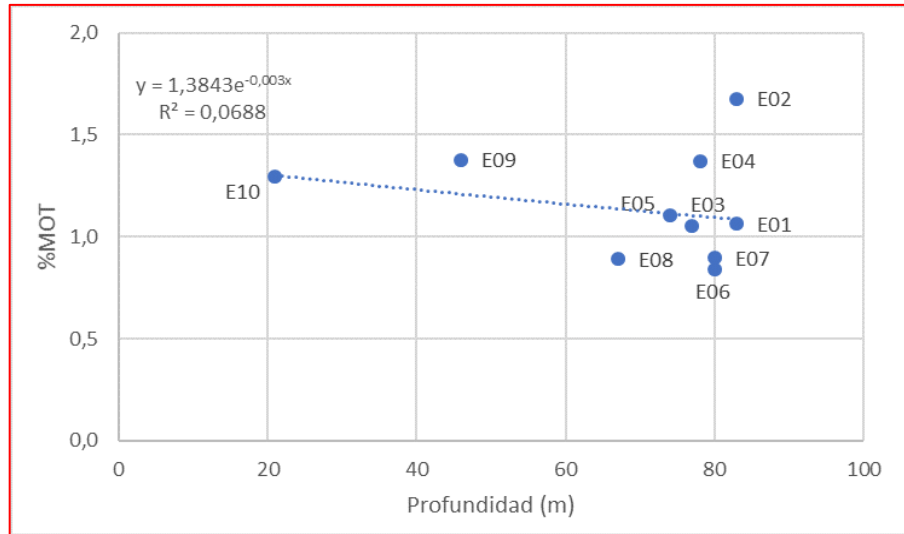


Figura 118 - Relación entre profundidad y MOT (%) en el Centro C, campaña 1.

5.3.7.4 Centro D

5.3.7.4.1 Perfiles de Oxígeno Disuelto

Los perfiles de OD del Ces D (**Figura 119**) dan a conocer una columna bastante homogénea, con valores más altos en superficie, disminuyendo a medida que aumenta la profundidad. Cerca del fondo los valores alcanzados superan los límites de aceptabilidad señalados en el Numeral N° 34 de la Res. Ex. N° 3.612/09 y sus modificaciones para todos los perfiles realizados.

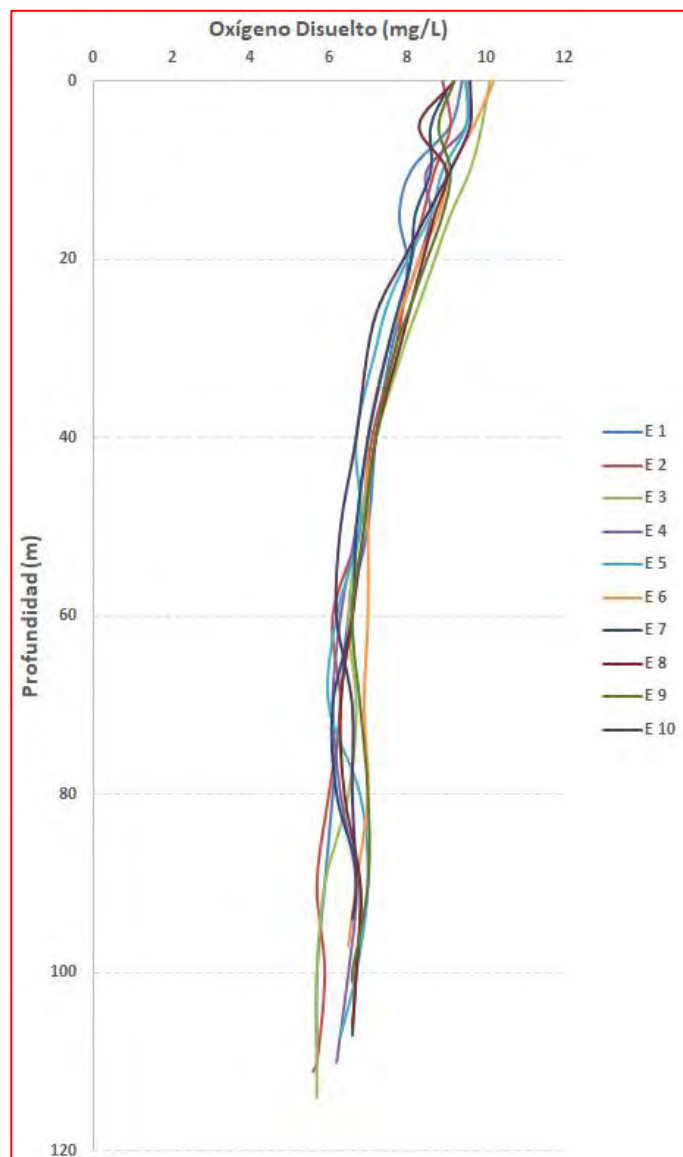


Figura 119 - Perfil de OD en las estaciones de muestreo. Centro D, campaña 1



5.3.7.4.2 Granulometría

En **Tabla 43** se presentan los resultados en porcentajes para las muestras colectadas y en **Figura 120** se presentan los gráficos por estación y Ces total. Los análisis indican que el Ces presenta fondo blando en un 100%, predominando el Fango con un 72.8%.

Tabla 43 – Granulometría de sedimentos Ces D campaña 1.

Estación	Fracción	%
Estación 1	Arena	17.41
	Fango	81.9
	Grava	0.69
Estación 2	Arena	23.38
	Fango	75.72
	Grava	0.91
Estación 3	Arena	16.01
	Fango	83.76
	Grava	0.23
Estación 4	Arena	20.55
	Fango	69.27
	Grava	10.18
Estación 5	Arena	14.9
	Fango	84.65
	Grava	0.46
Estación 6	Arena	34.03
	Fango	65.38
	Grava	0.59
Estación 7	Arena	26.95
	Fango	70.65
	Grava	2.4
Estación 8	Arena	38.73
	Fango	59.93
	Grava	1.34
Estación 9	Arena	18.16
	Fango	81.05
	Grava	0.78
Estación 10	Arena	43.85
	Fango	56.1
	Grava	0.06



Figura 120 – Gráficos en porcentaje del tipo de sedimento del Centro D, campaña 1.

5.3.7.4.3 Materia Orgánica (Mot%), Nitrógeno, Redox, pH y Fósforo,

En la **Tabla 44** se presentan los valores para Materia Orgánica (Mot%), Nitrógeno, Redox, pH y Fósforo del Centro D, registrados en la primera campaña.

Tabla 44 – Resultados para muestras de sedimento de Materia Orgánica (Mot%), Nitrógeno Redox, pH y Fósforo. Centro D, campaña 1.

ESTACION	Mot%	Nitrógeno	Redox	pH	Fósforo
Estación 1	7.1	0.15	-168.13	7.1	1.13
Estación 2	6.7	0.14	-145.87	7.1	0.53
Estación 3	6.3	0.15	-60.50	7.3	0.36
Estación 4	8.6	0.17	-160.67	7.0	0.15
Estación 5	4.6	0.18	-128.43	7.2	0.14
Estación 6	3.3	0.14	114.20	7.1	0.05
Estación 7	3.9	0.12	-120.10	7.3	0.07
Estación 8	3.5	0.11	-113.13	7.4	0.31
Estación 9	3.4	0.10	-129.07	7.3	0.51
Estación 10	2.0	0.15	573.47	7.3	0.26

En relación con las variables que poseen límites de aceptabilidad en el numeral 34 de la Res. Ex. N° 3.612/09. (Mot% $\leq$ 9%; Redox $\geq$ 50mV; pH $\geq$ 7.1) las muestras colectadas para la estación E4 no cumpliría para la variable pH, a su vez la variable Redox solo cumpliría en las estaciones E6 y E10. En la **Figura 121** se presenta se observan los valores registrados en compa ración a sus límites de aceptabilidad.



Figura 121 – Gráficos de resultados para sedimentos en relación con límites de aceptabilidad basados en Res. Ex. N° 3.612/09. Centro D, campaña 1.

En relación con las variables registradas para Nitrógeno y Fósforo, teniendo en cuenta los límites establecidos por NIVA (1994), la Variable N cumpliría en la totalidad de estaciones y para la variable P solo en una estación. Mientras que, a nivel nacional, según UPLA (2002) La variable N cumpliría en la totalidad de estaciones y la variable P solo en 6 estaciones.

5.3.7.4.4 Registro Visual

Se realizaron filmaciones submarinas puntuales en aquellas estaciones que presentaron profundidad inferior a 100 m. En la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos para el Ces D relacionados al tipo de sustrato observado y a distintos elementos presentes en el fondo en solo 1 de las 10 estaciones, ya que solo esta estación presento profundidad inferior a 100 m. A su vez, en la **Figura 80** se presentan capturas del registro visual por estación.

Tabla 45 – Resultados registro visual. Centro D, campaña 1.

Estación	Sustrato						Fauna		
	Profundidad (m)	Tipo de sustrato	Partículas en suspensión	Cubiertas de microorganismos	Restos Náufagos	Burbujas de gas	Biodiversidad en relación con el sustrato	Presencia de restos calcáreos	Fauna no representativa del lugar
E6	95	Blando	✓	✓	x	x	0	✓	x



Figura 122 – Capturas obtenidas del Registro Visual para el Centro D, campaña 1.

A continuación, en la **Tabla 46** se presentan los resultados para macrofauna observados durante la filmación submarina para cada estación registrada.

Tabla 46 – Resultados de macrofauna observada en registro visual. Centro D, campaña 1.

Estación	Z (m)	Nombre Común	Nombre Científico	N° individuos	Descripción
E6	95	N/A	N/A	N/A	El registro visual fue realizado a una profundidad de 95 metros. Durante esta inspección se observó un fondo blando, con muchas partículas en suspensión, sin presencia de fauna bentónica, pero si con gran abundancia de crustáceos en la columna de agua cercana al fondo.

5.3.7.4.5 Macroinvertebrados colectados mediante muestreo con Draga

5.3.7.4.5.1 Índices

Los resultados de los índices comunitarios de la campaña 1, para el Ces D se encuentran en la siguiente Tabla, para la obtención de las muestras estas fueron colectadas mediante draga hasta una profundidad máxima de 200 metros.

Tabla 47 - Índices comunitarios (FD: Fondo duro, SF: Sin fauna, *: No calculable). Centro D, campaña 1.

Estación	S	N	J'	H'(log2)	Lambda
E1	4	253	0,336	0,672	0,768
E2	2	6	1	1	0,5
E3	8	46	0,937	2,811	0,158
E4	2	20	0,61	0,61	0,745
E5	1	3	*	0	1
E6	1	20	*	0	1
E7	3	9	1	1,585	0,333
E8	SF	SF	SF	SF	SF
E9	SF	SF	SF	SF	SF
E10	2	20	0,934	0,934	0,545

5.3.7.4.5.2 Composición taxonómica y bioindicadores

En el sector se detectaron especies bioindicadora (tipo IV y V, según AMBI). Estas especies se detallan en tabla siguiente.

Tabla 48 - Especies bioindicadora. Centro D, campaña 1.

Especie	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
<i>Aphelochaeta</i> sp.	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chaetozone</i> sp.	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0
<i>Dorvilleidae</i> n.d.	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0
<i>Nassarius coppingeri</i>	0	0	7	0	0	20	3	0	0	13

5.3.7.4.5.3 Índices AMBI y m-AMBI

Respecto de los resultados del AMBI durante la primera campaña de muestreo (Tabla siguiente), en general, las comunidades macrobentónicas con mayor nivel de degradación fueron registradas en la estación E5 y E6.

Tabla 49 – Resultados de AMBI. Centro D, campaña 1.

Centro	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
Centro D	3,00	2,25	3,11	2,75	4,50	4,50	2,50	-	-	3,50

Los resultados del M-AMBI, en la primera campaña de muestreo (Tabla siguiente) indican que en general la estación E3, presenta los mayores valores del M-AMBI, por lo cual tendría las comunidades macrobentónicas con un mayor nivel de degradación.

Tabla 50 - Resultados de M-AMBI. Centro D, campaña 1.

Centro	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
Centro D	0,25	0,29	0,46	0,24	0,09	0,09	0,33	-	-	0,22

5.3.7.4.5.4 Curvas ABC

Los resultados de las Curvas ABC todas las estaciones se encuentran en mal estado, especialmente las estaciones E1, E2 y E3, las estaciones E8 y E9 no registraron especies.

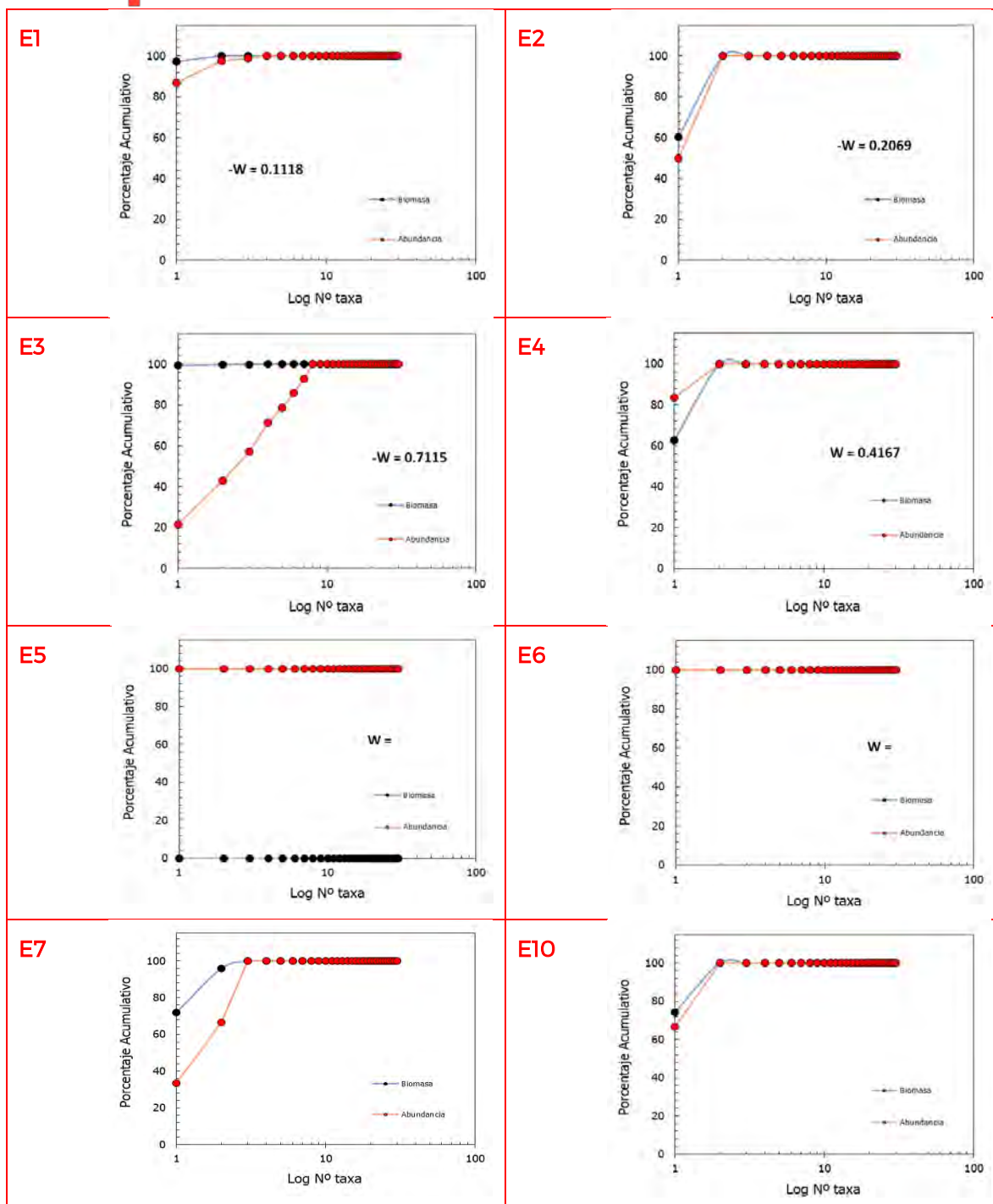


Figura 123 - Curvas ABC. Centro D, campaña 1.

5.3.7.4.6 Relaciones Entre Variables

Respecto a la condición Óxica en este centro de cultivo, a menos de 100 metros, existe alta probabilidad de que el sustrato este perturbado, no obstante, la condición Óxica mejora ostensiblemente al aumentar la distancia desde la zona "0", alcanzado su mejor condición a los 300 metros aproximadamente.

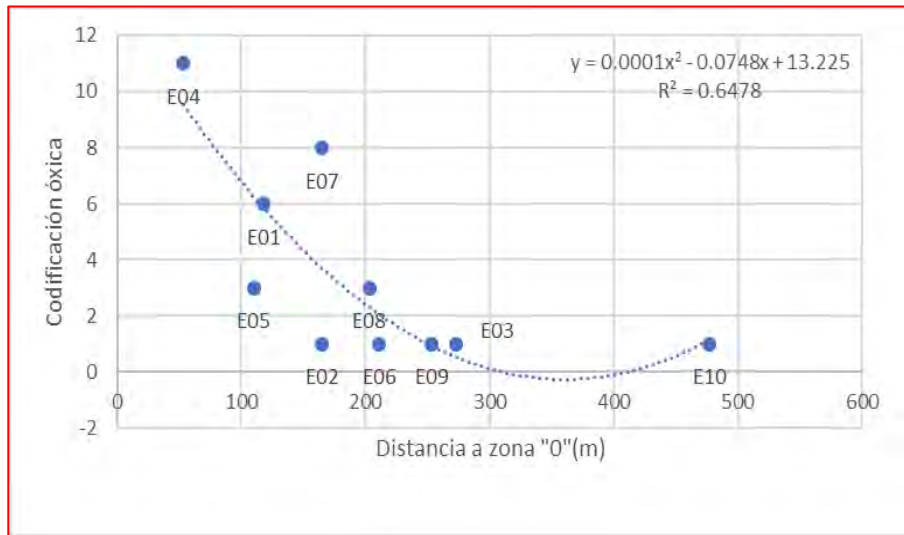


Figura 124 - Relación entre Distancia a la zona "0" y la condición Óxica en el Centro C, campaña 1.

En cuanto al porcentaje de materia orgánica total, existe ajuste en relación a la distancia desde la zona "0", la tendencia indica que a medida que se incrementa la distancia, la cantidad de materia orgánica total disminuye, probablemente provocado por un bajo nivel de transporte de sedimentos desde las zonas de mayor deposición de materia orgánica o por efecto de la batimetría del área en que se ubica el centro de cultivo, quedando acumulada en sectores de mayor profundidad.

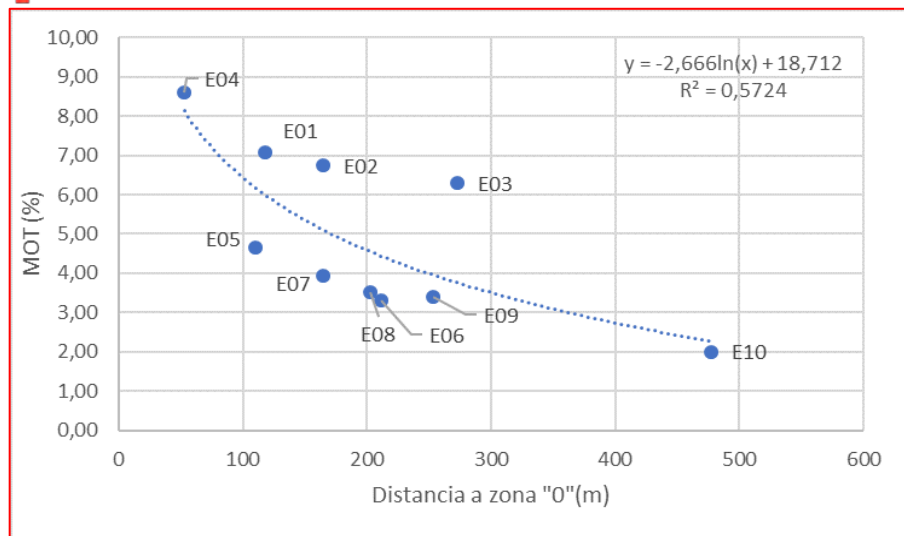


Figura 125 - Relación entre Distancia a la zona "0" y MOT (%) en el Centro D, campaña 1.

Respecto a la relación entre la distancia y la cantidad de Carbono presente en el sedimento, la tendencia indica que a medida que se incrementa la distancia desde la zona de mayor deposición de materia orgánica, la cantidad de Carbono disminuye, en concordancia con la disminución de la materia orgánica respecto la distancia desde la zona "0".

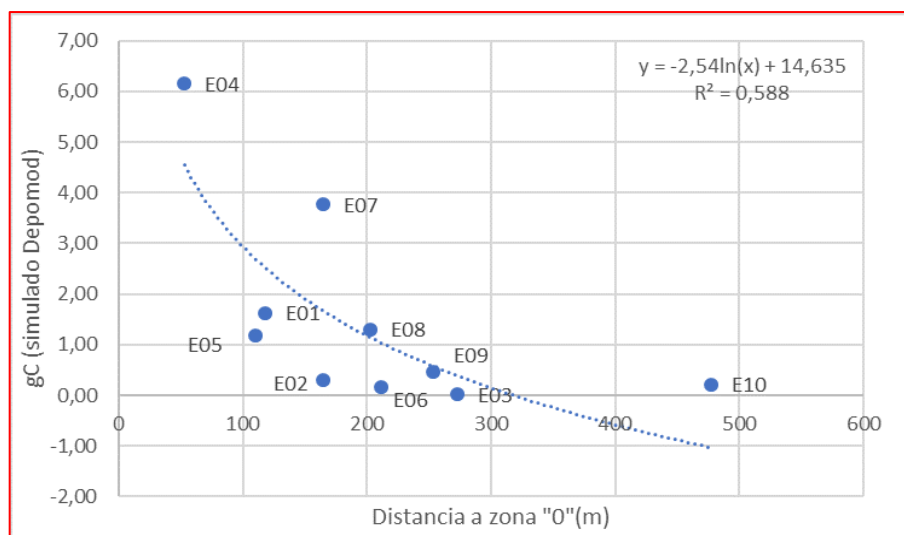


Figura 126 - Relación Distancia a la zona "0" y g de Carbono en el Centro D, campaña 1.

En cuanto a la relación entre la distancia desde la zona "0" y el pH este aumenta desde los 50 metros a los 350 metros aproximadamente, lo que tendría relación con la reducción de la materia orgánica presente en el sedimento a medida que aumenta la distancia desde la zona "0".

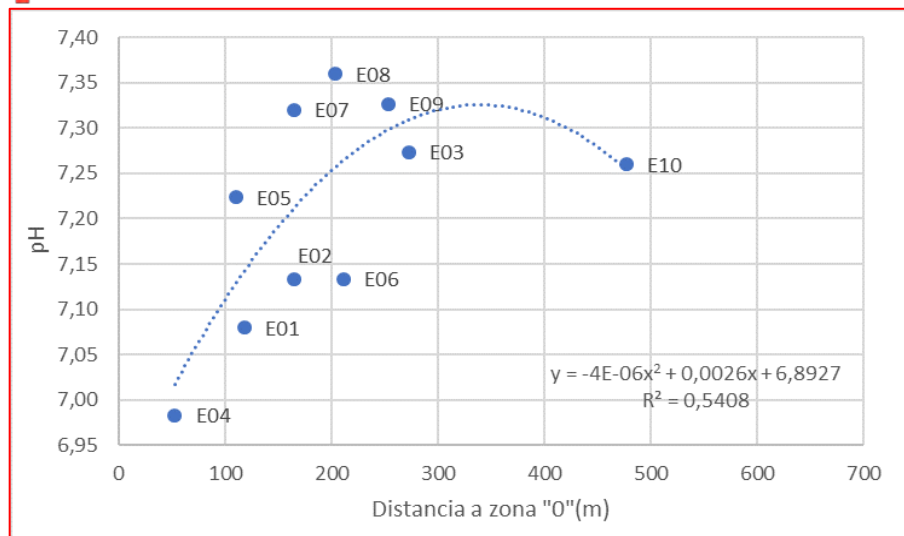


Figura 127 - Relación entre Distancia a la zona "0" y pH en el Centro D, campaña 1.

Resulta interesante observar que conforme el muestreo se aleja de la Zona "0" el valor de AMBI aumenta. Si bien el ajuste para la relación entre ambas variables es bajo ($R^2=0,06$), este aumento en el índice podría ser provocado por cambios en el tipo de sustrato o por cambios en la profundidad.

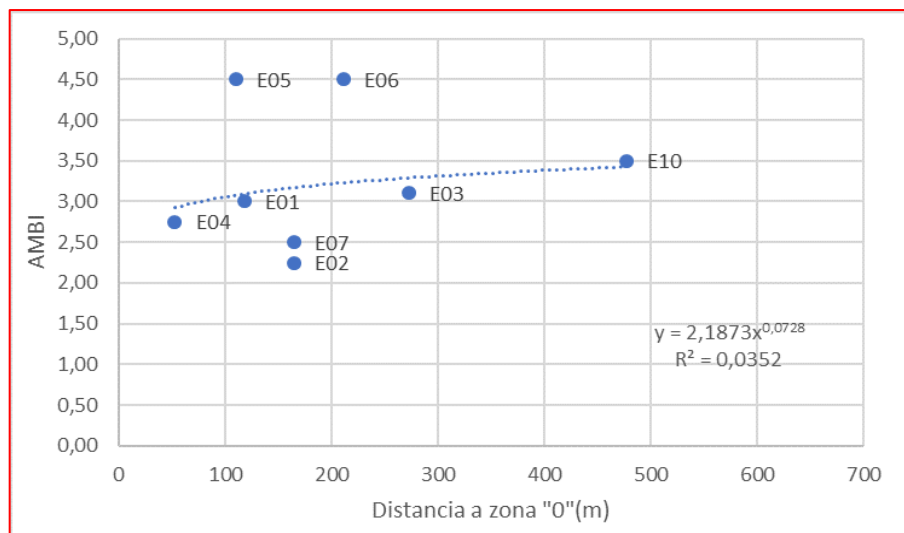


Figura 128 - Relación entre Distancia a la zona "0" y AMBI en el Centro D, campaña 1.

Los resultados obtenidos respecto la diversidad y la distancia desde la zona "0", indican que esta se mantiene baja hasta por lo menos 200 metros desde la zona "0", el aumento podría ser producto de mejores condiciones ambientales, como la menor concentración de materia orgánica o un sustrato heterogéneo.

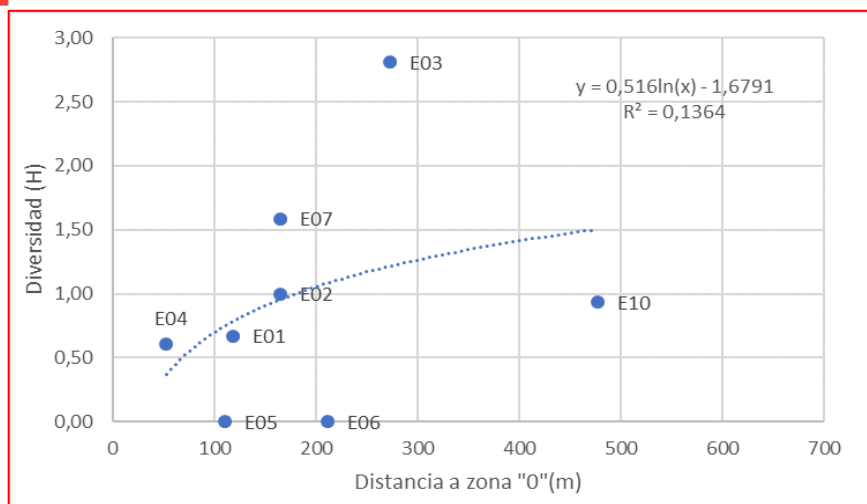


Figura 129 - Relación entre Distancia a la zona "0" y el índice de diversidad H en el Centro D, campaña 1.

En cuanto a la relación entre la distancia desde la zona "0" y el Nitrógeno total presente en el sustrato, este disminuye desde los 50 metros aproximadamente, lo que concuerda con la disminución de materia orgánica respecto la distancia en la zona "0".

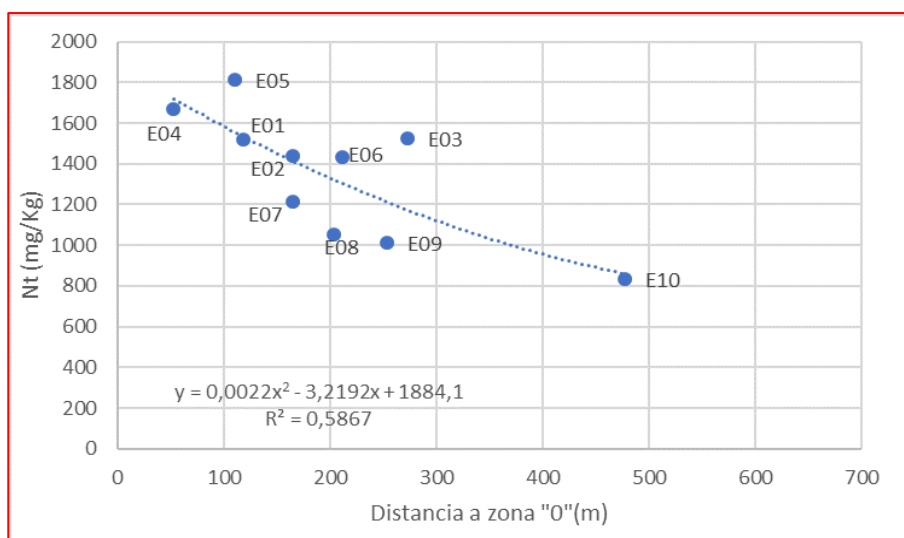


Figura 130 - Relación entre Distancia a la zona "0" y Nitrógeno total en el Centro D, campaña 1.

Respecto a la relación entre la distancia y el Fósforo total, el nivel de ajuste es bajo ($R^2 = 0,001$), a pesar de ello la tendencia observada indicaría una mayor disponibilidad de Fósforo alrededor de los 500 metros, lo cual es contrario a los resultados de materia orgánica total y Nitrógeno total, no obstante, podría ser efecto de procesos biogeoquímicos.

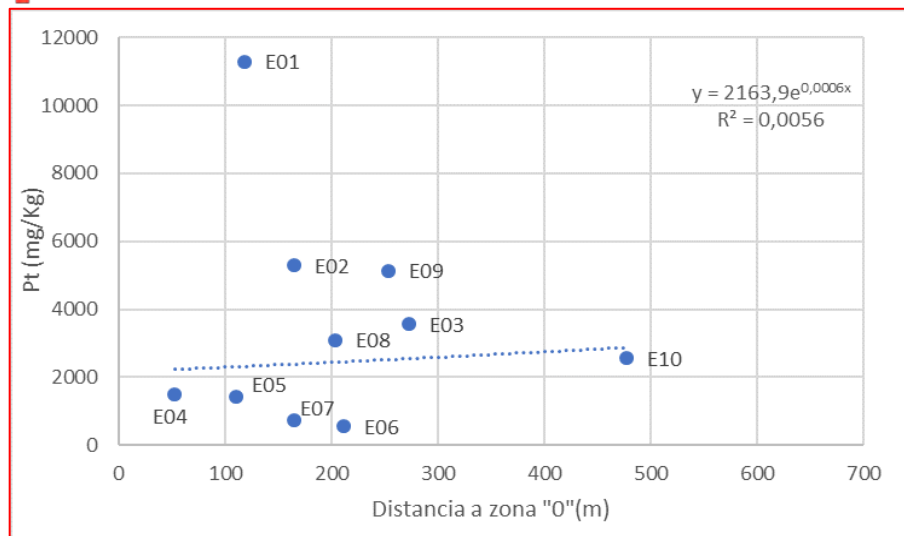


Figura 131 - Relación entre Distancia a la zona "0" y el Fosforo total en el Centro D, campaña 1.

En el proceso de acumulación de materia orgánica en el sustrato inciden variables como la pendiente o la batimetría, en este sentido la relación entre la profundidad y la materia orgánica total en el centro de cultivo D, existe un buen ajuste ($R^2=0,78$), esto explicaría probablemente la disminución de materia orgánica en zonas más alejadas de la zona "0", ya que, por efecto de la pendiente o batimetría, el transporte de sedimentos sería menor.

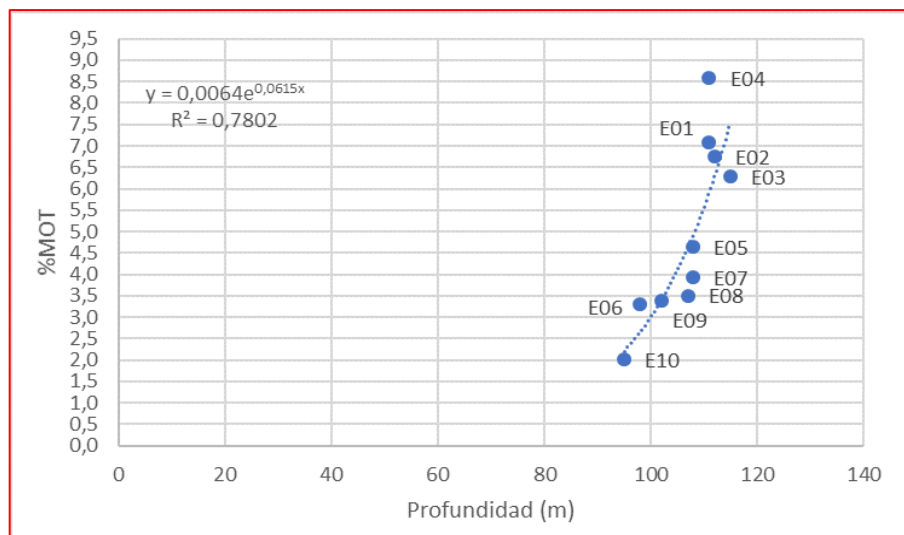


Figura 132 - Relación entre la profundidad y MOT (%) en el Centro D, campaña 1.

5.3.7.5.1 Perfiles de Oxígeno Disuelto

Los perfiles de OD del Ces E (**Figura 132**) dan a conocer una columna bastante homogénea, con valores más altos en superficie, disminuyendo a medida que aumenta la profundidad. Cerca del fondo los valores alcanzados superan los límites de aceptabilidad señalados en el Numeral N° 34 de la Res. Ex. N° 3.612/09 y sus modificaciones para todos los perfiles realizados.

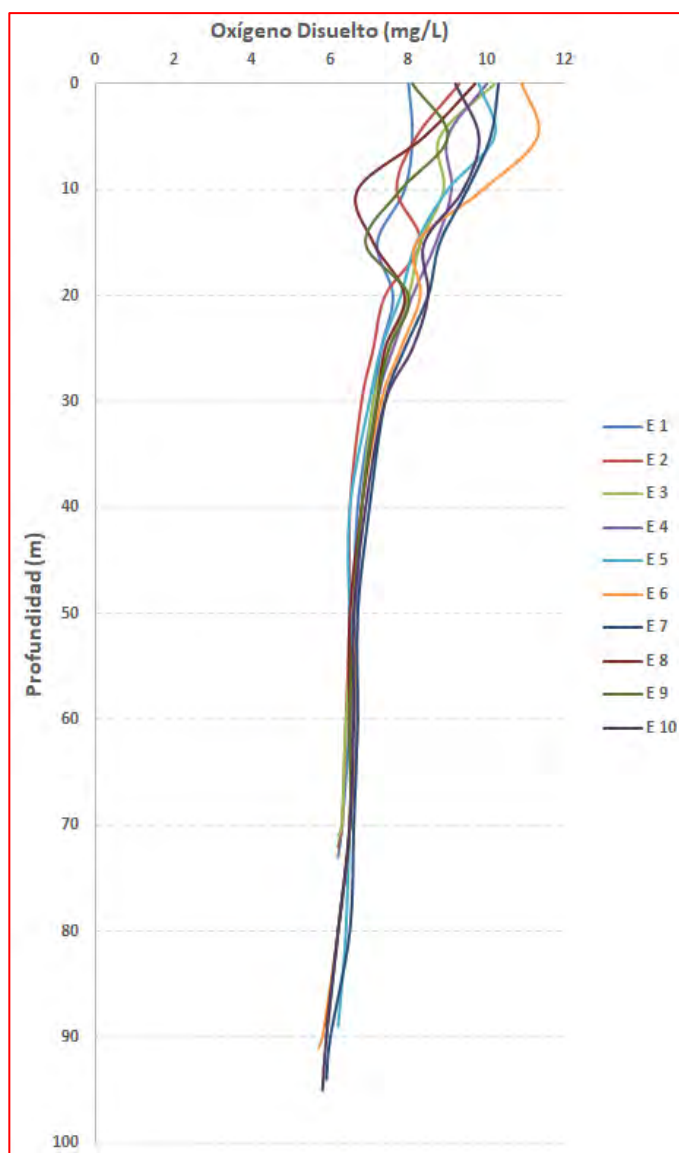


Figura 133 - Perfil de OD en las estaciones de muestreo. Centro E, campaña 1.



5.3.7.5.2 Granulometría

En **Tabla 51** se presentan los resultados en porcentajes para las muestras colectadas y en **Figura 131** se presentan los gráficos por estación y Ces total. Los análisis indican que el Ces presenta fondo blando en un 100%, predominando la Arena con un 57.4%

Tabla 51 – Granulometría de sedimentos Centro E, campaña 1

Estación	Fracción	%
Estación 1	Arena	71.76
	Fango	28.09
	Grava	0.14
Estación 2	Arena	67.14
	Fango	32.54
	Grava	0.32
Estación 3	Arena	71.01
	Fango	28.96
	Grava	0.03
Estación 4	Arena	79.03
	Fango	20.85
	Grava	0.12
Estación 5	Arena	51.91
	Fango	47.67
	Grava	0.42
Estación 6	Arena	48.25
	Fango	50.5
	Grava	1.25
Estación 7	Arena	36
	Fango	63.81
	Grava	0.19
Estación 8	Arena	58.95
	Fango	41
	Grava	0.05
Estación 9	Arena	54.02
	Fango	45.23
	Grava	0.75
Estación 10	Arena	36
	Fango	63.99
	Grava	0.01

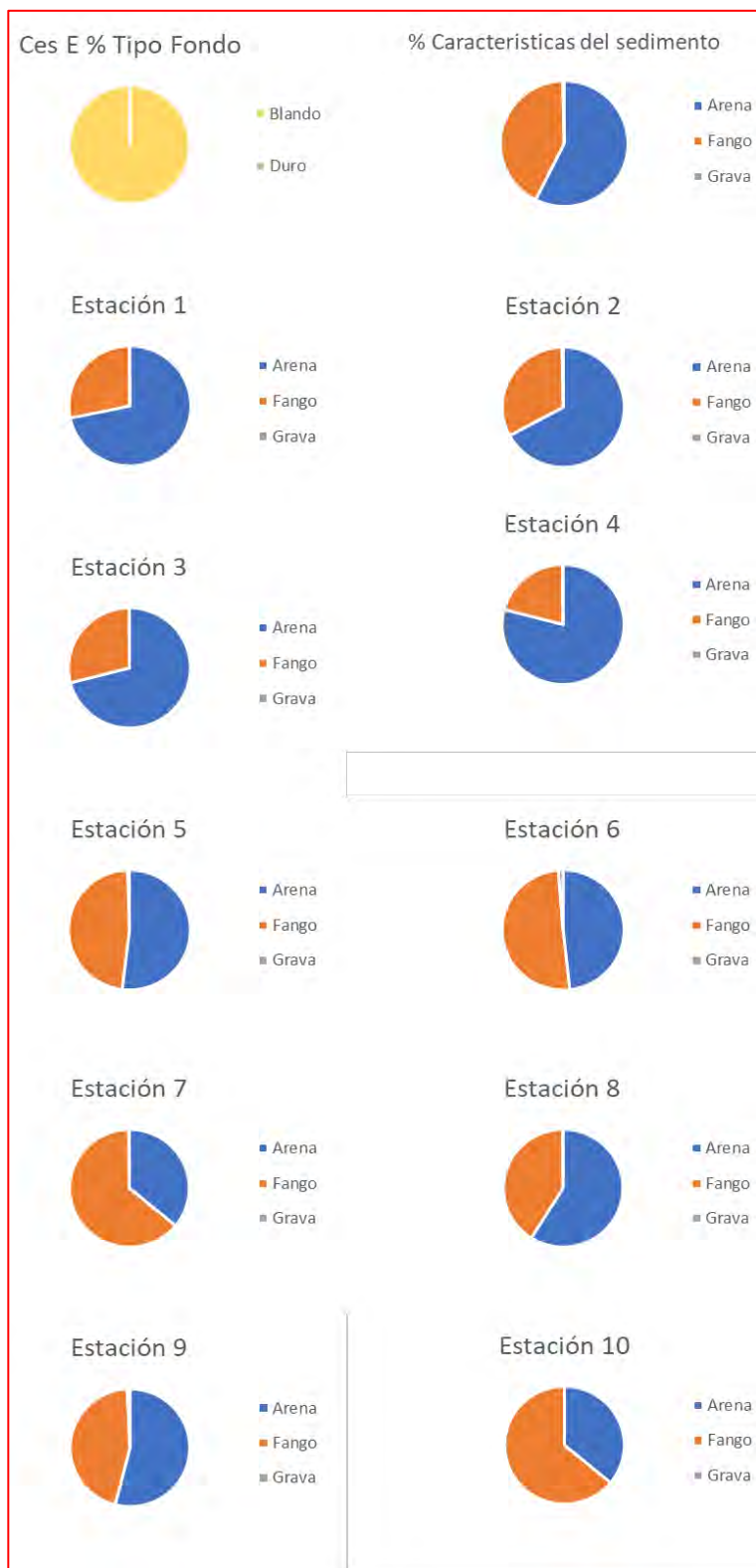


Figura 134 – Gráficos en porcentaje del tipo de sedimento del Centro E, campaña 1

5.3.7.5.3 Materia Orgánica (Mot%), Nitrógeno, Redox, pH y Fósforo,

En la **Tabla 52** se presentan los valores para Materia Orgánica (Mot%), Nitrógeno, Redox, pH y Fósforo del Centro E, registrados en la primera campaña.

Tabla 52 – Resultados para muestras de sedimento de Materia Orgánica (Mot%), Nitrógeno Redox, pH y Fósforo. Centro E, campaña 1

ESTACION	Mot%	N%	Redox	pH	P%
Estación 1	1.03	0.13	217.90	7.46	0.37
Estación 2	1.13	0.12	164.57	7.42	0.42
Estación 3	1.17	0.12	126.40	7.20	0.31
Estación 4	0.88	0.10	197.47	7.38	0.27
Estación 5	3.69	0.09	-85.27	7.35	0.39
Estación 6	2.58	0.09	-97.13	7.38	0.58
Estación 7	2.40	0.09	3.57	7.42	0.64
Estación 8	1.31	0.10	90.93	7.26	0.41
Estación 9	1.53	0.14	123.37	7.13	0.28
Estación 10	2.02	0.12	112.01	7.35	0.18

En relación con las variables que poseen límites de aceptabilidad en el numeral 34 de la Res. Ex. N° 3.612/09. (Mot% $\leq$ 9%; Redox $\geq$ 50mV; pH $\geq$ 7.1) Solo las estaciones E5, E6, E7 para la variable Redox no cumplirían. En la **Figura 135** se observan los valores registrados en comparación a sus límites de aceptabilidad.

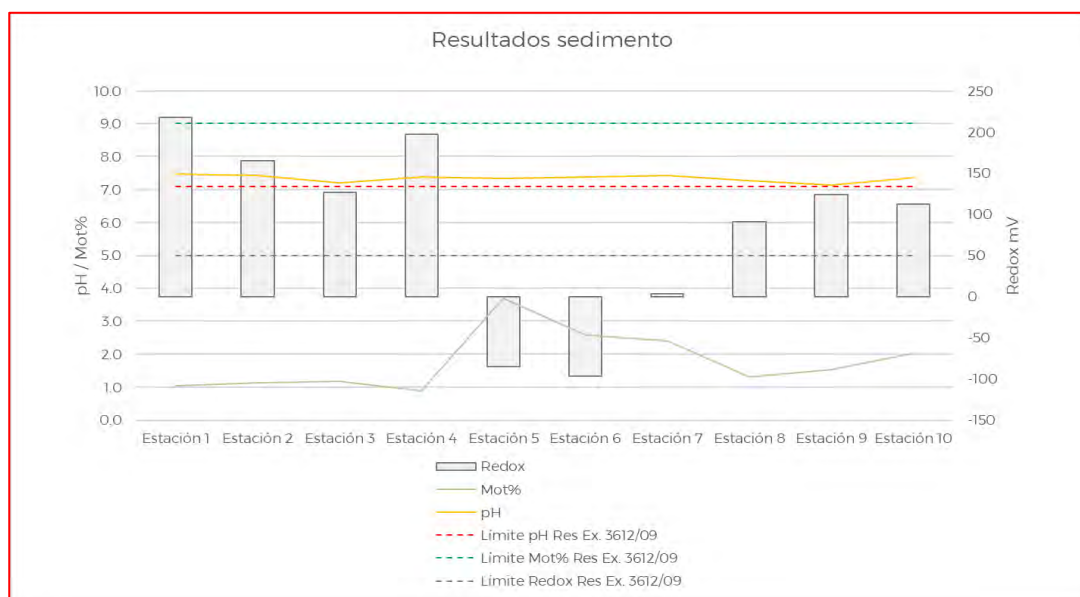


Figura 135 – Gráficos de resultados para sedimentos en relación con límites de aceptabilidad basados en Res. Ex. N° 3.612/09. Centro E, campaña 1

En relación con las variables registradas para Nitrógeno y Fósforo, teniendo en cuenta los límites establecidos por NIVA (1994), Las variables N y P no cumplirían en ninguna de las



estaciones. Mientras que, a nivel nacional, según UPLA (2002), la variable N cumpliría en la totalidad de estaciones y la variable P solo en 1 estación no cumpliría.

5.3.7.5.4 Registro Visual

Se realizaron filmaciones submarinas puntuales en aquellas estaciones que presentaron profundidad inferior a 100 m. En la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos para el Ces E relacionados al tipo de sustrato observado y a distintos elementos presentes en el fondo en 4 de las 10 estaciones, a su vez, en la **Figura 136** se presentan capturas del registro visual por estación. Aquellas estaciones que no se encuentran en la tabla, ni aparecen con capturas, es debido a que las profundidades registradas fueron mayores a 100 m.

Tabla 53 – Resultados registro visual. Centro E, campaña 1

Estación	Sustrato						Fauna		
	Profundidad (m)	Tipo de sustrato	Partículas en suspensión	Cubiertas de microorganismos	Restos Náuticos	Burbujas de gas	Biodiversidad en relación con el sustrato	Presencia de restos calcáreos	Fauna no representativa del lugar
E1	82	Blando	✓	x	x	x	0	✓	x
E2	81	Blando	✓	x	x	x	0	x	x
E3	78	Blando	✓	x	x	x	0	x	x
E4	70	Blando	✓	x	x	x	0	✓	x

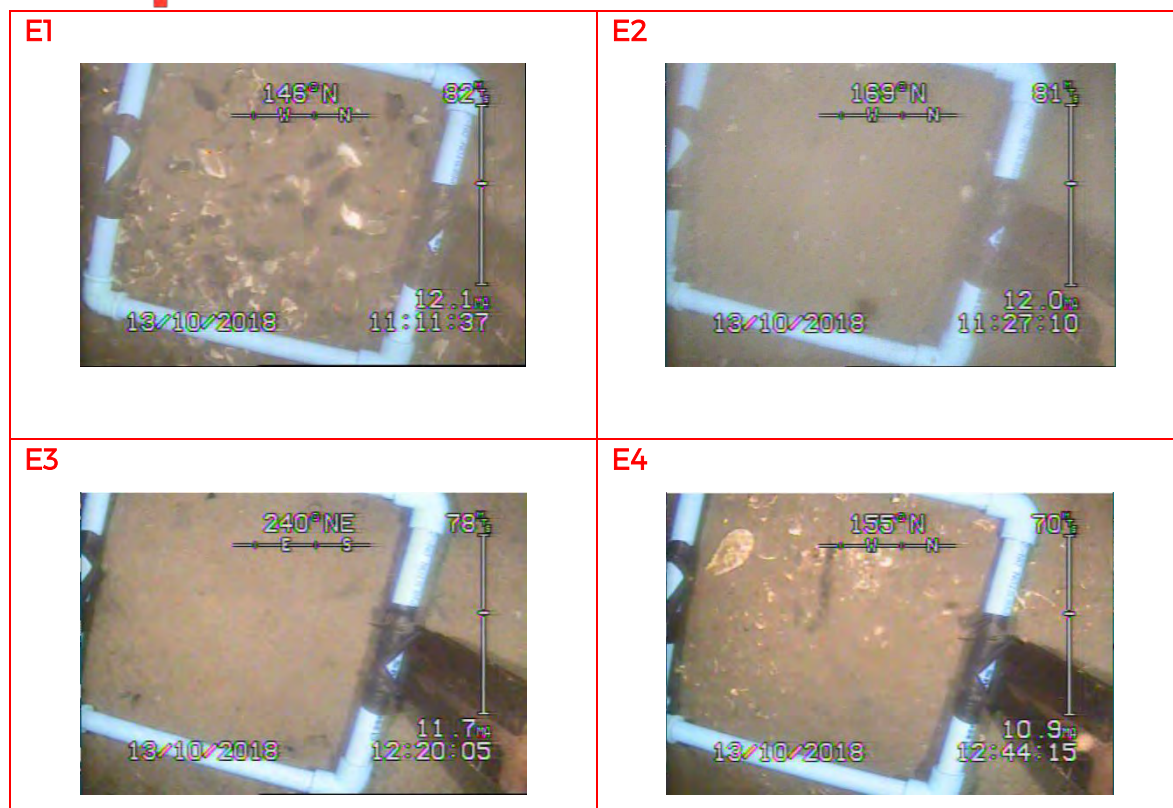


Figura 136 – Capturas obtenidas del Registro Visual para el Centro E, campaña 1.

A continuación, en **Tabla 54** se presentan los resultados para macrofauna observados durante la filmación submarina para cada estación registrada.

Tabla 54 – Resultados de macrofauna observada en registro visual. Centro E, campaña 1

Estación	Z (m)	Nombre Común	Nombre Científico	N° individuos	Descripción
E1	82	N/A	N/A	N/A	El registro visual fue realizado a una profundidad de 82 metros de profundidad, en él se puede observar un sustrato blando, con acumulación de restos calcáreos de mitílidos, los cuales provienen posiblemente de la limpieza de los módulos. No se registró la presencia de cubierta de microorganismos, ni burbujas de gas emanando del sustrato.
E2	81	N/A	N/A	N/A	El registro visual fue realizado a una profundidad de 81, en él se observa sustrato blando y fino, no se registran restos de material alóctono, como tampoco fauna. No se registró la presencia de cubierta de microorganismos, ni burbujas de gas emanando del sustrato.
E3	78	N/A	N/A	N/A	El registro visual fue realizado a una profundidad de 78 metros, en él se observa sustrato blando y fino, sin observarse material alóctono o fauna en el cuadrante. No se registró la presencia de cubierta de microorganismos, ni burbujas de gas emanando del sustrato.
E4	70	N/A	N/A	N/A	El registro visual fue realizado a una profundidad de 70 metros, en el cual se observa sustrato blando y fino, sin registrar material alóctono fauna en el cuadrante, no obstante, se aprecian restos calcáreos de mitílidos, los cuales provienen posiblemente de la limpieza de los módulos. No se registró la presencia de cubierta de microorganismos, ni burbujas de gas emanando del sustrato.

5.3.7.5.5 Macroinvertebrados colectados mediante muestreo con Draga

5.3.7.5.5.1 Índices

Los resultados de los índices comunitarios de la campaña 1, para el Ces E se encuentran en la siguiente Tabla, para la obtención de las muestras estas fueron colectadas mediante draga hasta una profundidad máxima de 200 metros.

Tabla 55 - Índices comunitarios (*: No calculable). Centro E, campaña 1

Estación	S	N	J'	H'(log2)	Lambda
E1	2	10	0,881	0,881	0,58
E2	5	29	0,874	2,03	0,291
E3	3	13	0,919	1,457	0,396
E4	4	29	0,693	1,385	0,508
E5	1	57	*	0	1,000
E6	2	36	0,414	0,414	0,847
E7	7	59	0,853	2,396	0,236
E8	10	88	0,807	2,679	0,211
E9	8	56	0,796	2,388	0,278
E10	15	67	0,944	3,688	0,092

5.3.7.5.5.2 Composición taxonómica y bioindicadores

En el sector se detectaron especies bioindicadora (tipo IV y V, según AMBI). Estas especies se detallan en tabla siguiente.

Tabla 56 - Especies bioindicadoras. Centro E, campaña 1.

Especie	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
<i>Capitella</i> sp.	0	0	0	0	0	33	23	0	0	0
<i>Dorvilleidae</i> n.d.	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0
<i>Nassarius coppingeri</i>	0	13	3	20	0	0	7	30	3	3

5.3.7.5.5.3 Índices AMBI y m-AMBI

Respecto de los resultados del AMBI durante la primera campaña de muestreo (Tabla siguiente), en general, las comunidades macrobentónicas con mayor nivel de degradación fueron registradas en la estación E6.

Tabla 57 - Resultados de AMBI. Centro E, campaña 1.

Centro	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
Centro E	2,00	2,67	1,13	3,00	3,00	5,86	3,50	1,94	0,88	1,00

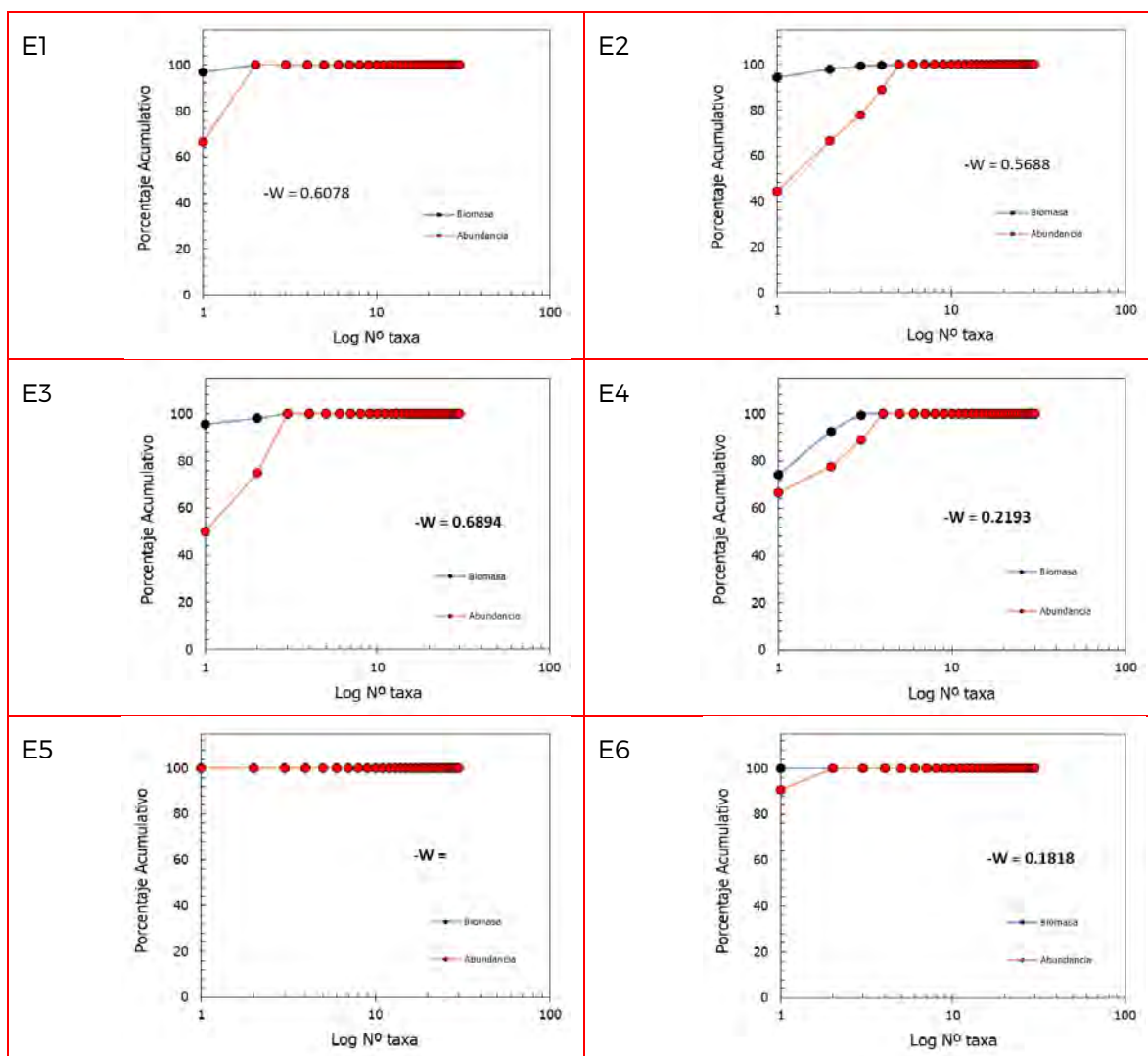
Los resultados del M-AMBI, en la primera campaña de muestreo (Tabla siguiente) indican que en general la estación E10, presenta los mayores valores del M-AMBI, por lo cual tendría las comunidades macrobentónicas con un mayor nivel de degradación,

Tabla 58 - Resultados de M-AMBI. Centro E, campaña 1.

Centro	E 1	E 2	E 3	E 4	E 5	E 6	E 7	E 8	E 9	E 10
Centro E	0,30	0,38	0,40	0,31	0,16	0,06	0,39	0,53	0,54	0,72

5.3.7.5.5.4 Curvas ABC

Los resultados de las Curvas ABC todas las estaciones se encuentran en mal estado, especialmente la estación E5.



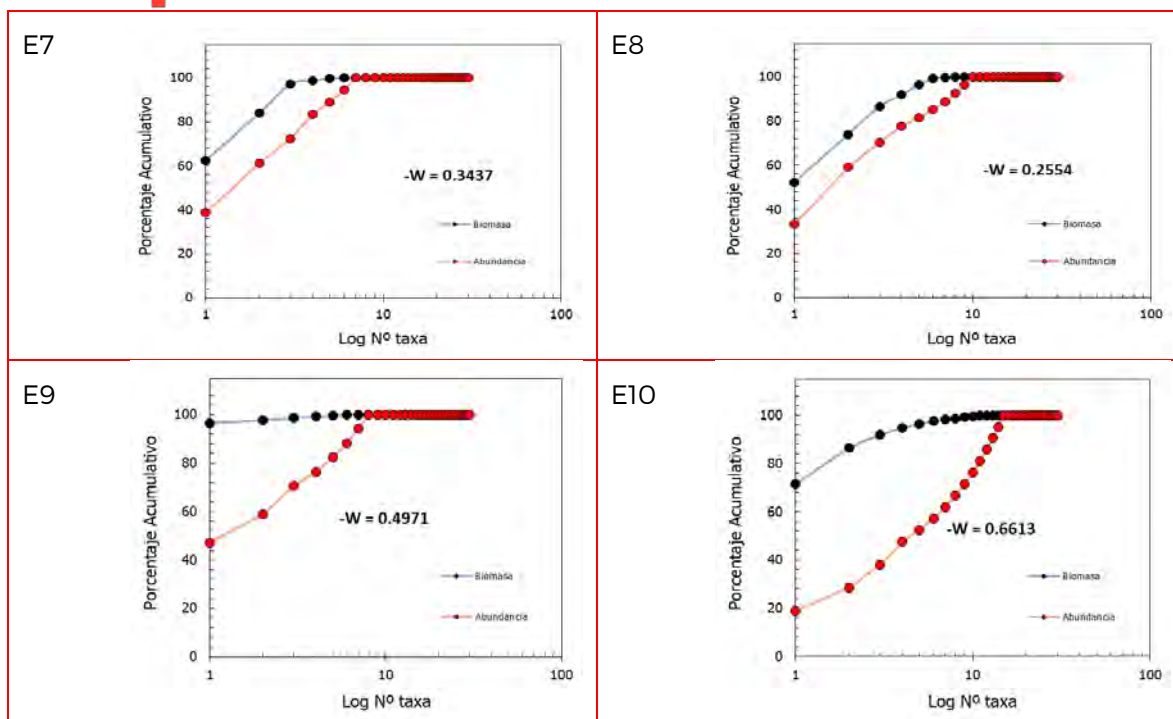


Figura 137 - Curvas ABC. Centro E, campaña 1

5.3.7.5.6 Relaciones Entre Variables

Los resultados indican que a mayor distancia desde la zona "0", mejor es la condición óxica, a partir de los 100 metros aproximadamente bajo esta distancia, existe cierta probabilidad de encontrar el sustrato perturbado.

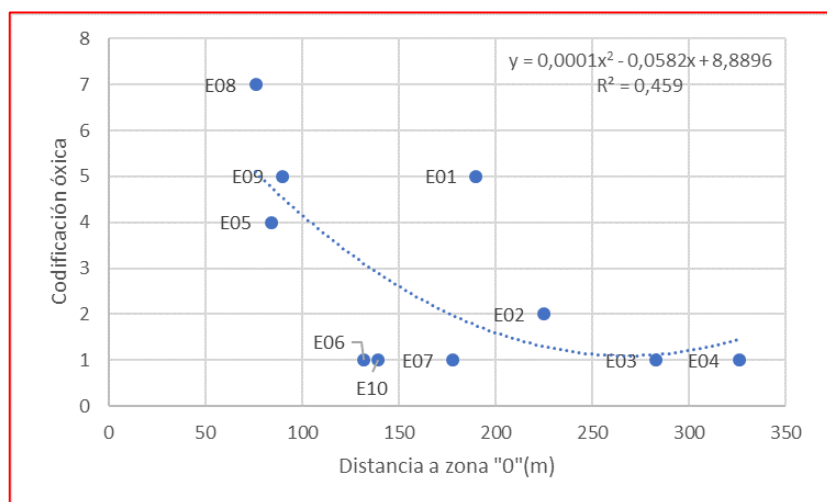


Figura 138 - Relación entre Distancia a la zona "0" y la condición Óxica en el Centro E, Campaña 1.

Los resultados de la relación entre la distancia desde la zona "0" y la materia orgánica total en el sustrato, presentan un bajo nivel de ajuste ($R^2 = 0,26$), sin embargo, se logra observar una tendencia a la baja en cuanto a la concentración de MOT, al aumentar la distancia desde la zona "0", por lo que no habría un transporte de sedimentos considerable, comenzando a descender las concentraciones de MOT a los 75 metros aproximadamente.

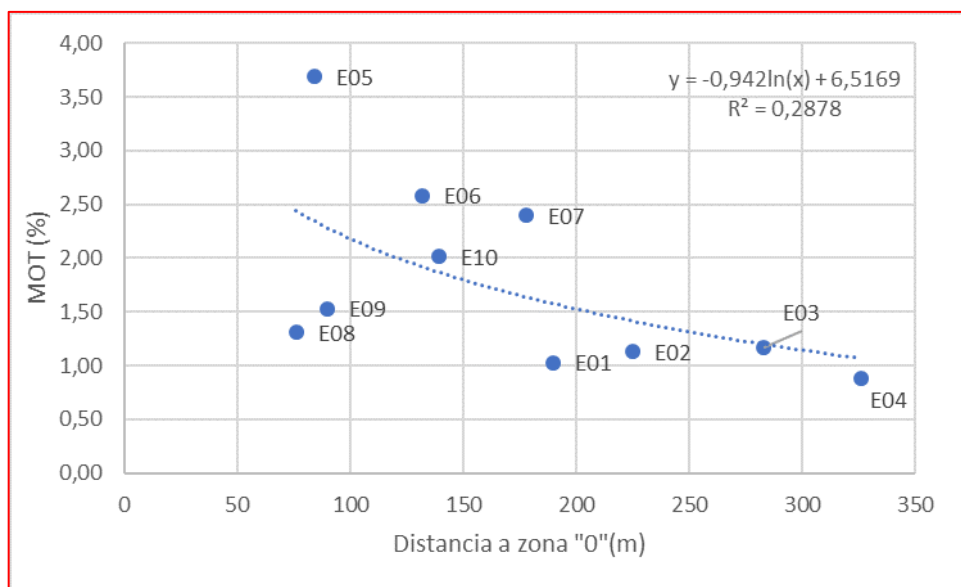


Figura 139 - Relación entre Distancia a la zona "0" y MOT (%) en el Centro E, Campaña 1.

Los resultados observados al relacionar la distancia desde la zona "0" y el Carbono en el sustrato indican cierto nivel de ajuste, en donde a medida que se incrementa la distancia desde la zona "0" las concentraciones de Carbono comienzan a disminuir a partir de los 100 metros aproximadamente, en concordancia con la disminución de materia orgánica total.

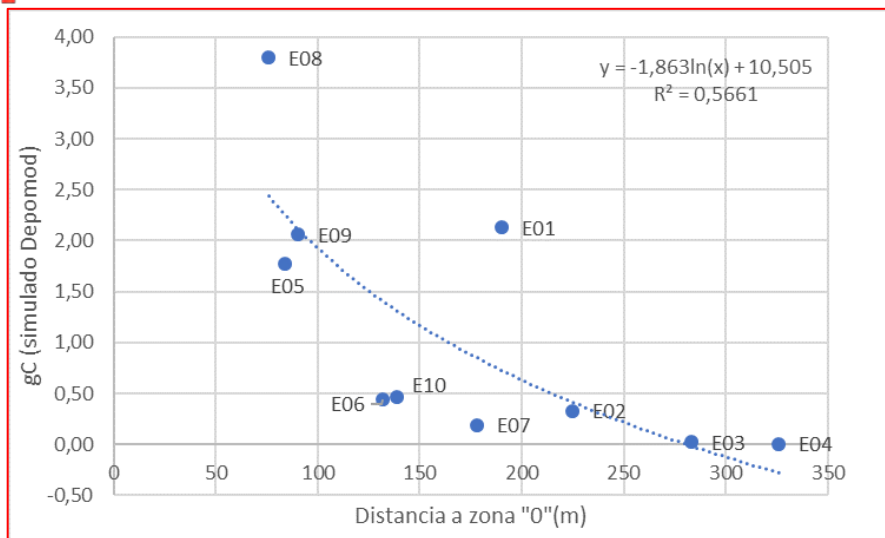


Figura 140 - Relación Distancia a la zona "0" y g de Carbono en el Centro E, Campaña 1.

En cuanto al pH, los resultados indican que en los primeros 200 m, el pH aumenta, a medida que incrementa la distancia a la zona "0", para posteriormente comenzar a disminuir al alejarse de la zona "0". Esto puede estar indicando que existe otra variable que modula la reacción del pH, como una mayor concentración de CO₂ producto de una mayor profundidad.

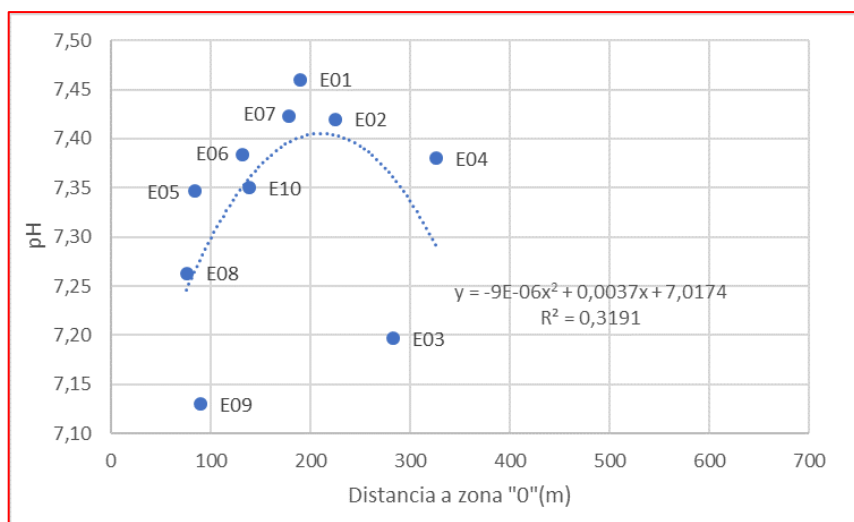


Figura 141 - Relación entre Distancia a la zona "0" y pH en el Centro E, Campaña 1.

En cuanto a la relación, entre la distancia desde la zona "0" y el AMBI, existe un nivel de ajuste casi nulo, con una leve tendencia a los 200 metros, en donde el estado de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos se ven impactadas, esto podría tener

relación con la acidificación del pH en zonas alejas de la zona "O", lo cual impactaría de manera negativa en estos organismos.

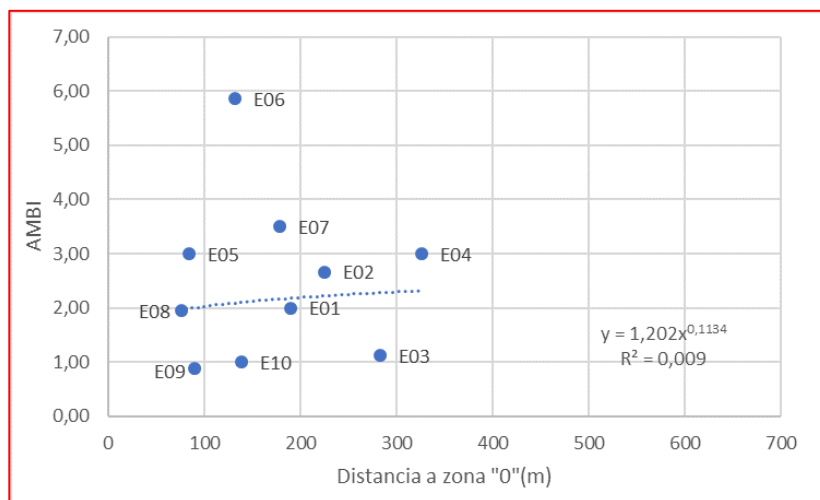


Figura 142 - Relación entre Distancia a la zona "O" y AMBI en el Centro E, Campaña 1.

Los resultados del índice de diversidad indican que existe una disminución de la diversidad a partir de los 100 metros desde la zona "O", lo que concuerda con los resultados del AMBI, por lo que existe alguna variable que provoca esta anomalía, ya que lo lógico sería que a mayor distancia desde la zona "O", mayor la diversidad de especies. Una probable causa pueden ser cambios en la profundidad, lo que habría también afectado el CO₂ y en consecuencia al pH, o cambios en la granulometría del sustrato.

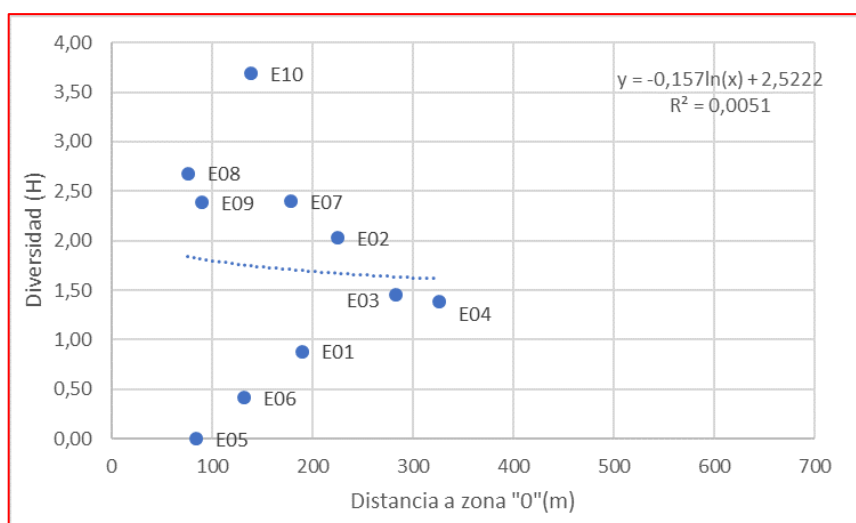


Figura 143 - Relación entre Distancia a la zona "O" y el índice de Diversidad H en el Centro E, campaña 1.

En relación al Nitrógeno total en el sedimento, los resultados indican que a medida que se incrementa la distancia desde la zona "O", la concentración de Nitrógeno total en el sedimento se incrementa hasta los 200 metros de distancia aproximadamente, para posteriormente comenzar a disminuir, por lo que en el centro E existe alguna variable que provoca esta anomalía y las anteriormente descritas.

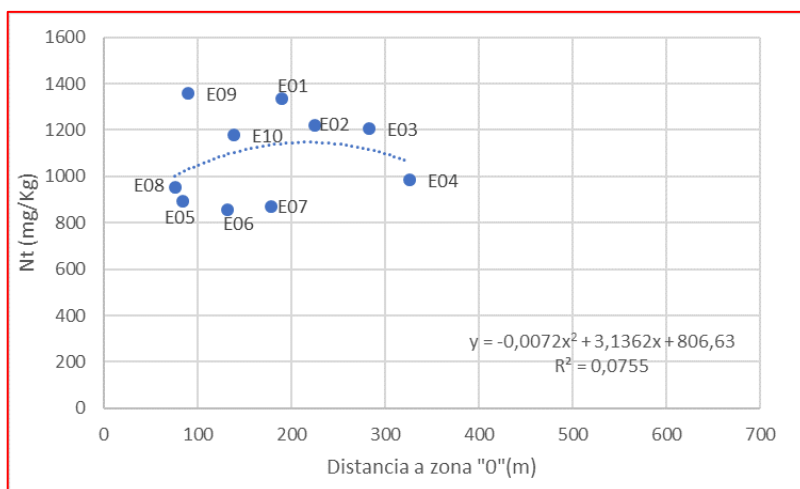


Figura 144 - Relación entre Distancia a la zona "O" y Nitrógeno total en el Centro E, campaña 1.

En relación al Fósforo total, no existe un buen nivel de ajuste ($R^2=0,03$), no obstante, la tendencia indica una disminución del Fósforo a medida que la distancia se incrementa, esto puede ser producto de una disminución de la materia orgánica en las zonas sobre los 300 metros, respecto la zona "O".

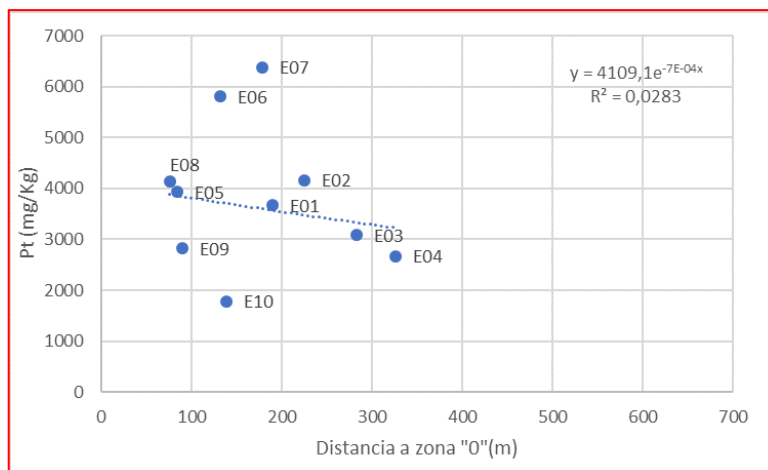


Figura 145 - Relación entre Distancia a la zona "O" y el Fosforo total en el Centro E, campaña 1.

En cuanto a la relación entre la profundidad y la materia orgánica total existe un buen ajuste, por lo que, por efecto de la batimetría, pendiente o las corrientes, la materia orgánica se estaría acumulando en zonas más profundas.

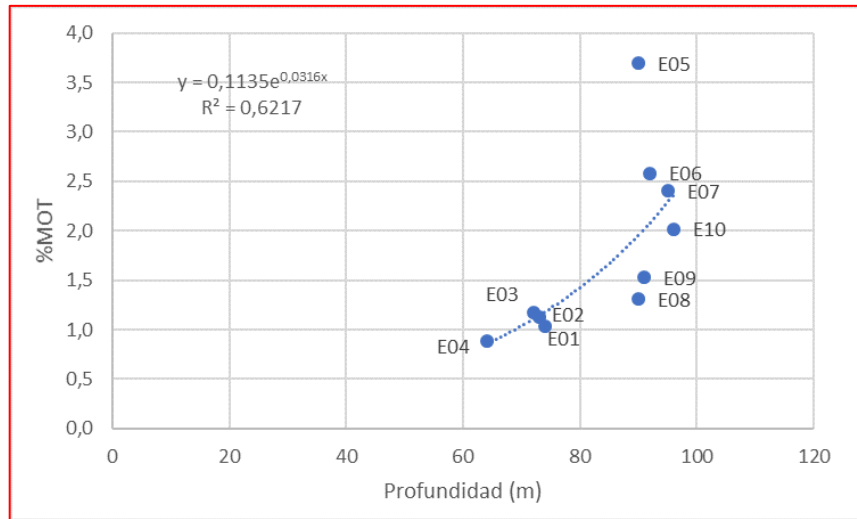


Figura 146 - Relación entre profundidad y MOT (%) en el Centro E, campaña 1.

5.3.7.6.1 Perfiles de Oxígeno Disuelto

Los perfiles de OD del Ces F (**Figura 146**) dan a conocer una columna bastante homogénea, con valores más altos en superficie, disminuyendo a medida que aumenta la profundidad. Cerca del fondo los valores alcanzados superan los límites de aceptabilidad señalados en el Numeral N° 34 de la Res. Ex. N° 3.612/09 y sus modificaciones para todos los perfiles realizados.

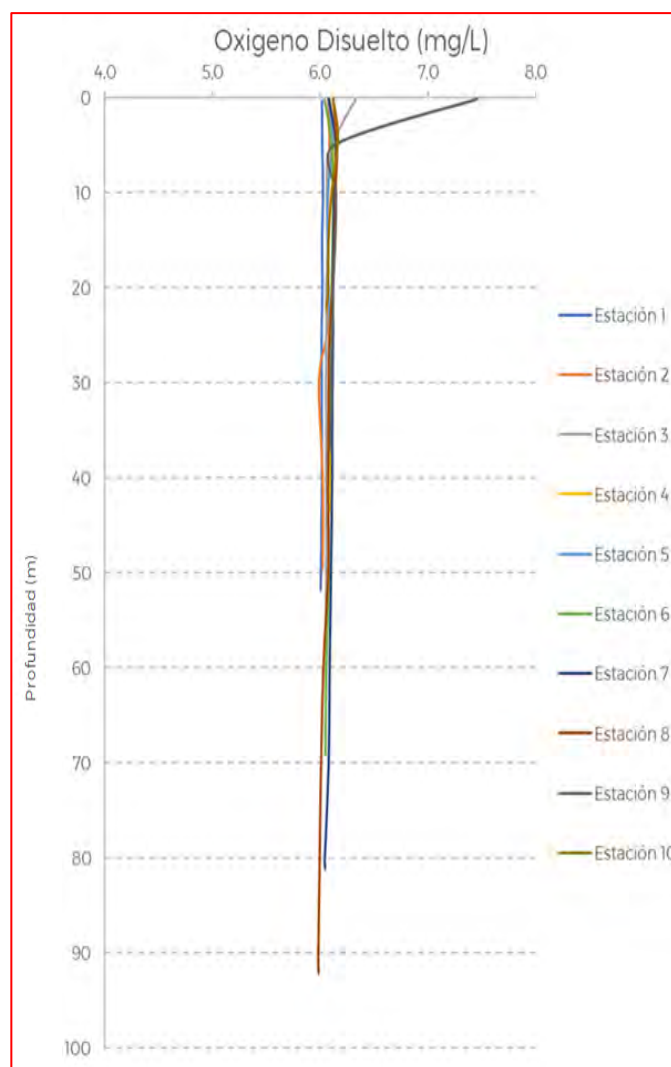


Figura 147 - Perfil de Oxígeno Disuelto en las estaciones de muestreo. Centro F, campaña 1.



5.3.7.6.2 Granulometría

En la **Tabla 59** se presentan los resultados en porcentajes para las muestras colectadas y en la **Figura 148** se presentan los gráficos por estación y Ces total. Los análisis indican que el Ces presenta fondo blando en un 100%, predominando la Arena con un 95.6%.

Tabla 59 – Granulometría de sedimentos. Centro F, campaña 1.

Estación	Fracción	Centro F
Estación 1	Arena	96.62
	Fango	3
	Grava	0.38
Estación 2	Arena	98.05
	Fango	1.72
	Grava	0.23
Estación 3	Arena	93.93
	Fango	5.99
	Grava	0.09
Estación 4	Arena	88.67
	Fango	8.49
	Grava	2.83
Estación 5	Arena	97.19
	Fango	2.79
	Grava	0.01
Estación 6	Arena	95.06
	Fango	4.82
	Grava	0.13
Estación 7	Arena	98.02
	Fango	1.57
	Grava	0.42
Estación 8	Arena	97.32
	Fango	2.49
	Grava	0.19
Estación 9	Arena	94.77
	Fango	4.9
	Grava	0.34
Estación 10	Arena	96.8
	Fango	3.19
	Grava	0.01



Figura 148 – Gráficos en porcentaje del tipo de sedimento del Centro F, campaña 1.

5.3.7.6.3 Materia Orgánica (Mot%), Nitrógeno, Redox, pH y Fósforo,

En la **Tabla 60** se presentan los valores para Materia Orgánica (Mot%), Nitrógeno, Redox, pH y Fósforo del Centro F, registrados en la primera campaña.

Tabla 60 – Resultados para muestras de sedimento de Materia Orgánica (Mot%), Nitrógeno Redox, pH y Fósforo. Centro F, Campaña 1.

ESTACION	Mot%	Nitrógeno	Redox	pH	Fósforo
Estación 1	0.9	0.12	346.00	7.1	0.19
Estación 2	0.9	0.10	124.00	7.0	0.39
Estación 3	0.9	0.11	190.77	7.0	0.55
Estación 4	1.6	0.10	36.57	7.1	0.01
Estación 5	0.8	0.13	311.87	7.0	0.01
Estación 6	0.9	0.11	73.73	7.0	0.05
Estación 7	0.8	0.11	143.87	7.0	0.13
Estación 8	0.8	0.10	111.93	7.0	0.22
Estación 9	1.1	0.09	198.63	6.9	0.18
Estación 10	0.8	0.09	330.87	7.1	0.28

En relación con las variables que poseen límites de aceptabilidad en el numeral 34 de la Res. Ex. N° 3.612/09. (Mot% $\leq$ 9%; Redox $\geq$ 50mV; pH $\geq$ 7.1)

Mot% Cumple en todas las estaciones, Redox no cumple en E4 y pH no cumple en 7 estaciones (E2, E3, E5, E6, E7, E8 Y E9)



Figura 149 – Gráficos de resultados para sedimentos en relación con límites de aceptabilidad basados en Res. Ex. N° 3.612/09. Centro F, campaña 1.



En relación con las variables registradas para Nitrógeno y Fósforo, teniendo en cuenta los límites establecidos por NIVA (1994), Las variables N y P no cumplirían, para N en ninguna de sus estaciones y para P en 8 estaciones. Mientras que, a nivel nacional, según UPLA (2002) La variable N cumpliría solo en 2 estaciones y la variable P solo en 4 estaciones cumpliría.

5.3.7.6.4 Registro Visual

Se realizaron filmaciones submarinas puntuales en aquellas estaciones que presentaron profundidad inferior a 100 m. En la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos para el Ces F relacionados al tipo de sustrato observado y a distintos elementos presentes en el fondo de las 10 estaciones, a su vez, en la **Figura 150** se presentan capturas del registro visual por estación.

Tabla 61 – Resultados registro visual. Centro F, Campaña 1.

Estación	Sustrato						Fauna		
	Profundidad (m)	Tipo de sustrato	Partículas en suspensión	Cubiertas de microorganismos	Restos Náufragos	Burbujas de gas	Biodiversidad en relación con el sustrato	Presencia de restos calcáreos	Fauna no representativa del lugar
E1	55	Blando	✓	×	×	×	baja	✓	×
E2	58	Blando	✓	×	×	×	0	✓	×
E3	45	Blando	✓	×	×	×	0	✓	×
E4	37	Blando	✓	×	×	×	0	×	×
E5	77	Blando	✓	×	×	×	0	×	×
E6	93	Blando	✓	×	×	×	0	×	×
E7	95	Blando	✓	×	×	×	0	×	×
E8	37	Blando	✓	×	×	×	0	×	×
E9	37	Blando	✓	×	×	×	0	×	×
E10	18	Blando	✓	×	×	×	0	×	×

E1



E2



E3



E4



E5



E6



E7



E8



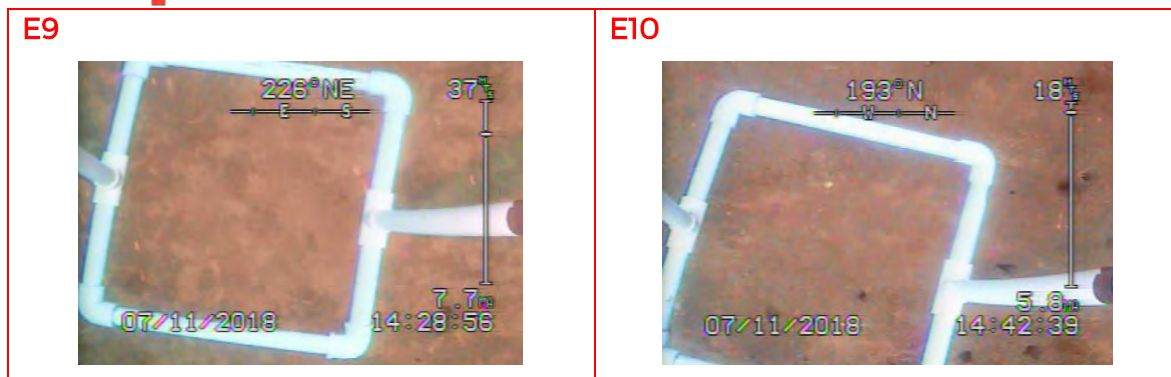


Figura 150 – Capturas obtenidas del Registro Visual para el Centro F, campaña 1.

A continuación, en la **Tabla 62** se presentan los resultados para macrofauna observados en durante la filmación submarina para cada estación registrada.

Tabla 62 – Resultados de macrofauna observada en registro visual. Centro F, campaña 1.

Estación	Z (m)	Nombre Común	Nombre Científico	N° individuos	Descripción
E1	55	Cangrejo araña	<i>Eurypodius latreillei</i>	1	El registro visual fue realizado a una profundidad de 55 metros. Durante esta inspección se observó un fondo duro, con una capa de sedimentos y restos calcáreos, corriente fuerte y muchas partículas en suspensión. Poca visibilidad y poca fauna bentónica, solo un crustáceo.
E2	58	N/A	N/A	N/A	El registro visual fue realizado a una profundidad de 58 metros. Durante esta inspección se observó un fondo duro, con una capa de sedimentos y restos calcáreos, corriente fuerte y muchas partículas en suspensión. Poca visibilidad. No se registra fauna bentónica, cubierta de microorganismos ni burbujas de gas emanando del sustrato.
E3	45	N/A	N/A	N/A	El registro visual fue realizado a una profundidad de 45 metros. Durante esta inspección se observó un fondo blando con restos calcáreos, corriente fuerte y muchas partículas en suspensión. Poca visibilidad. No se registra fauna bentónica, cubierta de microorganismos ni burbujas de gas emanando del sustrato.
E4	37	N/A	N/A	N/A	El registro visual fue realizado a una profundidad de 37 metros. Durante esta inspección se observó un fondo blando con corriente fuerte y muchas partículas en suspensión. No se registra fauna bentónica, cubierta de microorganismos ni burbujas de gas emanando del sustrato.



Estación	Z (m)	Nombre Común	Nombre Científico	N° individuos	Descripción
E5	77	N/A	N/A	N/A	El registro visual fue realizado a una profundidad de 77 metros. Durante esta inspección se observó un fondo duro, con una capa de sedimentos, corriente fuerte y muchas partículas en suspensión. Poca visibilidad. sin embargo, durante la grabación se observan orificios en el sedimento, lo cual podría ser indicativo de fauna bentónica.
E6	93	N/A	N/A	N/A	El registro visual fue realizado a una profundidad de 93 metros. Durante esta inspección se observó un fondo duro, con una leve capa de sedimentos, corriente fuerte y muchas partículas en suspensión. No se registra fauna bentónica, cubierta de microorganismos ni burbujas de gas emanando del sustrato.
E7	95	N/A	N/A	N/A	El registro visual fue realizado a una profundidad de 95 metros. Durante esta inspección se observó un fondo duro, corriente fuerte y muchas partículas en suspensión. No se registra fauna bentónica.
E8	37	N/A	N/A	N/A	El registro visual fue realizado a una profundidad de 37 metros. Durante esta inspección se observó un fondo blando, sin registrar fauna en el cuadrante, sin embargo, durante la grabación se observan orificios en el sedimento, lo cual podría ser indicativo de fauna bentónica
E9	37	N/A	N/A	N/A	El registro visual fue realizado a una profundidad de 37 metros. Durante esta inspección se observó un fondo blando, sin registrar fauna en el cuadrante, sin embargo, durante la grabación se observan orificios en el sedimento, lo cual podría ser indicativo de fauna bentónica
E10	18	N/A	N/A	N/A	El registro visual fue realizado a una profundidad de 18 metros. Durante esta inspección se observó un fondo blando, sin registrar fauna en el cuadrante, sin embargo, durante la grabación se observan orificios en el sedimento, lo cual podría ser indicativo de fauna bentónica

5.3.7.6.5 Macroinvertebrados colectados mediante muestreo con Draga

5.3.7.6.5.1 Índices

Los resultados de los índices comunitarios de la campaña 1, para el Ces se encuentran en la siguiente Tabla, para la obtención de las muestras estas fueron colectadas mediante draga hasta una profundidad máxima de 200 metros.

Tabla 63 - Índices comunitarios. Centro F, campaña 1

Estación	S	N	J'	H'(log2)	Lambda
E1	22	256	0,788	3,512	0,142
E2	9	85	0,82	2,598	0,211
E3	6	69	0,711	1,839	0,35
E4	4	50	0,849	1,698	0,343
E5	7	25	0,968	2,717	0,165
E6	8	63	0,952	2,857	0,147
E7	6	29	0,92	2,379	0,220
E8	13	99	0,928	3,436	0,106
E9	9	127	0,869	2,755	0,179
E10	9	319	0,6	1,902	0,42

5.3.7.6.5.2 Composición taxonómica y bioindicadores

En el sector se detectaron especies bioindicadora (tipo IV y V, según AMBI). Estas especies se detallan en tabla siguiente.

Tabla 64 - Especies bioindicadoras. Centro F, campaña 1.

Especie	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
<i>Capitella sp.</i>	0	27	0	7	3	7	0	17	0	0
<i>Chaetozone sp.</i>	13	0	0	0	3	0	0	0	0	0
<i>Leitoscoloplos sp.</i>	0	0	0	0	0	3	3	7	10	0
<i>Nassarius coppingeri</i>	77	3	30	20	7	10	3	13	37	27
<i>Prionospio sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0

5.3.7.6.5.3 Índices AMBI y m-AMBI

Respecto de los resultados del AMBI durante la primera campaña de muestreo (Tabla siguiente), en general, las comunidades macrobentónicas con mayor nivel de degradación fueron registradas en la estación E5.

Tabla 65 – Resultados de AMBI. Centro F, campaña 1.

Centro	E 1	E 2	E 3	E 4	E 5	E 6	E 7	E 8	E 9	E 10
Centro F	3,19	3,23	2,43	2,90	3,56	3,24	3,17	3,55	3,40	3,39

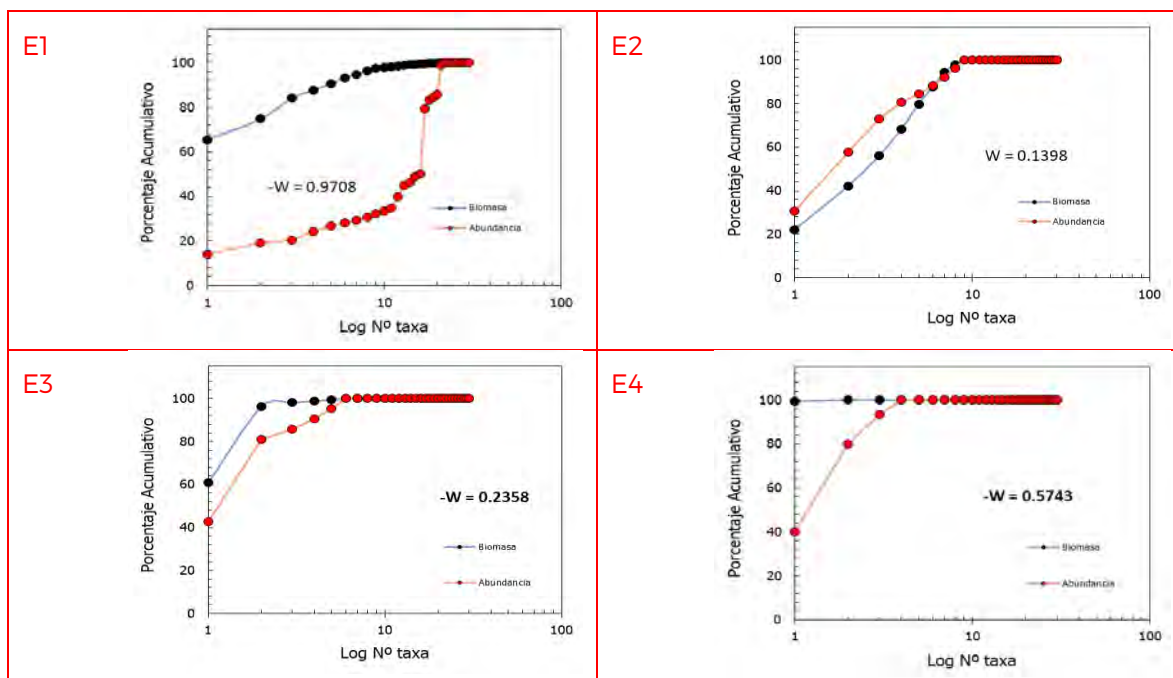
Los resultados del M-AMBI, en la primera campaña de muestreo (Tabla siguiente) indican que en general la estación E01, presenta los mayores valores del M-AMBI, por lo cual tendría las comunidades macrobentónicas con un mayor nivel de degradación,

Tabla 66 - Resultados de M-AMBI. Centro F, Campaña 1

Centro	E 1	E 2	E 3	E 4	E 5	E 6	E 7	E 8	E 9	E 10
Centro F	0,68	0,45	0,40	0,33	0,41	0,45	0,40	0,54	0,45	0,39

5.3.7.6.5.4 Curvas ABC

Los resultados de las Curvas ABC todas las estaciones se encuentran en mal estado, de ellas la estación E2, se encuentra en mejores condiciones.



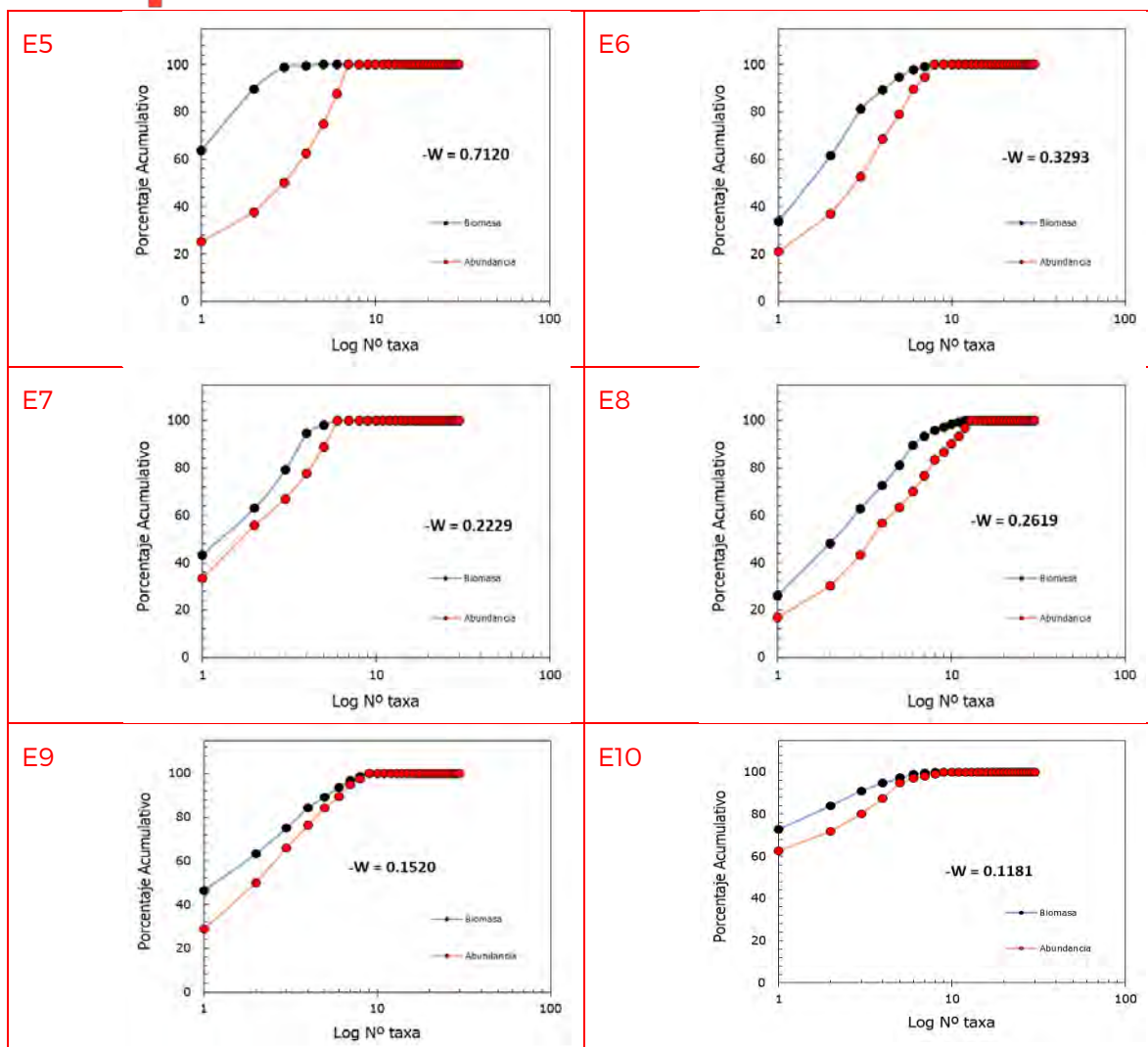


Figura 151 - Curvas ABC. Centro F, campaña 1.

5.3.7.6.6 Relaciones Entre Variables

Respecto a la relación entre la distancia desde la zona "O" es decir la zona de mayor deposición de residuos, se observa un buen ajuste, existiendo una mejoría en la condición óxica, a partir de los 100 metros desde la zona "O", esto probablemente puede ser efecto de la disminución de material orgánica, a medida que se incrementa la distancia desde la zona "O"

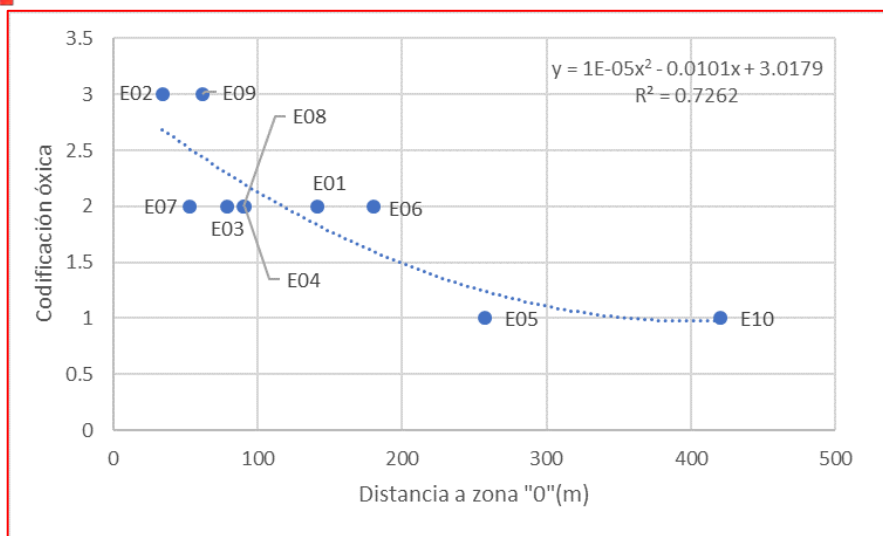


Figura 152 - Relación entre Distancia a la zona "0" y la condición Óxica en el Centro F, campaña 1.

En cuanto a la relación entre la distancia y la materia orgánica total en el nivel de ajuste es bastante bajo ($R^2 = 0,05$), a pesar de ello se observa una disminución de la materia orgánica total en el sustrato a partir de los 50 metros aproximadamente, por lo que existiría alguna variable que está provocando un transporte de sedimentos, como corrientes marinas o por efecto de la batimetría.

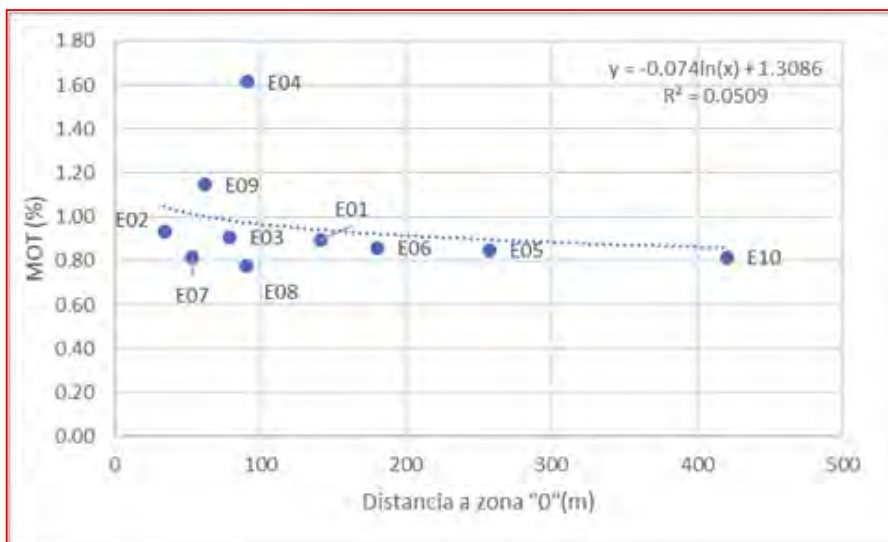


Figura 153 - Relación entre Distancia a la zona "0" y MOT (%) en el Centro F, campaña 1.

Existe un buen nivel de ajuste entre la distancia desde la zona "0" y la predicción de Carbono acumulado, el cual comienza a disminuir notoriamente a partir de los 50 metros

aproximadamente, esta disminución drástica no se observó en el caso de la materia orgánica total, lo cual puede ser efecto de un cambio en la composición de la materia orgánica, aumentando la proporción de Nitrógeno en la materia orgánica.

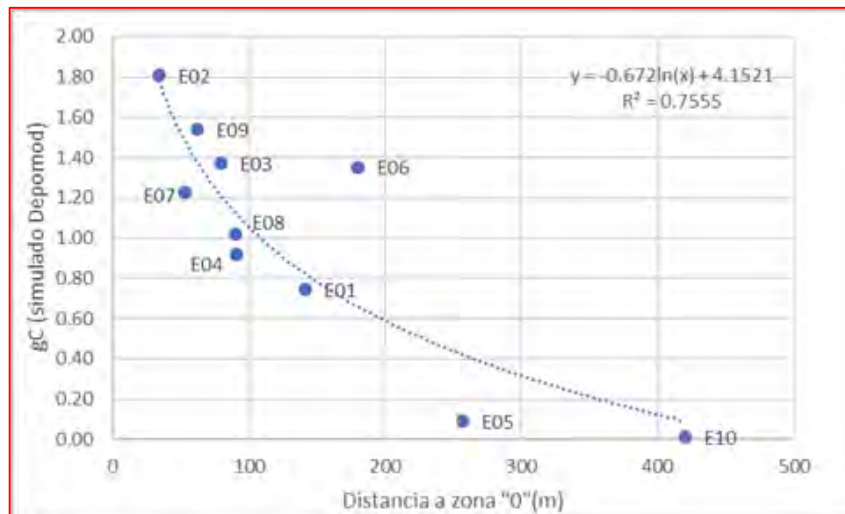


Figura 154 - Relación Distancia a la zona "0" y g de Carbono en el Centro F, campaña 1.

En cuanto al pH, los resultados indican que a partir de los 100 metros el pH comienza a aumentar, hasta los 400 metros aproximadamente, si bien no existe un buen nivel de ajuste, esto puede ser efecto de alguna variable que modula los cambios de pH, ya que a menos de 100 metros de la zona "0", se observan los valores extremos de pH.

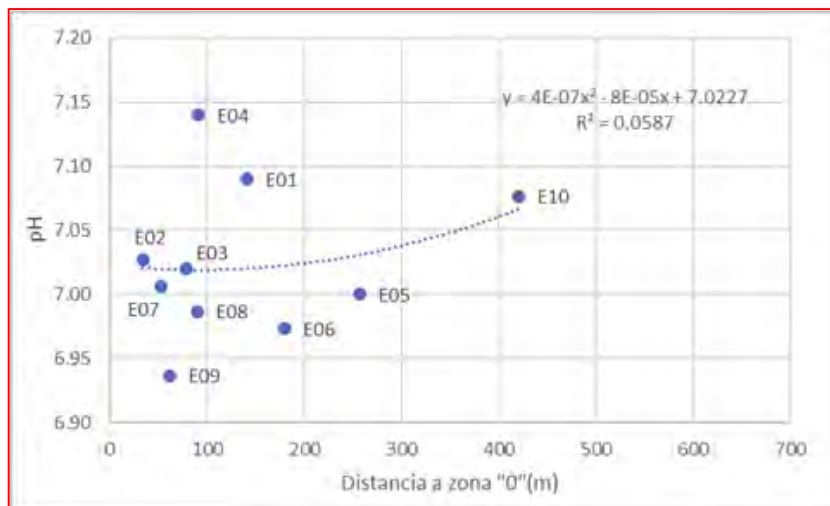


Figura 155 - Relación entre Distancia a la zona "0" y pH en el Centro F, campaña 1.

Respecto al AMBI, el nivel de ajuste es bajo, en este sentido resulta interesante observar que a medida que la distancia con la zona "0" aumenta, la perturbación en las comunidades de

macroinvertebrados se incrementa, cuando lo lógico debiese ser lo contrario, esto podría ser efecto de cambios en la profundidad o el tipo de sustrato, los cuales podrían modificar las comunidades de macroinvertebrados.

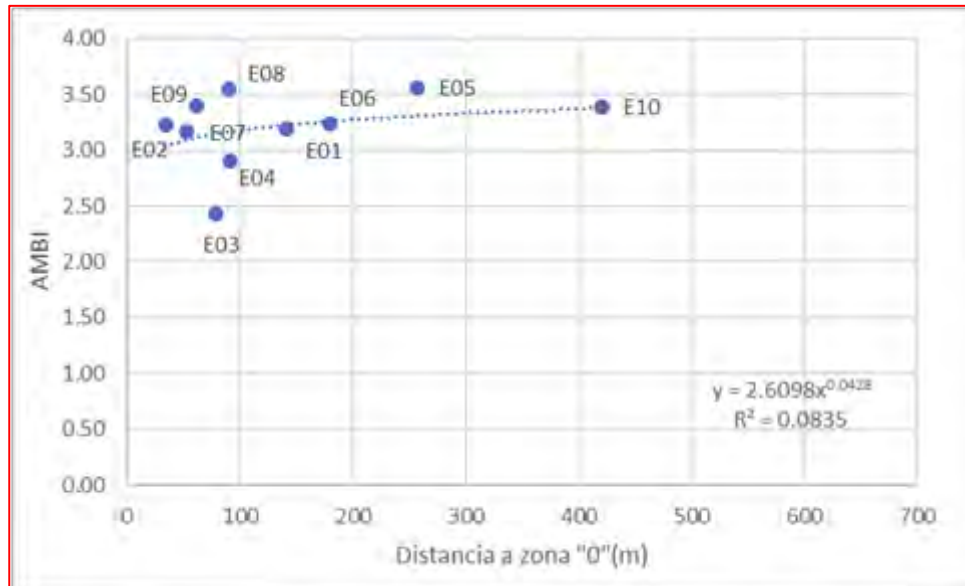


Figura 156 - Relación entre Distancia a la zona "0" y AMBI en el Centro F, campaña 1.

En cuanto a la relación entre la distancia a la zona "0" y el índice de diversidad, no existe un buen nivel de ajuste, sin embargo, el resultado observado se encuentra relacionado con los resultados del AMBI, ya que la índice diversidad tiene una leve disminución, esta anomalía puede ser efecto de cambios en el tipo de sustrato o la profundidad.

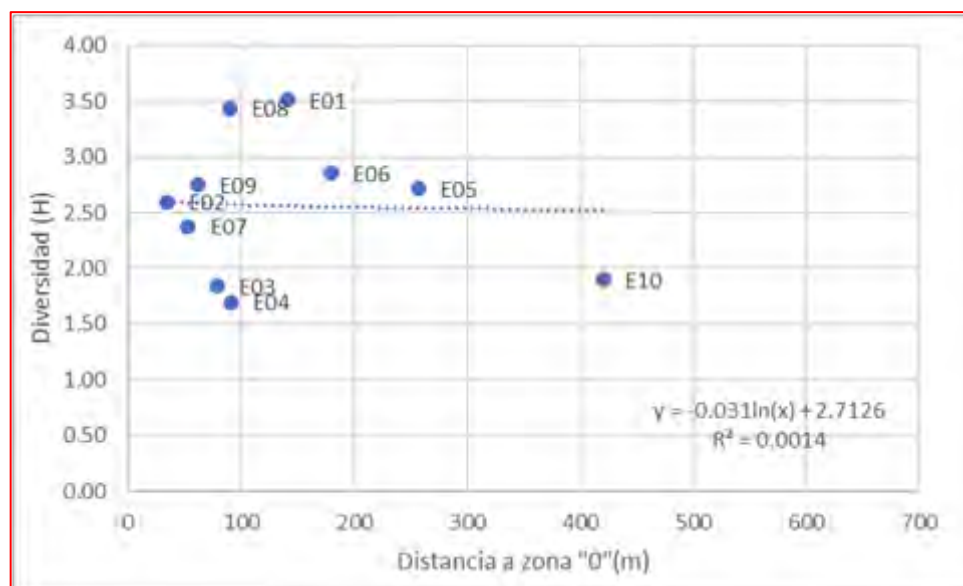


Figura 157 - Relación entre Distancia a la zona "0" y el índice de Diversidad H en el Centro F, campaña 1.

Respecto al Nitrógeno total depositado en el sedimento, resulta interesante que la mayor concentración no se observa en áreas cercanas a la zona "0", si no que aproximadamente a los 200 metros, de ella, lo cual puede ser efecto combinados de la leve disminución de materia orgánica, respecto de la distancia en la zona cero, como también efectos de la batimetría.

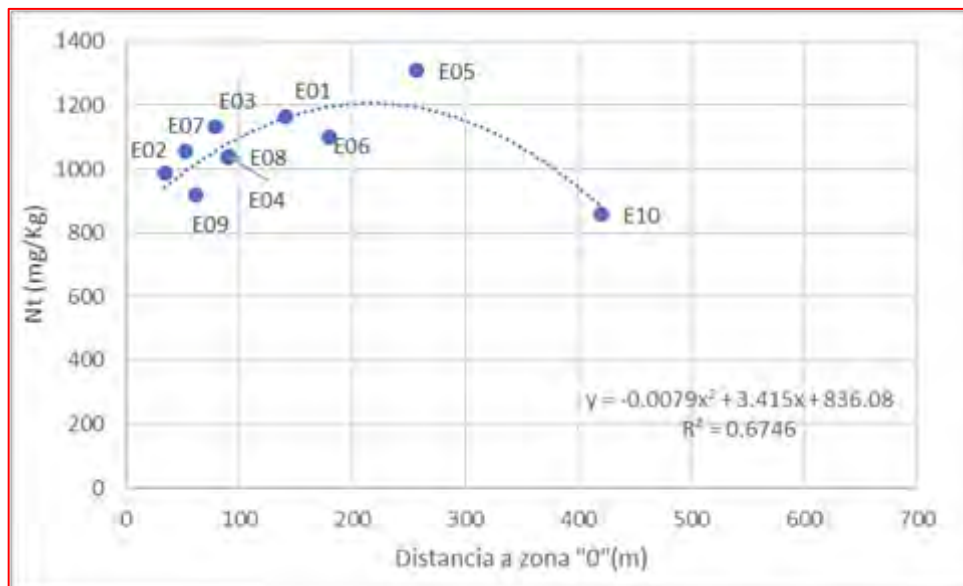


Figura 158 - Relación entre Distancia a la zona "0" y el Nitrógeno total en el Centro F, campaña 1.

Respecto a la concentración de Fósforo total, si bien no existe un buen nivel de ajuste, se observa que la concentración de este elemento en el sustrato disminuye a medida que se incrementa la distancia desde la zona "0".

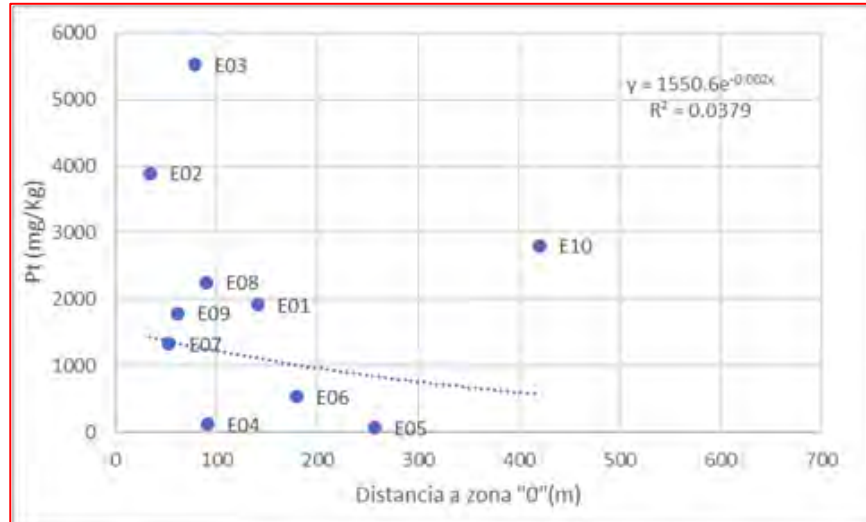


Figura 159 - Relación entre Distancia a la zona "0" y Fosforo total en el Centro F, campaña 1. Resulta interesante observar que a medida que aumenta la profundidad, disminuye la concentración de materia orgánica total. Este bajo nivel de acumulación de sedimento en zonas más profundas podría explicar la baja tasa de disminución de materia orgánica total, a medida que aumenta la distancia desde la zona "0" y los consecuentes efectos sobre los macroinvertebrados, en cuanto a los resultados del AMBI y el índice H.

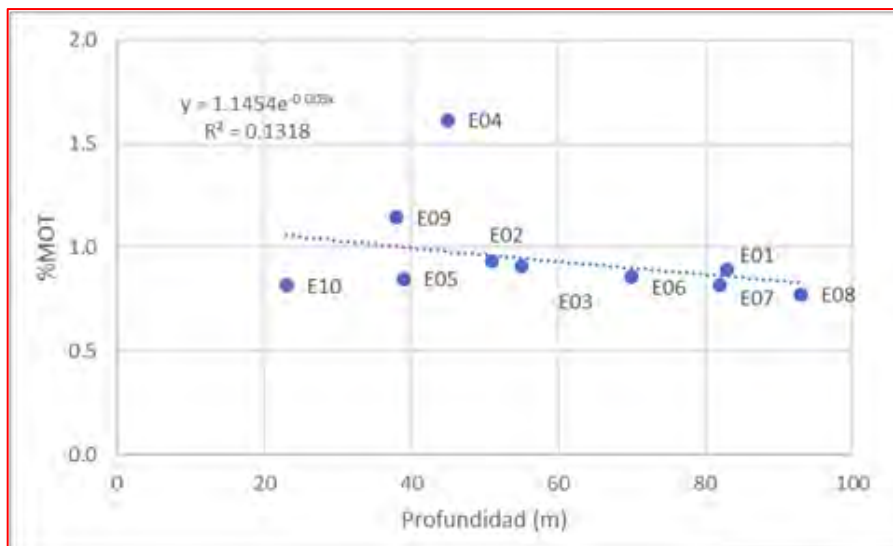


Figura 160 - Relación entre profundidad y MOT (%) en el Centro F, campaña 1

5.3.7.7 Centro G

5.3.7.7.1 Perfiles de Oxígeno Disuelto

Los perfiles de OD del Ces G (**Figura 160**) dan a conocer una columna bastante homogénea, con valores más altos en superficie, disminuyendo a medida que aumenta la profundidad. Cerca del fondo los valores alcanzados superan los límites de aceptabilidad señalados en el Numeral N° 34 de la Res. Ex. N° 3.612/09 y sus modificaciones para todos los perfiles realizados.

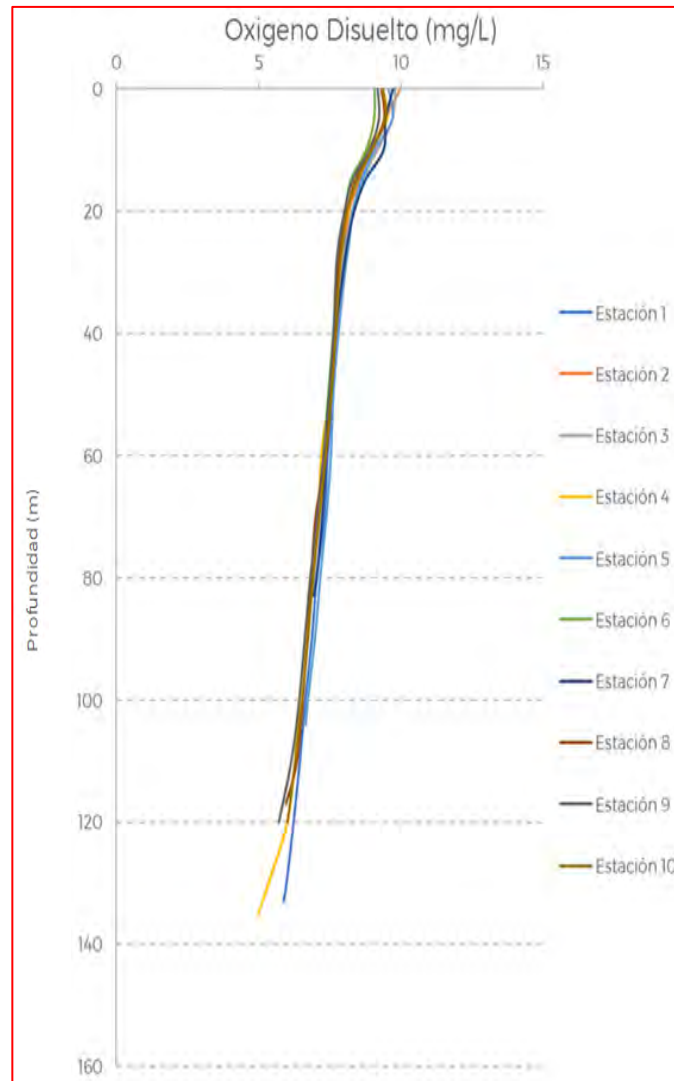


Figura 161 - Perfil de OD en las estaciones de muestreo Centro G, campaña 1.

5.3.7.2 Granulometría



En la **Tabla 67** se presentan los resultados en porcentajes para las muestras colectadas y en la **Figura 162** se presentan los gráficos por estación y Ces total. Los análisis indican que el Ces presenta fondo blando en un 100%, predominando la Arena con un 76.35%.

Tabla 67 – Granulometría de sedimentos Centro G, campaña 1.

Estación	Fracción	Centro G
Estación 1	Arena	63.81
	Fango	34.01
	Grava	2.18
Estación 2	Arena	54.23
	Fango	0.09
	Grava	45.68
Estación 3	Arena	89.42
	Fango	9.65
	Grava	0.92
Estación 4	Arena	75.26
	Fango	24.06
	Grava	0.68
Estación 5	Arena	93.32
	Fango	5.77
	Grava	0.9
Estación 6	Arena	94.2
	Fango	4.98
	Grava	0.81
Estación 7	Arena	92.59
	Fango	5.64
	Grava	1.77
Estación 8	Arena	53.91
	Fango	10.89
	Grava	35.2
Estación 9	Arena	75.89
	Fango	10.58
	Grava	13.53
Estación 10	Arena	70.87
	Fango	22.33
	Grava	6.8



Figura 162 – Gráficos en porcentaje del tipo de sedimento del Centro G, campaña 1.

5.3.7.7.3 Materia Orgánica (Mot%), Nitrógeno, Redox, pH y Fósforo,

En la **Tabla 68** se presentan los valores para Materia Orgánica (Mot%), Nitrógeno, Redox, pH y Fósforo del Centro F, registrados en la primera campaña.

Tabla 68 – Resultados para muestras de sedimento de Materia Orgánica (Mot%), Nitrógeno Redox, pH y Fósforo. Centro G, campaña 1.

ESTACION	Mot%	N%	Redox	pH	P%
Estación 1	2.7	0.29	45.40	7.2	0.21
Estación 2	1.7	0.21	271.27	7.5	0.08
Estación 3	1.5	0.20	140.07	7.5	0.24
Estación 4	1.5	0.19	176.93	7.3	0.10
Estación 5	2.7	0.10	98.00	7.6	0.03
Estación 6	1.8	0.10	200.93	7.4	0.13
Estación 7	2.3	0.11	167.43	7.4	0.16
Estación 8	2.3	0.22	-23.67	7.3	0.23
Estación 9	3.8	0.13	92.03	7.4	0.09
Estación 10	4.0	0.10	91.83	7.5	0.76

En relación con las variables que poseen límites de aceptabilidad en el numeral 34 de la Res. Ex. N° 3.612/09. (Mot% $\leq 9\%$; Redox $\geq 50\text{mV}$; pH ≥ 7.1) Mot% Cumple en todas las estaciones; Redox no cumple en E1 Y E8 y pH cumple en todas sus estaciones en la **Figura 163** se detallan los valores registrados en relación a los límites establecidos.



Figura 163 – Gráficos de resultados para sedimentos en relación con límites de aceptabilidad basados en Res. Ex. N° 3.612/09, Centro G, campaña 1.

En relación con las variables registradas para Nitrógeno y Fósforo, teniendo en cuenta los límites establecidos por NIVA (1994), La variable N solo cumpliría en 7 de 10 estaciones y para P solo en una estación cumpliría. En relación a los límites establecidos por Upla (2002) los valores asociados a N cumplirían en la totalidad de las estaciones, no obstante, la variable P solo cumpliría en 4 estaciones.

5.3.7.7.4 Registro Visual

Se realizaron filmaciones submarinas puntuales en aquellas estaciones que presentaron profundidad inferior a 100 m. En la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos para el Ces G relacionados al tipo de sustrato observado y a distintos elementos presentes en el fondo en 5 de las 10 estaciones, a su vez, en la **Figura 164** se presentan capturas del registro visual por estación. Aquellas estaciones que no se encuentran en la tabla, ni aparecen con capturas, es debido a que las profundidades registradas fueron mayores a 100 m.

Tabla 69 – Resultados registro visual. Centro G, campaña 1.

Estación	Sustrato						Fauna		
	Profundidad (m)	Tipo de sustrato	Partículas en suspensión	Cubiertas de microorganismos	Restos Náufragos	Burbujas de gas	Biodiversidad en relación con el sustrato	Presencia de restos calcáreos	Fauna no representativa del lugar
E2	56	Blando	x	x	x	x	0	✓	x
E3	58	Blando	✓	x	x	x	0	✓	x
E5	81	Blando	✓	x	x	x	0	✓	x
E6	71	Blando	✓	x	✓	x	0	✓	x
E7	91	Blando	✓	x	x	x	baja	✓	x

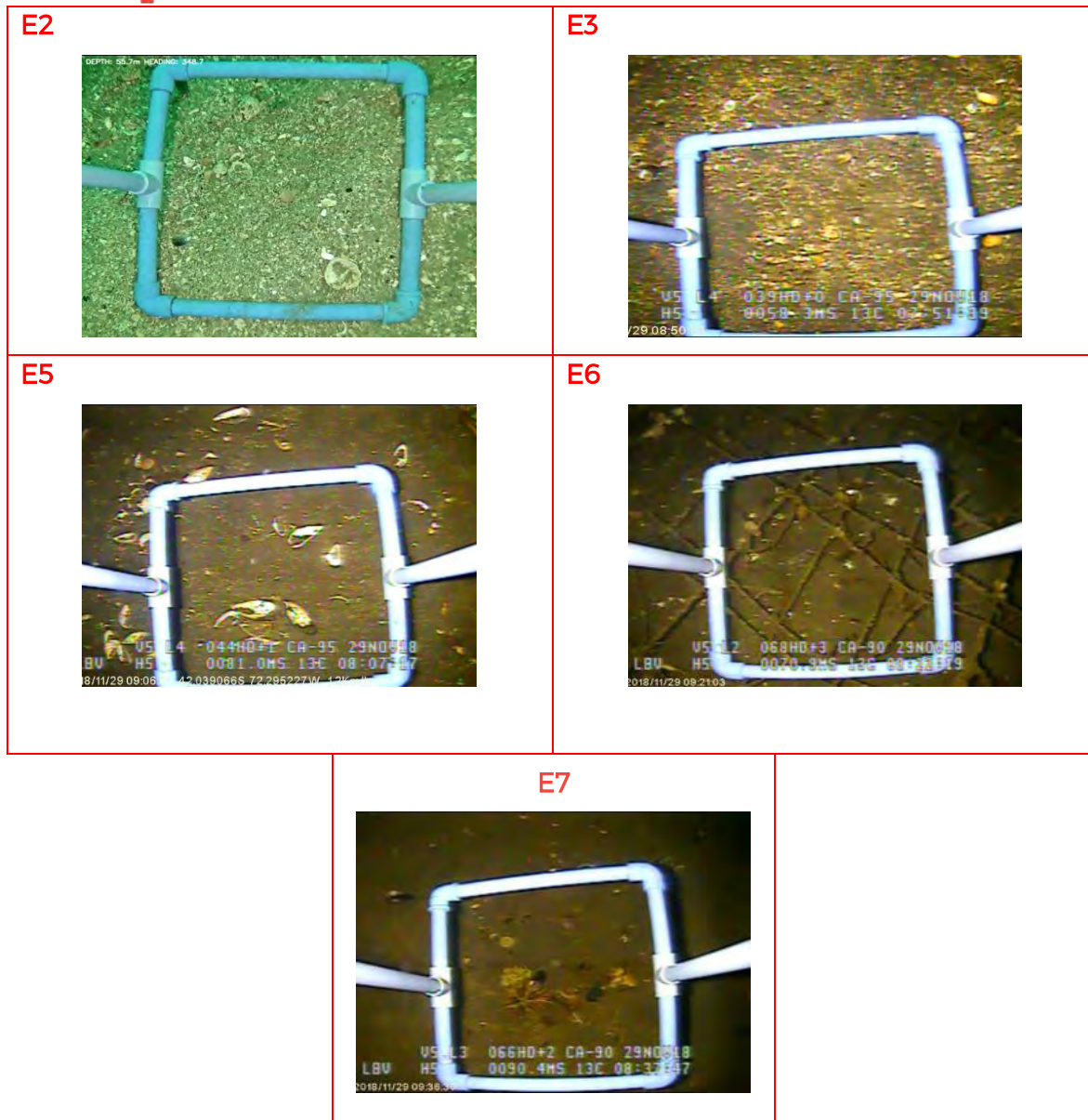


Figura 164 – Capturas obtenidas del Registro Visual para el Centro C, campaña 1.

A continuación, en Tabla 70 se presentan los resultados para macrofauna observados durante la filmación submarina para cada estación registrada.

Tabla 70 – Resultados de macrofauna observada en registro visual. Centro G, campaña 1.

Estación	Z (m)	Nombre Común	Nombre Científico	N° individuos	Descripción
E2	56	N/A	N/A	N/A	El registro visual fue realizado a una profundidad de 56 metros. Durante esta inspección se observó un fondo blando, sin registrar fauna en el cuadrante, sin embargo, durante la grabación se observan orificios en el sedimento, lo cual podría ser indicativo de fauna bentónica. No se registró la presencia de cubierta de microorganismos, ni burbujas de gas emanando del sustrato.
E3	58	N/A	N/A	N/A	El registro visual fue realizado a una profundidad de 58 metros. Durante esta inspección se observó un fondo blando, sin registrar fauna en el cuadrante, pero si gran cantidad de restos calcáreos. No se registró la presencia de cubierta de microorganismos, ni burbujas de gas emanando del sustrato.
E5	81	N/A	N/A	N/A	El registro visual fue realizado a una profundidad de 81 metros. Durante esta inspección se observó un fondo blando, sin registrar fauna en el cuadrante, pero si gran cantidad de restos calcáreos. No se registró la presencia de cubierta de microorganismos, ni burbujas de gas emanando del sustrato.
E6	71	N/A	N/A	N/A	El registro visual fue realizado a una profundidad de 71 metros. Durante esta inspección se observó un fondo blando, sin registrar fauna en el cuadrante. Se registra la presencia de una gran red que cubre todo el fondo. No se registró la presencia de cubierta de microorganismos, ni burbujas de gas emanando del sustrato.
E7	91	Erizo flor	<i>Arbacia dufresnii</i>	1	El registro visual fue realizado a una profundidad de 91 metros. Durante esta inspección se observó un fondo blando, con poca presencia de fauna bentónica. Se registra la presencia de restos calcáreos, en especial de valvas de mitílidos. No se registró la presencia de cubierta de microorganismos, ni burbujas de gas emanando del sustrato.
		Anemona lobulada	<i>Antholoba achates</i>	1	

5.3.7.7.5 Macroinvertebrados colectados mediante muestreo con Draga

5.3.7.7.5.1 Índices

Los resultados de los índices comunitarios de la campaña 1, para el Ces se encuentran en la siguiente Tabla, para la obtención de las muestras estas fueron colectadas mediante draga hasta una profundidad máxima de 200 metros.

Tabla 71 - Índices comunitarios. Centro G, campaña 1.

Estación	S	N	J'	H'(log2)	Lambda
E1	13	253	0,79	2,925	0,182
E2	14	282	0,66	2,511	0,331
E3	6	29	0,92	2,379	0,22
E4	15	109	0,899	3,513	0,114
E5	7	100	0,847	2,377	0,227
E6	6	111	0,822	2,125	0,281
E7	11	92	0,899	3,112	0,136
E8	8	120	0,860	2,581	0,205
E9	6	69	0,673	1,741	0,404
E10	5	53	0,625	1,451	0,514

5.3.7.7.5.2 Composición taxonómica y bioindicadores

En el sector se detectaron especies bioindicadora (tipo IV y V, según AMBI). Estas especies se detallan en tabla siguiente.

Tabla 72 - Especies bioindicadoras. Centro G, campaña 1.

Especie	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
<i>Aphelocheata</i> sp.	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0
<i>Capitella</i> sp.	0	0	0	0	27	7	20	13	17	0
<i>Chaetozone</i> sp.	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0
<i>Dorvilleidae</i> n.d.	7	0	0	7	0	0	0	0	3	7
<i>Nassarius coppingeri</i>	7	0	10	3	17	43	10	33	3	0
<i>Nebalia</i> sp.	0	0	0	0	0	0	3	7	0	3

5.3.7.7.5.3 Índices AMBI y m-AMBI

Respecto de los resultados del AMBI durante la primera campaña de muestreo (Tabla siguiente), en general, las comunidades macrobentónicas con mayor nivel de degradación fueron registradas en la estación E9.

Tabla 73 – Resultados de AMBI. Centro G, campaña 1.

Centro	E 1	E 2	E 3	E 4	E 5	E 6	E 7	E 8	E 9	E 10
Centro G	2,07	0,62	2,83	2,09	2,85	2,59	3,38	3,67	3,71	3,28

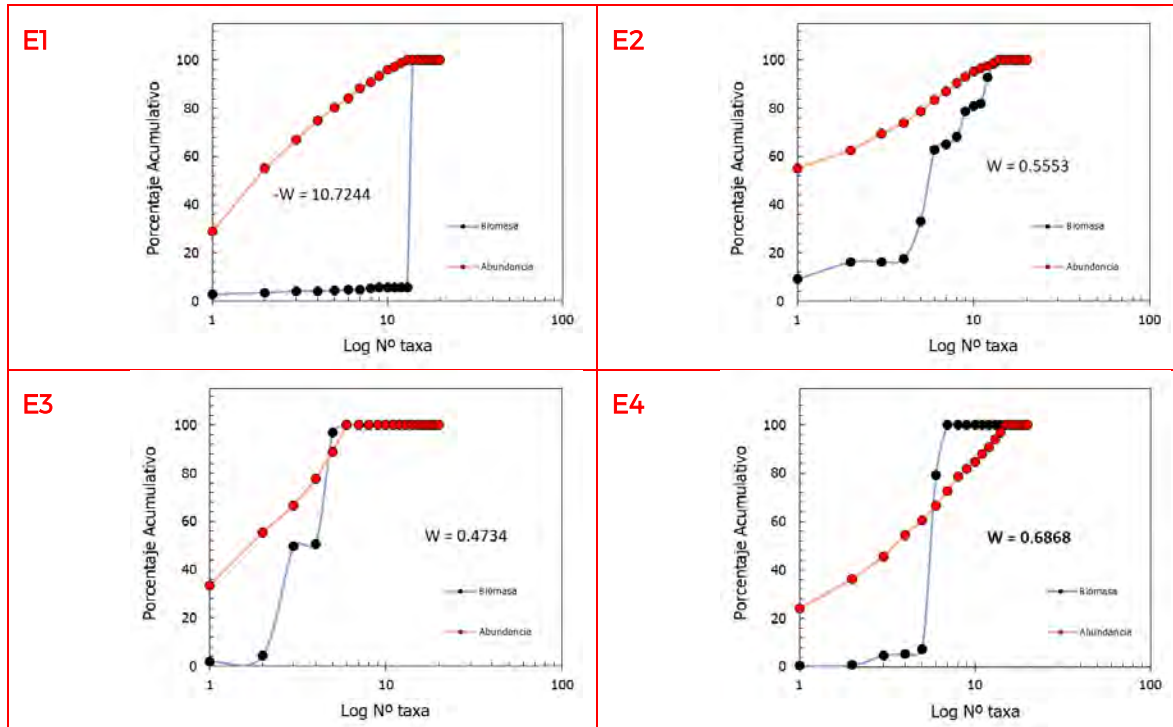
Los resultados del M-AMBI, en la primera campaña de muestreo (Tabla siguiente) indican que en general la estación E2, presenta los mayores valores del M-AMBI, por lo cual tendría las comunidades macrobentónicas con un mayor nivel de degradación,

Tabla 74 - Resultados de M-AMBI. Centro G, campaña 1.

Centro	E 1	E 2	E 3	E 4	E 5	E 6	E 7	E 8	E 9	E 10
Centro G	0,58	0,64	0,41	0,65	0,42	0,40	0,50	0,41	0,32	0,31

5.3.7.5.4 Curvas ABC

Los resultados de las Curvas ABC indican que, si bien existe abundancia de especies, su condición, en cuanto a biomasa es baja, por lo que pueden ser organismos oportunistas de pequeño tamaño, que proliferan ante un cambio en el ambiente. Con excepción de la estación 10 en donde existe dominancia de alguna especie.



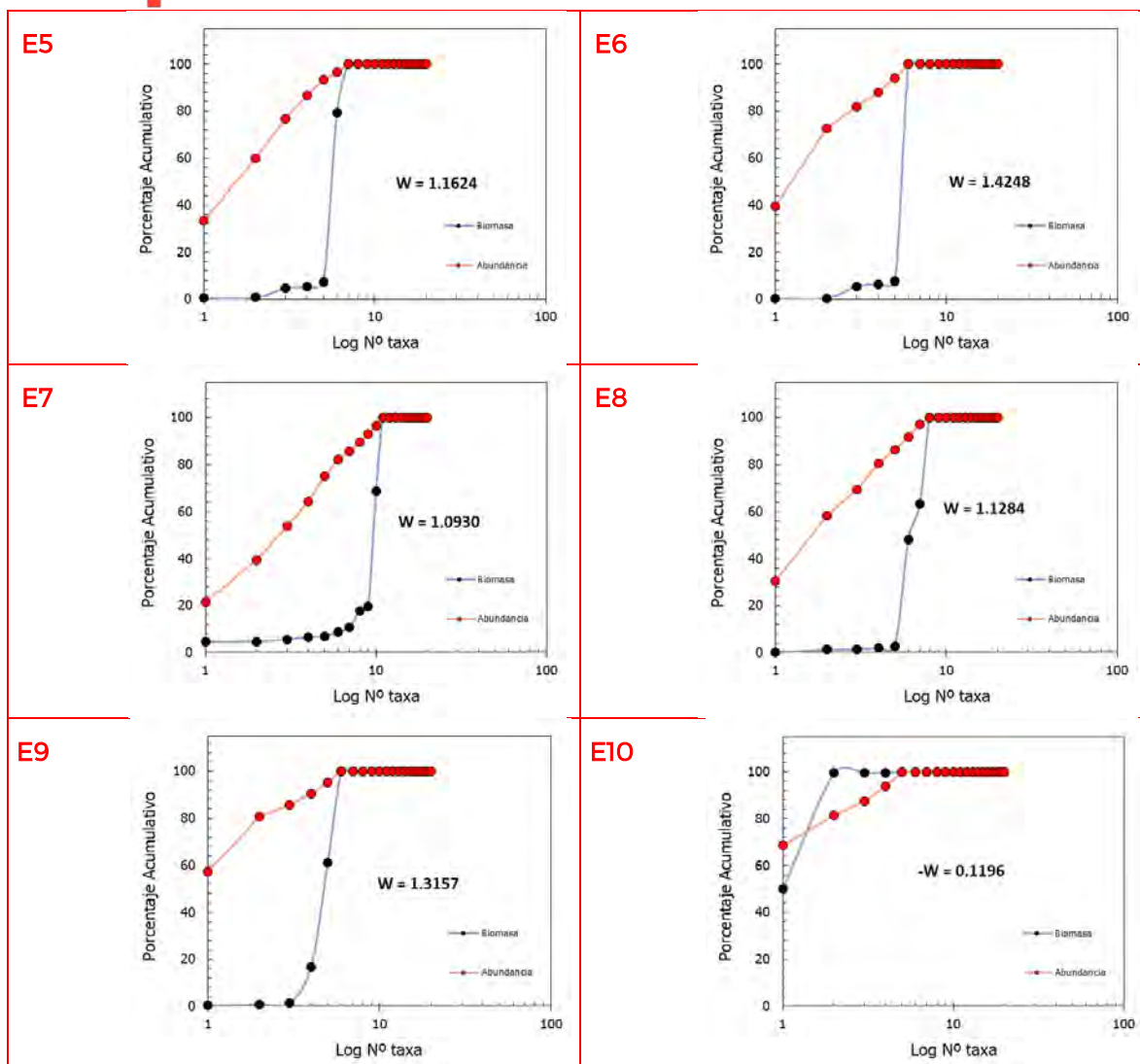


Figura 165 - Curvas ABC. Centro G, campaña 1.

5.3.7.7.6 Relaciones Entre Variables

En cuanto a la condición óxica en el Centro G, se observa un buen nivel de ajuste, existiendo una mejoría en la condición óxica a medida que aumenta la distancia desde la zona "O".

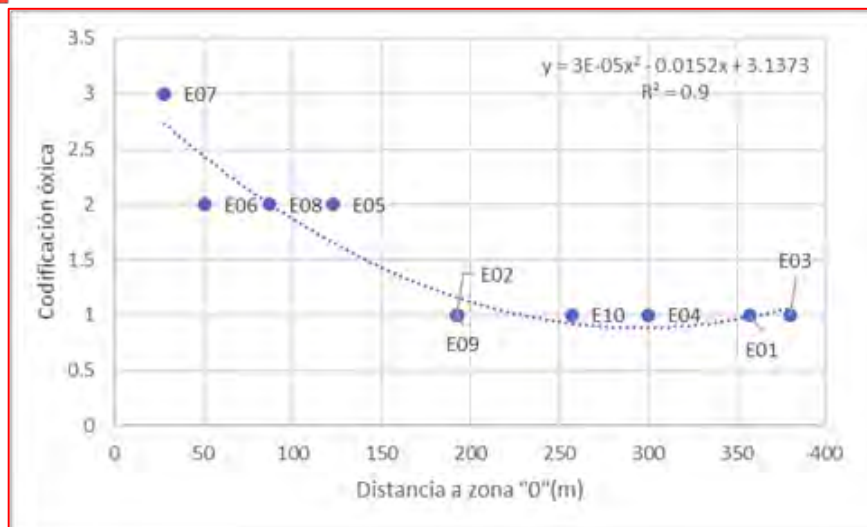


Figura 166 - Relación entre Distancia a la zona "0" y la condición Óxica en el Centro G, campaña 1.

Respecto a la materia orgánica total en el sustrato, no se existe un buen nivel de ajuste respecto la distancia desde la zona "0", observándose un leve aumento en el porcentaje de materia orgánica, mientras que la condición óxica mejora en el Centro G, esta situación podría explicarse por una situación natural, en cuanto a la concentración de material orgánica, por lo que los efectos del centro de cultivo no serían notorios.

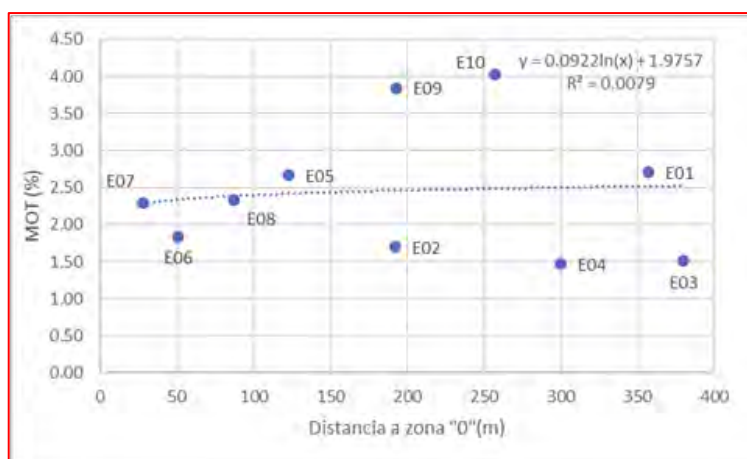


Figura 167 - Relación entre Distancia a la zona "0" y MOT (%) en el Centro G, campaña 1.

Respecto el Carbono depositado en el sustrato, existe un buen nivel de ajuste, observándose una disminución a medida que se incrementa la distancia desde la zona "0", en relación al porcentaje de materia orgánica presente en el Centro G, este resultado sería

explicado probablemente por el tipo de materia orgánica presente en zonas más alejadas, siendo la proveniente del centro de cultivo, la que aporta mayores cantidades de Carbono.

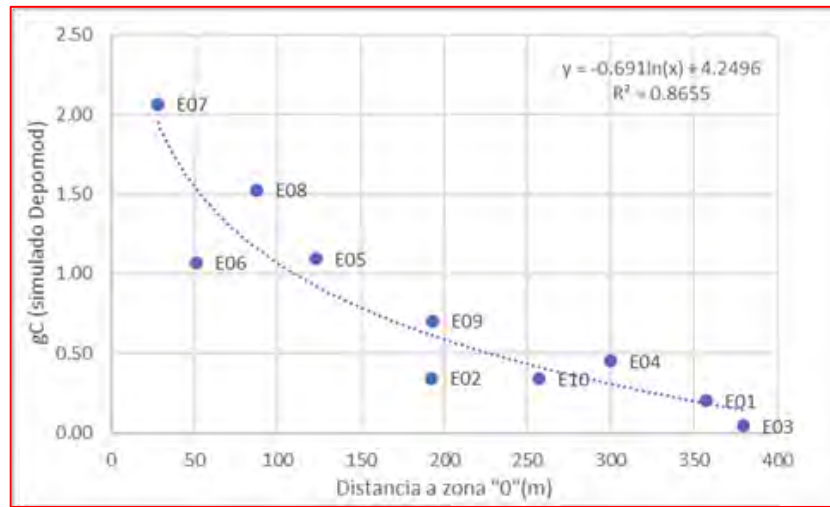


Figura 168 - Relación entre Distancia a la zona "0" y g de Carbono en el Centro G, campaña 1.

En cuanto al pH, este comienza a aumentar desde la zona "0" hasta los 200 metros, para comenzar a disminuir nuevamente, esto puede ser efecto de la concentración de materia orgánica presente en el sustrato, la cual se homogénea en el sustrato del Centro G., lo cual explicaría el bajo nivel de ajuste entre las variables analizadas.

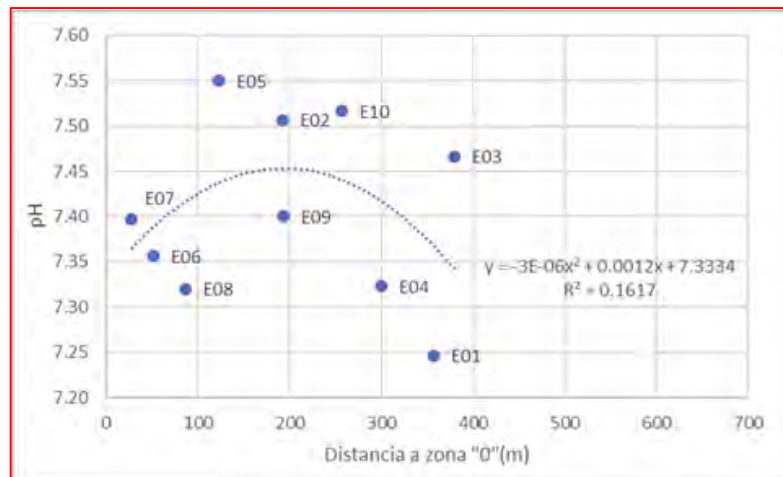


Figura 169 - Relación entre Distancia a la zona "0" y pH en el Centro G, campaña 1.

Los resultados indican que a medida que aumenta la distancia a la zona "0", la condición de los macroinvertebrados presentes en el sustrato mejora, aun cuando la concentración

de materia orgánica respecto la distancia a la zona "O" aumenta, esto probablemente por la clase de organismos presentes en el área.

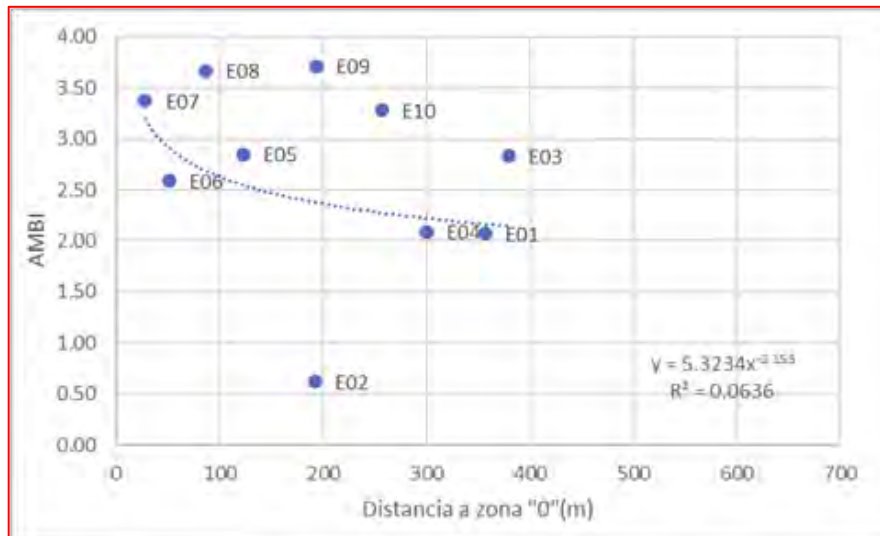


Figura 170 - Relación entre Distancia a la zona "O" y AMBI en el Centro G, campaña 1.

En cuanto a la diversidad, los resultados indican que esta tiene una leve disminución a partir de los 100 metros desde la zona "O", no obstante, el nivel de ajuste es bastante bajo, por lo que variables naturales pueden incidir en estos resultados.

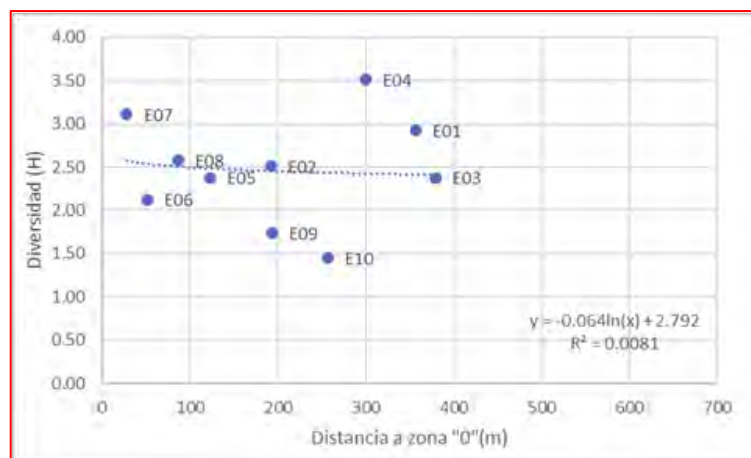


Figura 171 - Relación entre Distancia a la zona "O" y el índice de Diversidad H en el Centro G, campaña 1.

Respecto a las concentraciones de Nitrógeno, este aumenta a partir de los 100 metros desde la zona "O", este resultado puede estar relacionado con el aumento en la concentración de materia orgánica total en el sustrato de origen natural o producto del

Centro G, combinado con efectos como el transporte de sedimentos producto de la batimetría o las corrientes marinas.

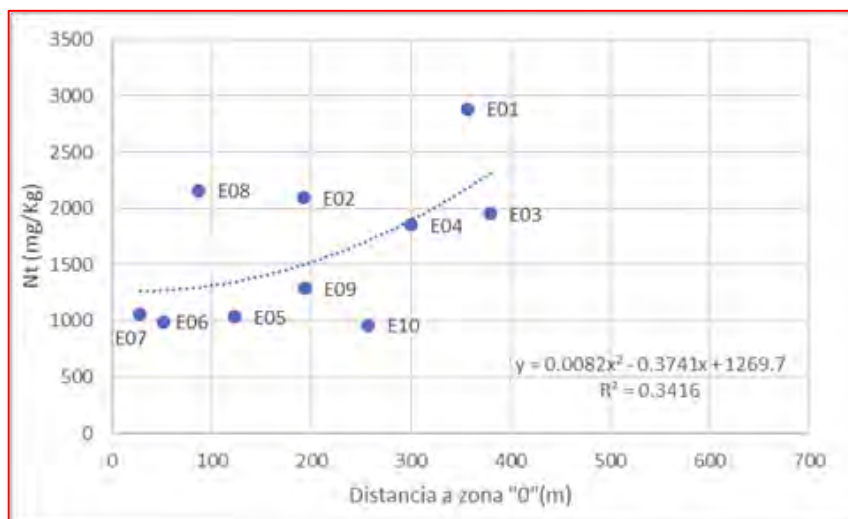


Figura 172 - Relación entre Distancia a la zona "O" y el Nitrógeno total en el Centro G, campaña 1.

Respecto al Fósforo, la concentración de este aumenta a medida que se incrementa la distancia desde la zona "O", en concordancia con la Materia Orgánica Total y el Nitrógeno total, no obstante, el nivel de ajuste es bajo.

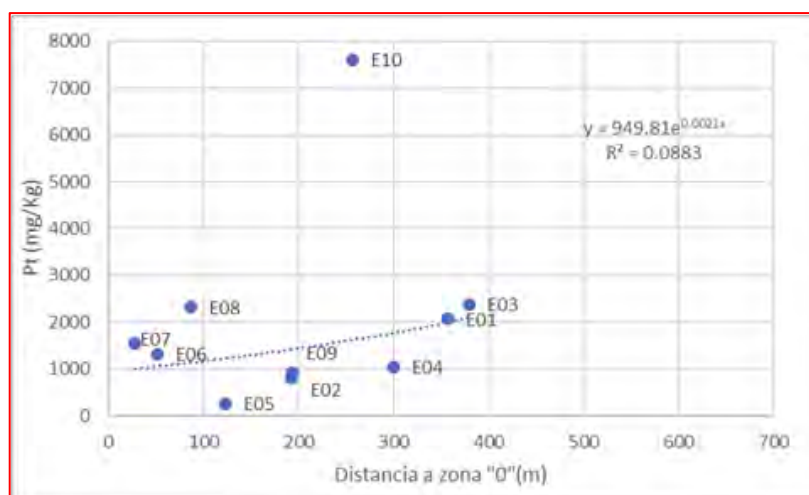


Figura 173 - Relación entre Distancia a la zona "O" y Fosforo total en el Centro G, campaña 1.

En relación a la concentración de Materia Orgánica Total, a medida que aumenta la profundidad esta aumenta su concentración, por lo que la batimetría y el transporte de sedimentos podrían tener efectos importantes en los nutrientes presentes en el sedimento,

ya que, a mayor distancia, mayor es la concentración de estos en el sustrato, probablemente porque estas zonas alejadas son más profundas.

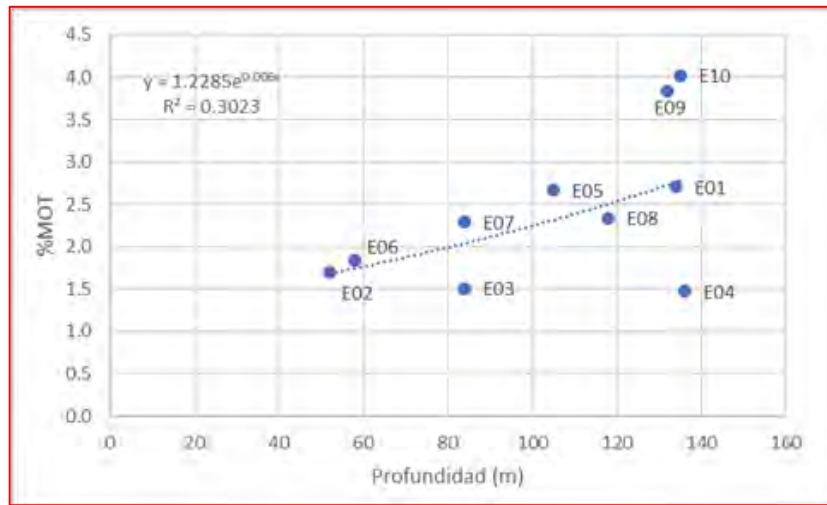


Figura 174 - Relación entre profundidad y MOT (%) en el Centro G, campaña 1.

5.3.8 Resultados de muestreo Campaña N°2

5.3.8.1 Ces A

5.3.8.1.1 Perfiles de Oxígeno Disuelto

En general, los perfiles de OD exhiben una columna de agua heterogénea entre las distintas estaciones, con valores entorno a los 10 mg/L, no obstante, a partir de los 20 metros de profundidad, las estaciones alcanzan valores bastante homogéneos, sin observar concentraciones de oxígeno bajo los límites de aceptabilidad señalados en el Numeral N° 34 de la Res. Ex. N° 3.612/09 y sus modificaciones. En la **Figura 175** se observan los perfiles levantados en la segunda campaña, donde los valores registrados superan en todos los perfiles los 5 mg/L.

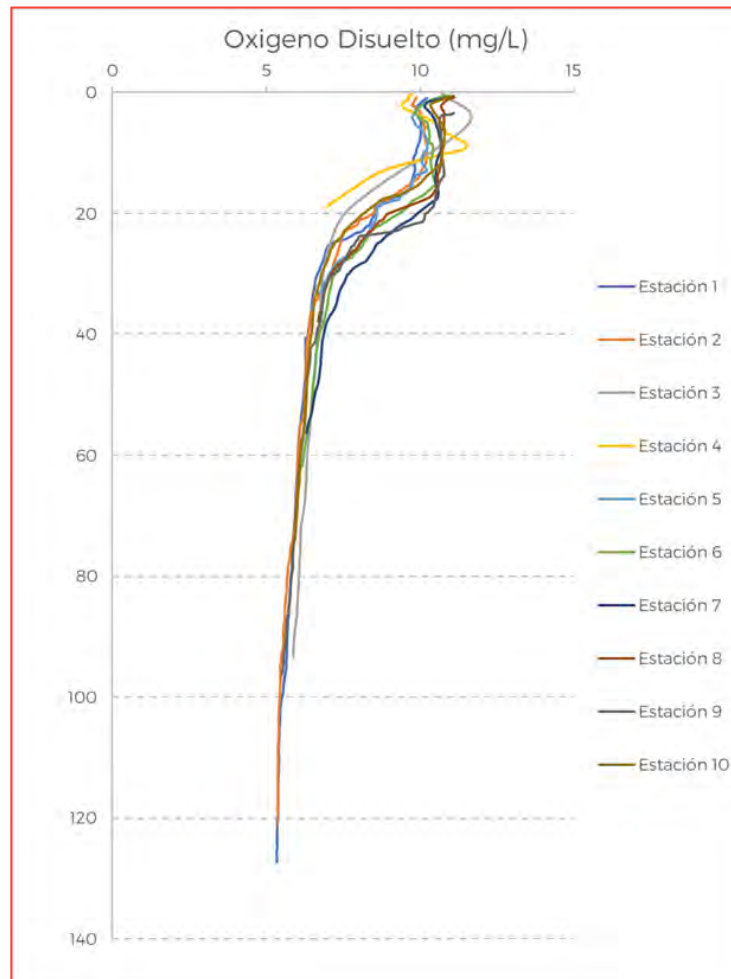


Figura 175 - Perfil de OD en las estaciones de muestreo. Centro A, campaña 2.

5.3.8.1.2 Granulometría



En tabla siguiente se presentan los resultados en porcentajes para arena, fango y grava de las muestras colectadas y en Figura que precede se presentan los gráficos por estación y Ces total. Los análisis indican que el Ces presenta fondo blando en un 60%, predominando la arena con un 65.5%.

Tabla 75 – Granulometría de sedimentos. Centro A, campaña 2.

Estación	Fracción	%
Estación 1	Arena	3.45
	Fango	96.5
	Grava	0.05
Estación 2	Arena	54.64
	Fango	42.51
	Grava	2.86
Estación 3	Arena	-
	Fango	-
	Grava	-
Estación 4	Arena	-
	Fango	-
	Grava	-
Estación 5	Arena	-
	Fango	-
	Grava	-
Estación 6	Arena	83.61
	Fango	1.56
	Grava	14.84
Estación 7	Arena	84.12
	Fango	5.59
	Grava	10.3
Estación 8	Arena	-
	Fango	-
	Grava	-
Estación 9	Arena	75.68
	Fango	19.14
	Grava	5.19
Estación 10	Arena	91.94
	Fango	6.6
	Grava	1.46



Figura 176 – Gráficos en porcentaje del tipo de sedimento del Centro A, campaña 2.

5.3.8.1.3 Materia Orgánica (Mot%), Nitrógeno, Redox, pH y Fósforo,

En tabla siguiente se presentan los valores para Materia Orgánica Total (Mot%), Nitrógeno, Redox, pH y Fósforo del Centro A, registrados en la segunda campaña.

Tabla 76 – Resultados para muestras de sedimento de Materia Orgánica (Mot%), Nitrógeno Redox, pH y Fósforo. Centro A, campaña 2.

ESTACION	Mot%	N%	Redox	pH	P%
Estación 1	6.1	0.12	105.63	7.5	6.82
Estación 2	3.6	0.11	105.53	7.3	0.45
Estación 3	-	-	-	-	-
Estación 4	-	-	-	-	-
Estación 5	-	-	-	-	-
Estación 6	4.1	0.12	278.47	7.6	1.62
Estación 7	5.0	0.13	272.80	7.7	1.66
Estación 8	-	-	-	-	-
Estación 9	5.5	0.14	225.20	7.7	1.80
Estación 10	3.6	0.13	145.00	7.6	1.01

En relación con las variables que poseen límites de aceptabilidad en el numeral 34 de la Res. Ex. N° 3.612/09. (Mot% $\leq$ 9%; Redox $\geq$ 50mV; pH $\geq$ 7.1), las muestras colectadas para Mot% Redox y para la variable pH cumplen en un 100% con la normativa, en imagen que a continuación se presenta se detalla los valores en relación a sus límites de aceptabilidad.

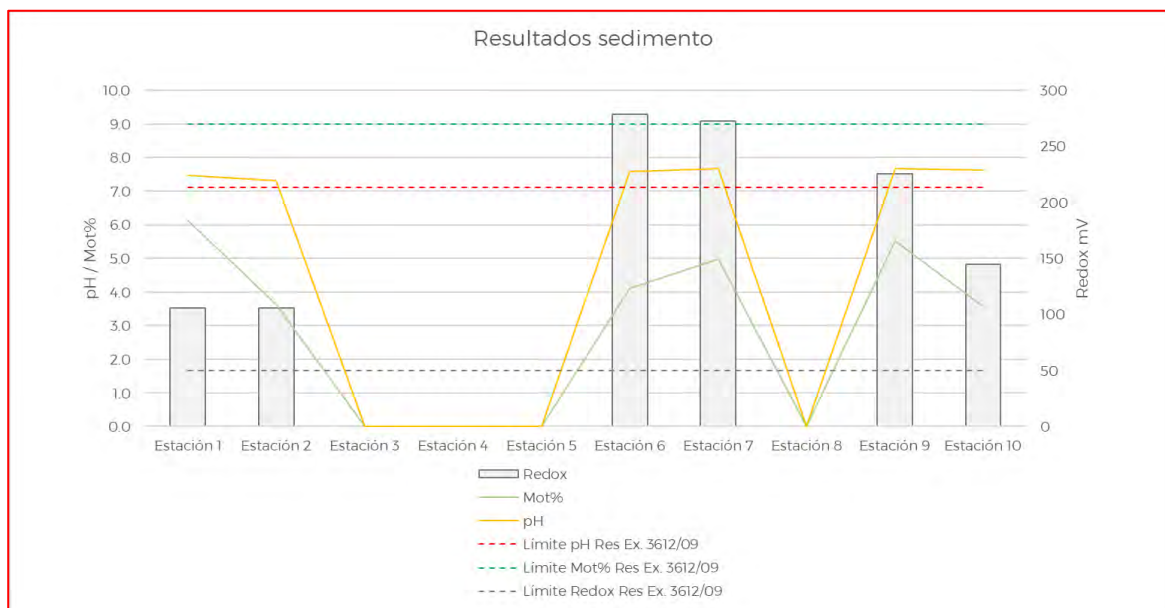


Figura 177 – Gráficos de resultados para sedimentos en relación con límites de aceptabilidad basados en Res. Ex. N° 3.612/09. Centro A, campaña 2.

En relación con las variables registradas para Nitrógeno y Fósforo, teniendo en cuenta los límites establecidos por NIVA (1994), La variable N cumple en todas las estaciones y la variable P solo en 1 estación, a su vez, en relación a los límites establecidos por Upla (2002) los valores asociados a N cumplirían en la totalidad de las estaciones, no obstante, la variable P solo cumpliría en 1 estación.

5.3.8.1.4 Registro Visual

Se realizaron filmaciones submarinas puntuales en aquellas estaciones que presentaron profundidad inferior a 100 m. En la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos para el Ces A relacionados al tipo de sustrato observado y a distintos elementos presentes en el fondo en 7 de las 10 estaciones, a su vez, en la siguiente **Figura 178** se presentan capturas del registro visual por estación. Aquellas estaciones que no se encuentran en la tabla, ni aparecen con capturas, es debido a que las profundidades registradas fueron mayores a 100 m.

Tabla 77 - Resultados registro visual del Centro A, campaña 2.

Estación	Sustrato						Fauna		
	Z (m)	Tipo de sustrato	Partículas en suspensión	Cubiertas de microorganismos	Restos Náúfragos	Burbujas de gas	Biodiversidad en relación con el sustrato	Presencia de restos calcáreos	Fauna no representativa del lugar
E3	59	Duro	✓	x	x	x	media	x	x
E4	30	Duro	x	x	x	x	muy alta	✓	x
E5	62	Duro	✓	x	x	x	alta	✓	x
E6	65	Blando	✓	x	x	x	baja	✓	x
E7	59	Blando	✓	x	x	x	baja	✓	x
E8	39	Duro	✓	x	✓	x	alta	✓	x
E10	75	Blando	✓	x	x	x	baja	✓	✓

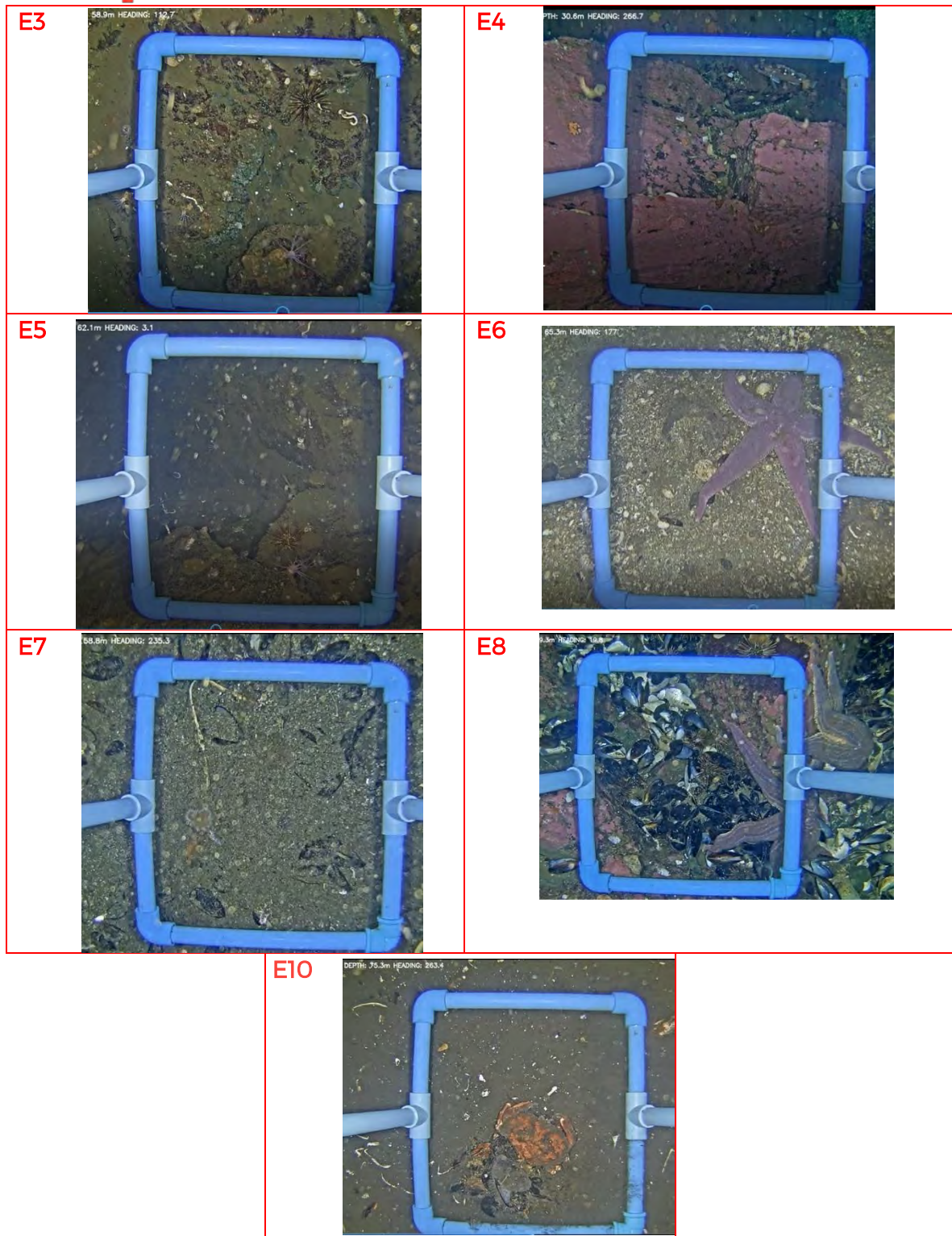


Figura 178 – Capturas obtenidas del Registro Visual para el Centro A, campaña 2.

A continuación, en **Tabla 78** se presentan los resultados para macrofauna observados durante la filmación submarina para cada estación registrada. Aquellas especies que aparecen con un valor en el número de individuos fueron contabilizadas en el cuadrante que corresponde a la captura. Las demás especies sin valor asociado son las registradas durante toda la grabación.

Tabla 78 – Resultados de macrofauna observada en registro visual. Centro A, campaña 2.

Estación	Z (m)	Nombre Común	Nombre Científico	N° individuos	Descripción
E3	59	Erizo flor	<i>Arbacia dufresnii</i>	2	Durante esta inspección se observó un fondo duro con sectores con sedimento sobre él, con presencia de holoturias, estrellas de mar y erizos. Mucho material suspendido, posibles fecas o pellets en suspensión. No se registró la presencia de cubierta de microorganismos, ni burbujas de gas emanando del sustrato.
		Pepino de mar	Clase Holothuroidea	2	
		Estrella brazo de sogá	<i>Henricia studei</i>	-	
E4	30	Cabrilla, chancarro	<i>Sebastes oculatus</i>	1	Durante esta inspección se observó un fondo duro con sectores con sedimento sobre él, con presencia de peces, caracoles, holoturias, actinias, coral látigo y algas crustosas. Se registro la presencia de valvas de bivalvos (mitílidos y almejas). No se registró la presencia de cubierta de microorganismos, ni burbujas de gas emanando del sustrato.
		Alga crustosa	<i>Lithothamnion calcareum</i>	90%	
		Caracol negro	<i>Tegula atra</i>	-	
		Caracol	Clase Gastropoda	-	
		Pepino de mar	Clase Holothuroidea	-	
		Coral látigo	<i>Primnoella chilensis</i>	-	
		Anemona naranja	<i>Actinostola chilensis</i>	-	
		Pepino de roca	<i>Psolus sp.</i>	-	
E5	62	Erizo flor	<i>Arbacia dufresnii</i>	1	Durante esta inspección se observó un fondo duro con sectores con sedimento sobre él, con presencia de holoturias, actinias, erizos y coral látigo. Se registro la presencia de valvas de bivalvos (mitílidos y almejas). Materias suspendido, que podría ser fecas o pellets. No se registró la presencia de cubierta de
		Holoturias	Clase Holothuroidea	3	
		Anemona naranja	<i>Actinostola chilensis</i>	-	
		Coral látigo	<i>Primnoella chilensis</i>	-	
		Brachiopodo	<i>Magellania venosa</i>	-	

Estación	Z (m)	Nombre Común	Nombre Científico	N° individuos	Descripción
					microorganismos, ni burbujas de gas emanando del sustrato.
E6	65	Estrella morada	<i>Cosmasterias lurida</i>	1	Durante esta inspección se observó un fondo blando, cubierto de valvas de mitílidos y poca diversidad, observando pocos ejemplares de erizos y estrellas. No se registró la presencia de cubierta de microorganismos, ni burbujas de gas emanando del sustrato.
		Erizo flor	<i>Arbacia dufresnii</i>	-	
E7	59	Anemona lobulada	<i>Antholoba achates</i>	1	Durante esta inspección se observó un fondo blando, con gran cantidad de valvas de mitílidos y poca presencia de biodiversidad, solo presencia de actinias. No se registró la presencia de cubierta de microorganismos, ni burbujas de gas emanando del sustrato.
E8	39	Choritos	<i>Mytilus chilensis</i>	30	Durante esta inspección se observó un fondo duro con sectores con sedimento sobre él, con presencia de estrellas de mar, erizos, holoturias y algas crustosas, gran cantidad de valvas de mitílidos y algunos vivos. Un cabo en el fondo. No se registró la presencia de cubierta de microorganismos, ni burbujas de gas emanando del sustrato.
		Estrella morada	<i>Cosmasterias lurida</i>	1	
		Erizo flor	<i>Arbacia dufresnii</i>	6	
		Alga crustosa	<i>Lithothamnion calcareum</i>	40%	
		Estrella brazo de sogá	<i>Henricia studei</i>	-	
		Pepino de mar	Clase Holothuroidea	-	
E10	75	Jaiba marmola	<i>Cancer edwardsi</i>	1	Durante esta inspección se observó un fondo blando, con muchas partículas en suspensión y la presencia de poca diversidad, solo una agregación de choritos y una jaiba. Probablemente estos choritos cayeron de las cuelgas. No se registró la presencia de cubierta de microorganismos, ni burbujas de gas emanando del sustrato.
		Choritos	<i>Mytilus chilensis</i>	10	

5.3.8.1.5 Macroinvertebrados colectados mediante muestreo con Draga

5.3.8.1.5.1 Índices

Los resultados de los índices comunitarios de la campaña 2, para el Ces se encuentran en la siguiente Tabla, para la obtención de las muestras estas fueron colectadas mediante draga hasta una profundidad máxima de 200 metros.

Tabla 79 - Índices comunitarios (FD: Fondo duro, SF: Sin fauna). Centro A, campaña 2.

Estación	S	N	J'	H'(log2)	Lambda
E1	22	360	2,025	4,194	0,066
E2	8	120	2,419	2,855	0,153
E3	FD/SF	FD/SF	FD/SF	FD/SF	FD/SF
E4	FD/SF	FD/SF	FD/SF	FD/SF	FD/SF
E5	FD/SF	FD/SF	FD/SF	FD/SF	FD/SF
E6	1	10	0	0	1
E7	9	230	2,874	2,73	0,187
E8	FD/FS	FD/SF	FD/SF	FD/SF	FD/SF
E9	5	60	2,623	2,252	0,222
E10	2	20	4,322	1	0,5

5.3.8.1.5.2 Composición taxonómica y bioindicadores

En el sector se detectaron especies bioindicadora (tipo IV y V, según AMBI). Estas especies se detallan en tabla siguiente.

Tabla 80 - Especies bioindicadoras. Centro A, Campaña 2.

Especie	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
<i>Capitella sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3
<i>Nassarius coppingeri</i>	0	13	0	0	0	3	3	0	3	0

5.3.8.1.5.3 Índices AMBI y m-AMBI

Respecto de los resultados del AMBI durante la segunda campaña de muestreo (Tabla siguiente), en general, las comunidades macrobentónicas con mayor nivel de degradación fueron registradas en las estaciones E6 y E10.

Tabla 81 - Resultados de AMBI, Centro A, campaña 2.

Centro	E 1	E 2	E 3	E 4	E 5	E 6	E 7	E 8	E 9	E 10
Centro A	1.08	2.13	-	-	-	4.5	2.8	-	3.5	4.5

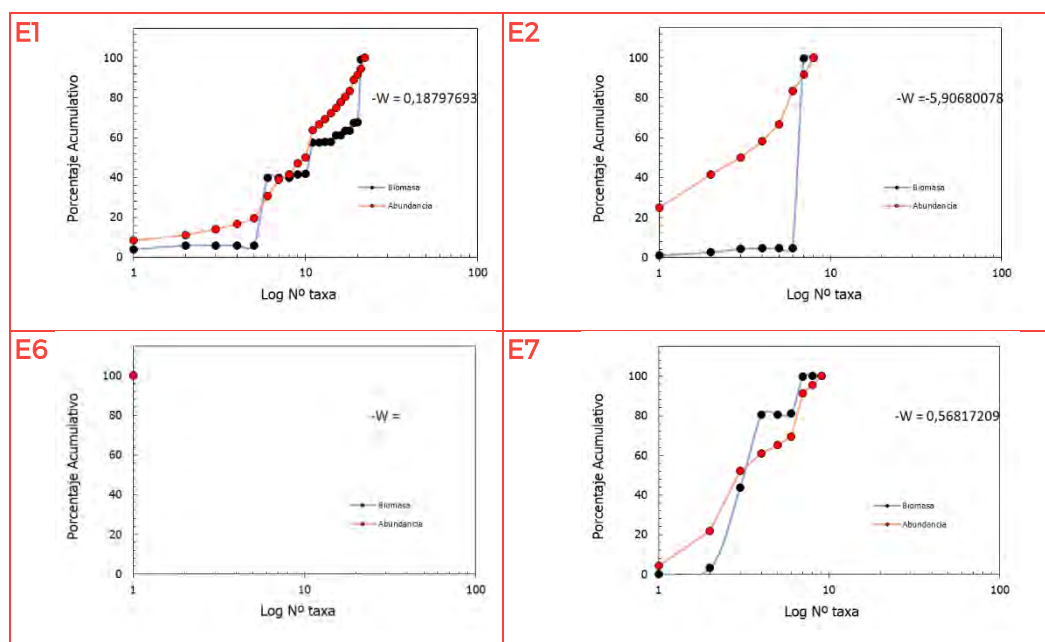
Los resultados del M-AMBI, para la segunda campaña de muestreo (Tabla siguiente) indican que en general la estación E1, presenta los mayores valores del M-AMBI, por lo cual tendría las comunidades macrobentónicas con un mayor nivel de degradación.

Tabla 82 - Resultados de M-AMBI, Centro A, campaña 2.

Centro	E 1	E 2	E 3	E 4	E 5	E 6	E 7	E 8	E 9	E 10
Centro A	0.81	0.52	-	-	-	0.09	0.4	-	0.36	0.2

5.3.8.1.5.4 Curvas ABC

Los resultados observados a partir de las curvas ABC (**Figura 179**), indican que existe un desequilibrio en las comunidades de macroinvertebrados bentónicos en las estaciones E2, E9 y E10, en donde la abundancia acumulada es superior a la biomasa acumulada, por el contrario, las estaciones E1 y E7 presentan un leve equilibrio comunitario, gracias a ciertas a la biomasa de algunas taxa. Las estaciones E3, E4, E5 y E8 no registraron macrofauna bentónica.



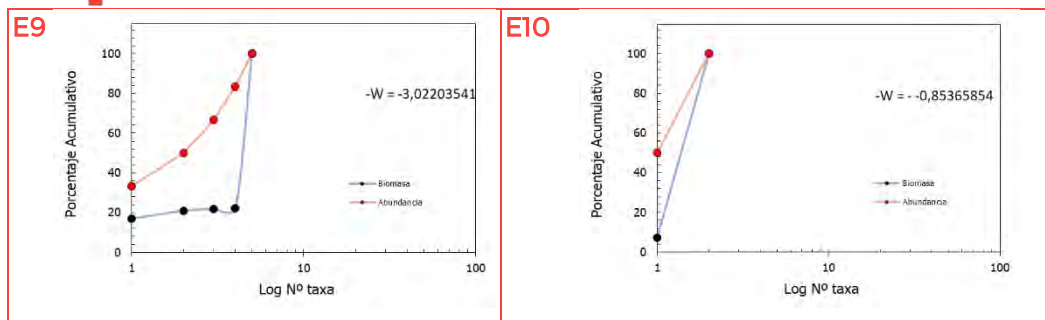


Figura 179- Curvas ABC. Centro A.

5.3.8.1.6 Relaciones Entre Variables

Los resultados indican que a menor distancia de la zona "0", es decir, la zona de mayor depositación, menor será la condición óxica del sedimento. En consecuencia, a menos de 250 m existe una alta correlación (R^2 : 0,971) de registrar sustratos perturbados, sin embargo, la condición óxica del centro alcanza el mejor registro partir de los 500 m respecto de la zona "0" (Figura 180).

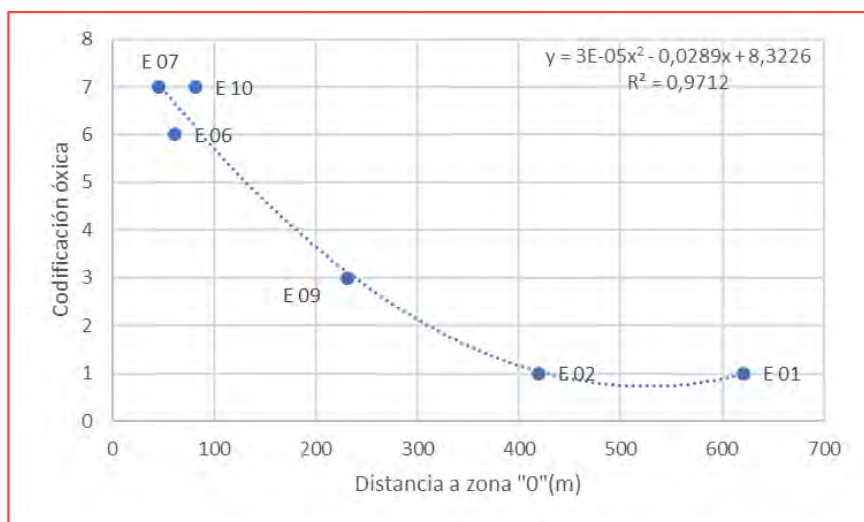


Figura 180 - Relación entre distancia a la zona "0" y la condición óxica en el Centro A.

Respecto de la relación entre la la distancia y la Materia Orgánica Total en el sustrato, los resultados hacen presumir que existe transporte de materia orgánica desde las zonas de mayor acumulación de materia orgánica hacia sectores alejados de la zona "0". Esta relación se desprende de la Figura 181, que indica que la MOT aumenta a partir de los 100 m desde de la zona "0".

Este patrón podría estar relacionado con la acción de las corrientes de fondo y/o la batimetría del lugar, según se desprende del bajo grado de correlación existente entre la distancia desde la zona "0" y la MOT ($R^2: 0,147$).

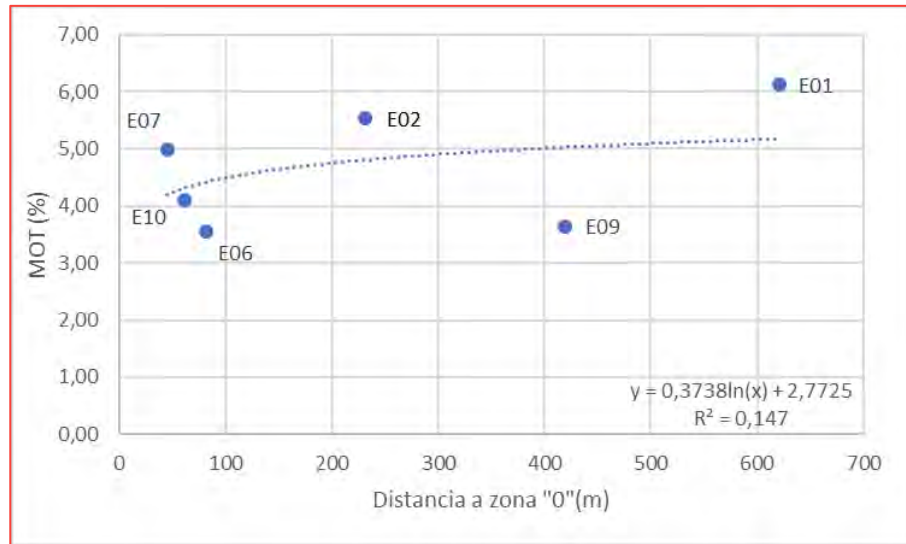


Figura 181 - Relación entre distancia a la zona "0" y MOT (%) en el Centro A.

Respecto a la relación entre la distancia y la cantidad de Carbono en el sedimento (**Figura 182**), existe buen ajuste entre estas variables ($R^2: 0,858$), en dónde el carbono comienza a disminuir ostensiblemente a medida que se incrementa la distancia desde la zona "0", alcanzado valores mínimos a partir de los 550 m. Estos resultados se contraponen con la tendencia descrita para la MOT y probablemente responda a que en la composición de la MOT participan otros parámetros además del Carbono (Nitrógeno total y/o Fósforo total).

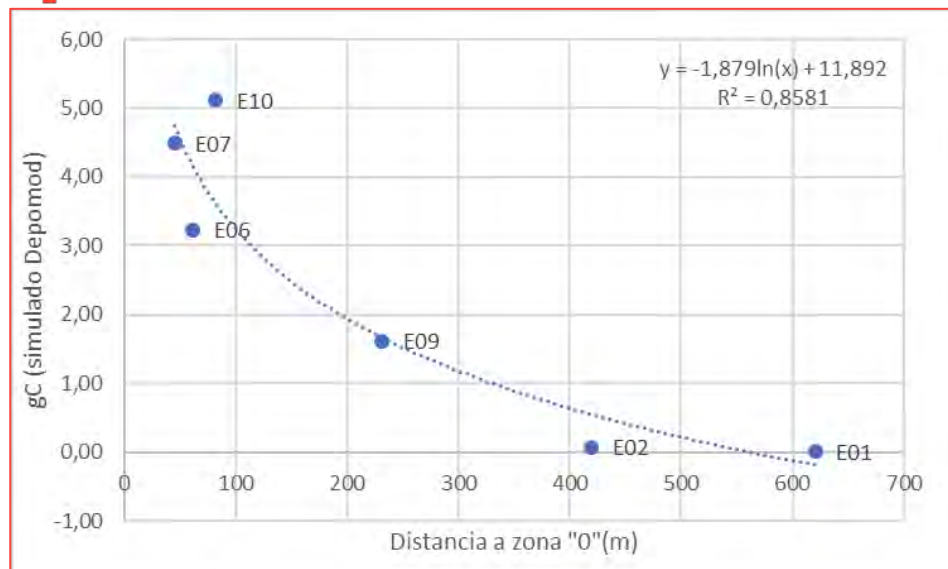


Figura 182 - Relación entre distancia a la zona "0" y g de carbono en el Centro A.

En cuanto a la relación entre la distancia a la zona "0" y el pH, se puede observar (**Figura 183**) que al aumentar la distancia desde la zona "0" la condición de pH se torna levemente neutra a partir de los 500 m aproximadamente. Sin embargo, en todas las estaciones prospectadas los valores no registraron mayores variaciones.

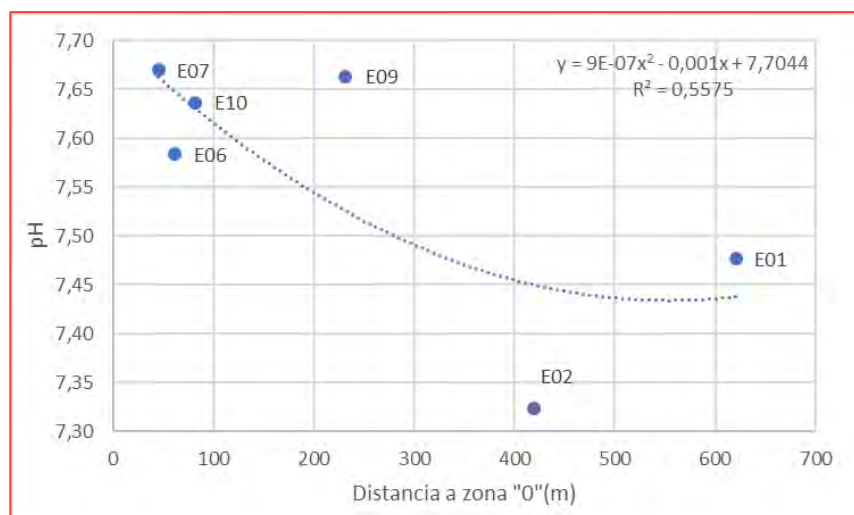


Figura 183 - Relación entre distancia a la zona "0" y pH en el Centro A.

Es importante señalar que el valor del AMBI registrado en el centro "A" mejora a medida que las estaciones se alejan de la zona "0" (**Figura 184**), condición que podría depender de variables que inciden en los grupos taxonómicos bioindicadores, tales como el tipo de

sustrato y/o el aumento de la profundidad; esta situación explicaría el ajuste discreto entre la distancia desde la zona "O" y el *AMBI* (R^2 : 0,581). Cabe señalar que la acumulación de materia orgánica impacta negativamente la composición de especies y estructura comunitaria de la macrofauna bentónica, sin embargo, la concentración de parámetro se incrementa a medida que aumenta la distancia desde la zona "O".

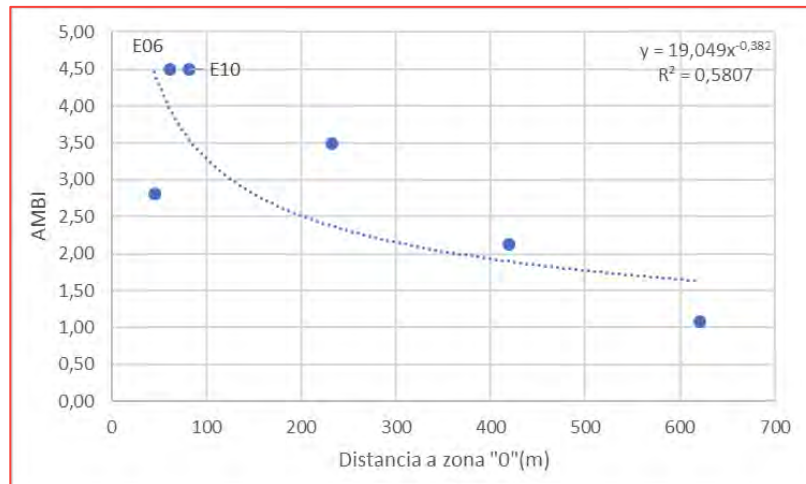


Figura 184 - Relación entre distancia a la zona "O" y AMBI en el Centro A.

Los resultados indican que la diversidad específica aumenta con la distancia a la zona "O" (**Figura 185**). Sin embargo, el grado de ajuste entre estas dos variables es bajo (R^2 : 0,483). Eventualmente, este patrón tendría relación con el grado de enriquecimiento orgánico, ya que a mayor distancia de la zona "O", aumenta la concentración de materia orgánica, lo cual debiese tener cierto grado de incidencia en las comunidades bentónicas.

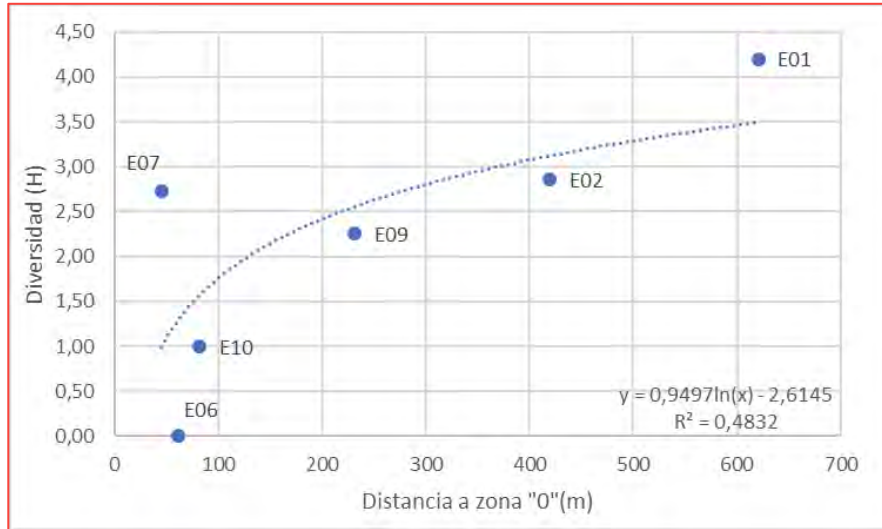


Figura 185 - Relación entre distancia a la zona "O" y el índice de diversidad (H') en el Centro A.

En cuanto a la relación entre la distancia desde la zona "O" y el Nitrógeno total presente en el sustrato (**Figura 186**), se exhibe una tendencia a la disminución de este último. Sin embargo, el nivel de ajuste observado entre estas dos variables es bajo (R^2 : 0,162), lo que podría tener relación con el aumento en la concentración de materia orgánica a medida que se incrementa la distancia desde la zona "O". En este sentido la batimetría y/o las corrientes podrían tener relación con el bajo nivel de ajuste registrado.

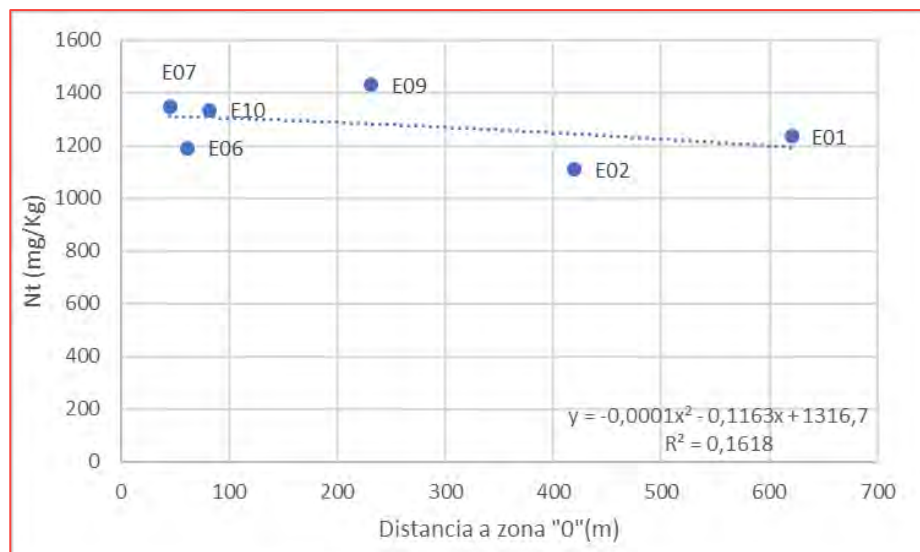


Figura 186 - Relación entre distancia a la zona "O" y nitrógeno total en el Centro A.

Respecto de la relación entre la distancia desde la zona "0" y la concentración de Fósforo total (**Figura 187**), el nivel de ajuste entre estas variables es bastante bajo (R^2 : 0,138). No obstante, se observa una tendencia al aumento en la concentración de este parámetro en el sustrato, lo cual podría tener relación con el aumento en la concentración de la Materia Orgánica a medida que se incrementa la distancia desde la zona "0".

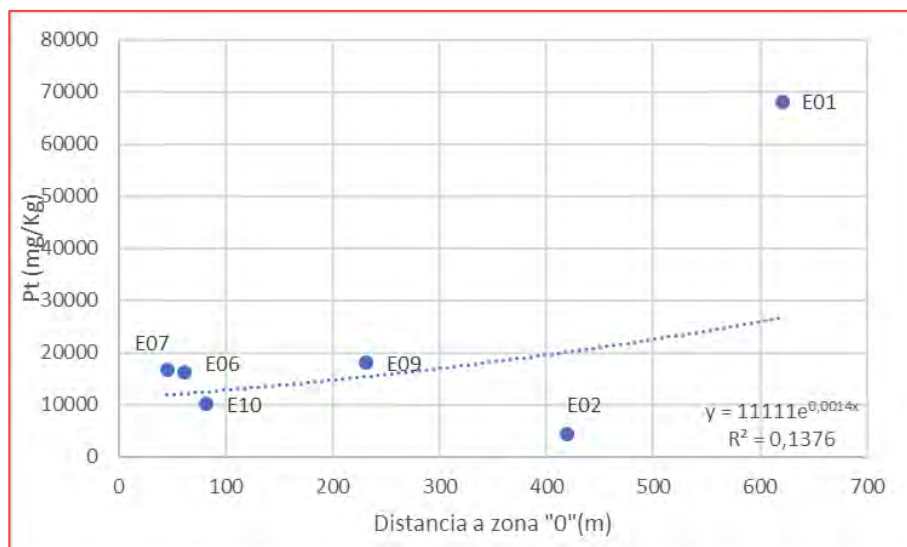


Figura 187 - Relación entre distancia a la zona "0" y el fósforo total en el Centro A.

Como se expuso anteriormente, en el proceso de acumulación de MOT en el sustrato inciden variables como la profundidad y/o batimetría. En este sentido, en el centro A (**Figura 188**), si bien no existe un buen nivel de ajuste entre estas dos variables (R^2 : 0,085), se observa cierta tendencia al aumento de la materia orgánica a medida que se incrementa la profundidad. Sin embargo, este bajo nivel de ajuste puede estar influenciado por otras variables que modulan el transporte de materia orgánica como el forzante de corrientes.

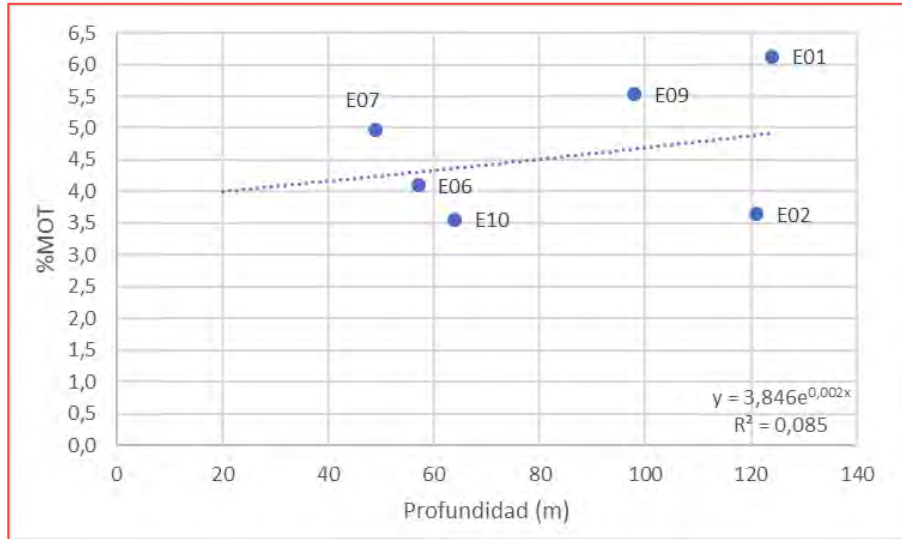


Figura 188 - Relación entre la profundidad y MOT (%) en el Centro A.

5.3.8.2.1 Perfiles de Oxígeno Disuelto

Los perfiles de OD dan cuenta de un estrato superficial homogéneo entre las distintas estaciones, con valores entorno a los 10 mg/L. Es importante señalar que las máximas concentraciones de OD se observan a los 10 metros de profundidad aproximadamente, para comenzar a disminuir ostensiblemente hasta los 20 metros, dando paso a una columna de agua bastante homogénea, sin observar concentraciones de oxígeno bajo los límites de aceptabilidad señalados en el Numeral N° 34 de la Res. Ex. N° 3.612/09 y sus modificaciones. Los valores mínimos registrados bordean los 5 mg/L como se puede apreciar en imagen siguiente.

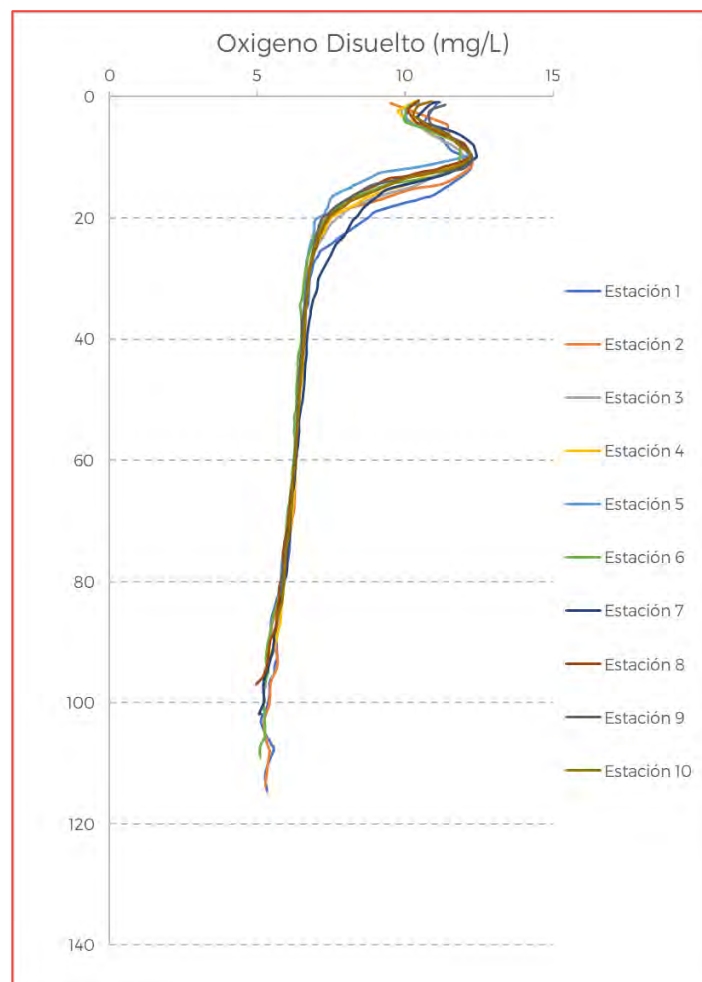


Figura 189 - Perfil de OD en las estaciones de muestreo. Centro B, campaña 2.



5.3.8.2.1 Granulometría

En tabla siguiente se presentan los resultados en porcentajes para arena, fango y grava de las muestras colectadas y en **Figura 190**, se presentan los gráficos por estación y Ces total. Los análisis indican que el Ces presenta fondo blando en un 100%, predominando el Fango con un 49.8%

Tabla 83 – Granulometría de sedimentos. Centro B, campaña 2.

Estación	Fracción	%
Estación 1	Arena	27.34
	Fango	66.54
	Grava	6.12
Estación 2	Arena	19.6
	Fango	78.29
	Grava	2.11
Estación 3	Arena	67.65
	Fango	32.18
	Grava	0.15
Estación 4	Arena	82.2
	Fango	17.27
	Grava	0.53
Estación 5	Arena	67.04
	Fango	32.67
	Grava	0.29
Estación 6	Arena	13.52
	Fango	79.71
	Grava	6.77
Estación 7	Arena	25.03
	Fango	73.46
	Grava	1.52
Estación 8	Arena	45.62
	Fango	53.46
	Grava	0.92
Estación 9	Arena	55.52
	Fango	44.22
	Grava	0.26
Estación 10	Arena	78.81
	Fango	21.11
	Grava	0.07



Figura 190 – Gráficos en porcentaje del tipo de sedimento del Centro B, campaña 2.

5.3.8.2.1 Materia Orgánica (Mot%), Nitrógeno, Redox, pH y Fósforo,

En tabla siguiente se presentan los valores para Materia Orgánica (Mot%), Nitrógeno, Redox, pH y Fósforo del Centro B, registrados en la segunda campaña.

Tabla 84 – Resultados para muestras de sedimento de Materia Orgánica (Mot%), Nitrógeno Redox, pH y Fósforo. Centro B, campaña 2.

ESTACION	Mot%	N%	Redox	pH	P%
Estación 1	9.8	0.30	-6.33	7.2	1.25
Estación 2	7.1	0.20	-105.30	7.3	0.11
Estación 3	2.7	0.21	-12.47	7.3	0.50
Estación 4	2.0	0.23	139.30	7.5	0.32
Estación 5	1.9	0.25	140.87	7.5	0.34
Estación 6	6.7	0.26	-180.33	7.6	1.33
Estación 7	4.3	0.18	-170.70	7.7	0.73
Estación 8	2.3	0.19	8.20	7.7	0.11
Estación 9	1.9	0.21	139.47	7.5	0.03
Estación 10	2.6	0.24	75.33	7.5	0.41

En relación con las variables que poseen límites de aceptabilidad en el numeral 34 de la Res. Ex. N° 3.612/09. (Mot% $\leq$ 9%; Redox $\geq$ 50mV; pH $\geq$ 7.1). La estación E1 no cumple para Mot%, para la variable Redox solo cumplen 4 estaciones y para pH todas estas cumplen. En la **Figura 191** se presentan los resultados para las variables que tienen límite de aceptabilidad en Res. Ex. N° 3.612/09.

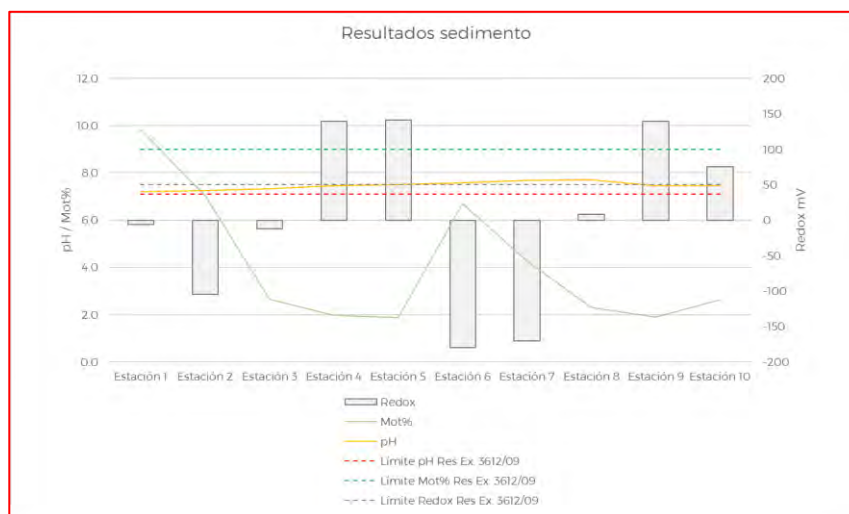


Figura 191 – Gráficos de resultados para sedimentos en relación con límites de aceptabilidad basados en Res. Ex. N° 3.612/09. Centro B, campaña 2.

En relación con las variables registradas para Nitrógeno y Fósforo, teniendo en cuenta los límites establecidos por NIVA (1994), La variable N cumple solo en 2 estaciones y la variable P solo en 1 estación, a su vez, en relación a los límites establecidos por Upla (2002) los valores asociados a N cumplirían en la totalidad de las estaciones, no obstante, la variable P solo cumpliría en 8 estaciones.

5.3.8.2.2 Registro Visual

Se realizaron filmaciones submarinas puntuales en aquellas estaciones que presentaron profundidad inferior a 100 m. En la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos para el Ces B relacionados al tipo de sustrato observado y a distintos elementos presentes en el fondo en 5 de las 10 estaciones, a su vez, en la **Figura 192** se presentan capturas del registro visual por estación. Aquellas estaciones que no se encuentran en la tabla, ni aparecen con capturas, es debido a que las profundidades registradas fueron mayores a 100 m.

Tabla 85 – Resultados registro visual. Centro B, Campaña 2.

Estación	Sustrato						Fauna		
	Profundidad (m)	Tipo de sustrato	Partículas en suspensión	Cubiertas de microorganismos	Restos Náuticos	Burbujas de gas	Biodiversidad en relación con el sustrato	Presencia de restos calcáreos	Fauna no representativa del lugar
E3	99	Blando	✓	x	x	x	0	x	x
E4	96	Blando	✓	x	x	x	media	✓	x
E7	105	Blando	✓	✓	x	x	0	x	x
E8	97	Blando	✓	x	x	x	0	x	x
E9	76	Blando	✓	x	x	x	0	x	x

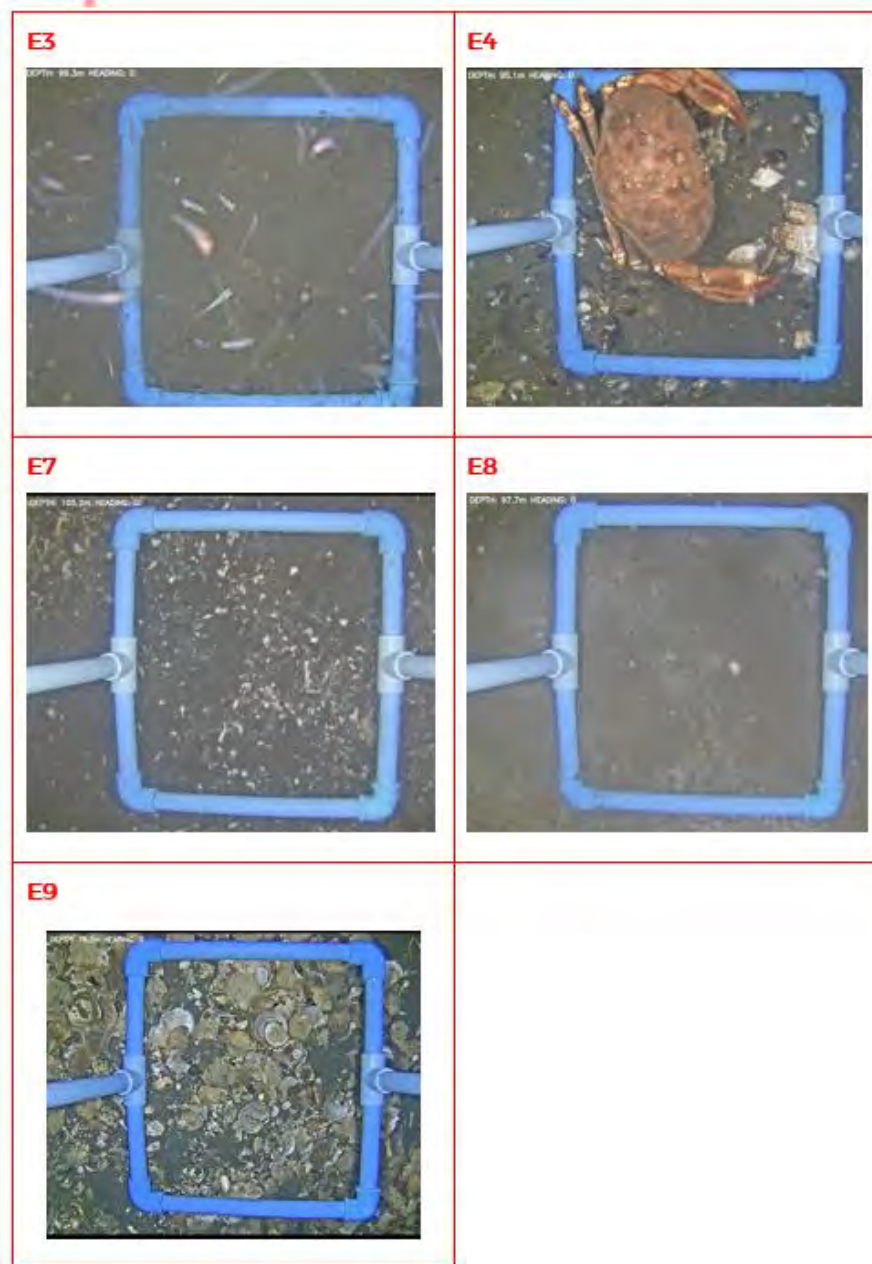


Figura 192 – Capturas obtenidas del Registro Visual para el Centro B, campaña 2.

A continuación, en **Tabla 86** se presentan los resultados para macrofauna observados durante la filmación submarina para cada estación registrada. Aquellas especies que aparecen con un valor en el número de individuos fueron contabilizadas en el cuadrante que corresponde a la captura. Las demás especies sin valor asociado son las registradas durante toda la grabación.

Tabla 86 – Resultados de macrofauna observada en registro visual. Centro B, campaña 2.

Estación	Z (m)	Nombre Común	Nombre Científico	N° individuos	Descripción
E3	99	N/A	N/A	N/A	El registro visual fue realizado a una profundidad de 99 metros. Durante esta inspección se observó un fondo blando, con muchas partículas en suspensión, sin presencia de fauna bentónica, pero si con gran abundancia de crustáceos en la columna de agua cercana al fondo. No se registró la presencia de cubierta de microorganismos, ni burbujas de gas emanando del sustrato.
E4	96	Jaiba marmola	<i>Cancer edwardsi</i>	1	El registro visual fue realizado a una profundidad de 96 metros. Durante esta inspección se observó un fondo blando, con muchas partículas en suspensión, con poca presencia de fauna bentónica, pero si con gran abundancia d crustáceos en la columna de agua cercana al fondo. Muchas valvas de mitílidos y conchas de picorotos.
		Anemona naranja	<i>Actinostola chilensis</i>	-	
		Erizo flor	<i>Arbacia dufresnii</i>	-	
E7	105	N/A	N/A	N/A	El registro visual fue realizado a una profundidad de 105 metros. Durante esta inspección se observó un fondo blando, cubierto de bacterias filamentosas. Gran abundancia de crustáceos en la columna de agua cercana al fondo

Estación	Z (m)	Nombre Común	Nombre Científico	N° individuos	Descripción
E8	97	N/A	N/A	N/A	El registro visual fue realizado a una profundidad de 97 metros. Durante esta inspección se observó un fondo blando con muchas partículas en suspensión. No se registró la presencia de cubierta de microorganismos, ni burbujas de gas emanando del sustrato.
E9	76	N/A	N/A	N/A	El registro visual fue realizado a una profundidad de 76 metros. Durante esta inspección se observó un fondo blando con muchas partículas en suspensión, cubierto de valvas de ostión. No se registró la presencia de cubierta de microorganismos, ni burbujas de gas emanando del sustrato.

5.3.8.2.3 Macroinvertebrados colectados mediante muestreo con Draga

5.3.8.2.3.1 Índices

Los resultados de los índices comunitarios de la campaña 2, para el Ces se encuentran en la siguiente Tabla, para la obtención de las muestras estas fueron colectadas mediante draga hasta una profundidad máxima de 200 metros.

Tabla 87 - Índices comunitarios (FD: Fondo duro, SF: Sin fauna). Centro B, campaña 2.

Estación	S	N	J'	H'(log2)	Lambda
E1	1	70	0	0	1
E2	6	80	2,529	2,5	0,188
E3	11	110	1,96	3,459	0,091
E4	8	180	2,891	2,592	0,216
E5	10	320	4,446	1,872	0,484
E6	1	0	0	0	0
E7	1	30	0	0	1
E8	9	530	5,714	1,584	0,552
E9	4	60	3,295	1,792	0,333
E10	8	100	2,334	2,846	0,16

5.3.8.2.3.2 Composición taxonómica y bioindicadores

En el sector se detectaron especies bioindicadora (tipo IV y V, según AMBI). Estas especies se detallan en tabla siguiente.

Tabla 88 - Especies bioindicadoras. Centro B, campaña 2.

Especie	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
<i>Capitella sp.</i>	23	3	3	0	0	0	0	7	0	0
<i>Dorvilleidae</i>	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0
<i>Nassarius coppingeri</i>	0	13	0	0	0	3	3	0	3	0

5.3.8.2.3.3 Índices AMBI y m-AMBI

Respecto de los resultados del AMBI durante la segunda campaña de muestreo (Tabla siguiente), en general, las comunidades macrobentónicas con mayor nivel de degradación fueron registradas en las estaciones E6 seguido por la E1.

Tabla 89 - Resultados de AMBI. Centro B, campaña 2.

Centro	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
Centro B	6.00	2.44	1.09	2.58	1.27	7.00	4.50	4.16	3.00	1.05

Los resultados del M-AMBI, para la segunda campaña de muestreo (Tabla siguiente) indican que en general la estación E3, presenta los mayores valores del M-AMBI, por lo cual tendría las comunidades macrobentónicas con un mayor nivel de degradación.

Tabla 90 - Resultados de M-AMBI. Centro B, campaña 2.

Centro	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
Centro B	0.02	0.52	0.66	0.53	0.48	0.04	0.09	0.30	0.31	0.51

5.3.8.2.3.4 Curvas ABC

Los resultados obtenidos a partir de las curvas ABC (**Figura 193**) para el centro B, indican que el estado de las comunidades compuestas por macroinvertebrados bentónicos presentan cierto grado de deterioro, esto debido a los valores negativos de W en las estaciones E3, E4, E9 y E10, observándose una mayor abundancia acumulada, respecto de la biomasa acumulada. En la estación E1 solo se registró un taxón, razón por la cual no existen valores de W, por otra parte, la estación E6 no registró macrofauna bentónica.

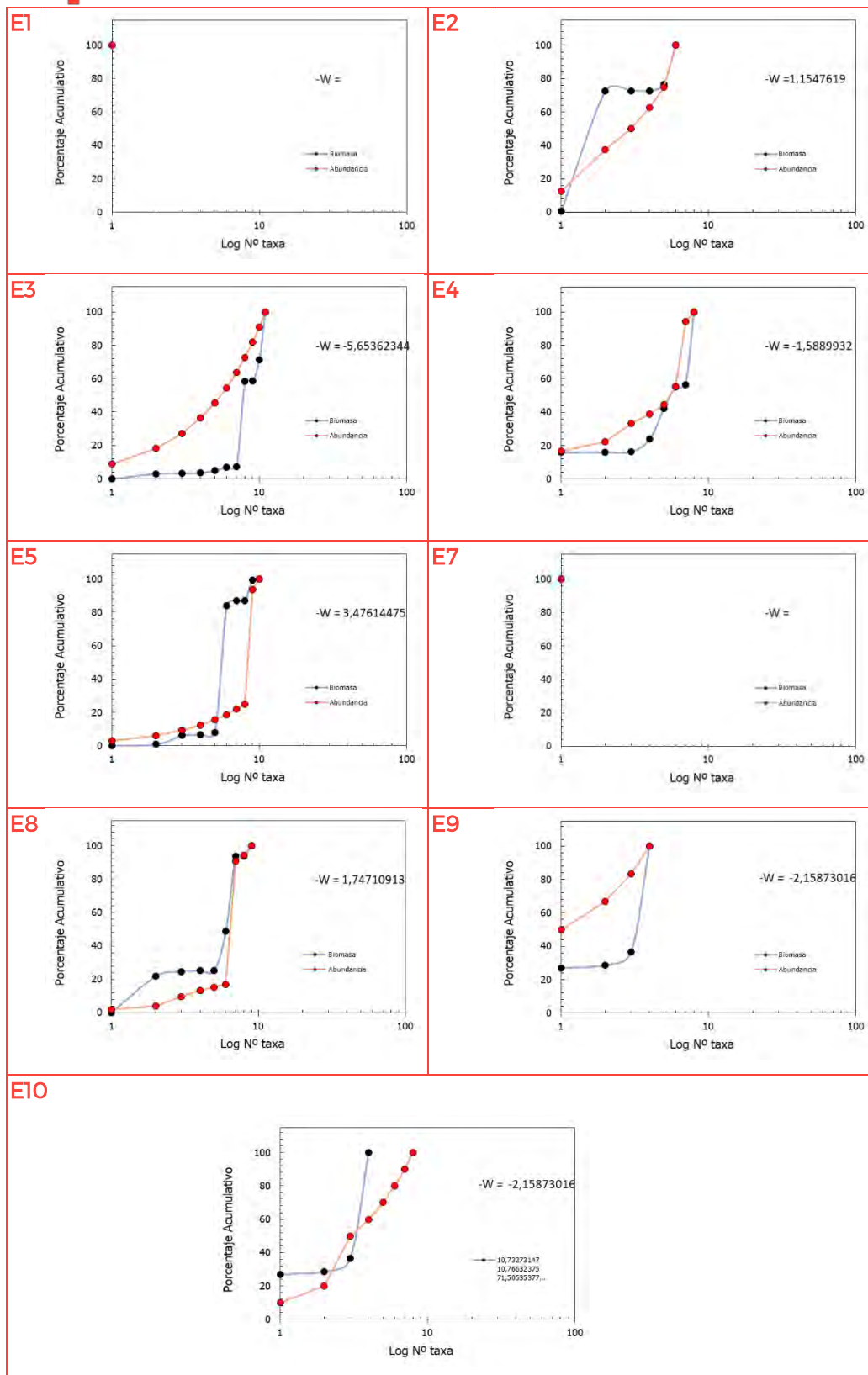


Figura 193 - Curvas ABC. Centro B.

5.3.8.2.4 Relaciones Entre Variables

Respecto de la condición óxica del centro B (**Figura 194**), los resultados indican que mientras mayor es la distancia a la zona "0", es decir la zona de mayor deposición, mayor será la condición óxica del sedimento, alcanzado la mejor condición aproximadamente a 300 m de la zona "0"

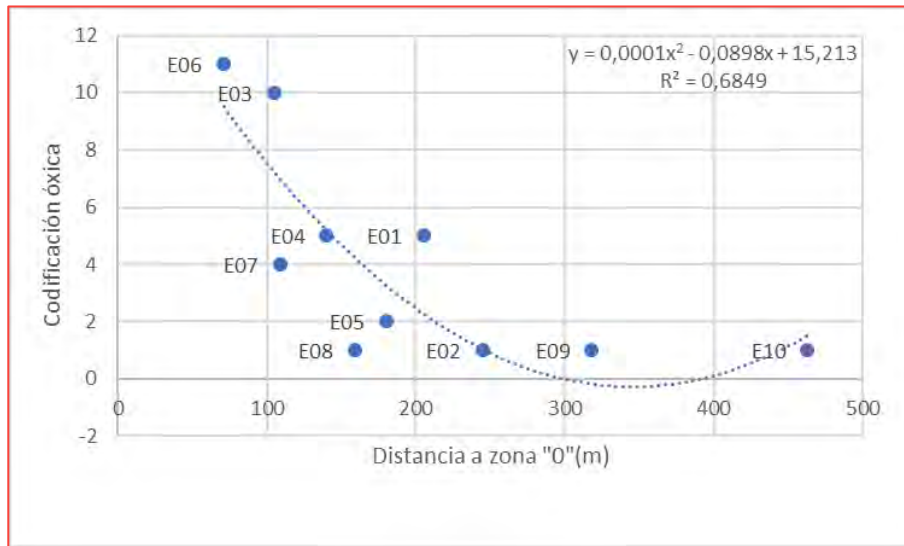


Figura 194 - Relación entre distancia a la zona "0" y la condición óxica en el Centro B.

En cuanto al porcentaje de MOT, si bien se observa cierta tendencia a la disminución en la concentración de este parámetro a medida que se incrementa la distancia desde la zona "0" (**Figura 195**), no se observa un nivel de relación importante entre estas dos variables (R^2 : 0,019), lo cual puede estar influenciado por otras variables que modulan la acumulación de materia orgánica, como la batimetría o corrientes de fondo.

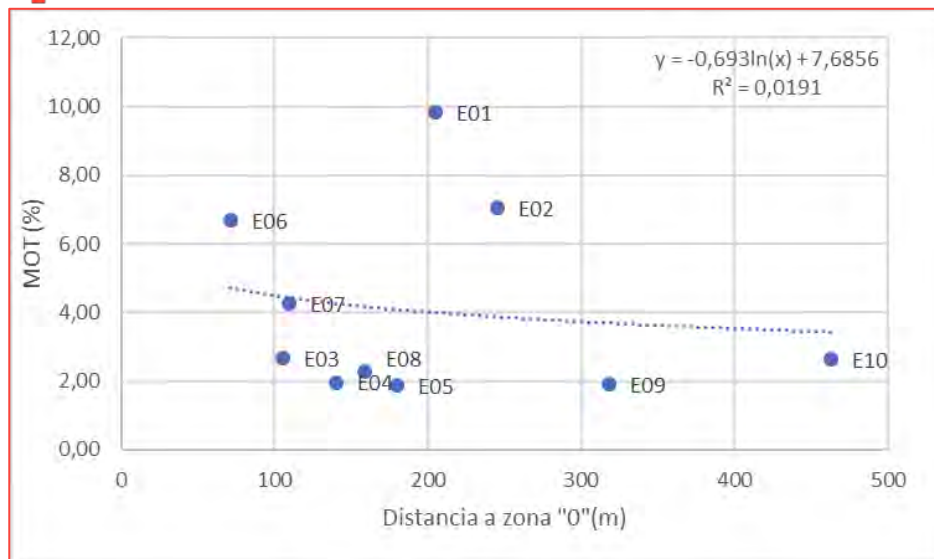


Figura 195 - Relación entre distancia a la zona "0" y MOT (%) en el Centro B.

Respecto de la concentración de Carbono a medida que aumenta la distancia desde la zona "0" (**Figura 196**), se observa una disminución de este parámetro, alcanzando valores mínimos aproximadamente a los 320 m. Estos resultados coinciden en cierta medida con la leve disminución de la MOT en el sustrato.

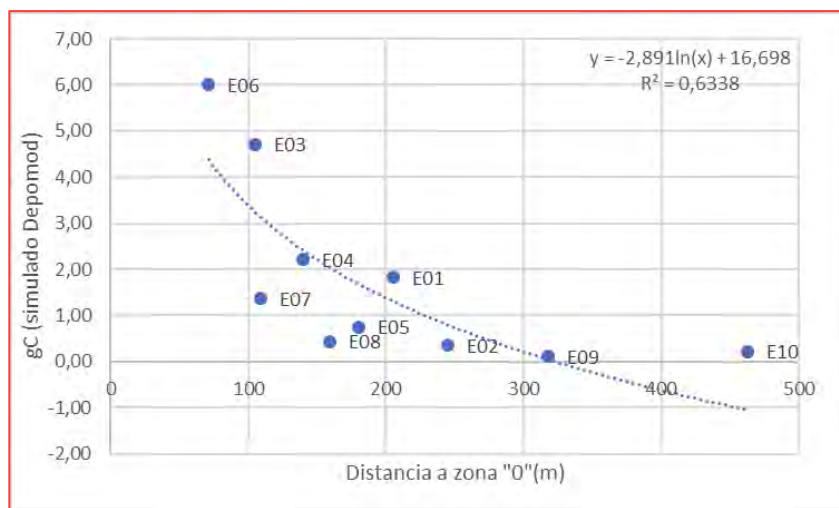


Figura 196 - Relación entre distancia a la zona "0" y g de Carbono en el Centro B.

Respecto de la relación entre la distancia a la zona "0" y el pH (**Figura 197**), los resultados muestran una tendencia a la baja con el aumento de la distancia desde la zona "0". Sin embargo, el sustrato no adquiere una condición ácida, alcanzando valores mínimos a los 300 m desde la zona de mayor acumulación (zona "0"). El bajo grado de correlación entre

estas variables (R^2 : 0,217), al igual que las descritas anteriormente para el centro B, puede tener relación con otras variables ambientales que modulan la acumulación de nutrientes en el sustrato (corrientes, batimetría y/o tipo de sustrato).

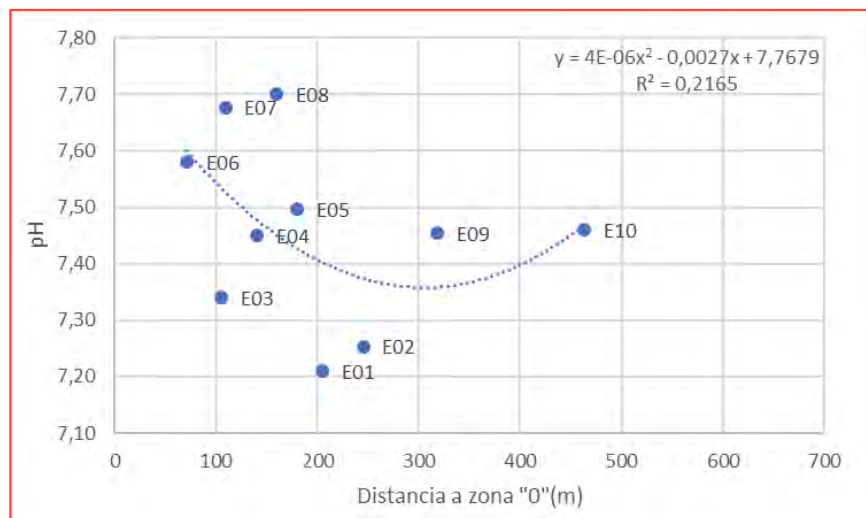


Figura 197 - Relación entre Distancia a la zona "O" y pH en el Centro B.

Respecto de la relación entre la distancia a la zona "O" y el AMBI (**Figura 198**), existe un bajo nivel de ajuste entre estas variables (R^2 : 0,176), no obstante, se observa una mejora en los resultados del índice a medida que se incrementa la distancia a la zona de mayor impacto, al igual que en los resultados expuestos anteriormente para el centro B.

El bajo nivel de ajuste puede ser resultado de la influencia de otras variables como cambios en el tipo de sustrato y/o profundidad.

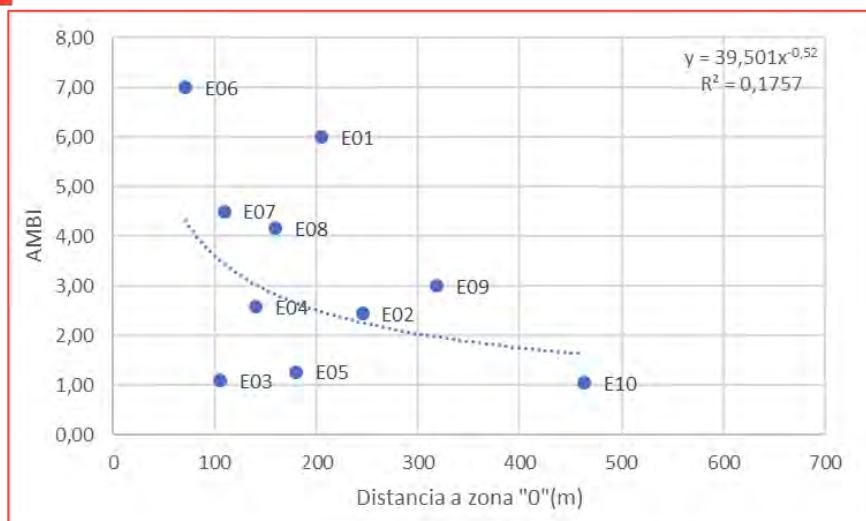


Figura 198 - Relación entre distancia a la zona "O" y AMBI en el Centro B.

Respecto de la relación entre la distancia a la zona "O" y la diversidad específica (H') (**Figura 199**), los resultados revelan un aumento en los valores de este parámetro conforme aumenta la distancia desde la zona "O", reflejando una mejora en las condiciones ambientales, lo cual concuerda con los resultados del AMBI, pese a registrar un bajo nivel de ajuste entre estas dos variables ($R^2: 0,144$).

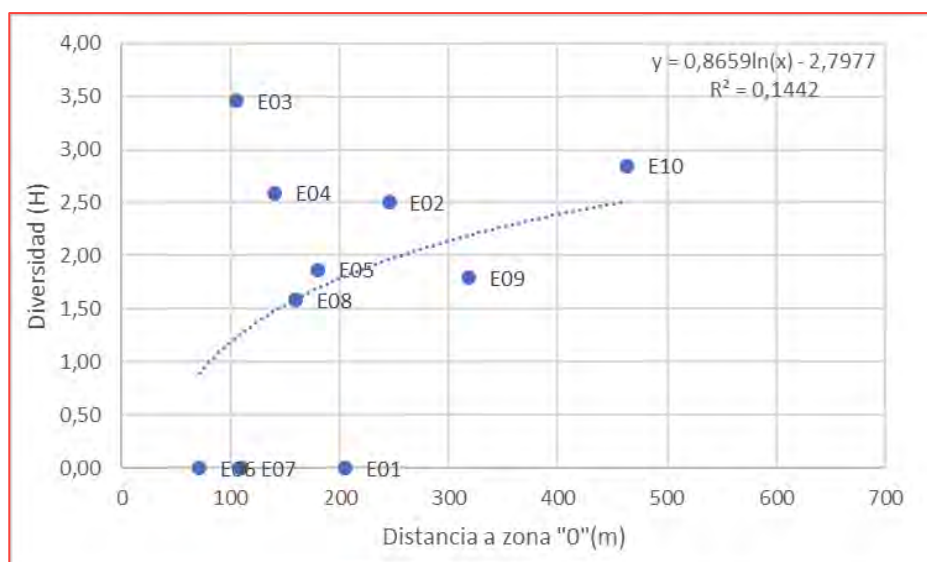


Figura 199 - Relación entre distancia a la zona "O" y el índice de diversidad específica (H') en el Centro B.

Los resultados indican que no existe relación entre la distancia a la zona "O" y la concentración de Nitrógeno total en el sustrato (**Figura 200**). Considerando el bajo

coeficiente de determinación (R^2 : 0,002), es posible que otras variables ambientales modulen la acumulación de Nitrógeno total en los sedimentos, como la batimetría y las corrientes de fondo.

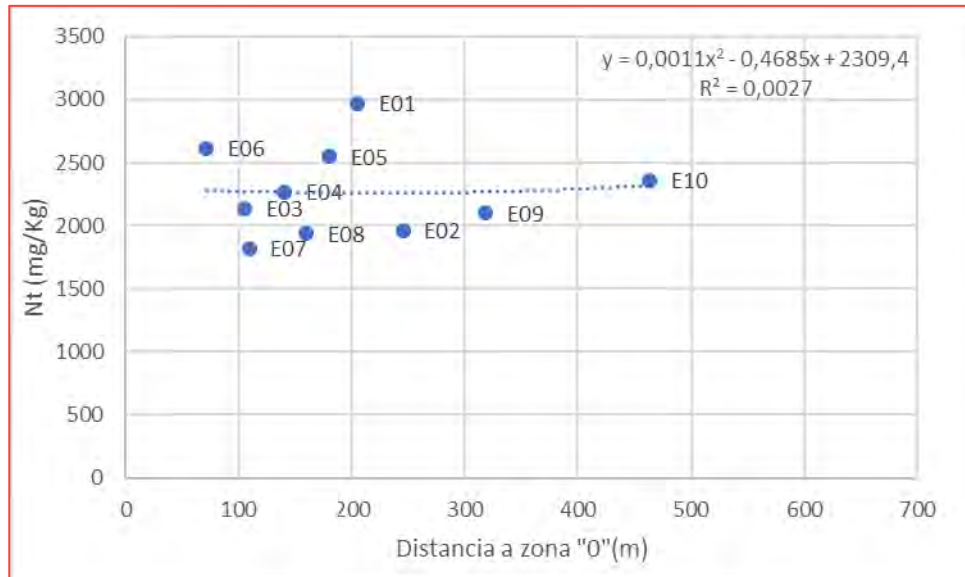


Figura 200 - Relación entre distancia a la zona "O" y Nitrógeno total en el Centro B.

Respecto del Fósforo total, este parámetro mostró un bajo grado de ajuste en relación con la distancia desde la zona "O" (**Figura 201**). Sin embargo, se observa una disminución de los valores de este parámetro a medida que aumenta la distancia desde la zona "O", condición que estaría relacionada con la disminución en la concentración de materia orgánica.

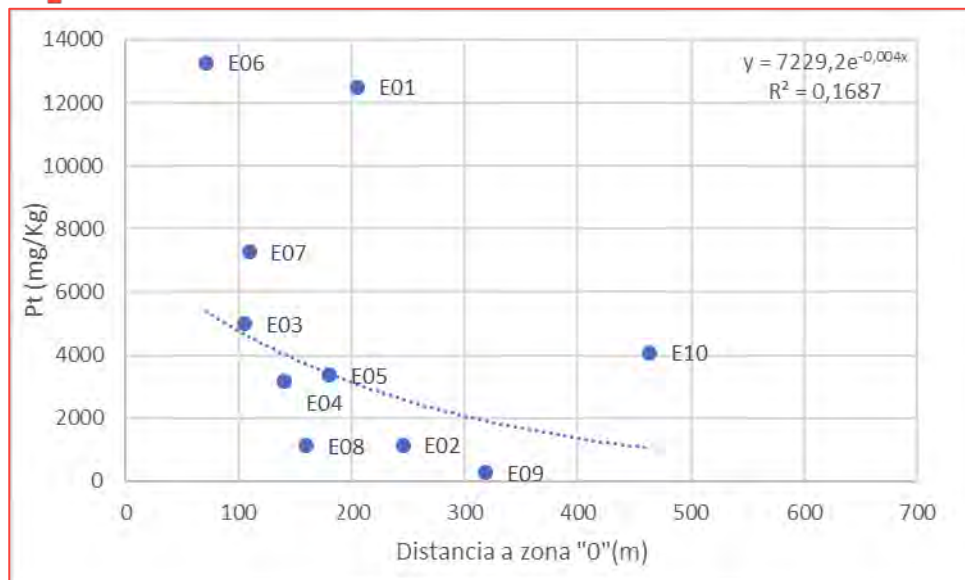


Figura 201 - Relación entre distancia a la zona "O" y Fósforo total en el Centro B.

El bajo nivel de ajuste observado en los parámetros expuestos anteriormente (Nitrógeno total, Fósforo total y MOT), respecto de la distancia la zona "O", tendrían relación con la profundidad, ya que los resultados descritos (Figura 202) indican que, a medida que se incrementa la profundidad, aumenta la concentración de MOT. Estos resultados sugieren procesos de transporte de nutrientes hacia sectores más profundos.

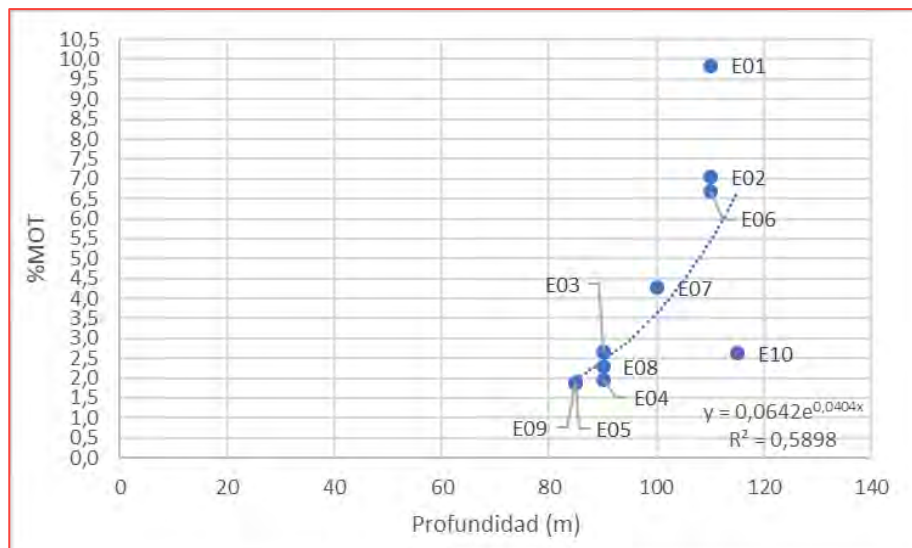


Figura 202 - Relación entre profundidad y MOT (%) en el Centro B.

5.3.8.3.1 Perfiles de Oxígeno Disuelto

No existe información relacionada a este perfil debido a que la data no se registró en equipo.

5.3.8.3.2 Granulometría

En tabla siguiente se presentan los resultados en porcentajes para arena, fango y grava de las muestras colectadas y en **Figura 203** se presentan los gráficos por estación y Ces total. Los análisis indican que el Ces presenta fondo blando en un 100%, predominando la Arena con 89,3%.

Tabla 91 – Granulometría de sedimentos. Centro C, campaña 2.

Estación	Fracción	%
Estación 1	Arena	89.33
	Fango	6.21
	Grava	4.45
Estación 2	Arena	91.19
	Fango	4.96
	Grava	3.855
Estación 3	Arena	75.22
	Fango	23.74
	Grava	1.04
Estación 4	Arena	96.03
	Fango	3.47
	Grava	0.5
Estación 5	Arena	84.34
	Fango	13.05
	Grava	2.62
Estación 6	Arena	90.12
	Fango	7.91
	Grava	1.97
Estación 7	Arena	94.4
	Fango	4.39
	Grava	1.2
Estación 8	Arena	94.43
	Fango	5.34
	Grava	0.24
Estación 9	Arena	91.48
	Fango	7.98



Estación	Fracción	%
	Grava	0.54
Estación 10	Arena	87.32
	Fango	5.43
	Grava	7.25



Figura 203 – Gráficos en porcentaje del tipo de sedimento del Centro C, campaña 2.

5.3.8.3.1 Materia Orgánica Total (Mot%), Nitrógeno, Redox, pH y Fósforo,

En tabla siguiente se presentan los valores para Materia Orgánica Total (Mot%), Nitrógeno, Redox, pH y Fósforo del Centro C, registrados en la segunda campaña.

Tabla 92 – Resultados para muestras de sedimento de Materia Orgánica Total (Mot%), Nitrógeno Redox, pH y Fósforo. Centro C, campaña 2.

ESTACION	Mot%	N%	Redox	pH	P%
Estación 1	0.9	0.11	138.30	7.7	0.26
Estación 2	1.1	0.10	230.03	7.6	0.29
Estación 3	1.0	0.12	223.37	7.7	0.13
Estación 4	1.0	0.13	262.47	7.5	0.32
Estación 5	1.3	0.13	95.87	7.2	0.35
Estación 6	1.2	0.12	95.13	7.7	0.41
Estación 7	1.2	0.14	110.17	7.6	0.30
Estación 8	0.9	0.13	118.70	6.8	0.14
Estación 9	1.1	0.12	306.77	7.4	0.34
Estación 10	1.3	0.12	250.20	7.5	0.67

En relación con las variables que poseen límites de aceptabilidad en el numeral 34 de la Res. Ex. N° 3.612/09. (Mot% $\leq$ 9%; Redox $\geq$ 50mV; pH $\geq$ 7.1). Para estas variables solo no cumple la Estación 8 para el parámetro pH. En la **Figura 204** se presentan los resultados para las variables que tienen límite de aceptabilidad en Res. Ex. N° 3.612/09.



Figura 204 – Gráficos de resultados para sedimentos en relación con límites de aceptabilidad basados en Res. Ex. N° 3.612/09. Centro C, campaña 2.

En relación con las variables registradas para Nitrógeno y Fósforo, teniendo en cuenta los límites establecidos por NIVA (1994), La variable N cumple en toda las estaciones y la variable P solo ninguna estación, a su vez, en relación a los límites establecidos por Upla (2002) los valores asociados a N y P cumplirían en la totalidad de las estaciones.

5.3.8.3.2 Registro Visual

Se realizaron filmaciones submarinas puntuales en aquellas estaciones que presentaron profundidad inferior a 100 m. En la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos para el Ces C relacionados al tipo de sustrato observado y a distintos elementos presentes en el fondo de las 10 estaciones, a su vez, en la **Figura 205** se presentan capturas del registro visual por estación.

Tabla 93 – Resultados registro visual. Centro C, campaña 2.

Estación	Sustrato						Fauna		
	Profundidad (m)	Tipo de sustrato	Partículas en suspensión	Cubiertas de microorganismos	Restos Náufragos	Burbujas de gas	Biodiversidad en relación con el sustrato	Presencia de restos calcáreos	Fauna no representativa del lugar
E1	69	Blando	✓	x	x	x	0	x	x
E2	72	Blando	✓	x	x	x	0	x	x
E3	71	Blando	✓	x	✓	x	baja	✓	x
E4	75	Blando	✓	x	✓	x	0	x	x
E5	77	Blando	✓	x	✓	x	0	x	x
E6	88	Blando	✓	x	x	x	0	x	x
E7	87	Blando	✓	x	x	x	0	x	x
E8	75	Blando	✓	x	x	x	0	x	x
E9	75	Blando	✓	x	x	x	0	x	x
E10	57	Blando	✓	x	x	x	0	x	x

E1



E2



E3



E4



E5



E6



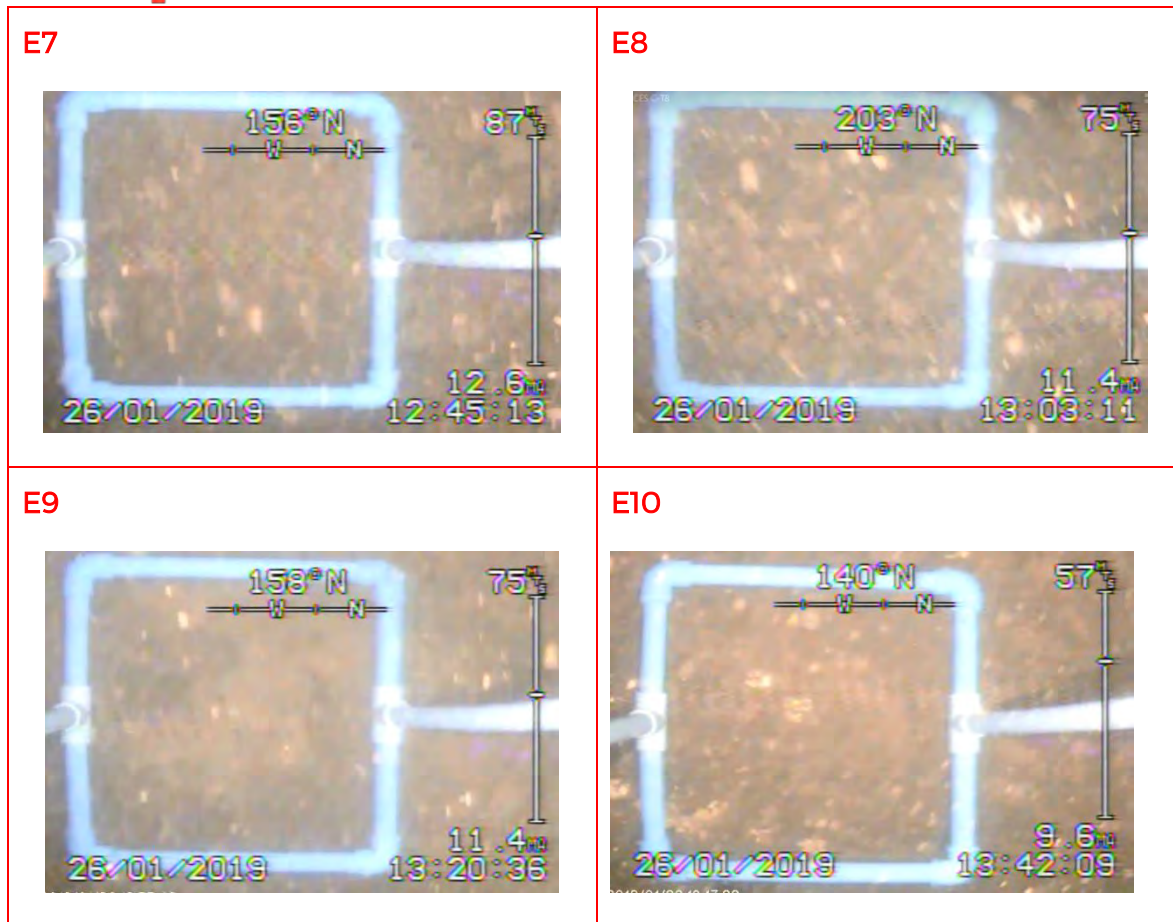


Figura 205 – Capturas obtenidas del Registro Visual para el Centro C, campaña 2.

A continuación, en **Tabla 94** se presentan los resultados para macrofauna observados durante la filmación submarina para cada estación registrada.

Tabla 94 – Resultados de macrofauna observada en registro visual. Centro C, campaña 2.

Estación	Z (m)	Nombre Común	Nombre Científico	N° individuos	Descripción
E1	69	N/A	N/A	N/A	El registro visual fue realizado a una profundidad de 69 metros. Durante esta inspección se observó un fondo blando, con corriente fuerte, muchas partículas en suspensión y restos calcáreos.
E2	72	N/A	N/A	N/A	El registro visual fue realizado a una profundidad de 72 metros. Durante esta inspección se observó un fondo blando, con corriente fuerte y muchas partículas en suspensión.

Estación	Z (m)	Nombre Común	Nombre Científico	N° individuos	Descripción
E3	71	Jaiba	-	-	El registro visual fue realizado a una profundidad de 71 metros. Durante esta inspección se observó un fondo blando, con corriente fuerte y muchas partículas en suspensión. Poca visibilidad, una jaiba. Gran cantidad de plástico, posibles bolsas de alimento o plástico para tratamiento.
E4	75	N/A	N/A	N/A	El registro visual fue realizado a una profundidad de 75 metros. Durante esta inspección se observó un fondo duro, con corriente fuerte y muchas partículas en suspensión. Poca visibilidad y plástico.
E5	77	N/A	N/A	N/A	El registro visual fue realizado a una profundidad de 77 metros. Durante esta inspección se observó un fondo blando, con corriente fuerte y muchas partículas en suspensión. Poca visibilidad. Gran cantidad de plástico y algas a la deriva.
E6	88	N/A	N/A	N/A	El registro visual fue realizado a una profundidad de 88 metros. Durante esta inspección se observó un fondo blando, con corriente fuerte, muchas partículas en suspensión y restos calcáreos.
E7	87	N/A	N/A	N/A	El registro visual fue realizado a una profundidad de 87 metros. Durante esta inspección se observó un fondo blando, con corriente fuerte, muchas partículas en suspensión y restos calcáreos.
E8	75	N/A	N/A	N/A	El registro visual fue realizado a una profundidad de 75 metros. Durante esta inspección se observó un fondo blando, con corriente fuerte, muchas partículas en suspensión y restos calcáreos.
E9	75	N/A	N/A	N/A	El registro visual fue realizado a una profundidad de 75 metros. Durante esta inspección se observó un fondo blando, con corriente fuerte, muchas partículas en suspensión y restos calcáreos.
E10	57	N/A	N/A	N/A	El registro visual fue realizado a una profundidad de 57 metros. Durante esta inspección se observó un fondo duro, con corriente fuerte y muchas partículas en suspensión. Poca visibilidad.

5.3.8.3.3 Macroinvertebrados colectados mediante muestreo con Draga

5.3.8.3.3.1 Índices

Los resultados de los índices comunitarios de la campaña 2, para el Ces se encuentran en la siguiente Tabla, para la obtención de las muestras estas fueron colectadas mediante draga hasta una profundidad máxima de 200 metros.

Tabla 95 - Índices comunitarios. Centro C, campaña 2.

Estación	S	N	J'	H'(log2)	Lambda
E1	15	270	2,257	3,578	0,106
E2	8	150	2,828	2,556	0,227
E3	14	290	2,358	3,47	0,111
E4	6	130	2,843	2,47	0,195
E5	10	240	2,676	2,955	0,156
E6	12	190	2,249	3,366	0,114
E7	6	80	2,529	2,5	0,188
E8	5	80	2,81	2,25	0,219
E9	15	250	2,14	3,723	0,085
E10	9	110	2,191	3,096	0,124

5.3.8.3.3.2 Composición taxonómica y bioindicadores

En el sector se detectaron especies bioindicadora (tipo IV y V, según AMBI). Estas especies se detallan en tabla siguiente.

Tabla 96 - Especies bioindicadoras. Centro C, campaña 2.

Especie	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
<i>Aphelocheata sp.</i>	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0
<i>Capitella sp.</i>	0	0	7	0	0	0	0	0	7	0
<i>Chaetozone sp.</i>	0	0	0	0	0	3	0	0	13	3
<i>Nassarius coppingeri</i>	0	0	7	0	3	0	10	7	0	13

5.3.8.3.3.3 Índices AMBI y m-AMBI

Respecto de los resultados del AMBI durante la segunda campaña de muestreo (Tabla siguiente), en general, las comunidades macrobentónicas con mayor nivel de degradación fueron registradas en las estaciones E7 seguido por la E10.

Tabla 97 - Resultados de AMBI. Centro C, campaña 2.

Centro	E 1	E 2	E 3	E 4	E 5	E 6	E 7	E 8	E 9	E 10
Centro C	1.94	1.61	2.48	1.50	0.56	2.42	3.56	2.63	2.22	2.86

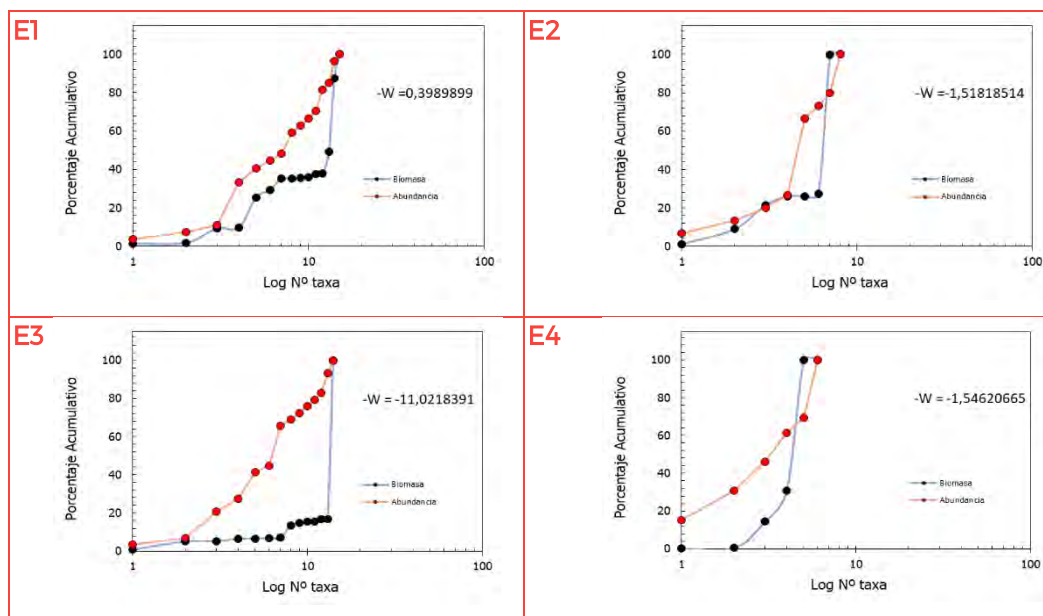
Los resultados del M-AMBI, para la segunda campaña de muestreo (Tabla siguiente) indican que en general la estación E9, presenta los mayores valores del M-AMBI, por lo cual tendría las comunidades macrobentónicas con un mayor nivel de degradación.

Tabla 98 - Resultados de M-AMBI. Centro C, campaña 2.

Centro	E 1	E 2	E 3	E 4	E 5	E 6	E 7	E 8	E 9	E 10
Centro C	0.64	0.50	0.56	0.43	0.52	0.57	0.42	0.47	0.66	0.57

5.3.8.3.4 Curvas ABC

Los resultados obtenidos a partir de las curvas ABC (Figura 206 para el centro C, indican que el estado de las comunidades compuestas por macroinvertebrados bentónicos se encuentra completamente deterioradas, con excepción de la estación E1, en dónde el valor de W es positivo, sin embargo, la biomasa es levemente mayor que la abundancia.



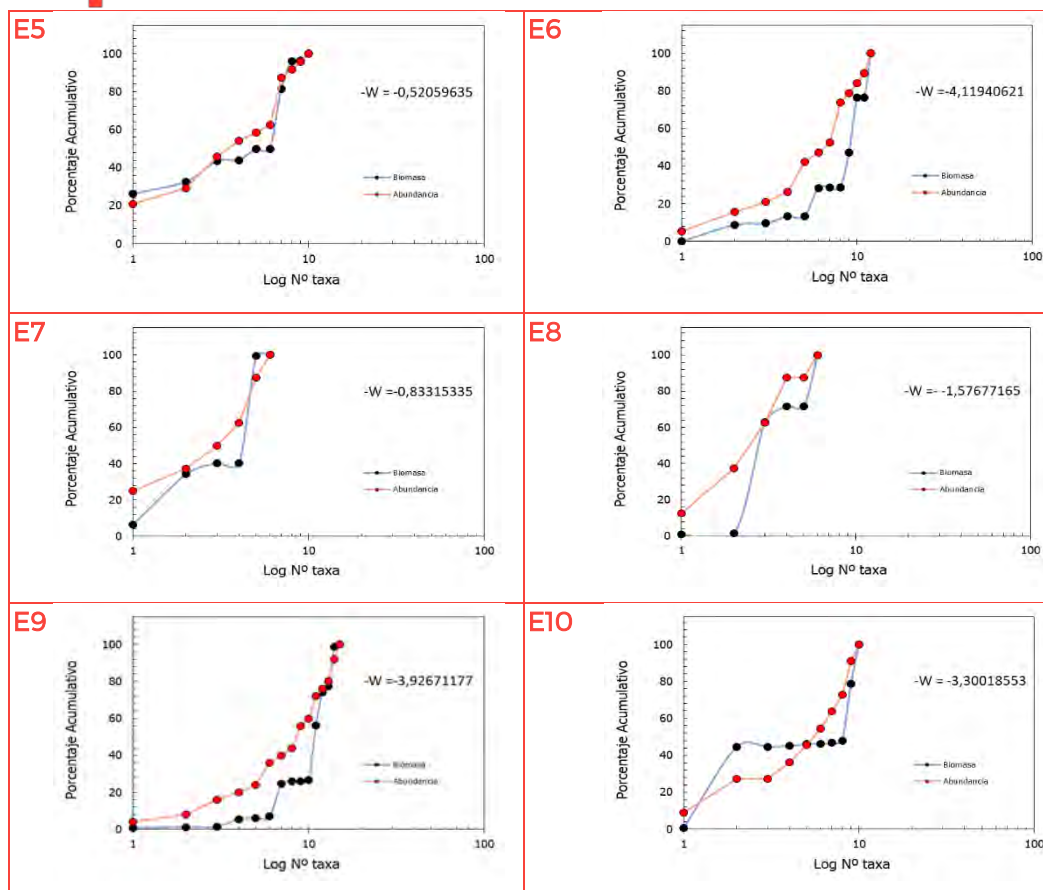


Figura 206 - Curvas ABC. Centro C.

5.3.8.3.4 Relaciones Entre Variables

Respecto de la condición óxica en el centro C, existe probabilidad de que a menos de 200 m se encuentre el sustrato perturbado por menores concentraciones de OD. Sin embargo, a partir de los 600 m de la zona "0", la condición óxica del sustrato mejora ostensiblemente (Figura 207).

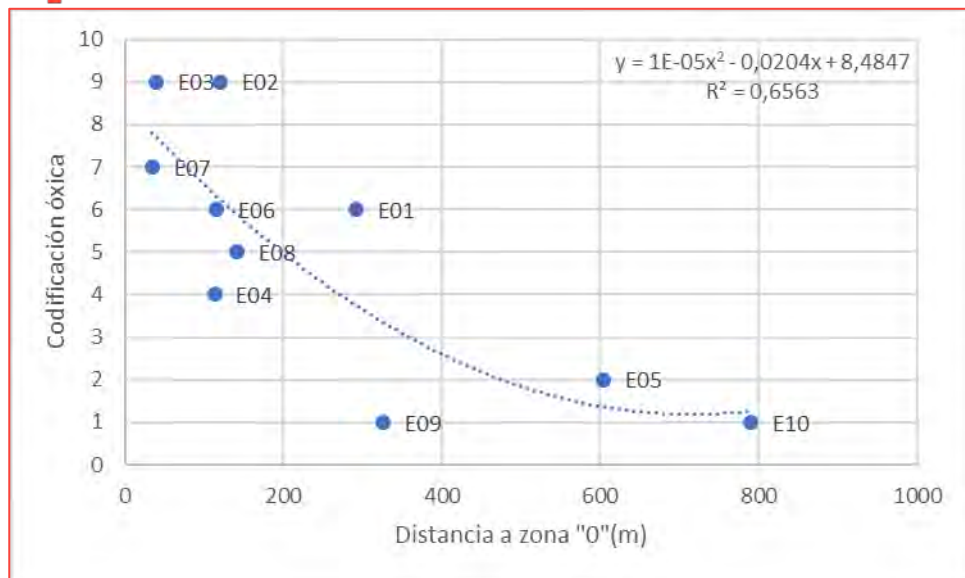


Figura 207 - Relación entre Distancia a la zona "0" y la condición Óxica en el Centro C.

En cuanto a la relación entre la distancia a la zona "0" y la Materia Orgánica Total en el sustrato (**Figura 208**), los resultados indican que la concentración de MOT en general aumenta levemente desde los 50 m aproximadamente desde la zona "0". Estos resultados indican que existe transporte de materia orgánica hacia sectores alejados de la zona "0", lo que eventualmente sería efecto de la batimetría y/o corrientes.

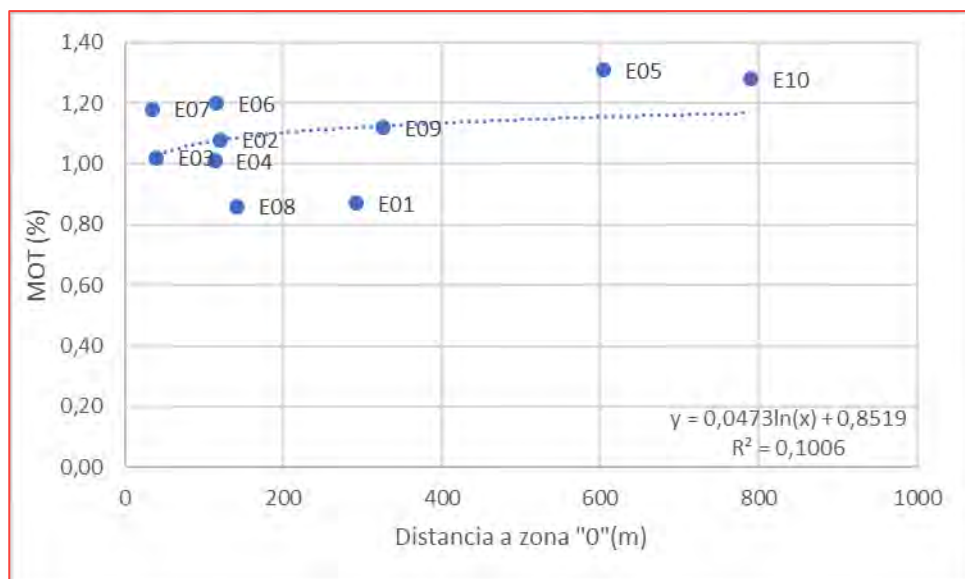


Figura 208 - Relación entre distancia a la zona "0" y MOT (%) en el Centro C.

Respecto a la relación entre la distancia y la cantidad de carbono en el sedimento (**Figura 209**) existe buen ajuste entre estas variables ($R^2: 0,743$). Según esta relación, la concentración de Carbono disminuye notoriamente a partir de los 50 m de la zona "O", hasta alcanzar valores mínimos a una distancia de 700 m aproximadamente.

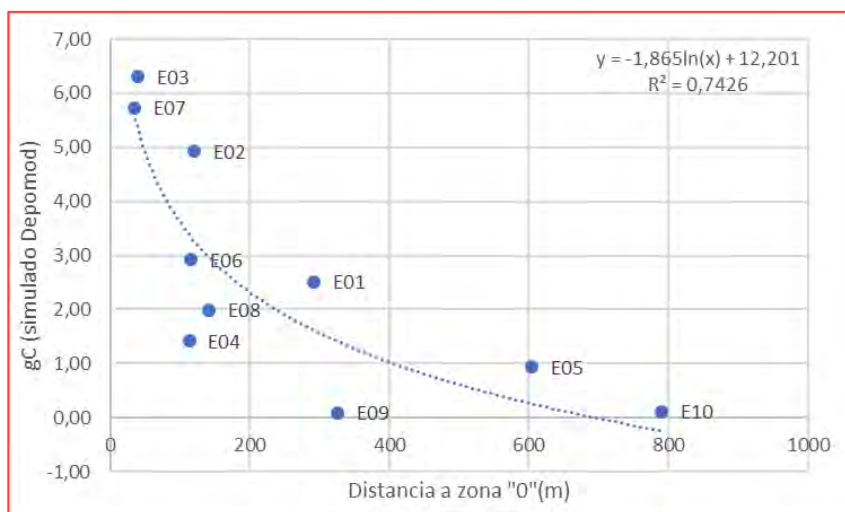


Figura 209 - Relación entre distancia a la zona "O" y g de Carbono en el Centro C.

La relación entre la distancia a la zona "O" y el pH en el centro C (**Figura 210**), mostró un bajo grado de relación entre estas variables ($R^2: 0,102$). Sin embargo, a partir de los 100 m se observa una tendencia en la disminución del pH; aunque en ningún caso se alcanza una condición ácida en los sedimentos.

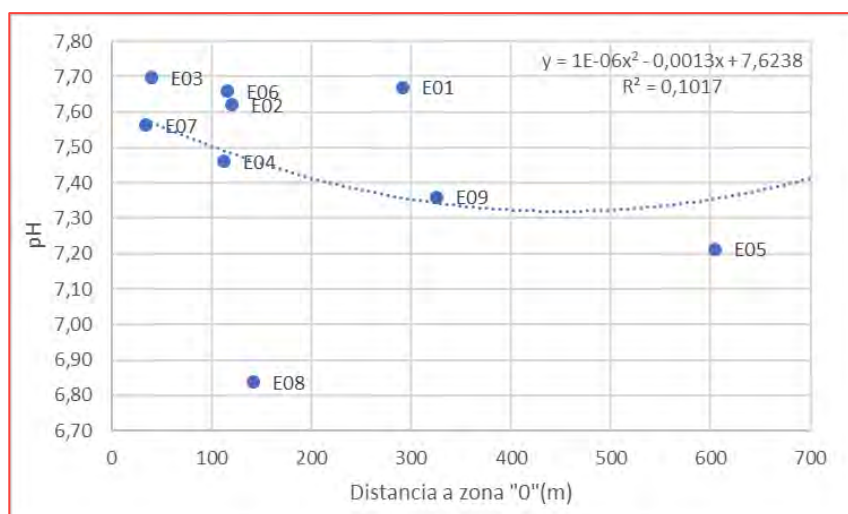


Figura 210 - Relación entre distancia a la zona "O" y pH en el Centro C.

Según se aprecia en la **Figura 211**, el grado de relación entre la distancia y el AMBI fue baja ($R^2=0,204$). Aun así, se observa cierta tendencia, la cual indica que las comunidades de macroinvertebrados se ven impactadas a medida que disminuye la distancia a la zona "O". El bajo nivel de relación podría estar influenciado por otras variables como el aumento en la profundidad, cambios en el sustrato o la acumulación de materia orgánica o nutrientes, lo cual impactaría en los grupos taxonómicos sensibles a los cambios en estos parámetros.

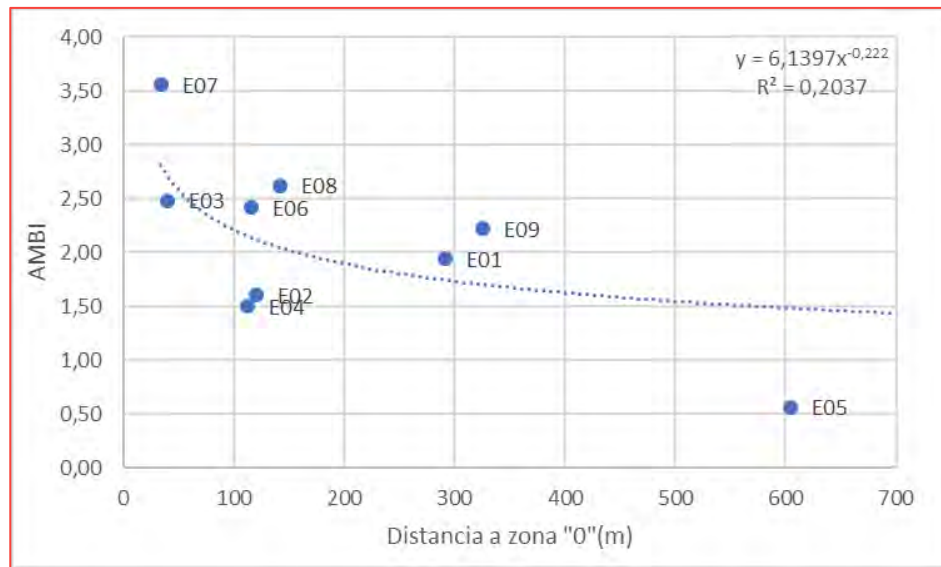


Figura 211 - Relación entre distancia a la zona "O" y AMBI en el Centro C.

La relación entre la distancia a la zona "O" y el índice de diversidad específica (H'), reveló que no existe buen grado de ajuste entre estas variables ($R^2: 0,075$). Sin embargo, a partir de los 50 m de la zona "O", se observó un aumento en los valores de este parámetro. La falta de ajuste entre estas variables puede estar influenciada por otras variables como cambios en el sustrato o aumento de la profundidad.

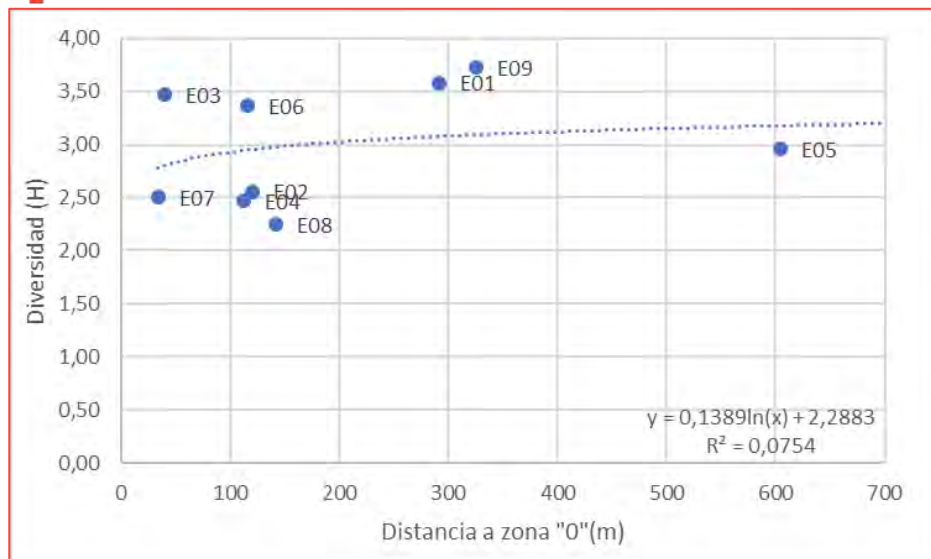


Figura 212 - Relación entre distancia a la zona "0" y el índice de diversidad específica (H') en el Centro C.

La relación entre la distancia a la zona "0" y la concentración de nitrógeno total en el sustrato (**Figura 213**), no presentó un buen grado de ajuste (R^2 : 0,131), por lo que la acumulación de este parámetro en el sedimento estaría influenciada por otras variables como las corrientes y/o batimetría. La acción de estas variables generaría el arrastre de materia orgánica o nutrientes hacia otros sectores de la estación prospectada.

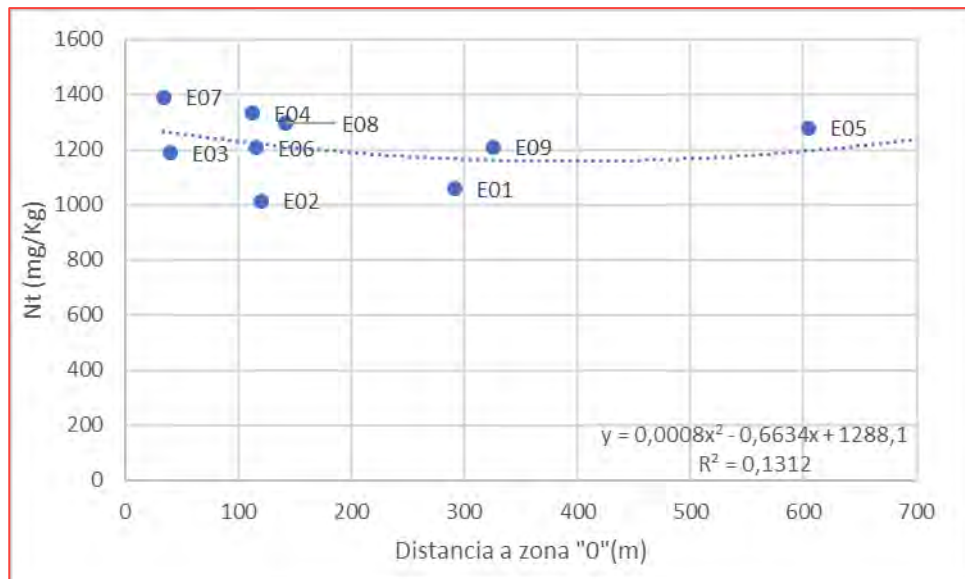


Figura 213 - Relación entre distancia a la zona "0" y Nitrógeno total en el Centro C.

En cuanto a la relación entre la distancia a la zona "0" y la concentración de Fósforo total en el sedimento (**Figura 214**), se registró un moderado grado de relación (R^2 : 0,418). Sin embargo, se apreció una tendencia al aumento en los valores de este parámetro con el incremento de la distancia de la zona "0". Este patrón inusual es concordante con el registrado para la MOT, lo cual impactaría en la acumulación de Fósforo total.

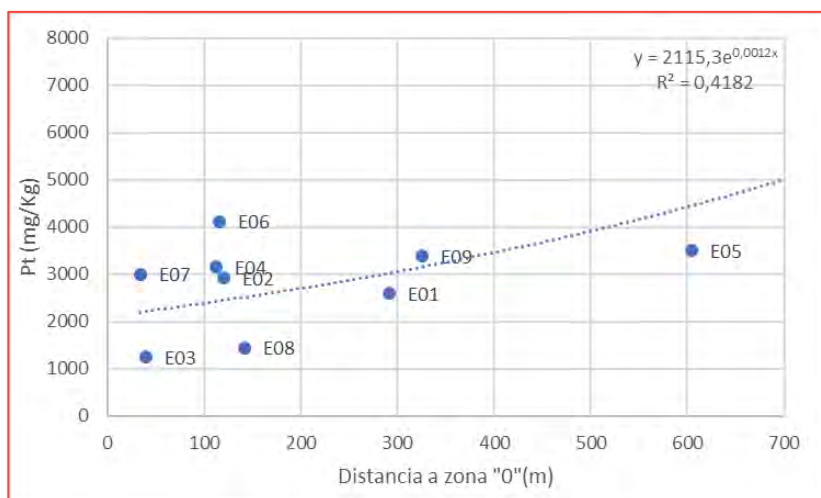


Figura 214 - Relación entre distancia a la zona "0" y el Fósforo total en el Centro C.

En el proceso de acumulación de materia orgánica influyen variables que modulan este proceso, las cuales responden a características propias del entorno: batimetría, profundidad, transporte, entre otros. En el caso del centro C (**Figura 2015**), no se aprecia un buen nivel de ajuste (R^2 : 0,129), aunque se observa cierta tendencia en la concentración de MOT, la cual disminuye conforme aumenta la profundidad, con diferencias mínimas entre las estaciones con mayor y menor concentración de MOT.

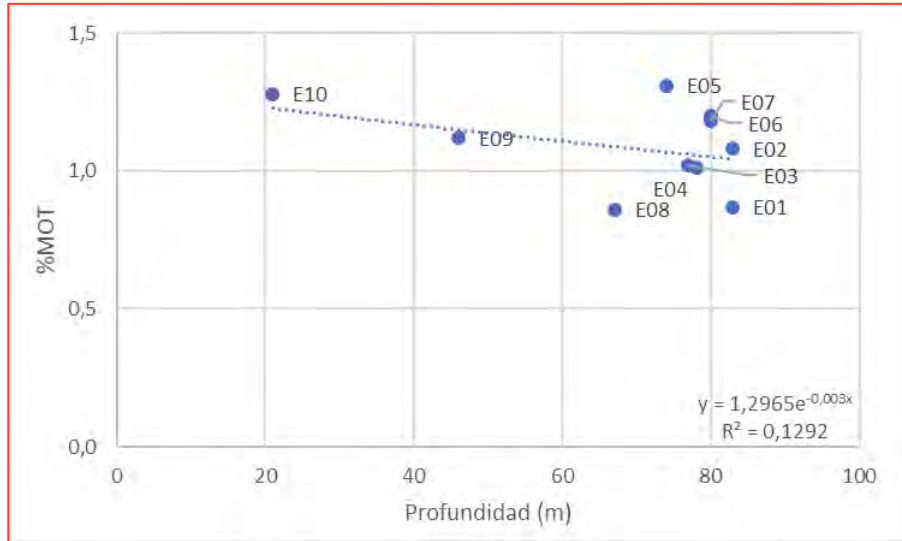


Figura 215 - Relación entre profundidad y MOT en el Centro C.

5.3.8.4 Ces D

5.3.8.4.1.1 Perfiles de Oxígeno Disuelto

Los perfiles de OD levantados para el centro D en la segunda campaña exhibieron un estrato superficial homogéneo entre las distintas estaciones, con valores entorno a los 10 mg/L. Es importante señalar que las máximas concentraciones de OD se encuentran en un estrato cercano a los 10 metros de profundidad aproximadamente, para comenzar a disminuir ostensiblemente hasta los 20 metros, dando paso a una columna de agua bastante homogénea, sin observar concentraciones de oxígeno bajo los límites de aceptabilidad señalados en el Numeral N° 34 de la Res. Ex. N° 3.612/09 y sus modificaciones. (Figura precedente).

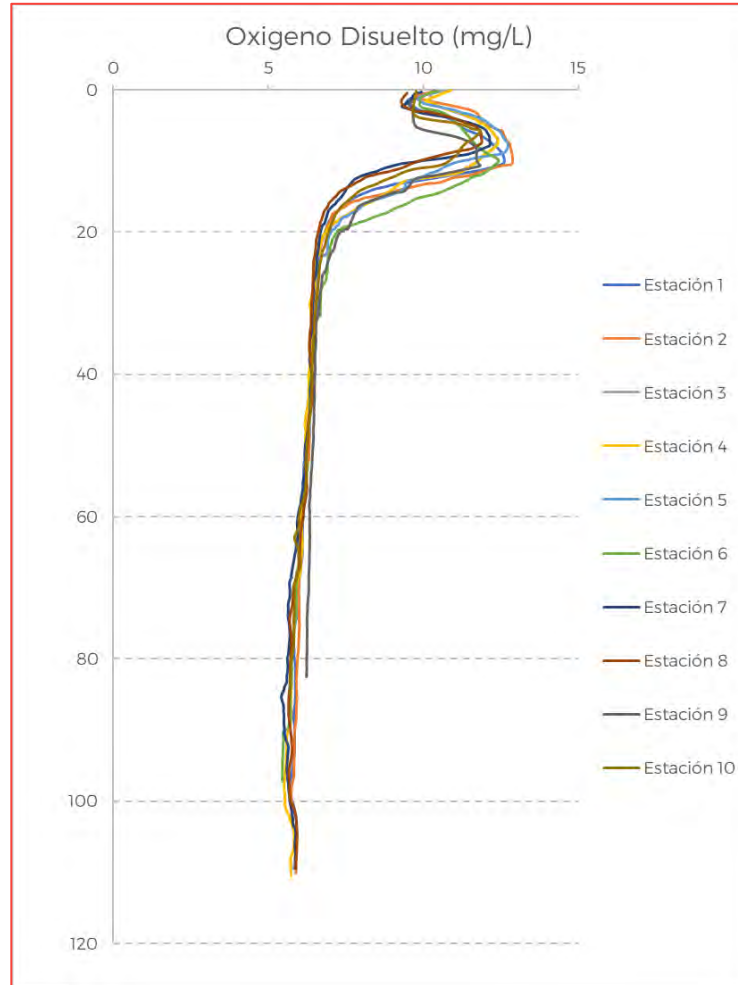


Figura 216 - Perfil de Oxígeno Disuelto en las estaciones de muestreo. Centro D, campaña 2.

5.3.8.4.1 Granulometría

En la tabla siguiente se presentan los resultados en porcentajes para arena, fango y grava de las muestras colectadas y en la **Figura 217** se presentan los gráficos por estación y Ces total. Los análisis indicaron que el Ces presenta fondo blando en un 100%, predominando el Fango con un 73.3%.

Tabla 99 – Granulometría de sedimentos Ces D, campaña 2.

Estación	Fracción	%
Estación 1	Arena	14.86
	Fango	73.23
	Grava	11.91
Estación 2	Arena	21.86

	Fango	77.62
	Grava	0.51
Estación 3	Arena	11.78
	Fango	87.83
	Grava	0.4
Estación 4	Arena	11.18
	Fango	87.97
	Grava	0.86
Estación 5	Arena	26.29
	Fango	72.62
	Grava	1.09
Estación 6	Arena	31.55
	Fango	67.7
	Grava	0.75
Estación 7	Arena	26.31
	Fango	73.32
	Grava	0.37
Estación 8	Arena	23.66
	Fango	73.71
	Grava	2.63
Estación 9	Arena	34.11
	Fango	63.39
	Grava	2.49
Estación 10	Arena	44.13
	Fango	55.75
	Grava	0.13



Figura 217 – Gráficos en porcentaje del tipo de sedimento del Centro D, campaña 2.

5.3.8.4.1 Materia Orgánica Total (Mot%), Nitrógeno, Redox, pH y Fósforo,

En tabla siguiente se presentan los valores para Materia Orgánica Total (Mot%), Nitrógeno, Redox, pH y Fósforo del Centro D, registrados en la segunda campaña.

Tabla 100 – Resultados para muestras de sedimento de Materia Orgánica Total (Mot%), Nitrógeno Redox, pH y Fósforo. Centro D, campaña 2.

ESTACION	Mot%	N%	Redox	pH	P%
Estación 1	8.8	0.15	-170.20	7.0	1.29
Estación 2	9.1	0.15	-181.90	7.2	0.39
Estación 3	6.4	0.13	-46.33	7.3	0.35
Estación 4	8.3	0.15	87.37	7.0	1.70
Estación 5	5.3	0.14	-129.20	7.4	0.12
Estación 6	3.5	0.14	69.80	7.2	0.44
Estación 7	5.4	0.17	62.80	7.6	0.60
Estación 8	5.0	0.16	-166.83	7.3	0.12
Estación 9	3.8	0.14	-52.80	7.6	0.32
Estación 10	2.4	0.15	9.33	7.2	0.15

En relación con las variables que poseen límites de aceptabilidad en el numeral 34 de la Res. Ex. N° 3.612/09. (Mot% $\leq 9\%$; Redox $\geq 50\text{mV}$; pH ≥ 7.1). Para estas variables Mot% no cumpliría con los valores establecidos en la estación E2, la variable Redox no cumpliría en 7 estaciones y por último para la variable pH esta no cumpliría en 2 estaciones E1 y E4. En la figura precedente se presentan los resultados para las variables que tienen límite de aceptabilidad en la Res. Ex. N° 3.612/09.



Figura 218 – Gráficos de resultados para sedimentos en relación con límites de aceptabilidad basados en Res. Ex. N° 3.612/09. Centro D, campaña 2.



En relación con las variables registradas para Nitrógeno y Fósforo, teniendo en cuenta los límites establecidos por NIVA (1993), La variable N cumplió en todas las estaciones y la variable P en ninguna estación, a su vez, en relación a los límites establecidos por Upla (2002) los valores asociados a N y P cumplirían en las 10 estaciones y solo en 5 estaciones respectivamente.

5.3.8.4.2 Registro Visual

Se realizaron filmaciones submarinas puntuales en aquellas estaciones que presentaron profundidad inferior a 100 m. En la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos para el Ces D relacionados al tipo de sustrato observado y a distintos elementos presentes en el fondo en solo 1 de las 10 estaciones, ya que solo esta estación presentó profundidad inferior a 100 m. A su vez, en la **Figura 219** se presentan capturas del registro visual por estación.

Tabla 101 – Resultados registro visual. Centro D, campaña 2.

Estación	Sustrato						Fauna		
	Z (m)	Tipo de sustrato	Partículas en suspensión	Cubiertas de microorganismos	Restos Náufragos	Burbujas de gas	Biodiversidad en relación con el sustrato	Presencia de restos calcáreos	Fauna no representativa del lugar
E6	101	Blando	✓	x	x	x	0	x	x

E6



Figura 219 – Capturas obtenidas del Registro Visual para el Centro D, campaña 2.

A continuación, en la **Tabla 102** se presentan los resultados para macrofauna observados durante la filmación submarina para cada estación registrada.

Tabla 102 – Resultados de macrofauna observada en registro visual. Centro D, campaña 2.

Estación	Z (m)	Nombre Común	Nombre Científico	N° individuos	Descripción
E6	101	N/A	N/A	N/A	El registro visual fue realizado a una profundidad de 101 metros. Durante esta inspección se observó un fondo blando, con muchas partículas en suspensión, sin presencia de fauna bentónica, pero si con gran abundancia de crustáceos en la columna de agua cercana al fondo.

5.3.8.4.3 Macroinvertebrados colectados mediante muestreo con Draga

5.3.8.4.3.1 Índices

Los resultados de los índices comunitarios de la campaña 2, para el Ces se encuentran en la siguiente Tabla, para la obtención de las muestras estas fueron colectadas mediante draga hasta una profundidad máxima de 200 metros.

Tabla 103 - Índices comunitarios (*: No calculable). Centro D, campaña 2.

Estación	S	N	J'	H'(log2)	Lambda
E1	1	70	*	0	1
E2	4	60	3,079	1,918	0,278
E3	8	100	2,274	2,922	0,14
E4	3	30	3,096	1,585	0,333
E5	4	90	3,704	1,753	0,333
E6	19	260	1,928	4,162	0,059
E7	6	120	3,024	2,284	0,25
E8	2	40	6,56	0,811	0,625
E9	2	80	6,624	0,954	0,531
E10	19	280	2,014	4,036	0,074

5.3.8.4.3.2 Composición taxonómica y bioindicadores

En el sector se detectaron especies bioindicadora (tipo IV y V, según AMBI). Estas especies se detallan en tabla siguiente.

Tabla 104 - Especies bioindicadora en la campaña 2. Centro D, campaña 2.

Especie	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
<i>Aphelochaeta sp.</i>	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0
<i>Capitella sp.</i>	0	0	10	0	23	7	27	10	27	3
<i>Dorvilleidae n.d.</i>	0	17	7	0	0	0	7	3	0	0
<i>Nassarius coppingeri</i>	0	0	0	0	3	3	0	0	0	3

5.3.8.4.3.3 Índices AMBI y m-AMBI

Respecto de los resultados del AMBI durante la segunda campaña de muestreo (Tabla siguiente), en general, las comunidades macrobentónicas con mayor nivel de degradación fueron registradas en las estaciones E9 seguido por la E8.

Tabla 105 - Resultados de AMBI. Centro D, campaña 2.

Centro	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
Centro D	1.50	4.00	3.60	0.00	5.33	1.96	5.00	5.63	6.00	1.39

Los resultados del M-AMBI, para la segunda campaña de muestreo (Tabla siguiente) indican que en general la estación E6, presenta los mayores valores del M-AMBI, por lo cual tendría las comunidades macrobentónicas con un mayor nivel de degradación.

Tabla 106 - Resultados de M-AMBI. Centro D, campaña 2.

Centro	E 1	E 2	E 3	E 4	E 5	E 6	E 7	E 8	E 9	E 10
Centro D	0.22	0.19	0.46	0.28	0.19	0.78	0.23	0.14	0.02	0.73

5.3.8.4.3.4 Curvas ABC

Los resultados obtenidos a partir de las curvas ABC (**Figura 220**) para el centro D, indicaron que el estado de las comunidades compuestas por macroinvertebrados bentónicos se encuentran medianamente deterioradas, ya que la abundancia acumulada es superior a la biomasa acumulada en las estaciones E2, E4, E7, E8, generando de esta manera un valor W negativo, el valor W de la estación E1, se encuentra ausente debido a que solo se registró un taxón.

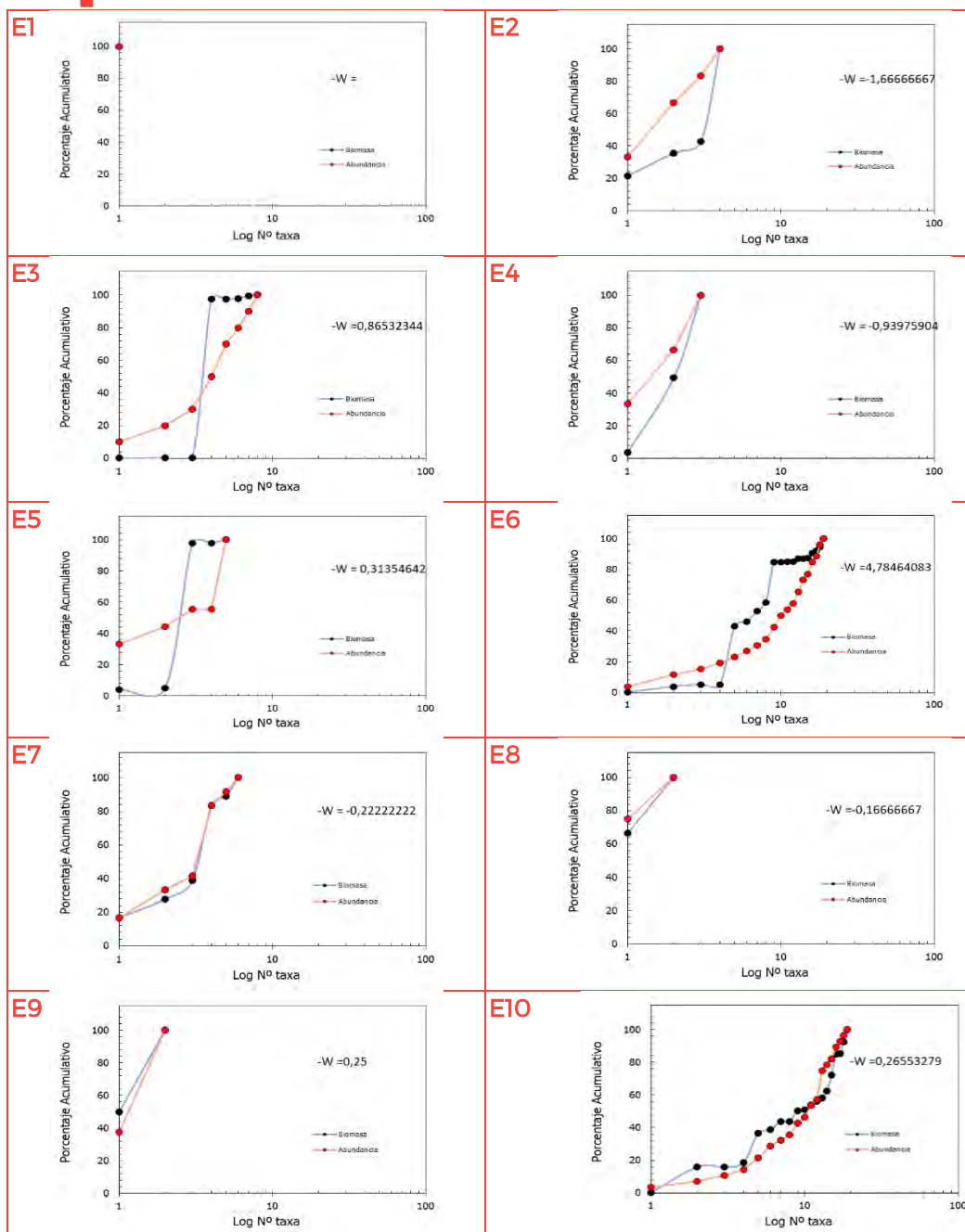


Figura 220 - Curvas ABC. Centro D.

5.3.8.4.4 Relaciones Entre Variables

Respecto de la relación entre la distancia a la zona "0" y la condición óxica en el centro D (Figura 221), los resultados indican que a partir de los 50 m desde la zona "0", la condición óxica del sedimento comienza a mejorar ostensiblemente.

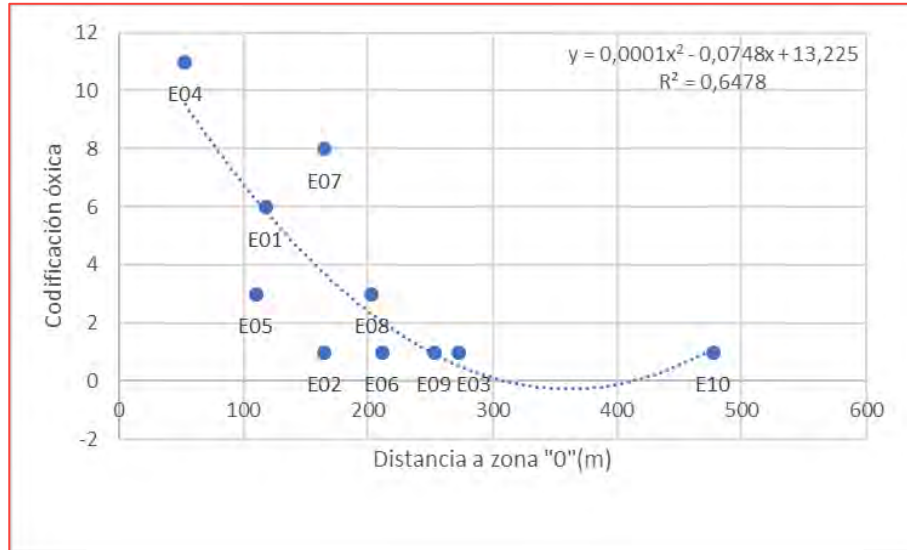


Figura 221 - Relación entre distancia a la zona "0" y la condición óxica en el Centro D.

Respecto de los resultados expuestos en la **Figura 222**, estos indican que al incrementarse la distancia desde la zona "0", la concentración de materia orgánica disminuye ostensiblemente. El bajo nivel de ajuste entre estas variables (R^2 : 0,471), podría obedecer al efecto de otras variables que modulan la acumulación de este parámetro en el sedimento (i.e. batimetría o el transporte provocado por corrientes).

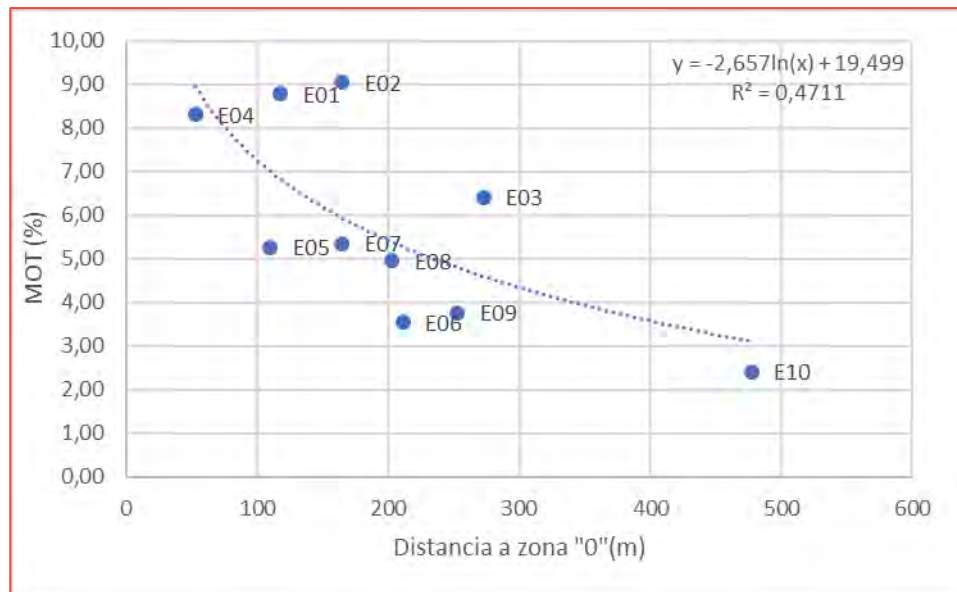


Figura 222 - Relación entre distancia a la zona "0" y MOT (%) en el Centro D.

Los resultados obtenidos respecto de la relación entre la distancia a la zona "0" y la acumulación de Carbono (**Figura 223**), indicaron que a medida que aumenta la distancia a la zona de mayor impacto, la concentración de este parámetro disminuye, alcanzando valores mínimos a los 300 m aproximadamente.

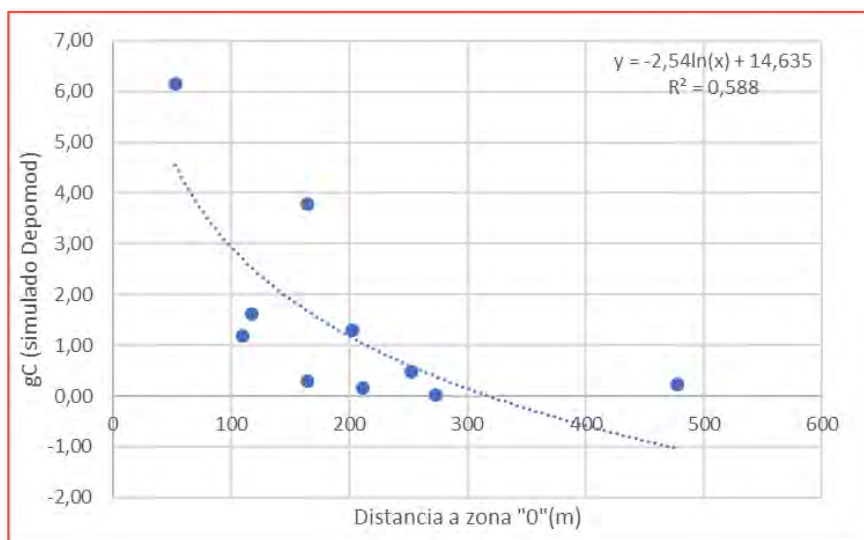


Figura 223 - Relación entre distancia a la zona "0" y g de carbono en el Centro D.

En cuanto a la relación entre la distancia a la zona "0" y el pH (**Figura 224**), los resultados indicaron que no existe algún patrón o tendencia espacial entre estas variables. Sin embargo, el pH registrado en todas las estaciones se mantiene en condiciones básicas.

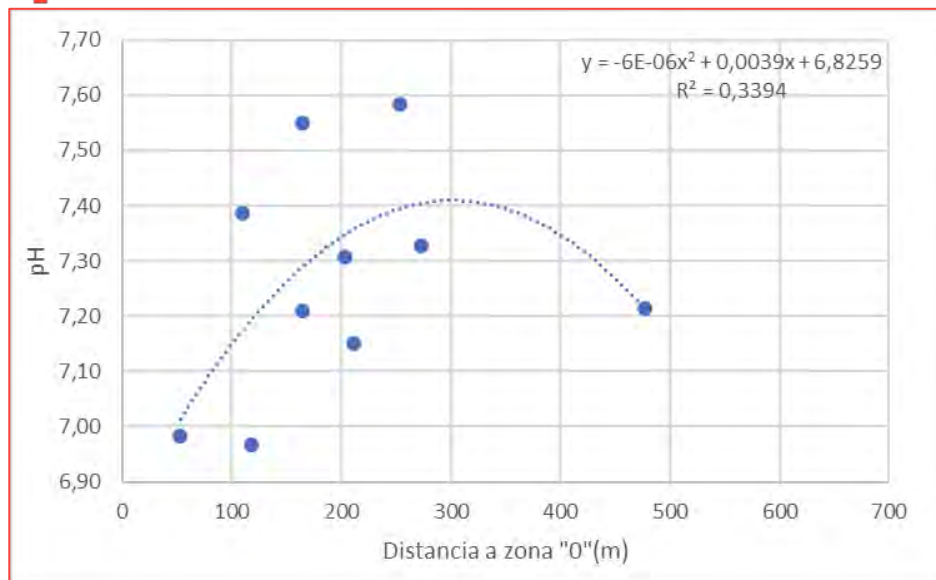


Figura 224 - Relación entre distancia a la zona "0" y pH en el Centro D.

Resulta interesante observar que, conforme aumenta la distancia desde la Zona "0", el valor de AMBI aumenta (**Figura 225**). Sin embargo, el nivel entre las dos variables contempladas fue bajo ($R^2: 0,065$). Este aumento en este índice podría ser provocado por cambios en el tipo de sustrato o la profundidad, lo que impactaría en las comunidades de macroinvertebrados, aumentando el valor del índice.

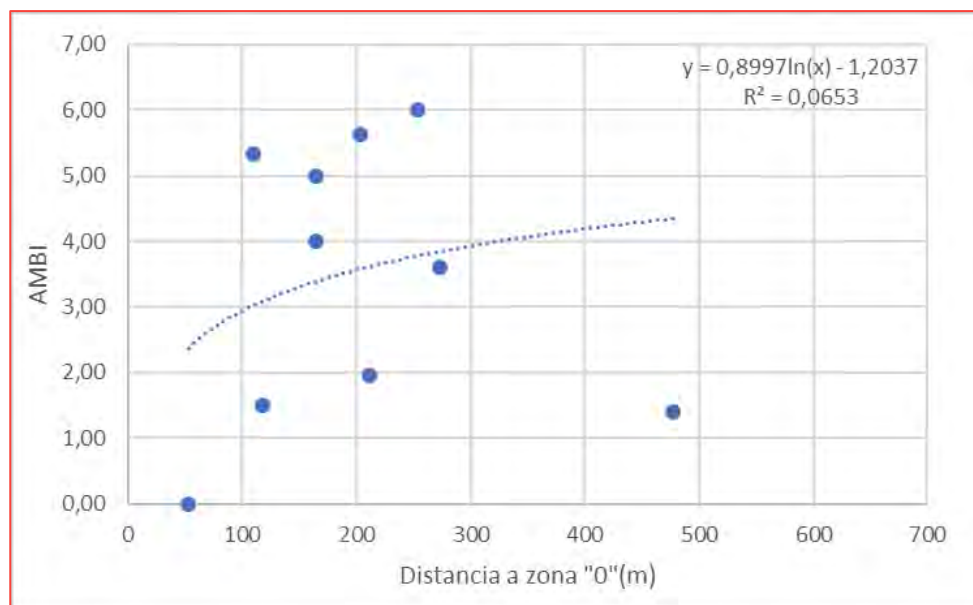


Figura 225 - Relación entre distancia a la zona "0" y AMBI en el Centro D.

Los resultados obtenidos respecto la diversidad y la distancia desde la zona "0" (Figura 226), indican que no existe mayor relación entre estas variables (R^2 : 0,257). Sin embargo, la línea de tendencia indicó que los valores de este parámetro aumentan a medida que se incrementa la distancia a la zona de mayor impacto.

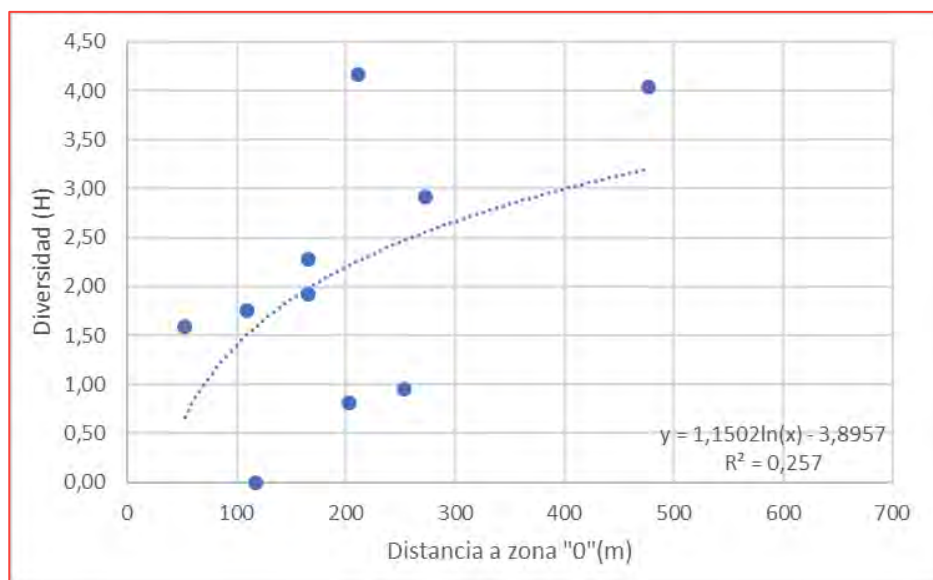


Figura 226 - Relación entre distancia a la zona "0" y el índice de diversidad específica (H') en el Centro D.

La relación entre la distancia a la zona "0" y la concentración de Nitrógeno total en el sustrato (Figura 227) indicó que este último varió levemente entre las estaciones más cercanas y la más lejana (E10). El bajo nivel de ajuste entre estas dos variables respondería al efecto de variables propias del sector prospectado, como la batimetría y/o el transporte, como también la cercanía de las estaciones a la zona "0".

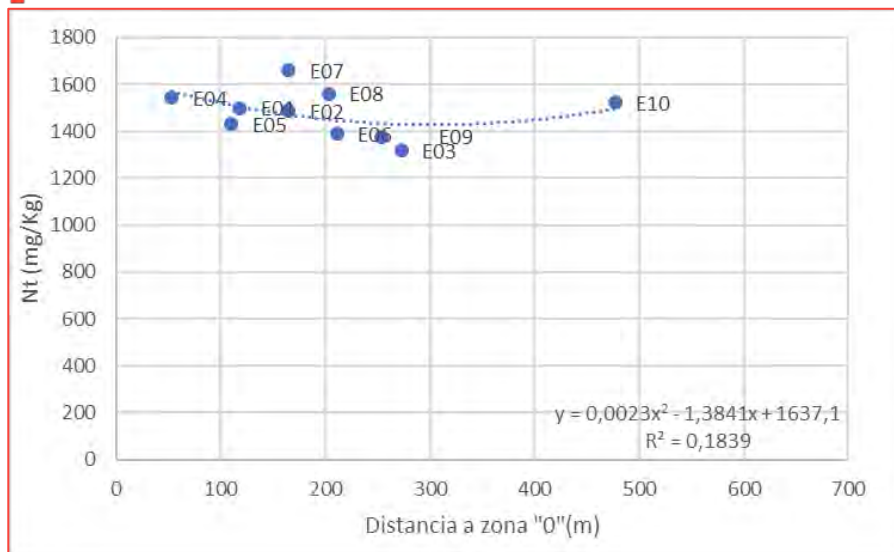


Figura 227 - Relación entre distancia a la zona "O" y nitrógeno total en el Centro D.

En relación al Fósforo total (**Figura 228**), los resultados indicaron que no existe un buen grado de ajuste respecto de la distancia a la zona "O" (R^2 : 0,278), registrándose la mayor concentración en la estación E04. Sin embargo, la línea de tendencia indicó que la concentración de Fósforo total disminuye a medida que se incrementa la distancia a la zona de mayor impacto.

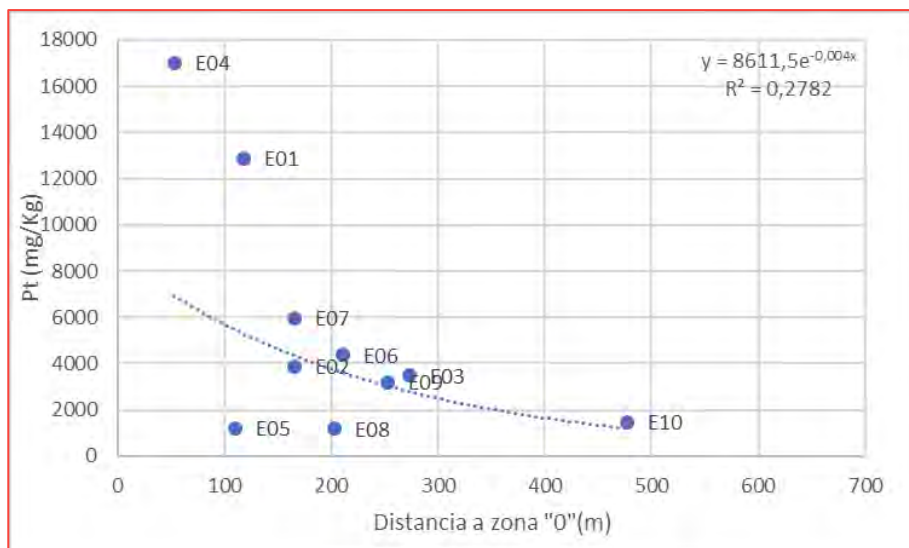


Figura 228 - Relación entre distancia a la zona "O" y el fósforo total en el Centro D.

En el proceso de acumulación de MOT en el sustrato inciden variables como la pendiente o la batimetría. En este sentido, existió un buen ajuste ($R^2=0,833$) entre la profundidad y la

MOT (Figura 229) en el centro de cultivo D. Esta alta relación entre las variables explicaría la falta relación en los análisis anteriormente expuestos para el centro D.

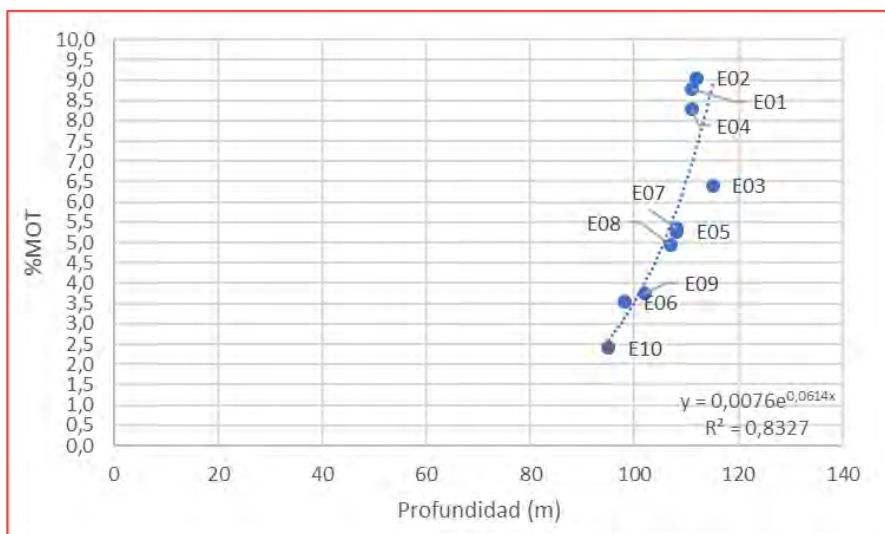


Figura 229 - Relación entre la profundidad y MOT (%) en el Centro D.

5.3.8.5 Ces E

5.3.8.5.1 Perfiles de Oxígeno Disuelto

En la **Figura 230** se exhibe que los perfiles de OD dieron cuenta de un estrato superficial homogéneo entre las distintas estaciones, con valores entorno a los 10 mg/L. Es importante señalar que las máximas concentraciones de OD se encontraron en un estrato cercano a los 10 metros de profundidad aproximadamente, para comenzar a disminuir ostensiblemente hasta los 20 metros, a partir de dicha profundidad se registró una columna de agua homogénea en cuanto a OD, sin observar concentraciones de oxígeno bajo los límites de aceptabilidad señalados en el Numeral N° 34 de la Res. Ex. N° 3.612/09 y sus modificaciones.

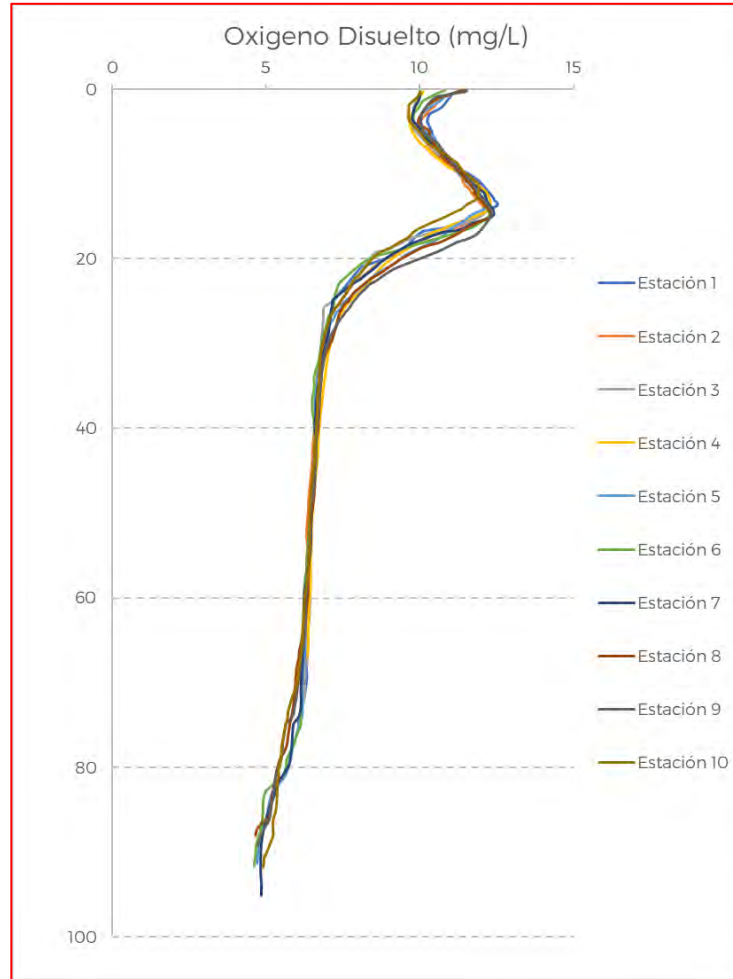


Figura 230 - Perfil de OD en las estaciones de muestreo del Centro E, campaña 2.

5.3.8.5.2 Granulometría

En la tabla siguiente se presentan los resultados en porcentajes para arena, fango y grava de las muestras colectadas y en la **Figura 231** que precede se presentan los gráficos por estación y Ces total. Los análisis indicaron que el Ces presenta fondo blando en un 100%, predominando la Arena con un 58.8%.

Tabla 107 – Granulometría de sedimentos Centro E, campaña 2.

Estación	Fracción	%
Estación 1	Arena	70.04

Estación	Fracción	%
	Fango	29.68
	Grava	0.29
Estación 2	Arena	53.69
	Fango	46.11
	Grava	0.19
Estación 3	Arena	76.15
	Fango	23.4
	Grava	0.46
Estación 4	Arena	91.42
	Fango	7.51
	Grava	1.06
Estación 5	Arena	83.71
	Fango	12.38
	Grava	3.91
Estación 6	Arena	51.9
	Fango	47.02
	Grava	1.07
Estación 7	Arena	38.11
	Fango	61.28
	Grava	0.6
Estación 8	Arena	54.98
	Fango	44.9
	Grava	0.11
Estación 9	Arena	27.88
	Fango	71.86
	Grava	0.25
Estación 10	Arena	40.39
	Fango	57.83
	Grava	1.78



Figura 231 – Gráficos en porcentaje del tipo de sedimento del Centro E, campaña 2.

5.3.8.5.1 Materia Orgánica Total (Mot%), Nitrógeno, Redox, pH y Fósforo,

En tabla siguiente se presentan los valores para Materia Orgánica Total (Mot%), Nitrógeno, Redox, pH y Fósforo del Centro E, registrados en la segunda campaña.

Tabla 108 – Resultados para muestras de sedimento de Materia Orgánica (Mot%), Nitrógeno Redox, pH y Fósforo. Centro E, campaña 2.

ESTACION	Mot%	N%	Redox	pH	P%
Estación 1	1.2	0.14	39.97	7.8	0.16
Estación 2	1.8	0.11	-47.97	7.3	0.29
Estación 3	1.3	0.12	132.50	7.2	0.27
Estación 4	1.4	0.12	76.07	7.6	0.29
Estación 5	3.2	0.13	114.37	7.8	0.47
Estación 6	3.9	0.14	-47.47	7.9	0.73
Estación 7	3.1	0.12	101.03	7.7	0.01
Estación 8	1.8	0.12	19.50	7.3	0.31
Estación 9	1.7	0.13	76.50	7.7	0.33
Estación 10	2.4	0.12	187.10	7.8	0.40

En relación con las variables que poseen límites de aceptabilidad en el numeral 34 de la Res. Ex. N° 3.612/09. (Mot% $\leq$ 9%; Redox $\geq$ 50mV; pH $\geq$ 7.1). Para estas variables Mot% y pH cumplieron en la totalidad de las estaciones, pero la variable Redox no cumplió en 3 estaciones. En la figura precedente se presentan los resultados para las variables que tienen límite de aceptabilidad en Res. Ex. N° 3.612/09.



Figura 232 – Gráficos de resultados para sedimentos en relación con límites de aceptabilidad basados en Res. Ex. N° 3.612/09. Centro E, campaña 2.

En relación con las variables registradas para Nitrógeno y Fósforo, teniendo en cuenta los límites establecidos por NIVA (1994), La variable N cumplió en todas las estaciones y la variable P en una estación, a su vez, en relación a los límites establecidos por Upla (2002) los valores asociados a N y P cumplieron en las 10 estaciones y en 1 estación respectivamente.

5.3.8.5.2 Registro Visual

Se realizaron filmaciones submarinas puntuales en aquellas estaciones que presentaron profundidad inferior a 100 m. En la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos para el Ces E relacionados al tipo de sustrato observado y a distintos elementos presentes en el fondo. A diferencia de la primera campaña, en esta fue utilizado otro equipo de filmación, por lo que se realizaron filmaciones submarinas en las 10 estaciones, a su vez, en la **Figura 233** se presentan capturas del registro visual por estación. Aquellas estaciones que no se encuentran en la tabla, ni aparecen con capturas, es debido a que las profundidades registradas fueron mayores a 100 m.

Tabla 109 – Resultados registro visual. Centro E, campaña 2.

Estación	Sustrato						Fauna		
	Profundidad (m)	Tipo de sustrato	Partículas en suspensión	Cubiertas de microorganismos	Restos Náuticos	Burbujas de gas	Biodiversidad en relación con el sustrato	Presencia de restos calcáreos	Fauna no representativa del lugar
E1	77	Blando	x	x	x	x	alta	✓	x
E2	77	Blando	x	x	x	x	baja	✓	x
E3	72	Blando	✓	x	x	x	baja	✓	x
E4	68	Blando	✓	x	x	x	media	✓	x
E5	96	Blando	✓	x	x	x	0	x	x
E6	96	Blando	✓	✓	x	x	0	x	x
E7	99	Blando	✓	x	x	x	0	x	x
E8	92	Blando	✓	x	x	x	0	x	x
E9	92	Blando	✓	x	x	x	0	x	x
E10	97	Blando	✓	x	x	x	baja	✓	x

E1



E2



E3



E4



E5



E6



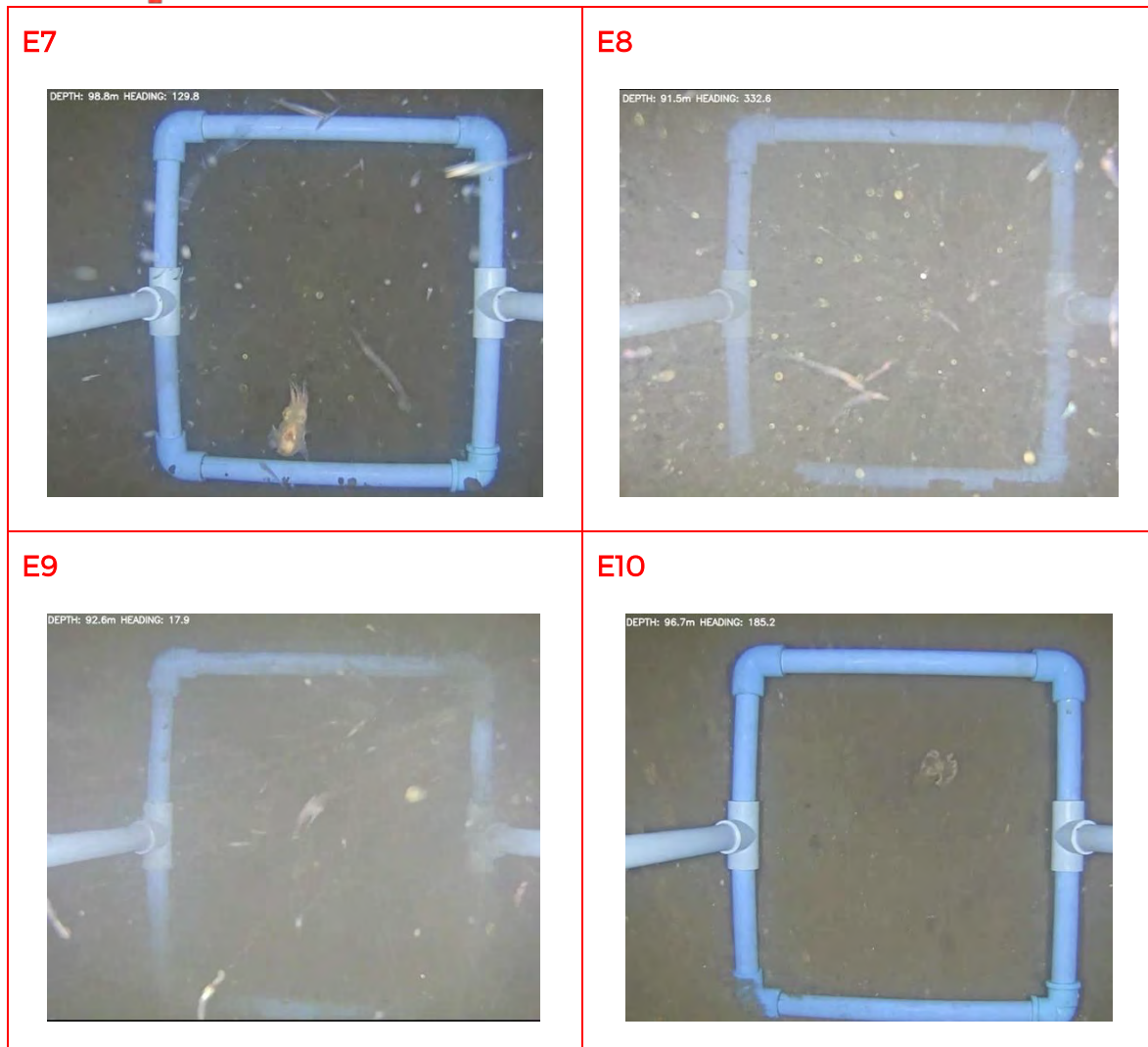


Figura 233 – Capturas obtenidas del Registro Visual para el Centro E, campaña 2.

A continuación, en Tabla siguiente se presentan los resultados para macrofauna observados durante la filmación submarina para cada estación registrada. Aquellas especies que aparecen con un valor en el número de individuos fueron contabilizadas en el cuadrante que corresponde a la captura. Las demás especies sin valor asociado son las registradas durante toda la grabación.

Tabla 110 – Resultados de macrofauna observada en registro visual. Centro E, campaña 2.

Estación	Z (m)	Nombre Común	Nombre Científico	N° individuos	Descripción
E1	77	Anemona lobulada	<i>Antholoba achates</i>	2	Durante esta inspección se observó un fondo blando, con presencia de crustáceos, como jaibas y centollas, anemonas y erizos. No se registró la presencia de cubierta de microorganismos, ni burbujas de gas emanando del sustrato.
		Alga crustosa	<i>Lithothamnion calcareum</i>	5%	
		Centolla	<i>Lithodes santolla</i>	-	
		Jaiba marmola	<i>Cancer edwardsi</i>	-	
		Erizo flor	<i>Arbacia dufresnii</i>	-	
		Erizo rosado	<i>Pseudechinus magellanicus</i>	-	
E2	77	Centolla	<i>Lithodes santolla</i>	1	Durante esta inspección se observó un fondo blando, con presencia de poca macrofauna, solo centollas. No se registró la presencia de cubierta de microorganismos, ni burbujas de gas emanando del sustrato.
		Alga crustosa	<i>Lithothamnion calcareum</i>	-	
E3	73	Erizo rosado	<i>Pseudechinus magellanicus</i>	-	Durante esta inspección se observó un fondo blando, con presencia de restos de valvas y poca macrofauna, solo un erizo. No se registró la presencia de cubierta de microorganismos, ni burbujas de gas emanando del sustrato.
E4	68	Anemona naranja	<i>Actinostola chilensis</i>	1	Durante esta inspección se observó un fondo blando, con presencia de restos de valvas, gran cantidad de erizos, y un poco de cnidarios (coral látigo y anemonas). No se registró la presencia de cubierta de microorganismos, ni burbujas de gas emanando del sustrato.
		Erizo flor	<i>Arbacia dufresnii</i>	-	
		Coral látigo	<i>Primnoella chilensis</i>	-	
E5	95	N/A	N/A	N/A	Durante esta inspección se observó un fondo blando, con muchas partículas en suspensión, sin presencia de fauna bentónica, pero si con gran abundancia de crustáceo en la columna de agua cercana al fondo. No se registró la presencia de cubierta de microorganismos, ni burbujas de gas emanando del sustrato.

Estación	Z (m)	Nombre Común	Nombre Científico	N° individuos	Descripción
E6	96	N/A	N/A	N/A	Durante esta inspección se observó un fondo blando, cubierto de bacterias filamentosas.
E7	99	Paralarva de cefalópodo	N/A	1	Durante esta inspección se observó un fondo blando sin presencia de macrofauna, pero si con gran abundancia de crustáceos en la columna de agua cercana al fondo y una paralarva de cefalópodo. No se registró la presencia de cubierta de microorganismos, ni burbujas de gas emanando del sustrato.
E8	92	N/A	N/A	N/A	Durante esta inspección se observó un fondo blando sin presencia de macrofauna, pero si con gran abundancia de crustáceos en la columna de agua cercana al fondo. No se registró la presencia de cubierta de microorganismos, ni burbujas de gas emanando del sustrato.
E9	92	N/A	N/A	N/A	Durante esta inspección se observó un fondo blando sin presencia de macrofauna, pero si con gran abundancia de crustáceo en la columna de agua cercana al fondo. No se registró la presencia de cubierta de microorganismos, ni burbujas de gas emanando del sustrato.
E10	97	Anemona lobulada	<i>Antholoba achates</i>	1	Durante esta inspección se observó un fondo blando con presencia de poca macrofauna bentónica, pero si con gran abundancia de crustáceo en la columna de agua cercana al fondo. No se registró la presencia de cubierta de microorganismos, ni burbujas de gas emanando del sustrato.
		Jaiba	-	-	

5.3.8.5.3 Macroinvertebrados colectados mediante muestreo con Draga

5.3.8.5.3.1 Índices

Los resultados de los índices comunitarios de la campaña 2, para el Ces se encuentran en la siguiente Tabla, para la obtención de las muestras estas fueron colectadas mediante draga hasta una profundidad máxima de 200 metros.

Tabla 111 - Índices comunitarios. Centro E, campaña 2.

Estación	S	N	J'	H'(log2)	Lambda
E1	5	330	8,1	1,033	0,679
E2	8	490	5,922	1,509	0,534
E3	7	250	4,516	1,764	0,443
E4	6	110	2,81	2,413	0,207
E5	7	210	3,666	2,104	0,329
E6	6	120	3,249	2,126	0,306
E7	20	250	1,913	4,164	0,066
E8	15	260	2,157	3,719	0,086
E9	8	90	2,202	2,948	0,136
E10	7	110	2,546	2,664	0,174

5.3.8.5.3.2 Composición taxonómica y bioindicadores

En el sector se detectaron especies bioindicadora (tipo IV y V, según AMBI). Estas especies se detallan en tabla siguiente.

Tabla 112 - Especies bioindicadoras. Centro E, campaña 2.

Especie	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
<i>Capitella sp.</i>	3	13	0	0	3	30	0	0	0	0
<i>Chaetozone sp.</i>	0	0	0	0	0	0	3	13	0	0
<i>Dorvilleidae n.d.</i>	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0
<i>Nassarius coppingeri</i>	0	0	0	10	10	0	0	0	0	0

5.3.8.5.3.3 Índices AMBI y m-AMBI

Respecto de los resultados del AMBI durante la segunda campaña de muestreo (Tabla siguiente), en general, las comunidades macrobentónicas con mayor nivel de degradación fueron registradas en las estaciones E5 seguido por la E6.

Tabla 113 - Resultados de AMBI. Centro E, campaña 2.

Centro	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
Centro	0.36	3.03	3.18	3.35	3.61	3.49	3.20	3.00	2.40	2.14



Los resultados del M-AMBI, para la segunda campaña de muestreo (Tabla siguiente) indican que en general las estaciones E2 y E3, presentaron los mayores valores del M-AMBI, por lo cual tendría las comunidades macrobentónicas con un mayor nivel de degradación.

Tabla 114 - Resultados de M-AMBI. Centro E, campaña 2.

Centro	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
Centro E	0.36	0.83	0.84	0.68	0.53	0.66	0.70	0.62	0.61	0.76

5.3.8.5.3.4 Curvas ABC

Los resultados obtenidos a partir de las curvas ABC (**Figura 234**) para el centro E, indican que el estado de las comunidades compuestas por macroinvertebrados bentónicos se encuentran levemente deterioradas, registrando valores de abundancia acumulada superiores a la biomasa acumulada en las estaciones E2, E6 y E10, en las demás estaciones prospectadas en el centro E los valores de W alcanzan a ser levemente positivos.

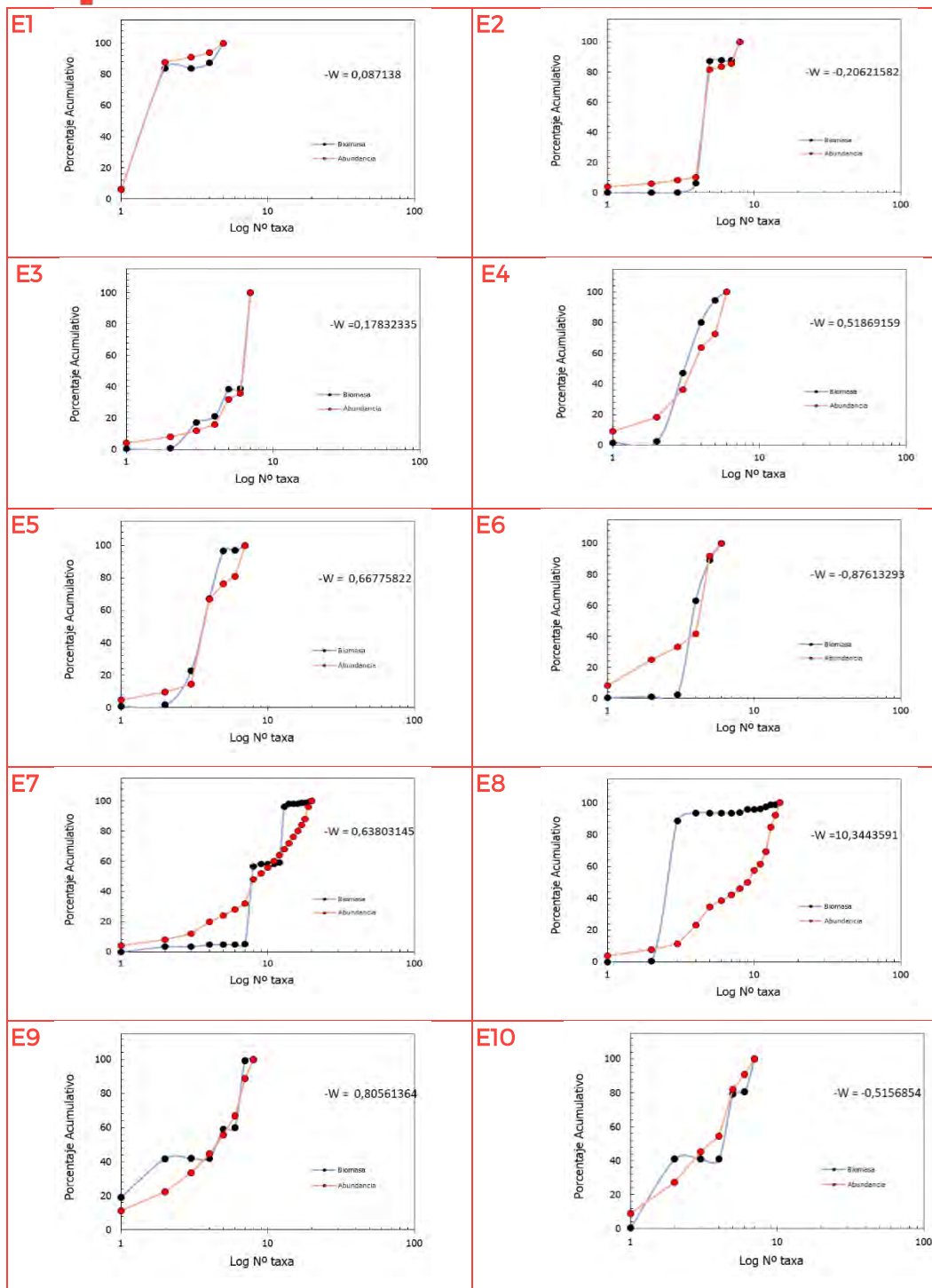


Figura 234 - Curvas ABC. Centro E.

5.3.8.5.4 Relaciones Entre Variables

Los resultados del análisis entre la distancia a la zona "O" (**Figura 235**) y la condición óxica del sedimento indican que a mayor distancia desde la zona "O", mejor es la condición óxica. Sin embargo, los valores mínimos fueron alcanzados a distancias menores que 200 m de la zona de mayor impacto, como también en zonas cercanas a los 300 m, lo cual incidiría en el moderado grado de ajuste entre la distancia a la zona "O" y la condición óxica del sedimento.

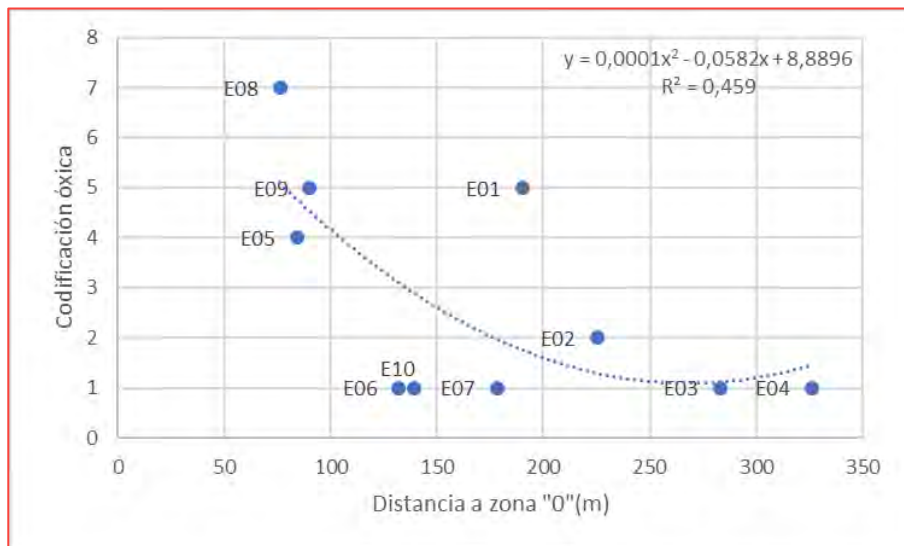


Figura 235 - Relación entre distancia a la zona "O" y la condición óxica en el Centro E.

Respecto de la relación entre la distancia a la zona de mayor impacto y MOT, los resultados indicaron que no existe un buen grado de ajuste entre estas variables (R^2 : 0,145). No obstante, la línea de tendencia generada indica una leve disminución en la concentración de este parámetro a medida que aumenta la distancia desde la zona "O" (**Figura 236**).

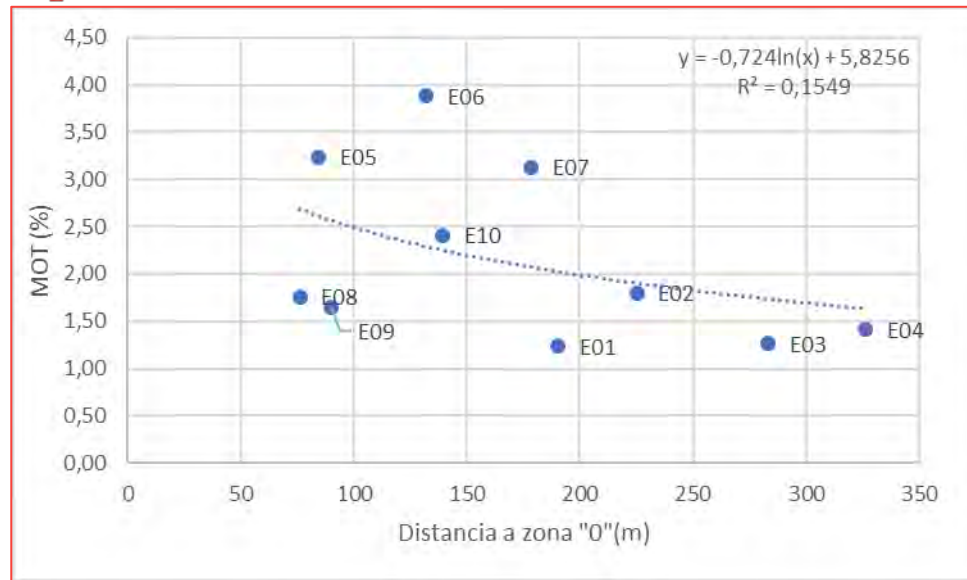


Figura 236 - Relación entre distancia a la zona "0" y MOT (%) en el Centro E.

Los resultados observados al relacionar la distancia desde la zona "0" y el Carbono en el sustrato indicaron cierto nivel de ajuste (**Figura 237**), en donde a medida que se incrementa la distancia desde la zona "0" las concentraciones de Carbono comienzan a disminuir a partir de los 100 m aproximadamente, alcanzando valores mínimos en las estaciones ubicadas a los 300 m aproximadamente de la zona de mayor impacto, logrando así cierto nivel de concordancia con la disminución de MOT.

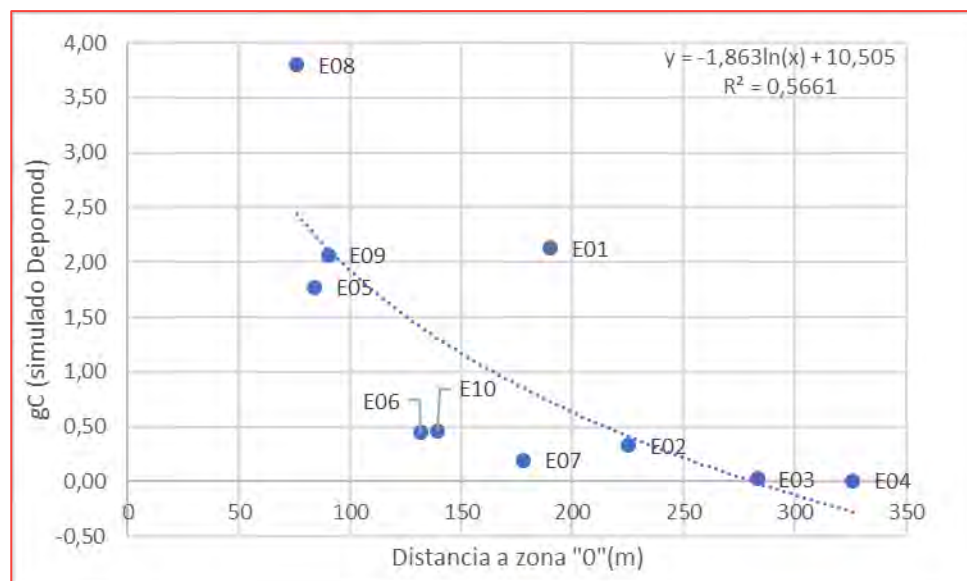


Figura 237 - Relación entre distancia a la zona "0" y g de Carbono en el Centro E.

Los resultados obtenidos a partir de la relación entre la distancia a la zona "0" y el pH, indicaron que no existe mayor relación entre estas dos variables (**Figura 238**). No obstante, no se vislumbraron alteraciones en el pH de los sedimentos del centro C.

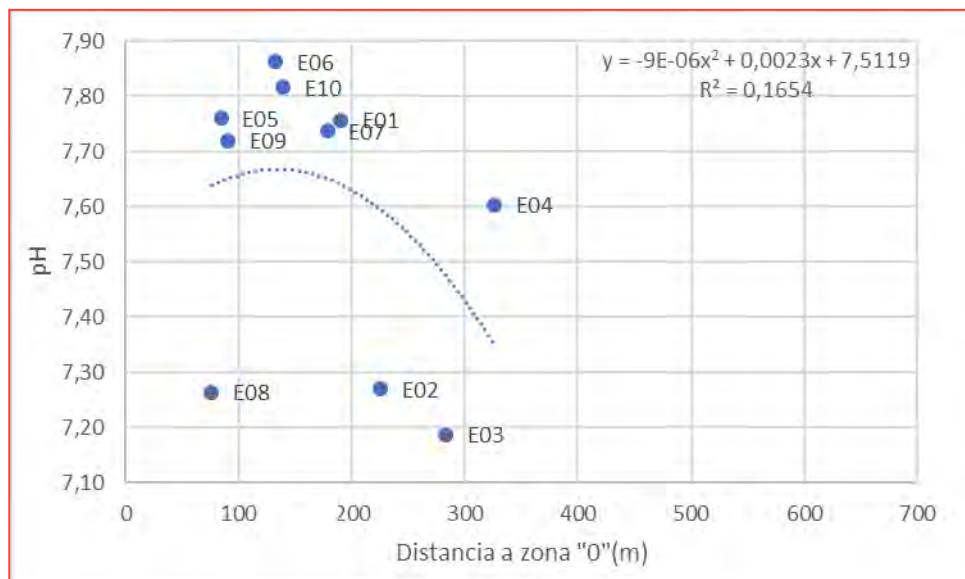


Figura 238 - Relación entre distancia a la zona "0" y pH en el Centro E.

En cuanto a la relación, entre la distancia desde la zona "0" y el AMBI (**Figura 239**), existe un grado de ajuste casi nulo (R^2 : 0,009), lo cual tendría relación con variables propias del ambiente en donde se encuentra ubicado el centro E, como son cambios en el tipo de sustrato y/o la profundidad, como también los valores de pH, en donde los valores bajos fueron registrados en las estaciones E02, E03 y E08.

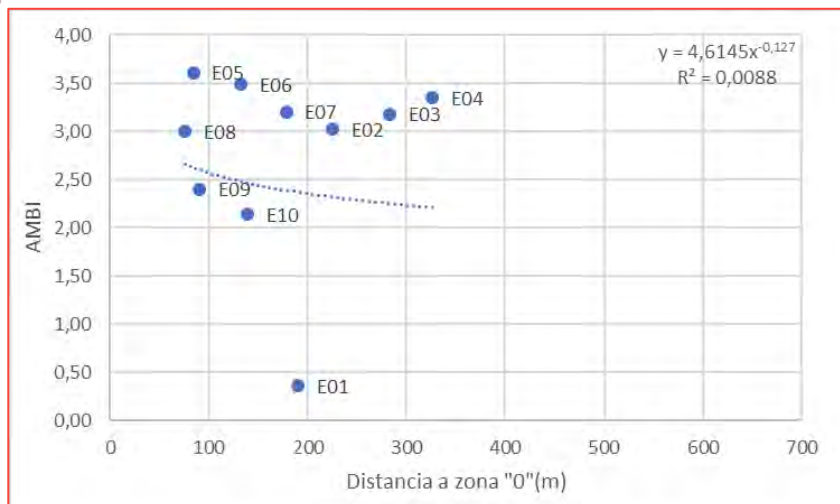


Figura 239 - Relación entre distancia a la zona "O" y AMBI en el Centro E.

Los resultados del índice de diversidad, al ser relacionado con la distancia a la zona "O" (Figura 240), indicaron un bajo nivel de ajuste entre estas dos variables, lo cual puede estar influenciado por cambios en el tipo de sustrato, como también por un aumento en la profundidad, en consecuencia, la concentración de oxígeno en el estrato de fondo sería menor.

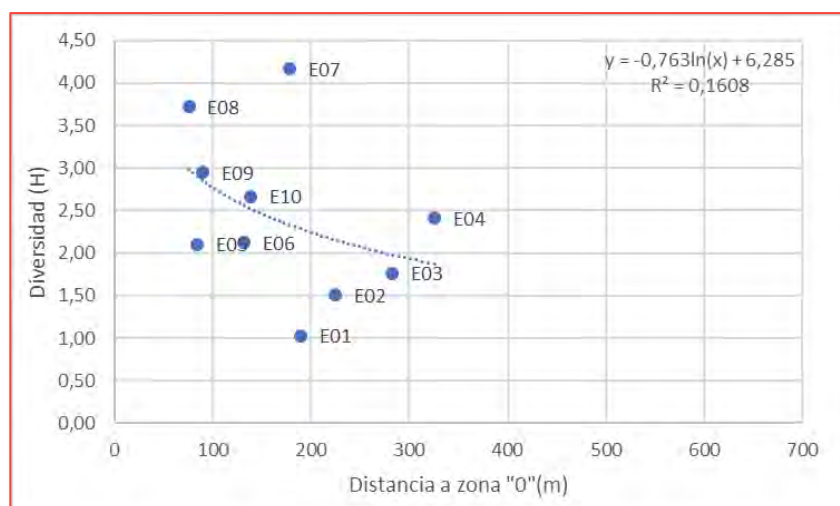


Figura 240 - Relación entre distancia a la zona "O" y el índice de diversidad específica (H') en el Centro E.

Los resultados de la relación entre la distancia a la zona "O" y la concentración del Nitrógeno total en el sedimento indicaron que existe un bajo nivel de ajuste entre estas variables (Figura 241), manteniendo bajas variaciones entre las estaciones por lo que existirían

variables que modulan la acumulación de nutrientes en el sedimento como el transporte por acción de corrientes.

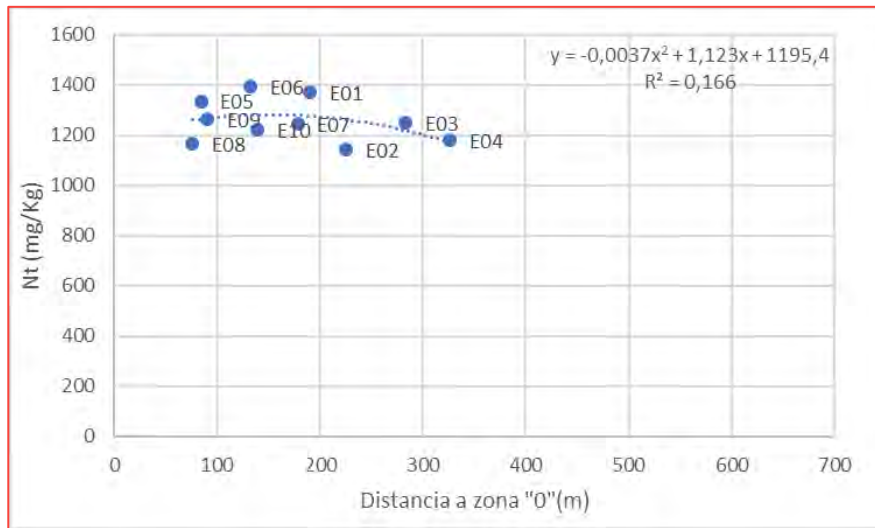


Figura 241 - Relación entre distancia a la zona "O" y nitrógeno total en el Centro E.

En relación al Fósforo total (**Figura 242**), no existe un buen nivel de ajuste ($R^2=0,029$), respecto de la distancia a la zona "O". En este sentido, presentó un resultado similar al obtenido para el Nitrógeno total.

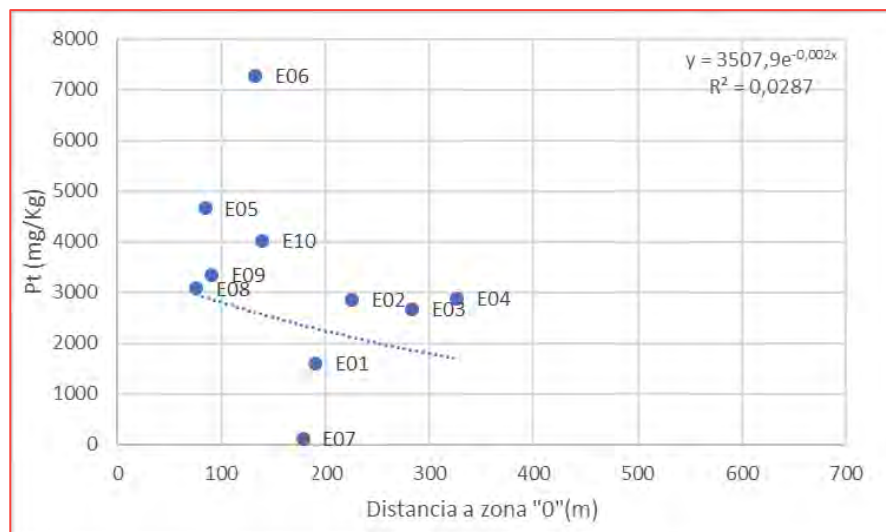


Figura 242 - Relación entre distancia a la zona "O" y el fósforo total en el Centro E.

En cuanto a la relación entre la profundidad y la MOT (**Figura 243**) existió un buen ajuste entre estas dos variables, en consecuencia, se observó mayor concentración de Materia

Orgánica Total en las estaciones con mayor profundidad, lo que explicaría en cierto grado la falta de ajuste en los parámetros anteriormente expuestos para el centro E.

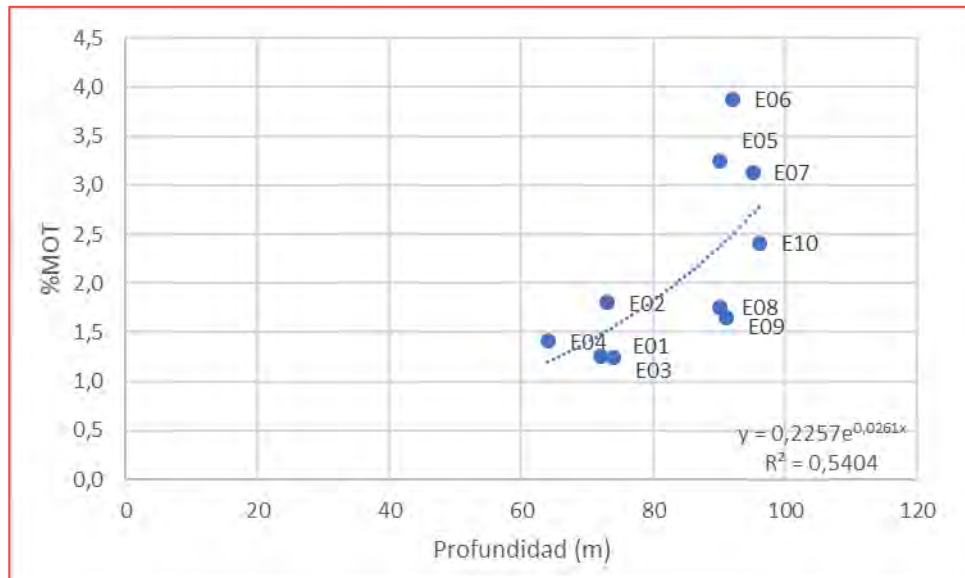


Figura 243 - Relación entre profundidad y MOT (%) en el Centro E.

5.3.8.6 Ces F

5.3.8.6.1.1 Perfiles de Oxígeno Disuelto

Los perfiles de OD que se observan en la **Figura 244** dieron cuenta de una columna de agua homogénea en todas las estaciones de muestreo, con valores en torno a los 6 mg/L, no se observaron mayores variaciones a medida que se incrementa la profundidad, manteniendo concentraciones de OD sobre los límites de aceptabilidad señalados en el Numeral N° 34 de la Res. Ex. N° 3.612/09 y sus modificaciones.

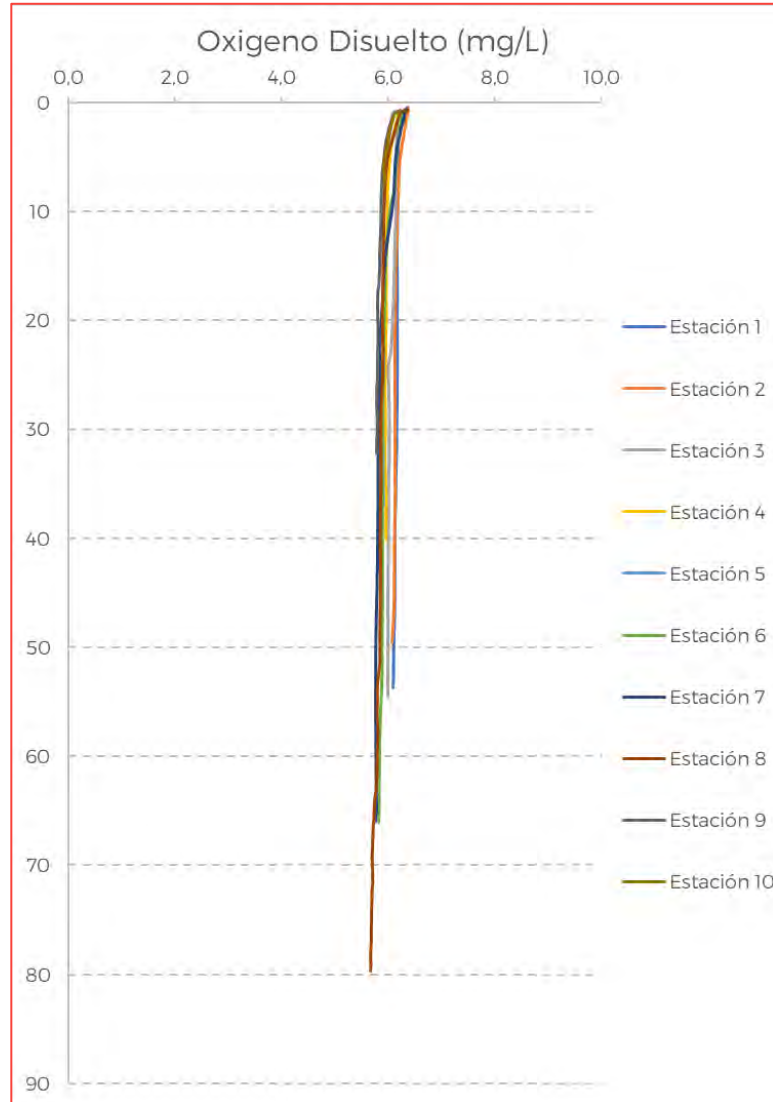


Figura 244 - Perfil de Oxígeno Disuelto en las estaciones de muestreo. Centro F, campaña 2.

5.3.8.6.1 Granulometría

En la tabla siguiente se presentan los resultados en porcentajes para arena, fango y grava de las muestras colectadas y en la **Figura 245** se presentan los gráficos por estación y Ces total. Los análisis indicaron que el Ces presenta fondo blando en un 100%, predominando la Arena con un 58.8%.

Tabla 115 – Granulometría de sedimentos Centro F, campaña 2.

Estación	Fracción	%
Estación 1	Arena	94.6
	Fango	5.24
	Grava	0.16
Estación 2	Arena	96.61
	Fango	2.45
	Grava	0.95
Estación 3	Arena	92.8
	Fango	7.01
	Grava	0.19
Estación 4	Arena	93.7
	Fango	6.04
	Grava	0.26
Estación 5	Arena	96.76
	Fango	3.15
	Grava	0.09
Estación 6	Arena	98.13
	Fango	1.62
	Grava	0.24
Estación 7	Arena	65.4
	Fango	34.36
	Grava	0.24
Estación 8	Arena	99.04
	Fango	0.84
	Grava	0.12
Estación 9	Arena	98.7
	Fango	1.27
	Grava	0.02
Estación 10	Arena	99.26
	Fango	0.74
	Grava	0



Figura 245 – Gráficos en porcentaje del tipo de sedimento del Centro F, campaña 2.

5.3.8.6.1 Materia Orgánica Total (Mot%), Nitrógeno, Redox, pH y Fósforo,

En tabla siguiente se presentan los valores para Materia Orgánica Total (Mot%), Nitrógeno, Redox, pH y Fósforo del Centro F, registrados en la segunda campaña.

Tabla 116 – Resultados para muestras de sedimento de Materia Orgánica Total (Mot%), Nitrógeno Redox, pH y Fósforo. Centro F, campaña 2.

ESTACION	Mot%	N%	Redox	pH	P%
Estación 1	1.2	0.11	457.83	7.3	0.23
Estación 2	1.1	0.12	288.13	7.1	0.10
Estación 3	1.0	0.13	283.00	7.6	0.28
Estación 4	1.2	0.12	283.03	7.3	0.30
Estación 5	1.0	0.14	278.73	7.3	0.20
Estación 6	1.2	0.15	43.23	7.6	0.03
Estación 7	0.8	0.15	279.17	7.5	0.06
Estación 8	0.9	0.15	286.80	7.5	0.05
Estación 9	0.8	0.14	262.40	7.3	0.09
Estación 10	0.7	0.16	204.60	7.4	0.12

En relación con las variables que poseen límites de aceptabilidad en el numeral 34 de la Res. Ex. N° 3.612/09. (Mot% $\leq$ 9%; Redox $\geq$ 50mV; pH $\geq$ 7.1). Para estas variables Mot%, y pH cumplirían en la totalidad de las estaciones, Redox no cumpliría solo en una estación. En la figura precedente se presentan los resultados para las variables que tienen límite de aceptabilidad en Res. Ex. N° 3.612/09.

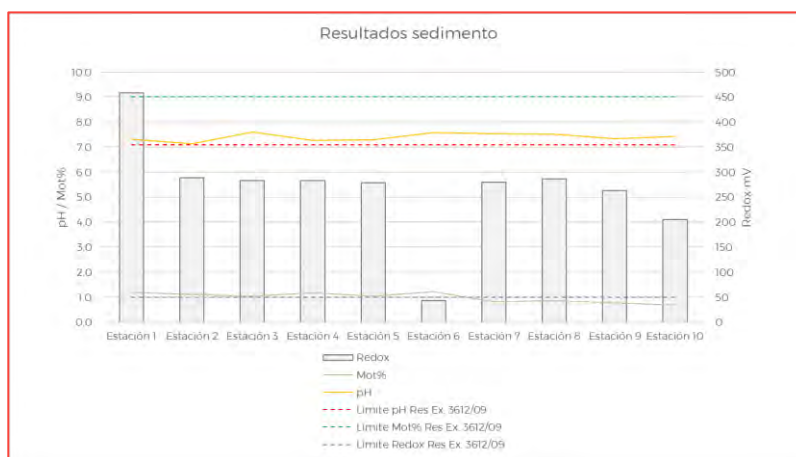


Figura 246 – Gráficos de resultados para sedimentos en relación con límites de aceptabilidad basados en Res. Ex. N° 3.612/09. Centro F, campaña 2.



En relación con las variables registradas para Nitrógeno y Fósforo, teniendo en cuenta los límites establecidos por NIVA (1994), La variable N cumplió en todas las estaciones y del mismo que la variable P en 3 estaciones, a su vez, pero en relación a los límites establecidos por Upla (2002) los valores asociados a N y P cumplirían en las 10 estaciones y en 4 estación respectivamente.

5.3.8.6.2 Registro Visual

Se realizaron filmaciones submarinas puntuales en aquellas estaciones que presentaron profundidad inferior a 100 m. En la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos para el Ces F relacionados al tipo de sustrato observado y a distintos elementos presentes en el fondo de las 10 estaciones, a su vez, en la **Figura 247** se presentan capturas del registro visual por estación.

Tabla 117 – Resultados registro visual. Centro F, campaña 2.

Estación	Sustrato						Fauna		
	Profundidad (m)	Tipo de sustrato	Partículas en suspensión	Cubiertas de microorganismos	Restos Náuticos	Burbujas de gas	Biodiversidad en relación con el sustrato	Presencia de restos calcáreos	Fauna no representativa del lugar
E1	56	Blando	✓	x	x	x	0	x	x
E2	50	Blando	✓	x	x	x	0	x	x
E3	56	Blando	✓	x	x	x	0	x	x
E4	38	Blando	✓	x	x	x	0	x	x
E5	30	Blando	✓	x	x	x	0	x	x
E6	72	Blando	✓	x	x	x	0	x	x
E7	73	Blando	✓	x	x	x	0	x	x
E8	79	Blando	✓	x	x	x	0	x	x
E9	31	Blando	✓	x	x	x	0	x	x
E10	2	Blando	✓	x	x	x	0	x	x

E1



E2



E3



E4



E5



E6



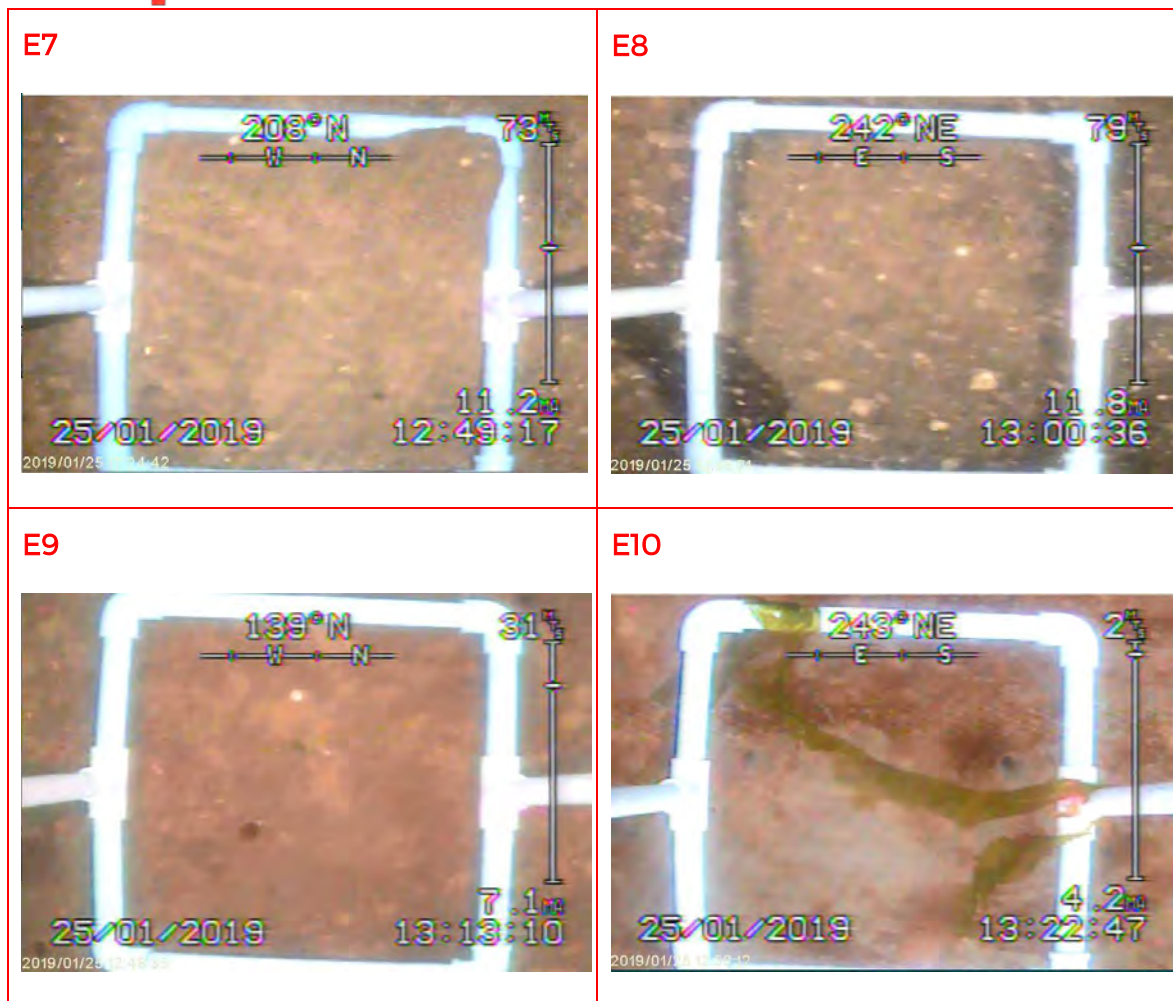


Figura 247 – Capturas obtenidas del Registro Visual para el Centro F, campaña 2.

A continuación, en Tabla siguiente se presentan los resultados para macrofauna observados en durante la filmación submarina para cada estación registrada.

Tabla 118 – Resultados de macrofauna observada en registro visual. Centro F, campaña 2.

Estación	Z (m)	Nombre Común	Nombre Científico	N° individuos	Descripción
E1	56	N/A	N/A	N/A	Durante esta inspección se observó un fondo duro, con una leve capa de sedimentos, sin registrar fauna en el cuadrante, no obstante, se observaron restos calcáreos, los cuales provienen posiblemente de la limpieza de los módulos.



Estación	Z (m)	Nombre Común	Nombre Científico	N° individuos	Descripción
E2	50	N/A	N/A	N/A	Durante esta inspección se observó un fondo duro, con una leve capa de sedimentos, sin registrar fauna en el cuadrante.
E3	56	N/A	N/A	N/A	Durante esta inspección se observó un fondo duro, con una leve capa de sedimentos, sin registrar fauna en el cuadrante, sin embargo, se registran restos calcáreos provenientes posiblemente de la limpieza de los módulos, además, se observa una macroalga en el cuadrante.
E4	38	N/A	N/A	N/A	Durante esta inspección se observó un fondo duro, con una leve capa de sedimentos, sin registrar fauna en el cuadrante, sin embargo, durante la grabación se observan orificios en el sedimento, lo cual podría ser indicativo de fauna bentónica
E5	30	N/A	N/A	N/A	Durante esta inspección se observó un fondo duro, con una capa de sedimentos, sin registrar fauna en el cuadrante, dado que la cámara se encuentra girada sobre el sedimento, se logran observar un organismo, posiblemente actinia y una macroalga.
E6	72	N/A	N/A	N/A	Durante esta inspección se observó un fondo duro, con una leve capa de sedimentos, sin registrar fauna en el cuadrante.
E7	72	N/A	N/A	N/A	Durante esta inspección se observó un fondo duro, con una importante capa de sedimentos, sin registrar fauna en el cuadrante.
E8	79	N/A	N/A	N/A	Durante esta inspección se observó un fondo duro, con una leve capa de sedimentos, durante el transcurso de la inspección se registran restos calcáreos, provenientes posiblemente del proceso de limpieza de módulos, como también se observaron restos de macroalgas.
E9	31	N/A	N/A	N/A	Durante la inspección no se observa fauna, sobre el sustrato duro, no obstante, durante la filmación se registraron elementos blancos, los cuales pueden corresponder a restos calcáreos de mitílidos provenientes del proceso de limpieza de los módulos, como también algas.

Estación	Z (m)	Nombre Común	Nombre Científico	N° individuos	Descripción
E10	2	N/A	N/A	N/A	Durante la inspección se logra observar un sustrato blando, en cual se observan orificios, razón por la cual se puede inferir la existencia de fauna bentónica, como también de algas.

5.3.8.6.3 Macroinvertebrados colectados mediante muestreo con Draga

5.3.8.6.3.1 Índices

Los resultados de los índices comunitarios de la campaña 2, para el Ces se encuentran en la siguiente Tabla, para la obtención de las muestras estas fueron colectadas mediante draga hasta una profundidad máxima de 200 metros.

Tabla 119 - Índices comunitarios. Centro F, campaña 2.

Estación	S	N	J'	H'(log2)	Lambda
E1	34	1100	2,294	4,405	0,067
E2	23	340	1,939	4,337	0,057
E3	23	1340	2,728	3,807	0,091
E4	13	270	2,299	3,514	0,097
E5	22	870	2,628	3,716	0,103
E6	16	220	1,988	3,914	0,07
E7	11	110	1,960	3,459	0,091
E8	10	100	2,000	3,322	0,1
E9	16	210	1,970	3,916	0,07
E10	12	440	3,267	2,688	0,249

5.3.8.6.3.2 Composición taxonómica y bioindicadores

En el sector se detectaron especies bioindicadora (tipo IV y V, según AMBI). Estas especies se detallan en tabla siguiente.

Tabla 120 - Especies bioindicadoras. Centro F, campaña 2.

Especie	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
---------	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----

<i>Aphelochaeta sp.</i>	3	3	10	0	0	0	3	3	7	0
<i>Capitella sp.</i>	0	20	0	27	0	3	3	0	0	0
<i>Chaetozone sp.</i>	67	10	117	13	67	17	3	0	0	0
<i>Cossura sp.</i>	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0
<i>Leitoscoloplos sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0
<i>Nassarius coppingeri</i>	40	7	80	17	73	10	3	3	3	20

5.3.8.6.3.3 Índices AMBI y m-AMBI

Respecto de los resultados del AMBI durante la segunda campaña de muestreo (Tabla siguiente), en general, las comunidades macrobentónicas con mayor nivel de degradación fueron registradas en las estaciones E5 seguido por la E6.

Tabla 121 - Resultados de AMBI. Centro F, campaña 2.

Centro	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
Centro	3.56	1.71	0.00	1.88	2.06	3.00	1.00	1.50	1.50	2.25

Los resultados del M-AMBI, para la segunda campaña de muestreo (Tabla siguiente) indican que en general las estaciones E9 y E1, presentaron los mayores valores del M-AMBI, por lo cual tendría las comunidades macrobentónicas con un mayor nivel de degradación.

Tabla 122 - Resultados de M-AMBI. Centro F, campaña 2.

Centro	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
Centro E	0.47	0.50	0.28	0.45	0.47	0.27	0.43	0.40	0.50	0.54

5.3.8.6.3.4 Curvas ABC

Los resultados obtenidos a partir de las curvas ABC (**Figura 248**) para el centro F, indican que el estado de las comunidades compuestas por macroinvertebrados bentónicos se encuentran levemente deterioradas, registrando valores de abundancia acumulada superiores a la biomasa acumulada en las estaciones E4, E5 y E8, en las demás estaciones prospectadas en el centro F, los valores de W indican un equilibrio en las comunidades bentónicas.

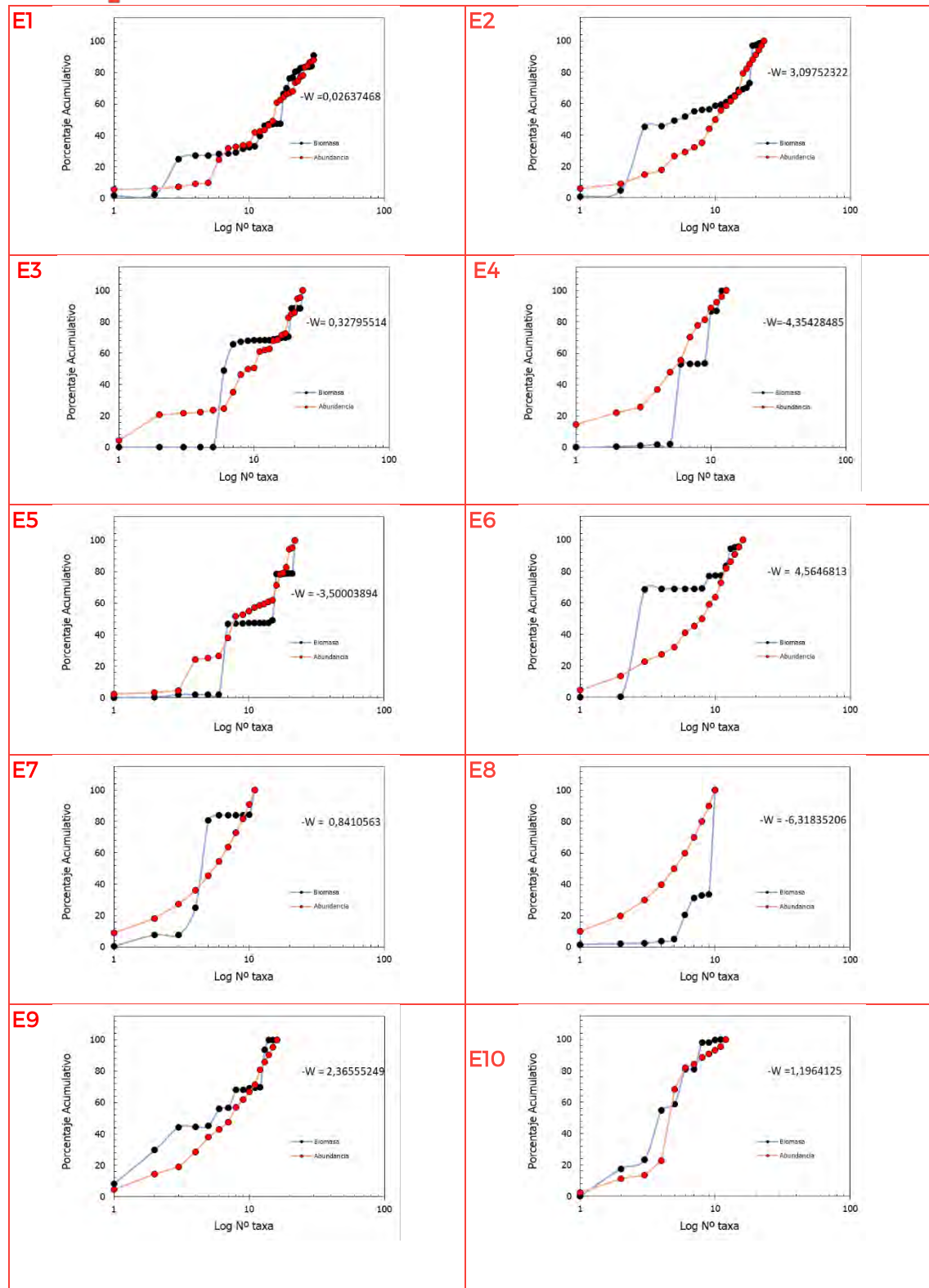


Figura 248 - Curvas ABC. Centro F.

5.3.8.6.4 Relaciones Entre Variables

En cuanto a la relación entre la distancia y la Materia Orgánica Total en el sustrato (**Figura 249**), existe un buen nivel de ajuste entre estas variables ($R^2 = 0,726$), comenzando a mejorar la condición del sedimento a partir de los 50 m aproximadamente, alcanzando el mejor estado en la estación E10, la cual se ubica cerca de los 400 m de la zona de mayor impacto o depositación

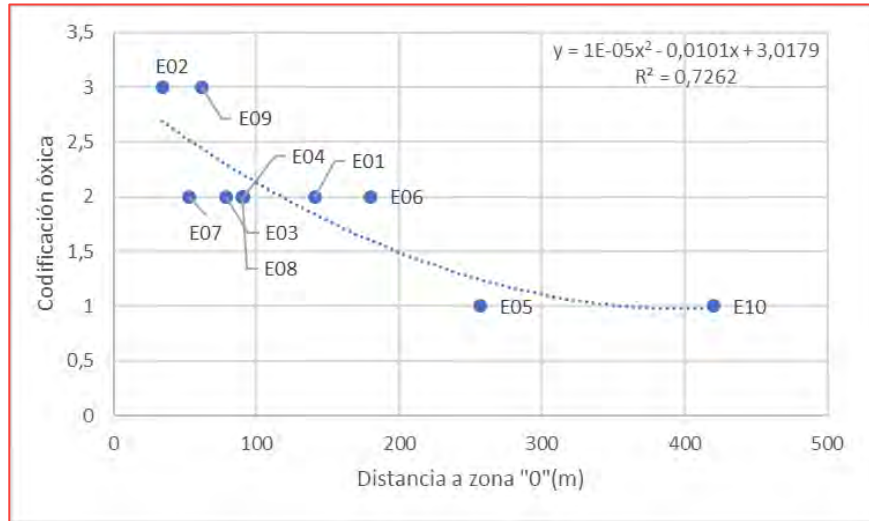


Figura 249 - Relación entre distancia a la zona "0" y la condición óxica en el Centro F.

En cuanto a la relación entre la distancia y la Materia Orgánica Total en el sustrato (**Figura 250**), el nivel de ajuste fue bastante bajo ($R^2 = 0,007$), exhibiendo resultados similares tanto en estaciones cercanas como también en la más distante a la zona "0", lo cual puede estar influenciado por la cercanía de las estaciones entre sí, como así también por la acción de corrientes, las cuales pueden transportar materia orgánica.

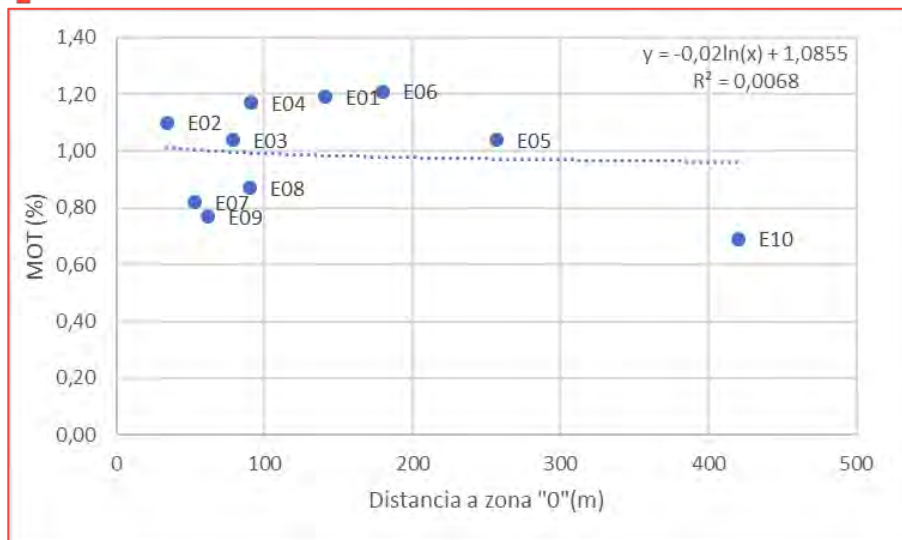


Figura 250 - Relación entre distancia a la zona "0" y MOT (%) en el Centro F.

Respecto de la relación entre la distancia a la zona "0" y la concentración de Carbono en el sedimento, existió un buen grado de ajuste entre ($R^2: 0,756$), en donde este último comenzó a disminuir ostensiblemente a partir de los 50 m aproximadamente. Esta disminución no fue proporcional con los resultados exhibidos en el caso de la MOT, lo cual podría ser efecto de la fuente de origen de la Materia Orgánica Total, como también la proporción de otros elementos presentes en ella (Nitrógeno total, Fósforo total y Carbono).

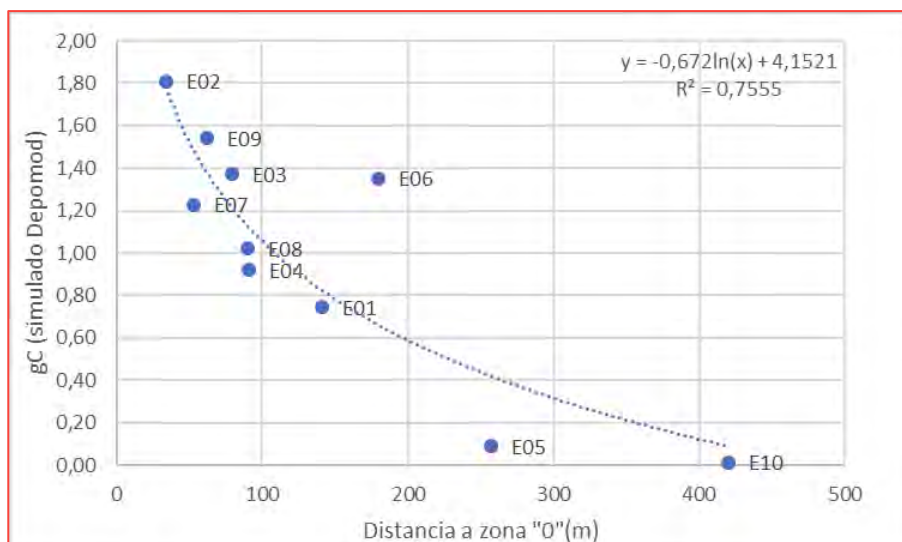


Figura 251 - Relación entre distancia a la zona "0" y g de Carbono en el Centro F.

En cuanto a la distancia a la zona "0" y el pH en el centro F (**Figura 252**), no se observa relación entre estas variables, tal como fue expuesto en el caso de la MOT, lo cual podría ser

efecto del tipo, origen y composición, afectando de esta manera los procesos de descomposición de la materia orgánica y en consecuencia el pH del sedimento.

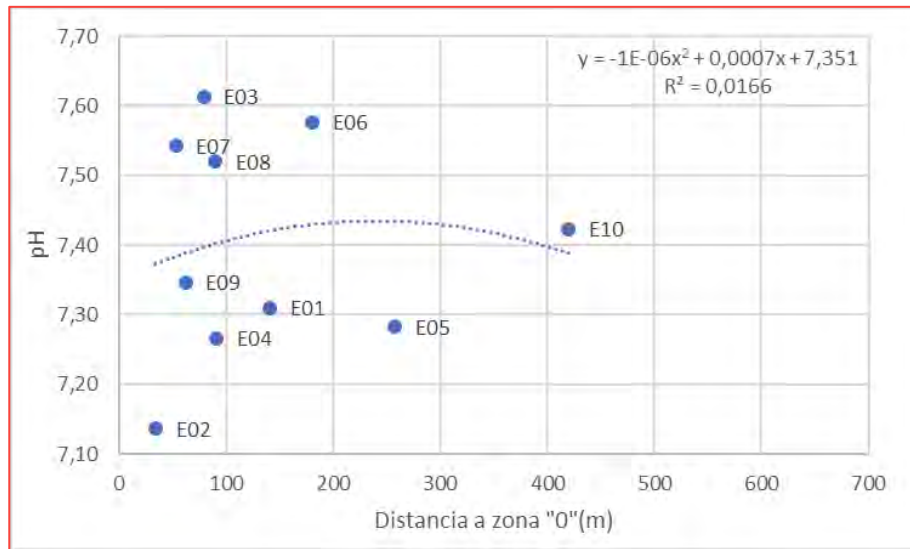


Figura 252 - Relación entre distancia a la zona "O" y pH en el Centro F.

El análisis de la relación entre la distancia a la zona "O" y el AMBI (**Figura 253**), indicaron que no existe un buen nivel de ajuste entre estas variables, lo cual puede ser efecto de condiciones naturales del medio en donde se encuentra el centro F, como el tipo de sustrato o aumento en la profundidad. Estas variables en su conjunto o individualmente podrían afectar las comunidades de macroinvertebrados y en consecuencia los resultados obtenidos de este índice, ya que la línea de tendencia indica un empeoramiento en el estado ecológico de estas comunidades.

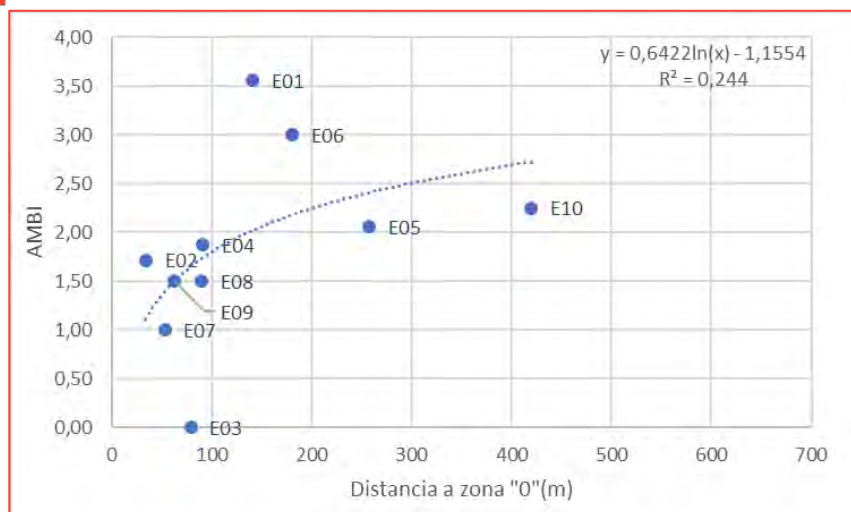


Figura 253 - Relación entre distancia a la zona "0" y AMBI en el Centro F.

En cuanto a la relación entre la distancia a la zona "0" y el índice de diversidad específica (H') (Figura 254), no existió un buen nivel de ajuste entre ambas variables, situación expuesta en el índice AMBI, por lo cual se puede inferir que otras variables están influenciando las comunidades de macroinvertebrados bentónicos, entre estas variables se encuentran los cambios en el tipo de sustrato y cambios en la profundidad entre las distintas estaciones muestreadas.

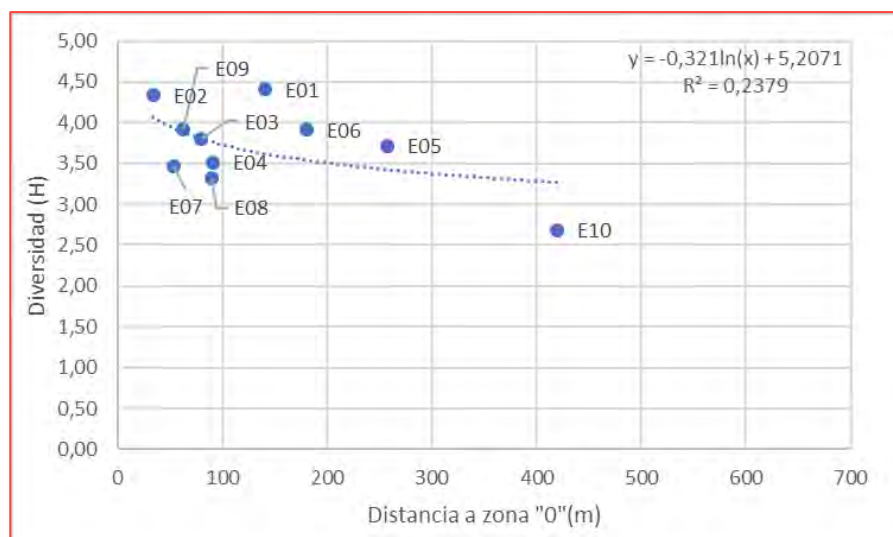


Figura 254 - Relación entre distancia a la zona "0" y el índice de diversidad específica (H') en el Centro F.

Respecto de la concentración de Nitrógeno total en el sedimento (**Figura 255**), los resultados indicaron que no existe mayor relación con la distancia a la zona "0" (R^2 : 0,224), lo cual puede estar influenciado por la cercanía entre las estaciones. En este sentido, la estación más lejana (E10), presentó las mayores concentraciones de este parámetro.

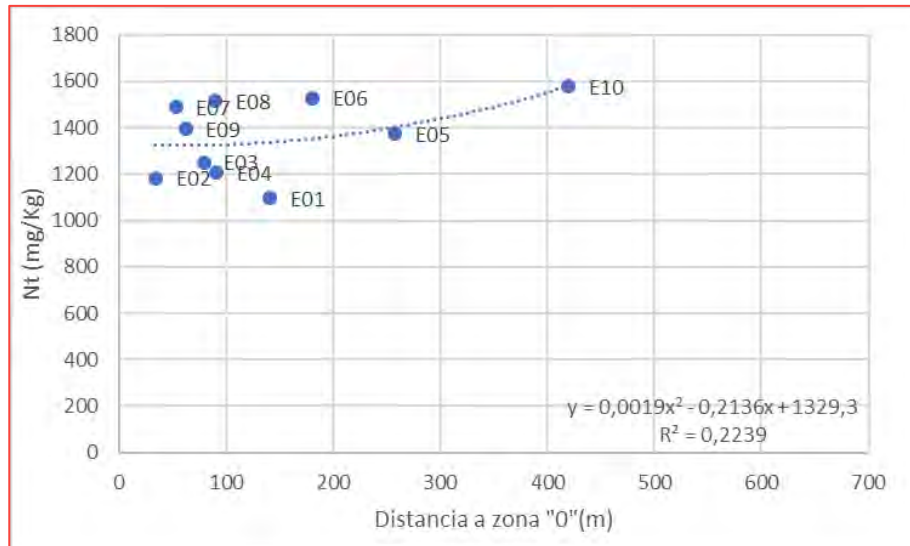


Figura 255 - Relación entre distancia a la zona "0" y el Nitrógeno total en el Centro F.

Respecto del Fósforo total, los resultados indican que no existe relación con la distancia a la zona "0" (R^2 : 0,006), lo cual tiene concordancia con los resultados expuestos anteriormente para el Nitrógeno total y MOT, debido a la existencia de otras variables que modulan la acumulación de estos parámetros en el sedimento.

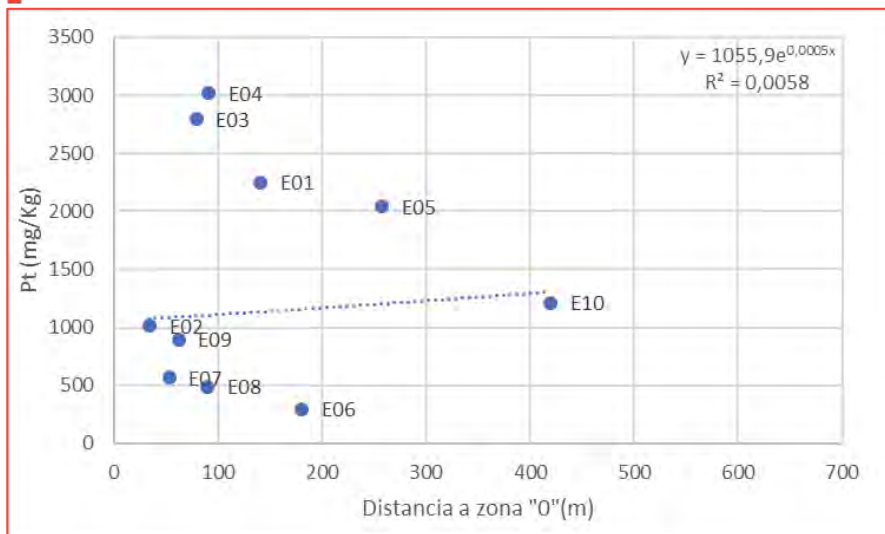


Figura 256 - Relación entre distancia a la zona "0" y Fósforo total en el Centro F.

En cuanto a la concentración de MOT y la profundidad, si bien no se registró un buen nivel de ajuste entre ambas variables (R^2 : 0,078), a medida que se incrementa la profundidad (Figura 257), se observó cierta tendencia a la acumulación de MOT en las zonas de mayor profundidad. En este sentido las variables propias del medio en donde se ubica el centro (batimetría, corrientes de agua), afectarían la acumulación de MOT y en consecuencia de nutrientes.

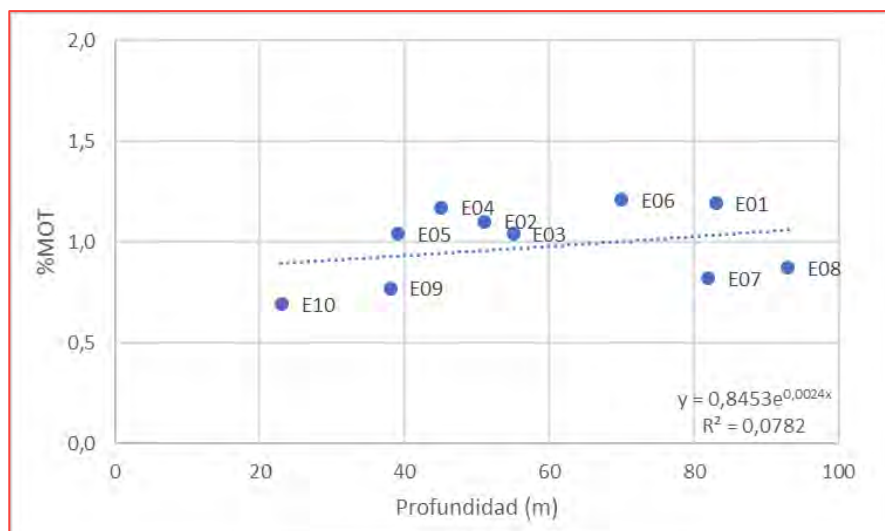


Figura 257 - Relación entre profundidad y MOT (%) en el Centro F.



5.3.8.7 Ces G

5.3.8.7.1.1 Perfiles de Oxígeno Disuelto

Los perfiles de OD dieron cuenta de una columna de agua homogénea en el estrato superficial, con concentraciones de OD entorno a los 10 mg/L. Se observó a los 10 metros de profundidad un estrato de agua en el cual se alcanzan las mayores concentraciones, para comenzar a disminuir hasta los 20 metros de profundidad, dando paso a una columna de agua homogénea, sin mayores variaciones en cuanto a OD se refiere.

Es importante señalar que el perfil correspondiente a la estación 1 arrojó concentraciones de OD superiores respecto a las demás estaciones, lo cual puede ser producto de fallas en el equipo al momento de realizar la medición en dicha estación

Los perfiles en su totalidad cumplen con lo establecido en el Numeral N° 34 de la Res. Ex. N° 3.612/09 y sus modificaciones. A continuación, en la **Figura 258**, se presentan los perfiles levantados en la segunda campaña

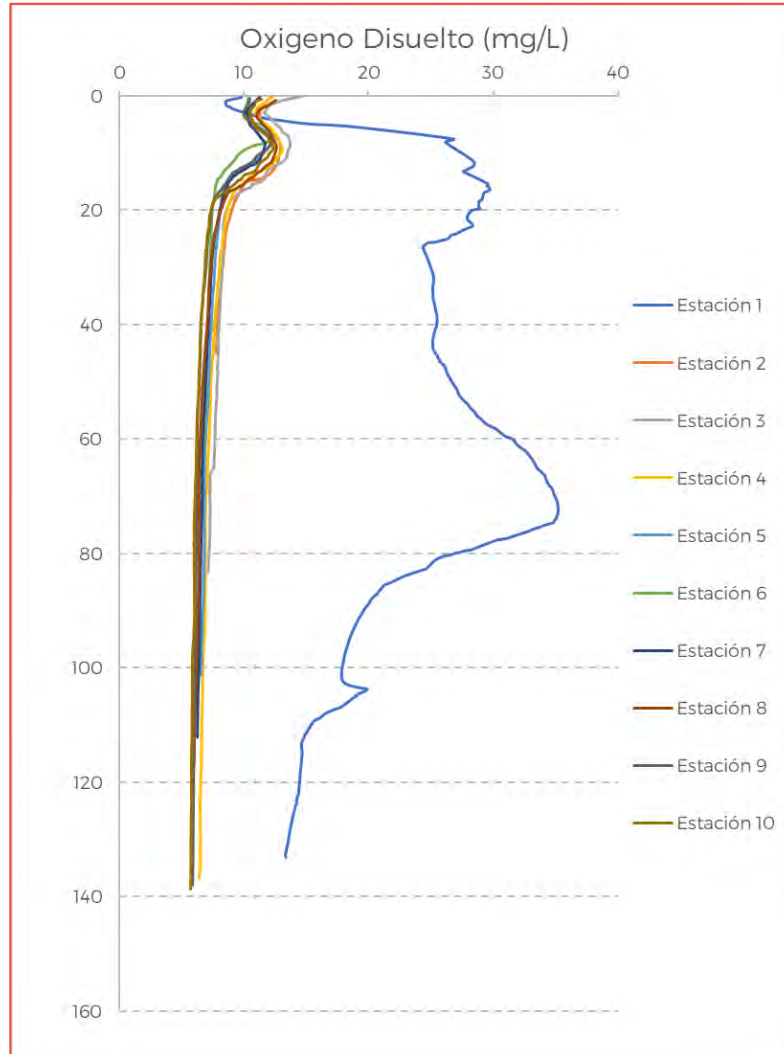


Figura 258 - Perfil de OD en las estaciones de muestreo del Centro G, campaña 2.

5.3.8.7.2 Granulometría

En la tabla siguiente se presentan los resultados en porcentajes para arena, fango y grava de las muestras colectadas y en la **Figura 259** se presentan los gráficos por estación y Ces total. Los análisis indicaron que el Ces presenta fondo blando en un 100%, predominando la Arena con un 58.8%.

Tabla 123 – Granulometría de sedimentos del Centro G, campaña 2.

Estación	Fracción	%
Estación 1	Arena	62.03
	Fango	37.69
	Grava	0.28
Estación 2	Arena	66.06
	Fango	4.34
	Grava	29.61
Estación 3	Arena	95.92
	Fango	3.78
	Grava	0.3
Estación 4	Arena	62.71
	Fango	37.17
	Grava	0.12
Estación 5	Arena	94.61
	Fango	3.79
	Grava	1.6
Estación 6	Arena	75.93
	Fango	0.09
	Grava	23.99
Estación 7	Arena	99.31
	Fango	0.49
	Grava	0.2
Estación 8	Arena	80.75
	Fango	9.78
	Grava	9.48
Estación 9	Arena	72.25
	Fango	20.84
	Grava	6.92
Estación 10	Arena	63.92
	Fango	35.46
	Grava	0.62



Figura 259 – Gráficos en porcentaje del tipo de sedimento del Centro G, campaña 2.

5.3.8.7.1 Materia Orgánica Total (Mot%), Nitrógeno, Redox, pH y Fósforo,

En la tabla siguiente se presentan los valores para Materia Orgánica Total (Mot%), Nitrógeno, Redox, pH y Fósforo del Centro G, registrados en la segunda campaña.

Tabla 124 – Resultados para muestras de sedimento de Materia Orgánica Total (Mot%), Nitrógeno Redox, pH y Fósforo. Centro G, campaña 2.

ESTACION	Mot%	N%	Redox	pH	P%
Estación 1	1.7	0.11	148.63	7.2	0.05
Estación 2	2.6	0.11	317.57	7.6	0.16
Estación 3	1.4	0.13	164.43	7.4	0.68
Estación 4	1.9	0.12	-114.00	7.4	0.32
Estación 5	2.7	0.11	41.00	7.5	0.30
Estación 6	0.9	0.12	118.67	7.6	0.69
Estación 7	3.0	0.12	118.37	7.6	0.69
Estación 8	5.3	0.12	10.93	7.5	1.42
Estación 9	3.9	0.12	15.00	7.5	0.17
Estación 10	2.9	0.13	115.13	7.4	0.07

En relación con las variables que poseen límites de aceptabilidad en el numeral 34 de la Res. Ex. N° 3.612/09. (Mot% $\leq$ 9%; Redox $\geq$ 50mV; pH $\geq$ 7.1). Para estas variables Mot%, y pH cumplieron en la totalidad de las estaciones, Redox no cumplió en 2 estaciones. En la figura precedente se presentan los resultados para las variables que tienen límite de aceptabilidad en Res. Ex. N° 3.612/09.



Figura 260 – Gráficos de resultados para sedimentos en relación con límites de aceptabilidad basados en Res. Ex. N° 3.612/09. Centro G, campaña 2.



En relación con las variables registradas para Nitrógeno y Fósforo, teniendo en cuenta los límites establecidos por NIVA (1994), La variable N cumplió en toda las estaciones y la variable P en 3 estaciones, a su vez, en relación con los límites establecidos por Upla (2002) los valores asociados a N y P cumplieron en las 10 estaciones y en 4 estaciones respectivamente.

5.3.8.7.2 Registro Visual

Se realizaron filmaciones submarinas puntuales en aquellas estaciones que presentaron profundidad inferior a 100 m. En la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos para el Ces G relacionados al tipo de sustrato observado y a distintos elementos presentes en el fondo en 5 de las 10 estaciones, a su vez, en la **Figura 261** se presentan capturas del registro visual por estación. Aquellas estaciones que no se encuentran en la tabla, ni aparecen con capturas, es debido a que las profundidades registradas fueron mayores a 100 m.

Tabla 125 – Resultados registro visual. Centro G, campaña 2.

Estación	Sustrato						Fauna		
	Profundidad (m)	Tipo de sustrato	Partículas en suspensión	Cubiertas de microorganismos	Restos Náufragos	Burbujas de gas	Biodiversidad en relación con el sustrato	Presencia de restos calcáreos	Fauna no representativa del lugar
E2	50	Blando	x	x	x	x	media	✓	x
E3	89	Blando	x	x	x	x	baja	✓	x
E5	104	Blando	x	x	x	x	baja	✓	x
E6	70	Blando	x	x	x	x	baja	✓	x
E7	91	Blando	✓	x	x	x	media	✓	x

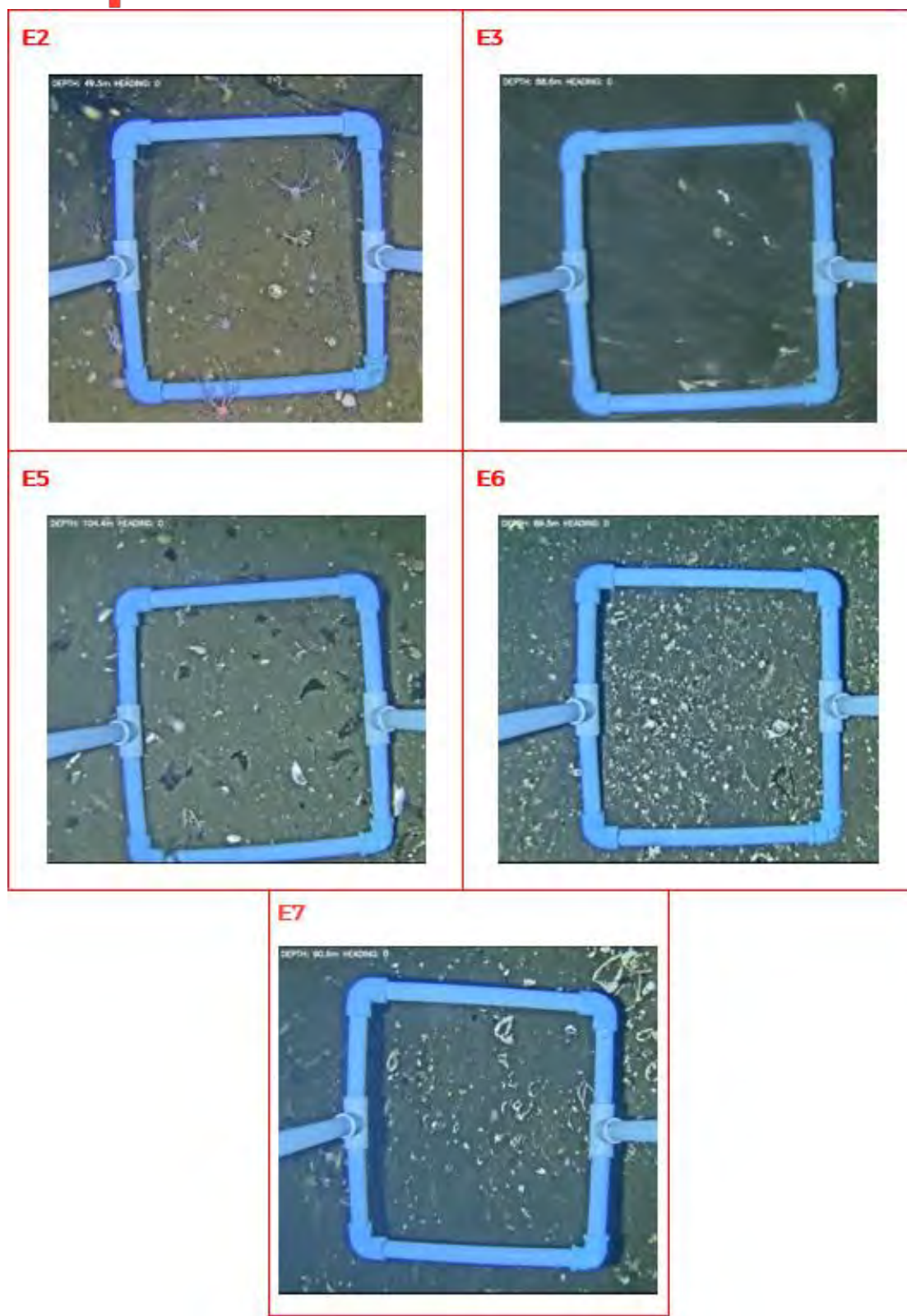


Figura 261 – Capturas obtenidas del Registro Visual para el Centro G, campaña 2.

A continuación, en **Tabla 126** se presentan los resultados para macrofauna observados en durante la filmación submarina para cada estación registrada. Aquellas especies que aparecen con un valor en el número de individuos fueron contabilizadas en el cuadrante que corresponde a la captura. Las demás especies sin valor asociado son las registradas durante toda la grabación.

Tabla 126 – Resultados de macrofauna observada en registro visual. Centro G, campaña 2.

Estación	Z (m)	Nombre Común	Nombre Científico	N° individuos	Descripción
T2	50	Pepinos de mar	Clase Holothuroidea	6	El registro visual se realizó a una profundidad 50 metros, en él se observa un sustrato duro, con presencia de restos calcáreos de mitílidos provenientes de la limpieza de módulos, en cuanto a la fauna, se registran ejemplares de Holoturias, <i>Arbacia dufresnii</i> y poliqueto tubícola
		Erizo flor	<i>Arbacia dufresnii</i>	-	
		Poliquetos tubícolas	-	-	
T3	89	Pepinos de mar	Clase Holothuroidea	1	El registro visual fue realizado a una profundidad de 89 metros, durante la inspección se observó un sustrato blando arenoso, con presencia de restos calcáreos de bivalvos provenientes del proceso de limpieza de los módulos, como también algunas Holoturias y actinias durante la grabación
		Anemona	Clase Anthozoa	1	
T5	104	Poliquetos tubícolas	Clase Polychaeta	-	El registro visual fue realizado a una profundidad de 104 metros, durante la prospección se observan abundantes restos calcáreos de bivalvos, respecto de la fauna se registraron poliquetos tubícolas y posiblemente ejemplares de <i>Antholoba achates</i> .
		Anemona lobulada	<i>Antholoba achates</i>	-	
T6	70	Poliquetos tubícolas	Clase Polychaeta	-	El registro visual fue realizado a una profundidad de 70 metros, durante la prospección se registró un sustrato blando, con abundantes restos de bivalvos, provenientes posiblemente del proceso de limpieza de los módulos, si bien en el cuadrante no se registra fauna, durante la filmación se observan algunos poliquetos tubícolas y un ejemplar de Holoturia.
		Pepinos de mar	Clase Holothuroidea	-	
T7	91	Poliquetos tubícolas	Clase Polychaeta	-	El registro visual fue realizado a una profundidad de 91 metros, durante la inspección se registró un sustrato duro, con acumulación de sedimentos en las zonas profundas del sector, en las rocas se
		Caracoles de mar	Clase Gastropoda	-	

Estación	Z (m)	Nombre Común	Nombre Científico	N° individuos	Descripción
		Anemona	Clase Anthozoa	-	observan algunos gasterópodos adheridos a ellas, como también actinias y algunos ejemplares de poliquetos tubícolas, en las zonas de mayor profundidad se registran restos calcáreos, los cuales pueden ser producto de la limpieza de los módulos.

5.3.8.7.3 Macroinvertebrados colectados mediante muestreo con Draga

5.3.8.7.3.1 Índices

Los resultados de los índices comunitarios de la campaña 2, para el Ces se encuentran en la siguiente Tabla, para la obtención de las muestras estas fueron colectadas mediante draga hasta una profundidad máxima de 200 metros.

Tabla 127 - Índices comunitarios. Centro G, campaña 2.

Estación	S	N	J'	H'(log2)	Lambda
E1	6	70	2,431	2,522	0,184
E2	1	10	0	0	1
E3	4	40	2,661	2	0,25
E4	6	80	2,628	2,406	0,219
E5	2	20	4,322	1	0,5
E6	3	30	3,096	1,585	0,333
E7	4	40	2,661	2	0,25
E8	7	140	2,827	2,522	0,204
E9	6	60	2,285	2,585	0,167
E10	3	40	3,548	1,5	0,375

5.3.8.7.3.2 Composición taxonómica y bioindicadores

En el sector se detectaron especies bioindicadora (tipo IV y V, según AMBI). Estas especies se detallan en tabla siguiente.

Tabla 128 - Especies bioindicadoras. Centro G, campaña 2.

Especie	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
<i>Aphelochaeta</i> sp.	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0
<i>Nassarius coppingeri</i>	7	0	0	0	3	0	0	0	0	0
<i>Nebalia</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0

5.3.8.7.3.3 Índices AMBI y m-AMBI

Respecto de los resultados del AMBI durante la segunda campaña de muestreo (Tabla siguiente), en general, las comunidades macrobentónicas con mayor nivel de degradación fueron registradas en las estaciones E6 seguido por la E8.

Tabla 129 - Resultados de AMBI. Centro G, campaña 2.

Centro	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
Centro G	1.88	0.61	0.06	1.23	1.00	4.50	1.14	2.31	0.67	0.14

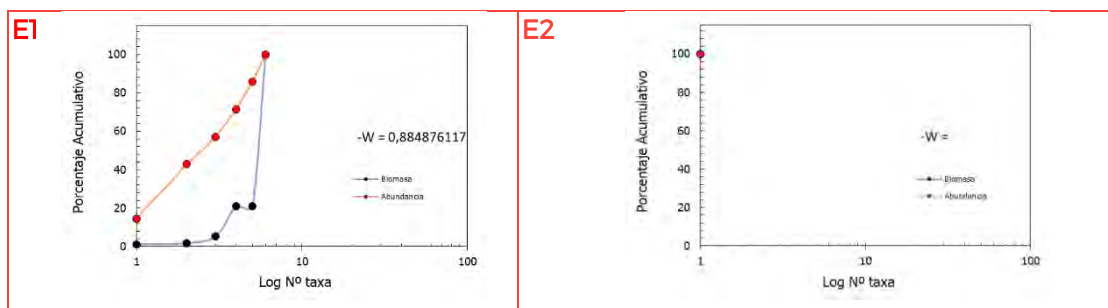
Los resultados del M-AMBI, para la segunda campaña de muestreo (Tabla siguiente) indicaron que en general las estaciones E7 y E8, presentan los mayores valores del M-AMBI, por lo cual tendrían comunidades macrobentónicas con un mayor nivel de degradación.

Tabla 130 - Resultados de M-AMBI. Centro G, campaña 2.

Centro	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
Centro G	0.38	0.39	0.46	0.39	0.41	0.23	0.84	0.66	0.58	0.54

5.3.8.7.3.4 Curvas ABC

Los resultados obtenidos a partir de las curvas ABC (**Figura 262**) para el centro G, indicaron que el estado de las comunidades compuestas por macroinvertebrados bentónicos se encuentran deterioradas, registrando valores de abundancia acumulada superiores a la biomasa acumulada en las estaciones E4, E5, E8, E9 y E10, arrojando valores de W negativos. La ausencia de curvas en la estación E2, se debe al registro de solo un taxón.



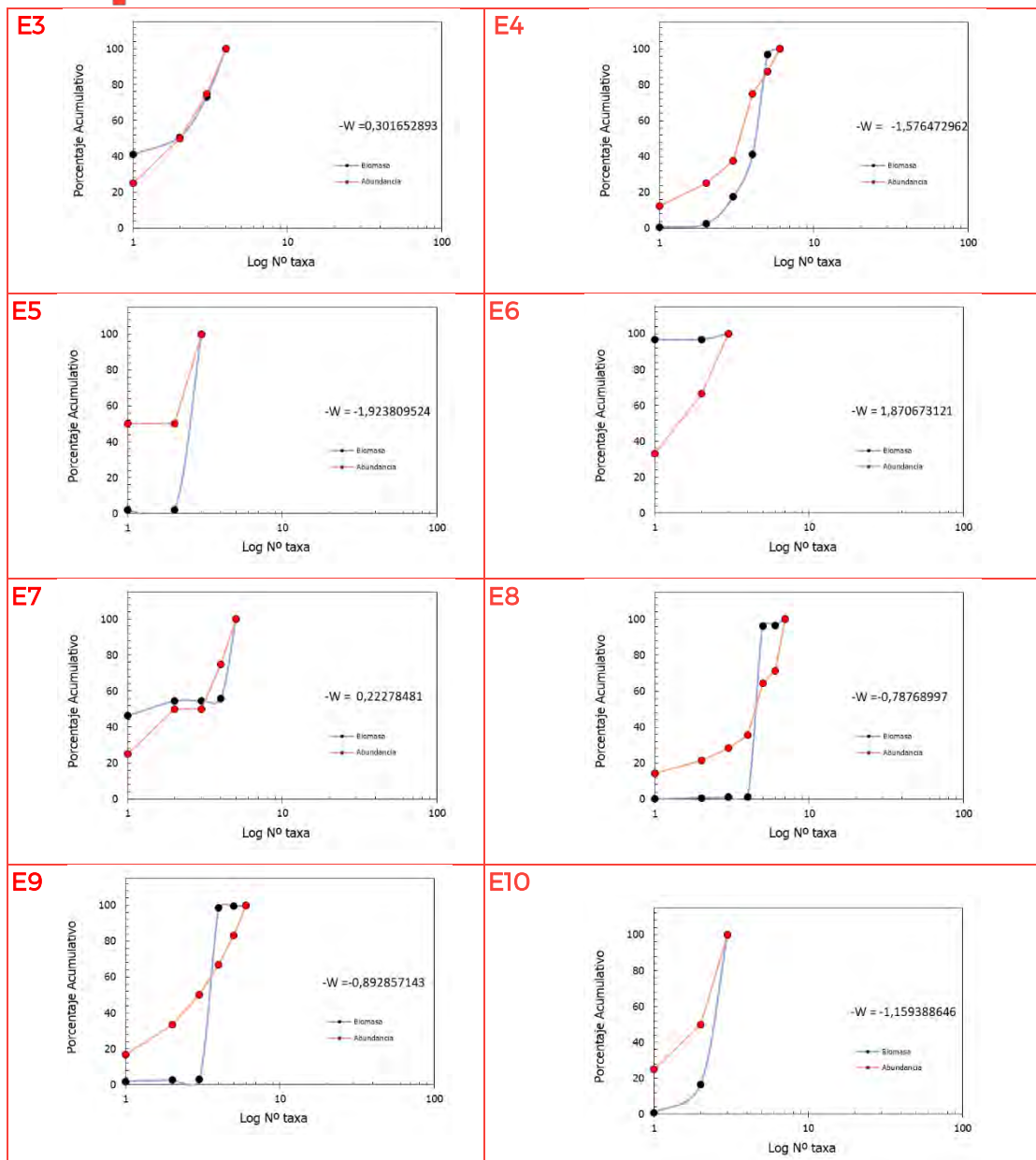


Figura 262 - Curvas ABC. Centro G.

5.3.8.7.4 Relaciones Entre Variables

Los resultados respecto de la condición óxica a medida que se incrementa la distancia desde la zona "O" (**Figura 263**), exhibió un buen ajuste entre ambas variables ($R^2: 0,9$), razón por la cual se puede inferir que a menos de 50 m de la zona de mayor depositación se encontrarán sedimentos impactados.

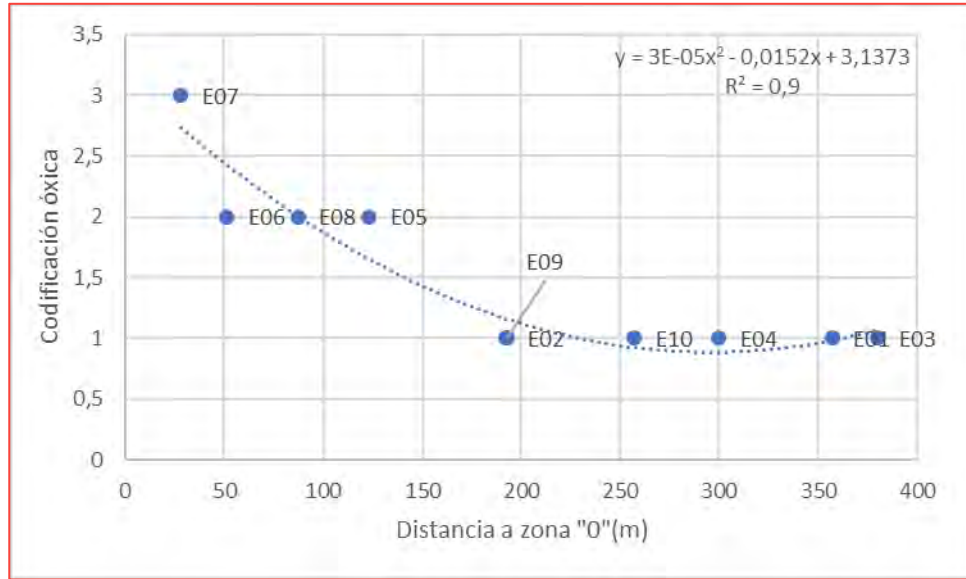


Figura 263 - Relación entre distancia a la zona "O" y la condición óxica en el Centro G.

Respecto de los resultados de la MOT (**Figura 264**), a medida que aumenta la distancia desde la zona "O", no se observó un buen nivel de ajuste entre ambas variables (R^2 : 0,489), condición que podría estar influenciada por la batimetría del lugar, así como también por la acción de corrientes que transportan sedimentos a distintos sectores del área prospectada.

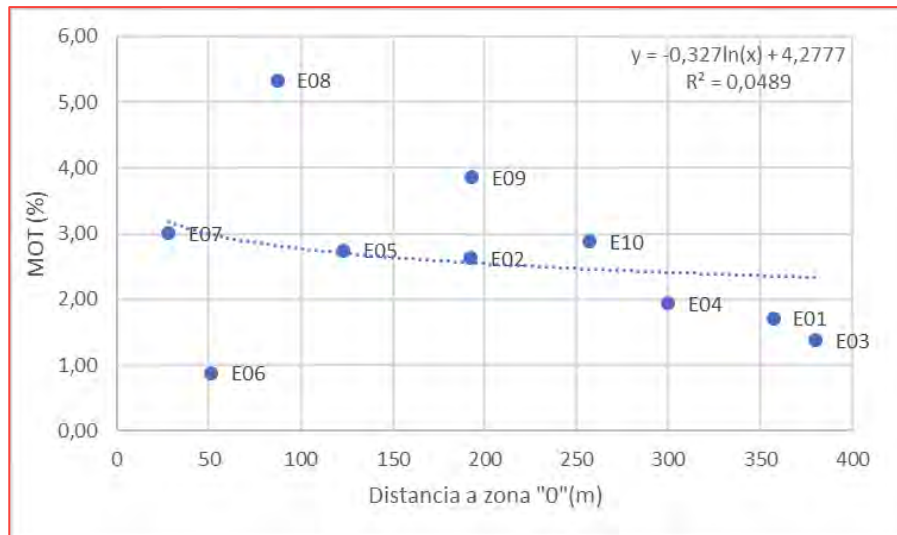


Figura 264 - Relación entre distancia a la zona "O" y MOT (%) en el Centro G.

Respecto de la acumulación de Carbono en el sedimento, a medida que se incrementa la distancia (**Figura 265**), este presentó un buen nivel de ajuste entre ambas variables (R^2 : 0,866), presentando concordancia con los resultados expuestos respecto de la condición óxica registrada en el centro G.

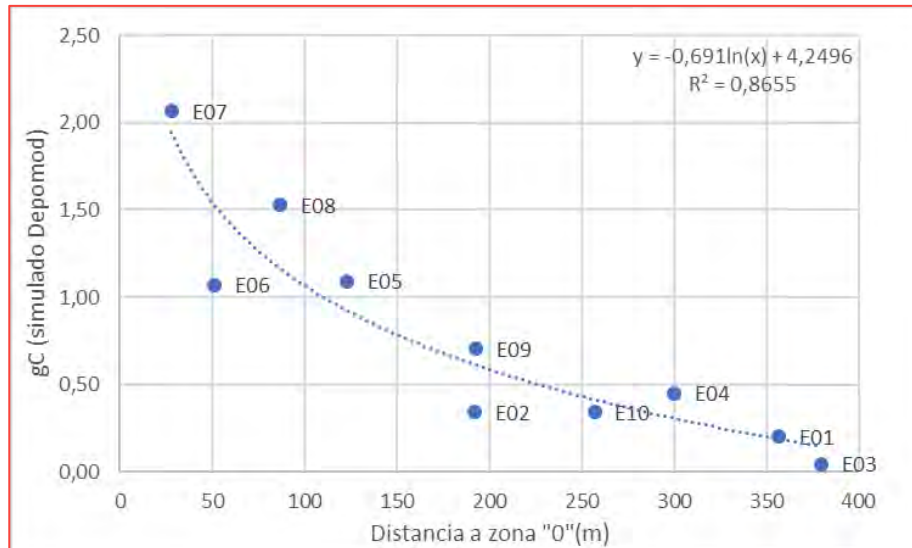


Figura 265 - Relación entre distancia a la zona "O" y g de carbono en el Centro G.

En cuanto al pH, si bien existe cierta relación con la distancia a la zona "O" (**Figura 266**), la variación registrada fue inferior 0,5 unidades de pH, por cual este se mantiene prácticamente estable en las estaciones prospectadas.

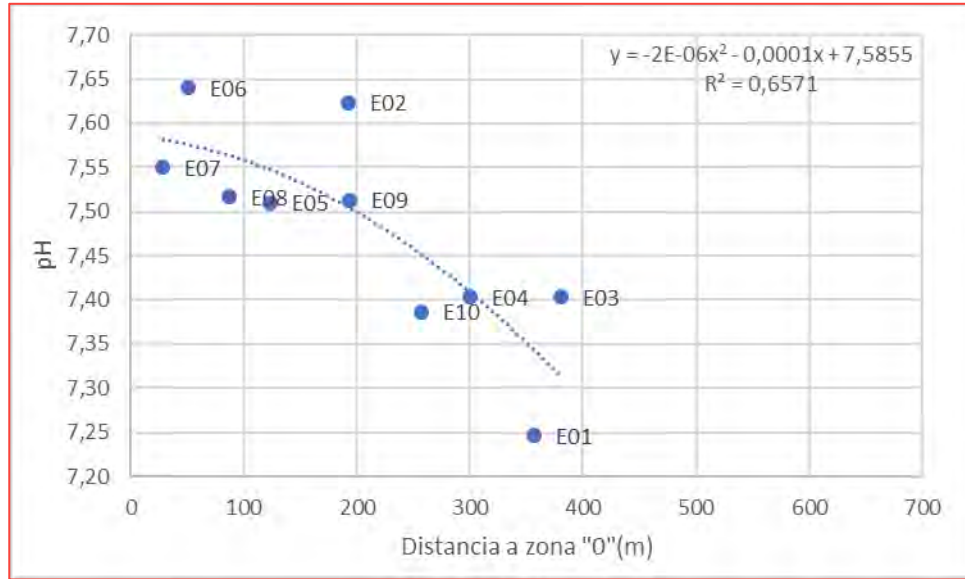


Figura 266 - Relación entre distancia a la zona "0" y pH en el Centro G.

Los resultados indicaron que a medida que aumenta la distancia a la zona "0", la condición de las comunidades de macroinvertebrados presentes en el sustrato mejora (**Figura 267**), lo cual concuerda con la disminución en las concentraciones de MOT y Carbono en el sustrato.

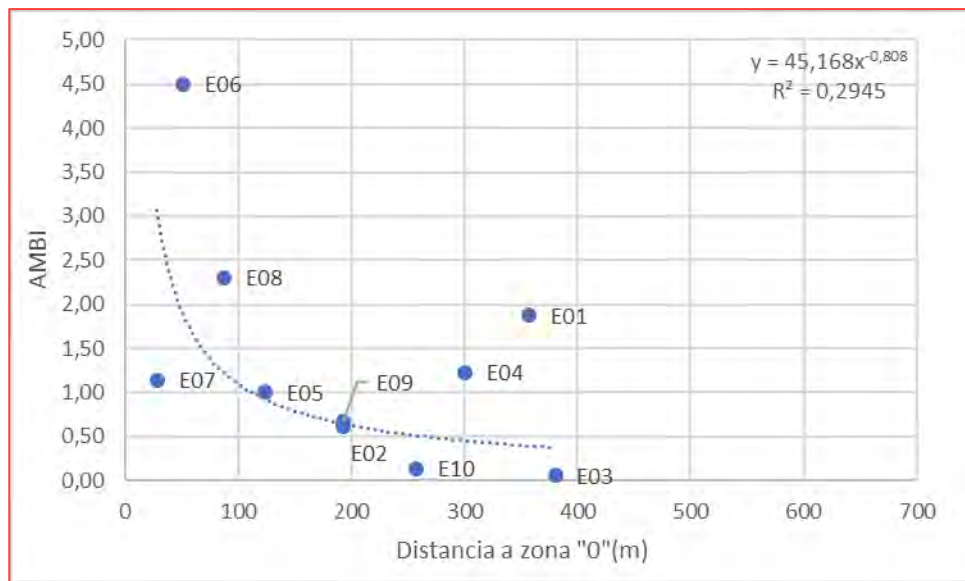


Figura 267 - Relación entre distancia a la zona "0" y AMBI en el Centro G.

En cuanto a la diversidad específica (H') (**Figura 268**), sus valores no presentaron un patrón observable a medida que aumenta la distancia desde la zona "0" (R^2 : 0,006), lo cual puede

estar influenciado por diferencias en el tipo de sustrato en las diferentes estaciones prospectadas, como también por cambios en la profundidad.

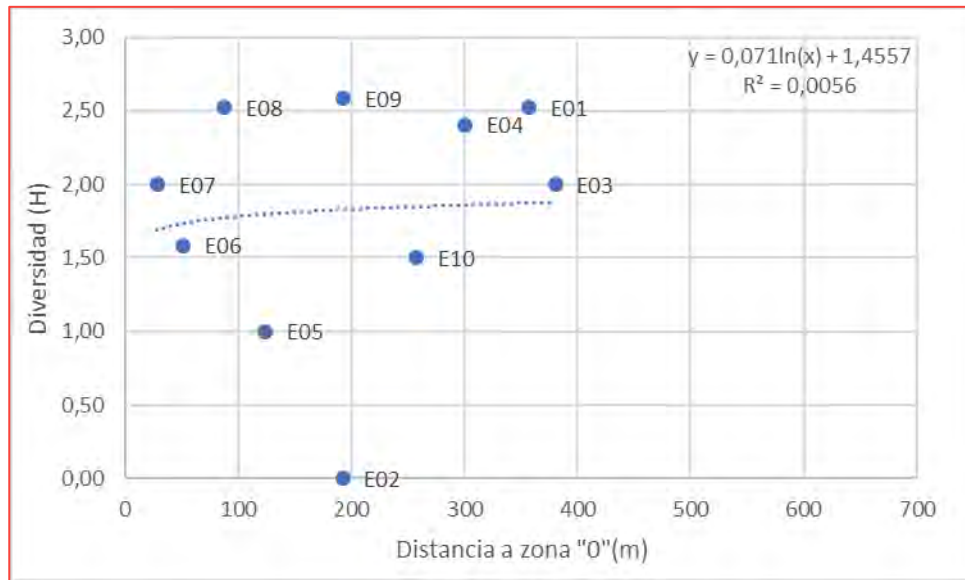


Figura 268 - Relación entre distancia a la zona "O" y el índice de diversidad específica (H') en el Centro G.

Respecto a las concentraciones de Nitrógeno total (**Figura 269**), las mediciones de este parámetro no presentaron un patrón definido a medida que aumenta la distancia desde la zona "O" ($R^2: 0,069$), lo cual podría estar influenciado por características del medio en donde se encuentra ubicado el centro G.

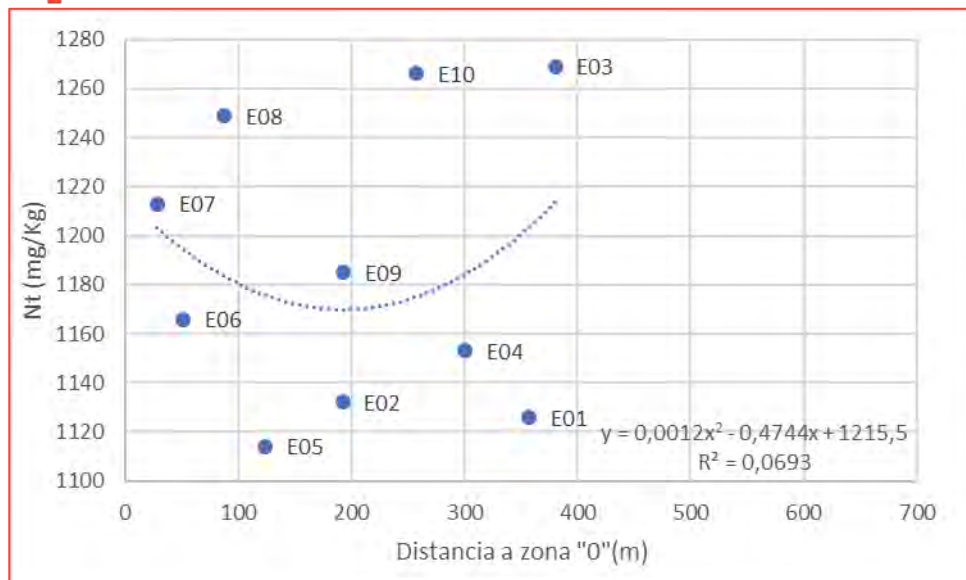


Figura 269 - Relación entre distancia a la zona "0" y el Nitrógeno total en el Centro G.

El Fósforo total (**Figura 270**), al igual que el Nitrógeno total, no presentó un patrón de distribución observable a medida que aumenta la distancia desde la zona "0" (R^2 : 0,079), lo cual podría estar influenciado por características del medio en donde se encuentra ubicado el centro G.

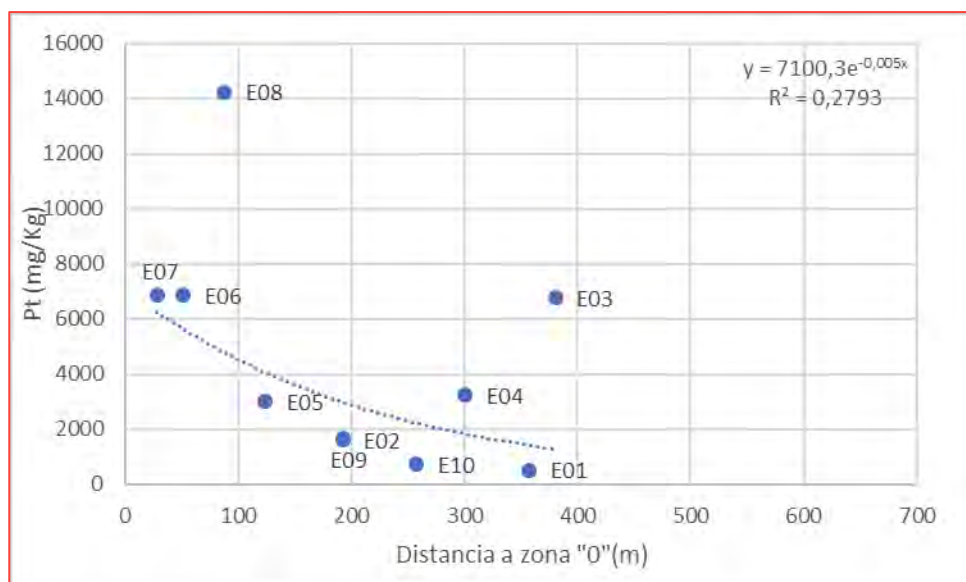


Figura 270 - Relación entre distancia a la zona "0" y fósforo total en el Centro G.

Los resultados presentados en la **Figura 271**, al igual en los parámetros expuestos anteriormente (MOT, Nitrógeno total y Fósforo total), no presentaron un patrón de distribución definido a medida que aumenta la profundidad, por lo que la acción de otras variables como el transporte de sedimentos producto de las corrientes a zonas en donde se ubica el centro G, podrían explicar esta situación.

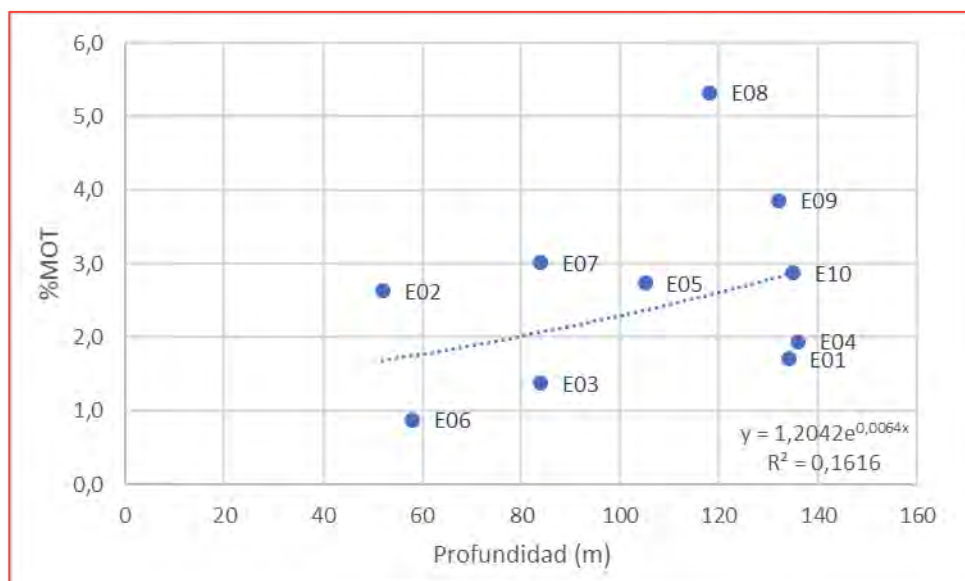


Figura 271 - Relación entre profundidad y MOT (%) en el Centro G.

5.3.9 Análisis entre campañas de muestreo

A continuación, se presentan los resultados de los análisis comparativos entre campañas de muestreo en cada centro. Para los parámetros: Materia Orgánica Total (Mot%), Fango %, Redox, pH, Nitrógeno %, Fósforo % y la relación entre la diferencia porcentual de estos parámetros con la distancia a la zona O. Adicionalmente se compararon los registros visuales realizados mediante filmaciones submarinas,

Por último, se presenta un análisis multicriterio para los parámetros fisicoquímicos del sedimento en cada centro.

5.3.9.1 Ces A

5.3.9.1.1 Materia Orgánica Total %

En la siguiente figura se comparan los resultados obtenidos en ambas campañas de muestreo, pudiendo concluir que la concentración de Mot% aumenta en un 60,93% en promedio en el Ces

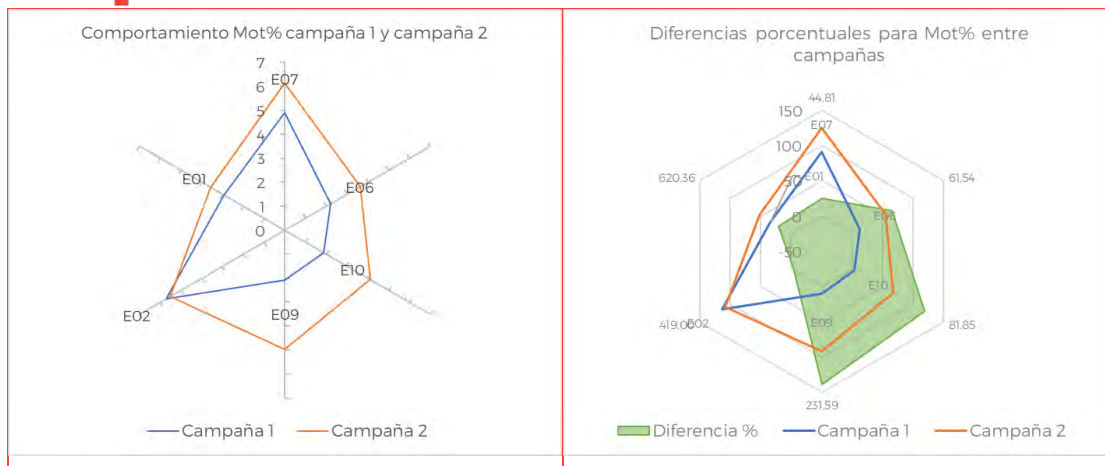


Figura 272 – Izquierda: comportamiento Mot% entre campañas. Derecha: diferencias porcentuales entre campañas. Centro A.

No obstante, en ninguna de las campañas de muestreo realizadas superó lo establecido en la Res. Ex. N° 3.612/09 y sus modificaciones, en consecuencia, este parámetro cumpliría con lo estipulado en dicha normativa. En relación con el comportamiento porcentual entre campañas, al realizar una comparación entre el parámetro Mot% y los $\text{gC/m}^2/\text{día}$ predicho por el modelo DEPOMOD. Podemos concluir que las estaciones más cercanas a la “Zona 0” (Coordenada en la cual el modelo predijo una mayor depositación de Carbono, poseen la mayor diferencia porcentual y a medida que la distancia se incrementa respecto de esta zona, los valores de estos parámetros disminuyeron, lo cual puede apreciarse en la siguiente figura.

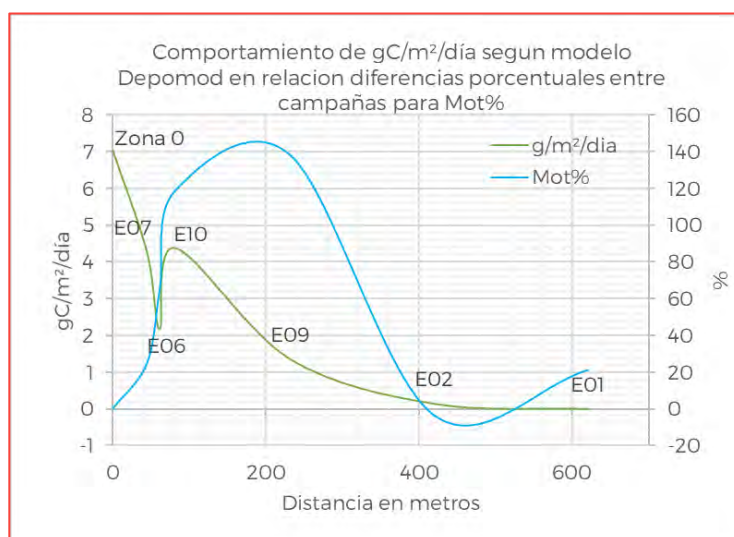


Figura 273 - Comportamiento de diferencias porcentuales entre campañas para Mot% v/s $\text{gC/m}^2/\text{día}$ predicho por modelo DEPOMOD. Centro A.

5.3.9.1.2 Fango %

Los resultados comparativos entre campañas para el parámetro Fango % exhibidos en la siguiente figura, mostraron que las mayores diferencias porcentuales ocurrieron en las estaciones E10 (83.75%) y E2 (81.43%), sin embargo, los resultados generales del Ces indicaron que los valores para el parámetro Fango disminuyeron en relación a la primera campaña en torno a un 14.98%.

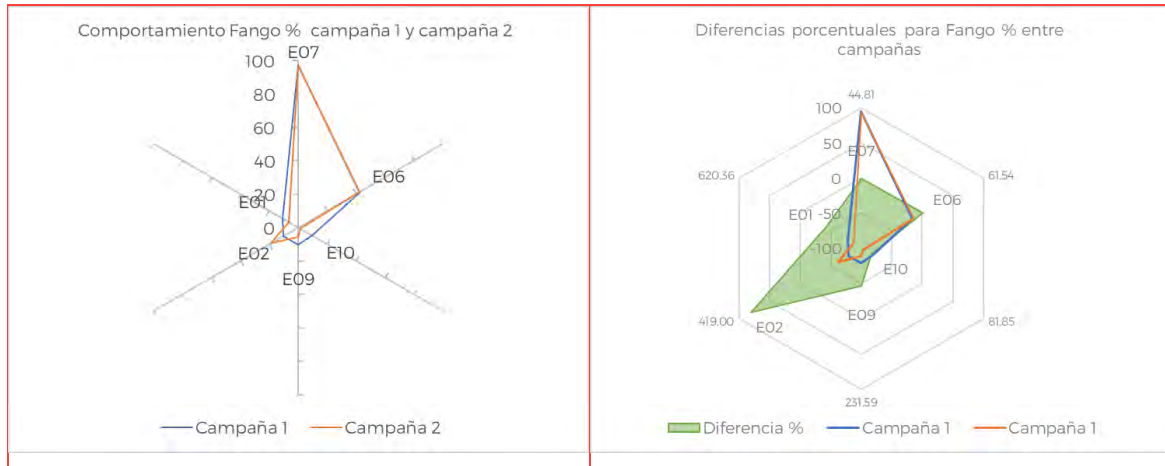


Figura 274 – Izquierda: Comportamiento Fango % entre campañas. Derecha: Diferencias porcentuales entre campañas. Centro A.

En la siguiente figura se presenta una comparación gráfica de la diferencia porcentual del parámetro Fango % y los gC/m²/día predicho por el modelo DEPMOD, logrando concluir que entre estos parámetros no existió una correlación significativa, ya que las mayores diferencias se observaron a partir a los 200 metros.

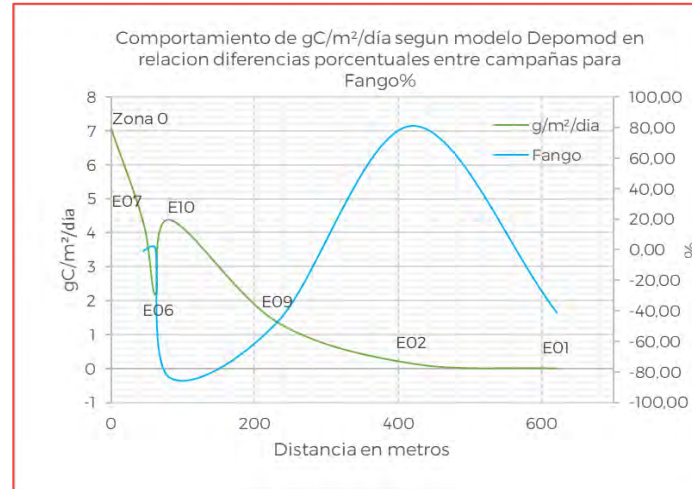


Figura 275 - Comportamiento de diferencias porcentuales entre campañas para Fango% v/s $gC/m^2/día$ predicho por modelo DEPOMOD. Centro A.

5.3.9.1.3 Redox

Los resultados de la comparación entre campañas para el parámetro Redox en el Ces A exhibidos a continuación, indicaron que los valores de este parámetro incrementaron respecto de la primera campaña, registrando las mayores diferencias porcentuales en las estaciones E7 (148.53%) y E9 (83.94%).

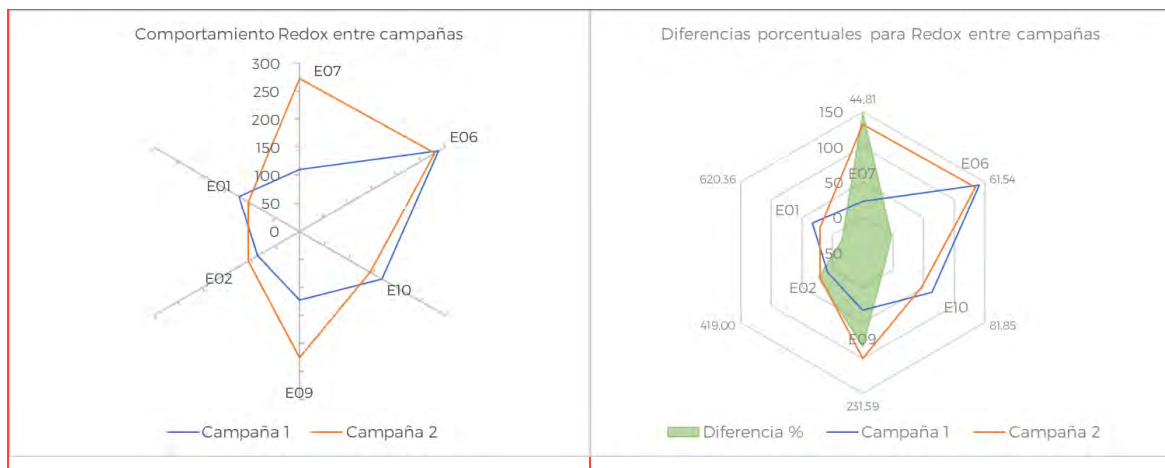


Figura 276 – Izquierda: Comportamiento Redox entre campañas. Derecha: Diferencias porcentuales entre campañas. Centro A.

Podemos concluir que todas las mediciones realizadas en ambas campañas cumplieron con lo establecido en la Res. Ex. N° 3.612/09 y sus modificaciones, además se observó que, a

medida en que se incrementa la distancia a la zona 0, la diferencia porcentual del parámetro Redox disminuye, en cierta concordancia a la disminución de $gC/m^2/día$, lo cual se puede apreciar gráficamente en la siguiente figura.

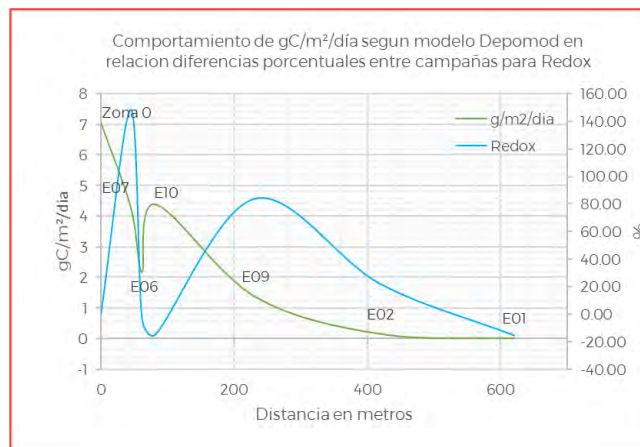


Figura 277 - Comportamiento de diferencias porcentuales entre campañas para Redox v/s $gC/m^2/día$ predicho por modelo DEPOMOD. Centro A.

5.3.9.1.4 pH

Los resultados comparativos entre campañas para el parámetro pH entregan como resultado que los mayores aumentos en el valor del parámetro pH se registraron en las estaciones E9 (6,93%) y E10 (4,61%). Los resultados generales del centro indicaron que los valores para el parámetro pH aumentaron en torno al 3,17%

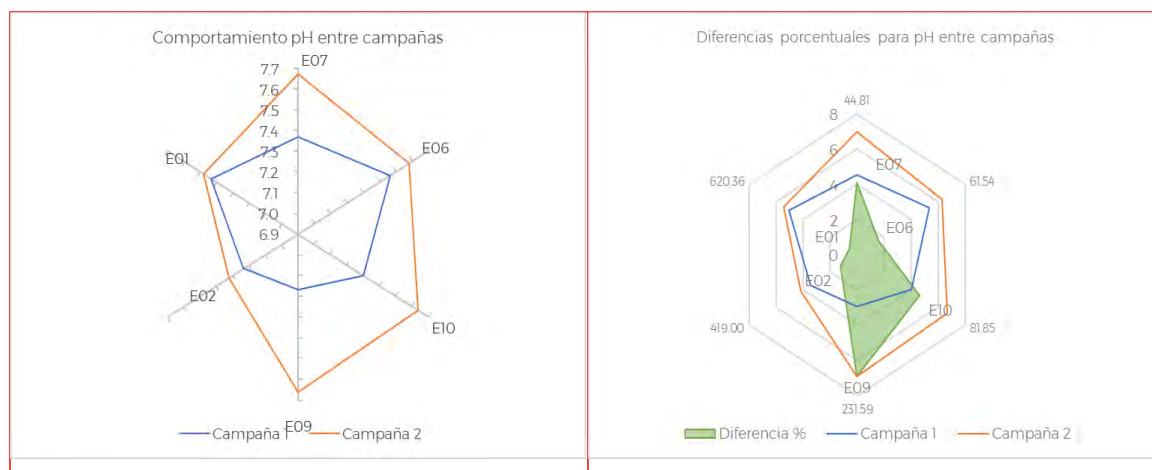


Figura 278 - Izquierda: Comportamiento del pH entre campañas. Derecha: Diferencias porcentuales entre campañas. Centro A.

Los resultados obtenidos permiten concluir que en todas las mediciones para ambas campañas cumplieron con lo establecido en la Res. Ex. N° 3.612/09 y sus modificaciones, por otra parte, a medida que nos alejamos de la Zona 0, la diferencia porcentual disminuyó, no obstante, las mayores diferencias porcentuales se evidenciaron a los 200 m. desde la zona 0.

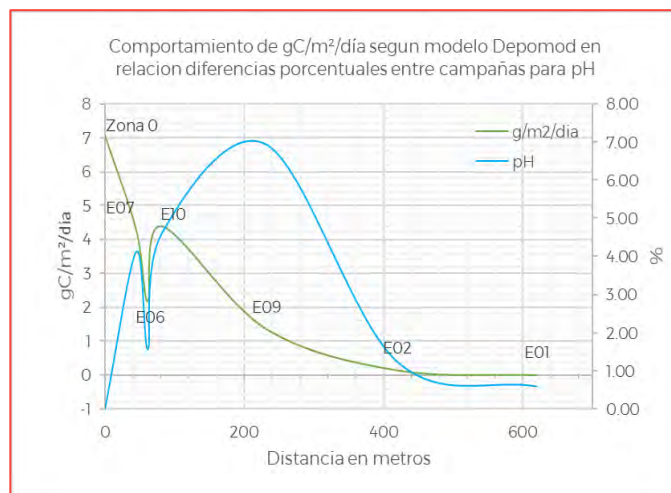


Figura 279 - Comportamiento de diferencias porcentuales entre campañas para pH v/s $gC/m^2/día$ predicho por modelo DEPOMOD. Centro A.

5.3.9.1.5 Nitrógeno %

Los resultados exhibidos del análisis comparativo del Nitrógeno % en la siguiente figura, muestran que, en general los valores para el parámetro Nitrógeno % disminuyeron en todas las estaciones en relación con la primera campaña, observándose las mayores diferencias porcentuales en las estaciones E1 (84,62%) y E2 (75,86%).

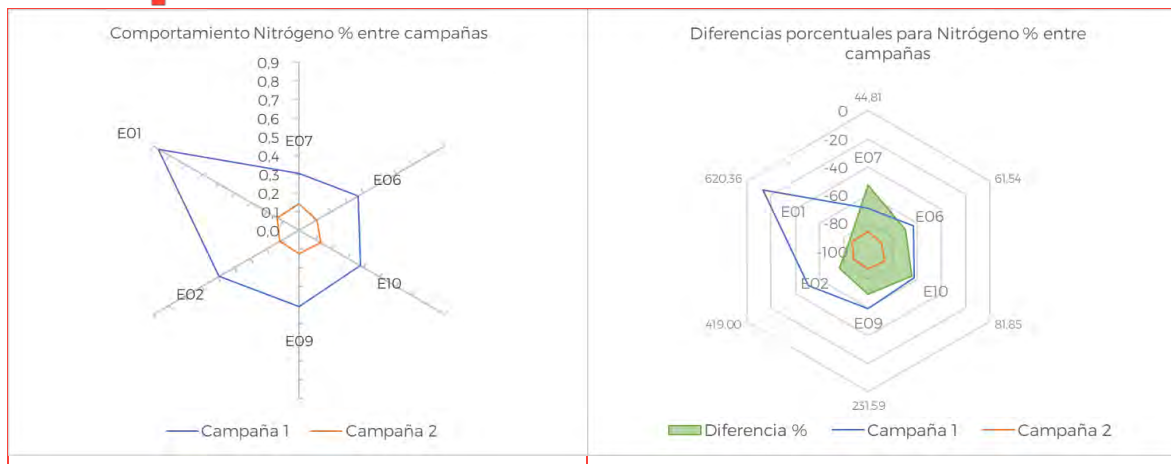


Figura 280 - Izquierda: Comportamiento Nitrógeno % entre campañas. Derecha: Diferencias porcentuales entre campañas. Centro A.

Los resultados obtenidos mostraron que las mediciones registradas para ambas campañas indicaron valores para Nitrógeno % en el sedimento superiores al 0,1%, en este sentido, estos valores cumplieron con las concentraciones límites indicadas por Upla (2002). Por otra parte, al analizar los valores diferenciales porcentuales entre campañas para Nitrógeno % v/s $\text{gC/m}^2/\text{día}$ (predicho por modelo DEPOMOD), podemos concluir que la diferencia porcentual de Nitrógeno % aumenta (negativamente) a medida que se incrementa la distancia a la zona 0, lo cual permite inferir que no tiene relación con el parámetro $\text{gC/m}^2/\text{día}$.

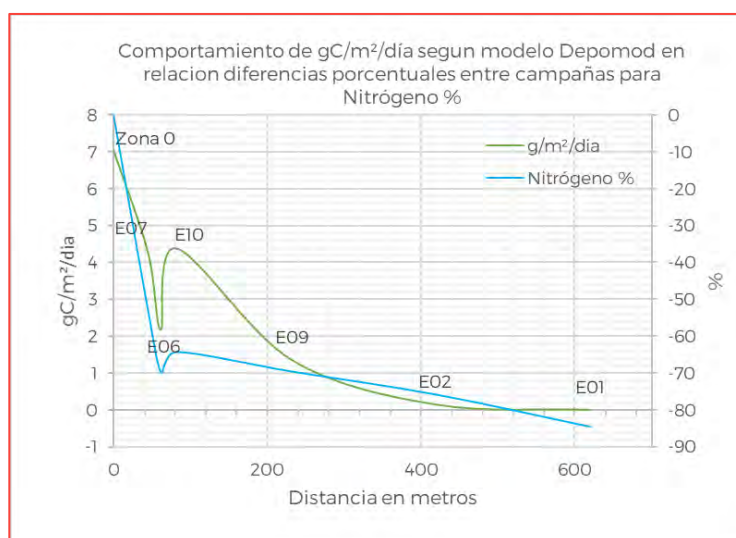


Figura 281 - Comportamiento de diferencias porcentuales entre campañas para N% v/s $\text{gC/m}^2/\text{día}$ predicho por modelo DEPOMOD. Centro A.

5.3.9.1.6 Fósforo %

Los resultados comparativos entre campañas para el parámetro Fósforo %, presentados en la siguiente figura, indicaron que en general los valores para el parámetro Fósforo % aumentaron drásticamente en todas las estaciones en relación a la primera campaña, mientras que, las mayores diferencias porcentuales ocurren en las estaciones E7 (9928,31%) y E1 (1279,66%).

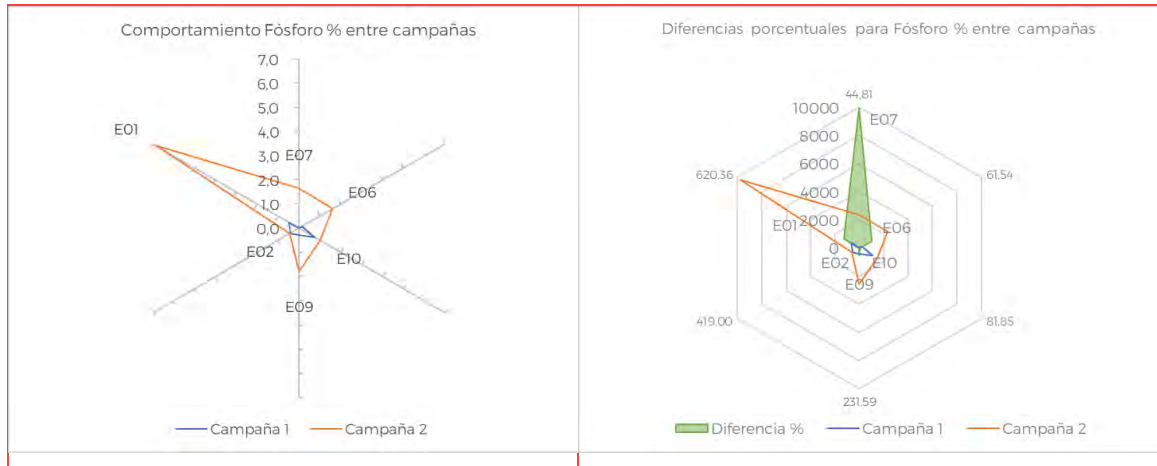


Figura 282 – Izquierda: Comportamiento Fósforo % entre campañas. Derecha: Diferencias porcentuales entre campañas. Centro A.

Podemos concluir que las mediciones registradas en ambas campañas indicaron valores para Fósforo % en el sedimento inferiores a 0,2%. En este sentido, no estaría dentro de los límites indicados por Upla (2002) en dos estaciones de muestreo durante la primera campaña, mientras que, cumplió en la totalidad de estaciones de muestreo durante la segunda campaña. Además, al observar el análisis gráfico en la siguiente figura, se puede inferir que existe nula correlación entre los valores diferenciales porcentuales entre campañas para Fósforo % v/s $gC/m^2/día$ (predicho por modelo DEPOMOD).

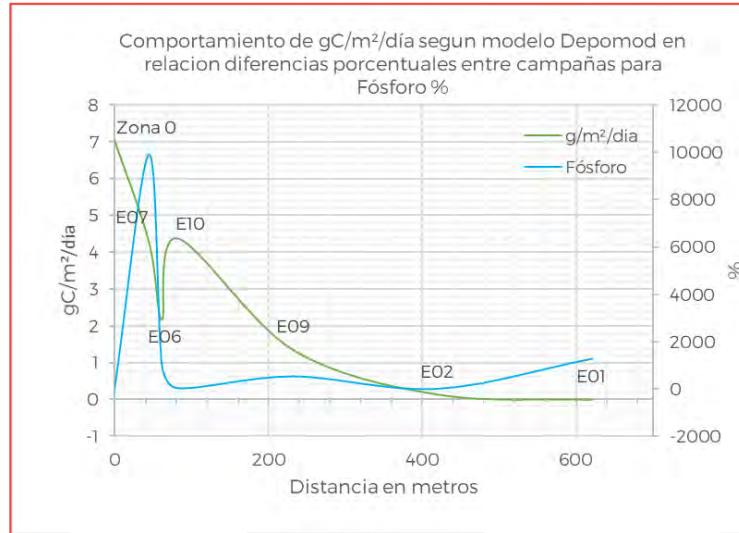


Figura 283 - Comportamiento de diferencias porcentuales entre campañas para Fósforo % v/s gC/m²/día predicho por modelo DEPOMOD. Centro A.

A continuación, se presenta la correlación entre variables para parámetros levantados en terreno en relación con la distancia de la "Zona 0". Para la primera campaña se exhiben los valores en color azul y segunda campaña color anaranjado.

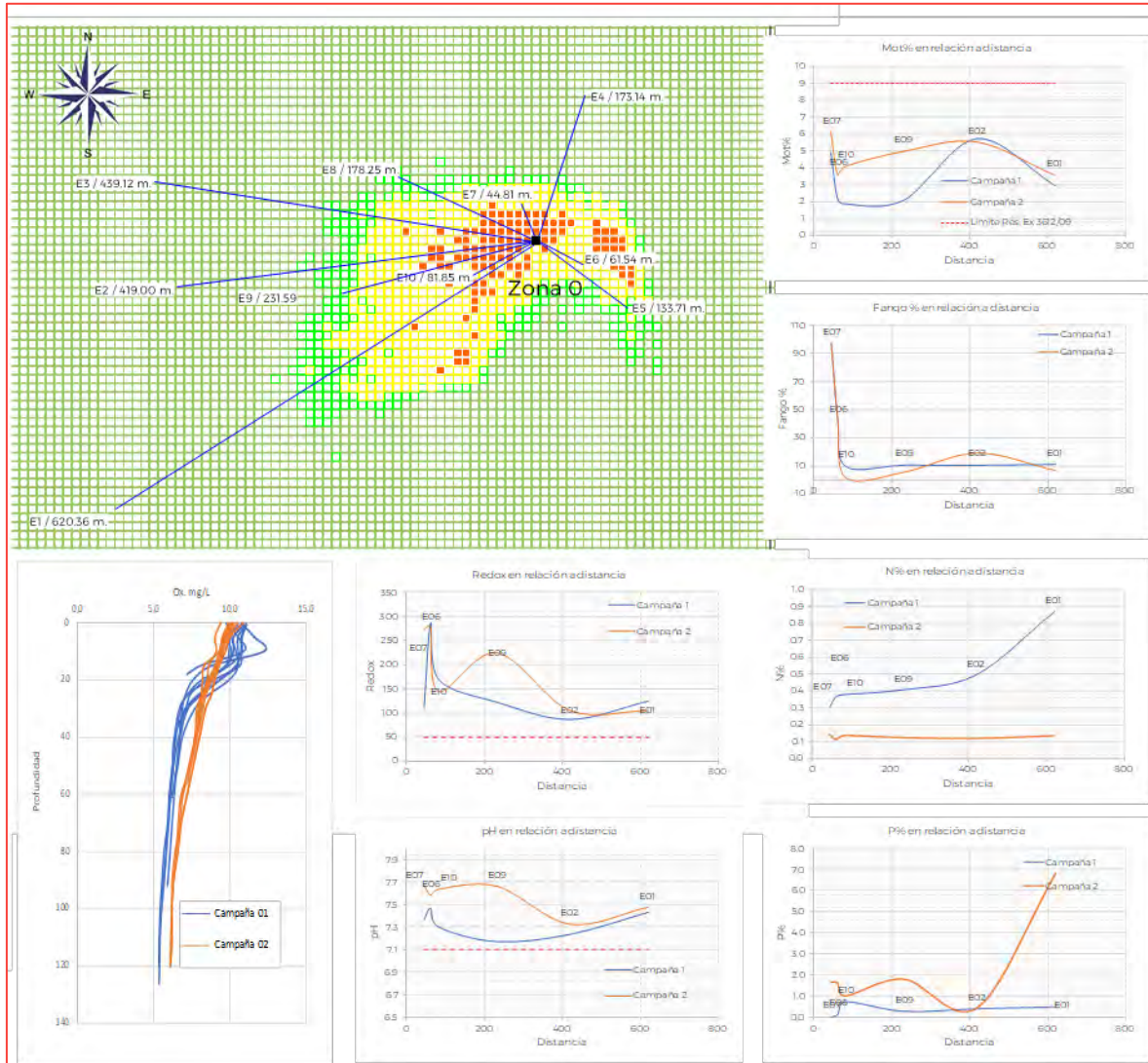


Figura 284 - Relación de variables durante la primera y segunda campaña en relación con distancia a la Zona 0. Centro A.

Como se observa en figura anterior para casi todas las variables ocurrió un aumento en los valores para la segunda campaña, no obstante, los valores registrados cumplieron con el numeral 34 de la Res. Ex. N° 3.612/09 y sus modificaciones (ambas campañas). En cuanto a la relación distancia vs parámetro, en general, los valores mejoraron paulatinamente a medida que nos alejamos de la Zona 0.



5.3.9.1.7 Registro visual

Al comparar los registros visuales de ambas campañas del Ces A, podemos indicar que en la primera campaña se observó la presencia de cubierta de microorganismos en tres de las siete estaciones filmadas, sin embargo, durante la segunda campaña no se registró la presencia de microorganismos en ninguna de las estaciones.

5.3.9.1.8 Macroinvertebrados

Respecto de los resultados obtenidos de la composición taxonómica de macroinvertebrados, podemos indicar que en ambas campañas se detectaron especies bioindicadoras de tipo IV y V, según AMBI, las cuales son indicativas de enriquecimiento orgánico y contaminación. Durante la primera campaña se encontraron siete especies bioindicadores, mientras que en la segunda campaña fueron registradas solo dos de estas especies.

5.3.9.1.9 Análisis Multicriterio

En los dendogramas y matrixplots por campaña, que se presenta en Figura siguiente, se observó la correlación existente entre las estaciones y las variables medidas, indicando como resultado:

Se observaron principalmente 2 conglomerados con un nivel de similitud de un 83% aproximadamente, para ambas campañas. De estos 2 conglomerados, se apreció para ambas campañas que de las 6 estaciones que se presentan, 5 de estas componen un conglomerado con un nivel de similitud de un 92%.

La estación E10 exhibió una menor correlación en cuanto a las demás para ambas campañas.

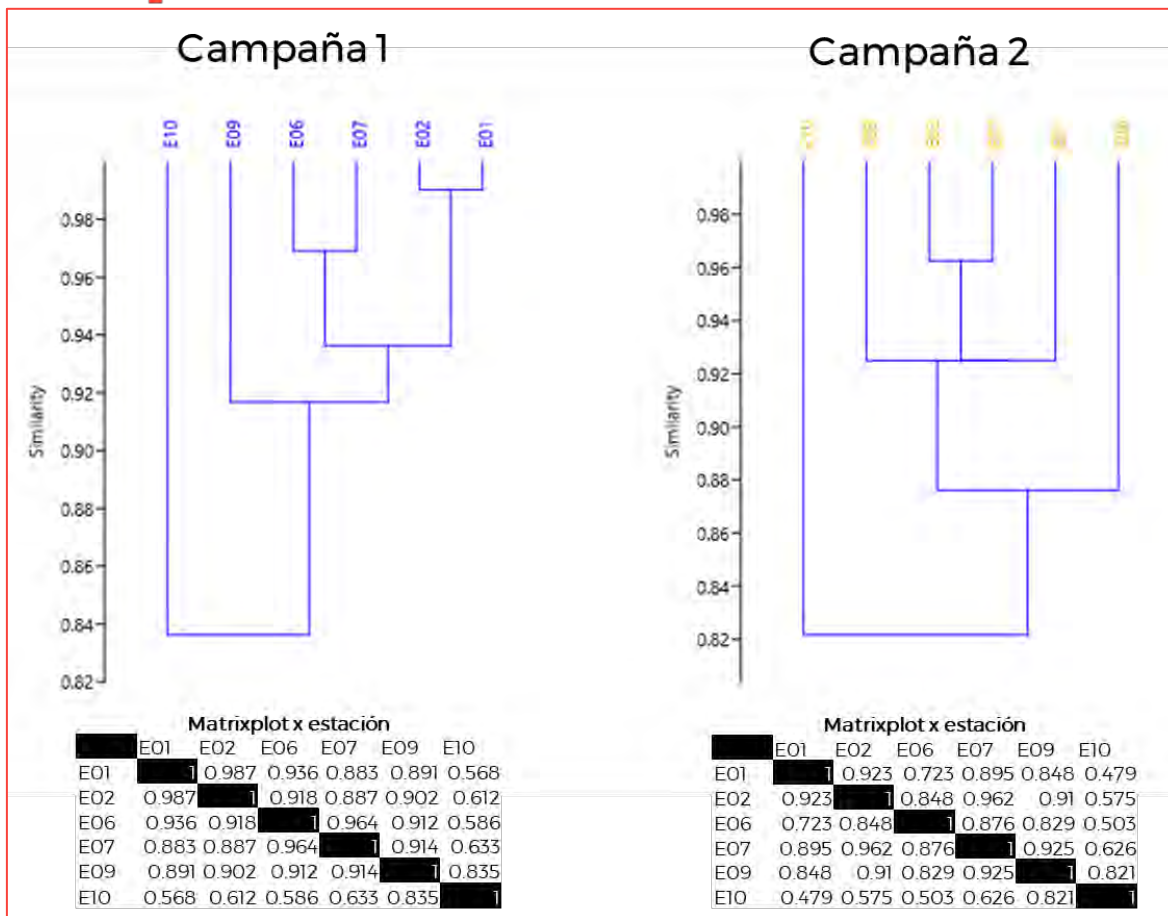


Figura 285 - Correlaciones entre estaciones y variables medidas. Centro A.

A continuación, en figura precedente se entrega un análisis de componentes principales (PCA) entre campañas, donde se puede discernir las correlaciones existentes entre estaciones. Se apreció que las estaciones que se correlacionan entre campañas son las estaciones E9 y E10. La correlación en la campaña 1 y 2 se vio evidenciada fuertemente en un segundo clúster donde están las estaciones E6, E1, E7 E2 y E9. Por otro lado, las estaciones E3, E4, E5 y E8 no se incluyeron debido a que presentaron sustrato del tipo duro.

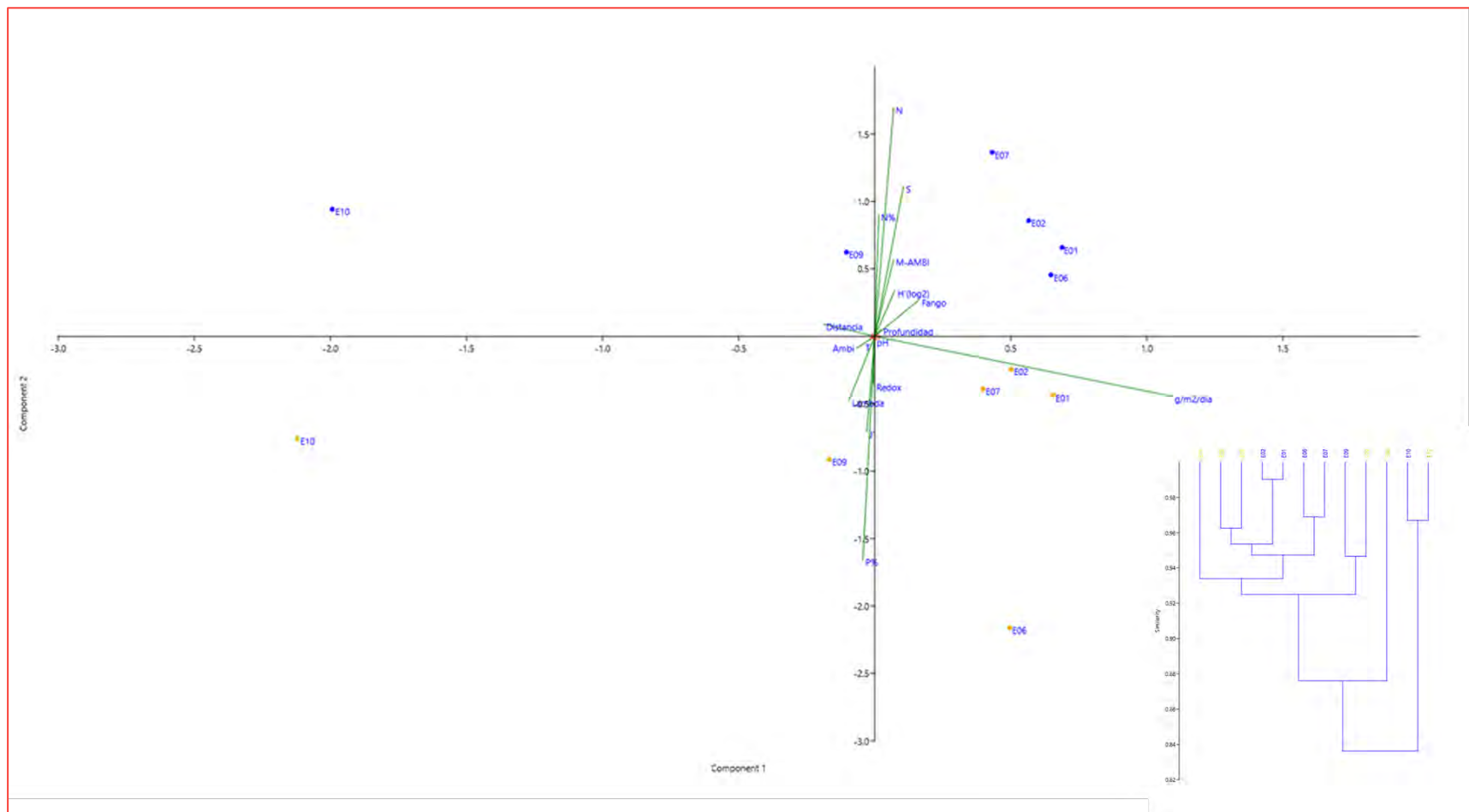


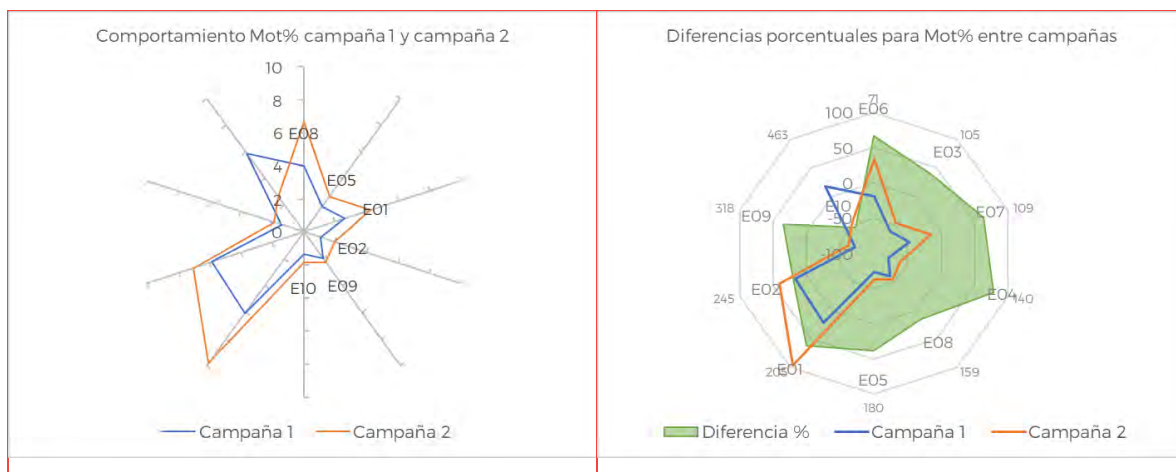
Figura 286 - Análisis de componentes principales (PCA). Centro A.

5.3.9.2 Ces B

A continuación, se presentan los resultados entre campañas para el Ces B.

5.3.9.2.1 Materia Orgánica Total %

En la siguiente figura se comparan los resultados obtenidos en ambas campañas de muestreo, pudiendo concluir que la concentración de Mot% aumentó en un 36,64% en promedio en el Ces B respecto de la primera campaña, con excepción de la estación diez, la cual registró una disminución en torno al 55,2%.



No obstante, prácticamente en la totalidad de estaciones muestreadas, los resultados no sobrepasaron lo establecido en la Res. Ex. N° 3.612/09 y sus modificaciones, en ambas campañas de muestreo, con excepción de la estación uno, durante la segunda campaña (9,84 %MOT). En relación con el comportamiento porcentual entre campañas, al realizar una comparación entre el parámetro Mot% y los gC/m²/día predicho por el modelo DEPOMOD, se pudo concluir que variabilidad en el parámetro Mot%, a medida que se incrementa la distancia con la zona 0 (Coordenada en la cual el modelo predijo una mayor depositación de Carbono), exhibiendo valores decrecientes a partir de los 300 metros, mientras que, para el parámetro gC/m²/día exhibió una disminución importante, en los primeros 100 metros de distancia a la zona 0.

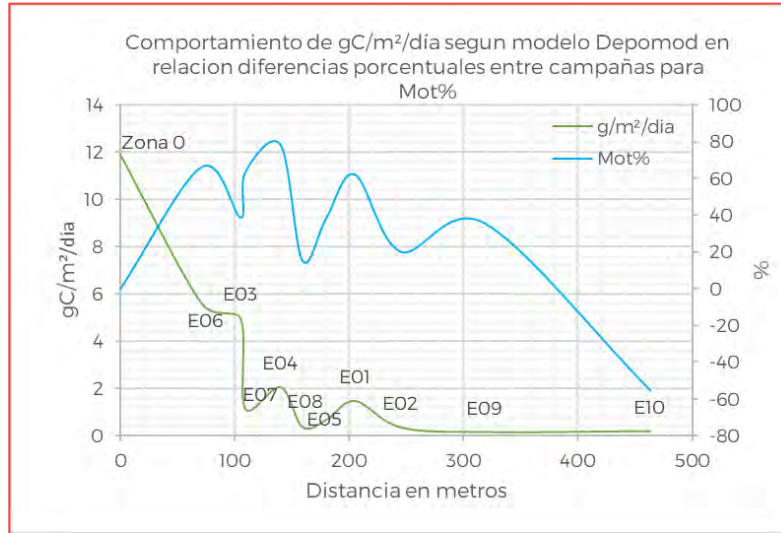


Figura 288 - Comportamiento de diferencias porcentuales entre campañas para Mot% v/s gC/m²/día predicho por modelo DEPOMOD. Centro B.

5.3.9.2.2 Fango %

Los resultados comparativos entre campañas para el parámetro Fango % exhibidos en la siguiente figura, mostraron que en general se registró una disminución en los aportes porcentuales de fango, en torno a un 13,43% (promedio), registrándose una notoria disminución en la estación E10 con una diferencia del 74,09%. Solo las estaciones E7, E7 y E8 aumentaron los aportes de esta fracción sedimentaria.

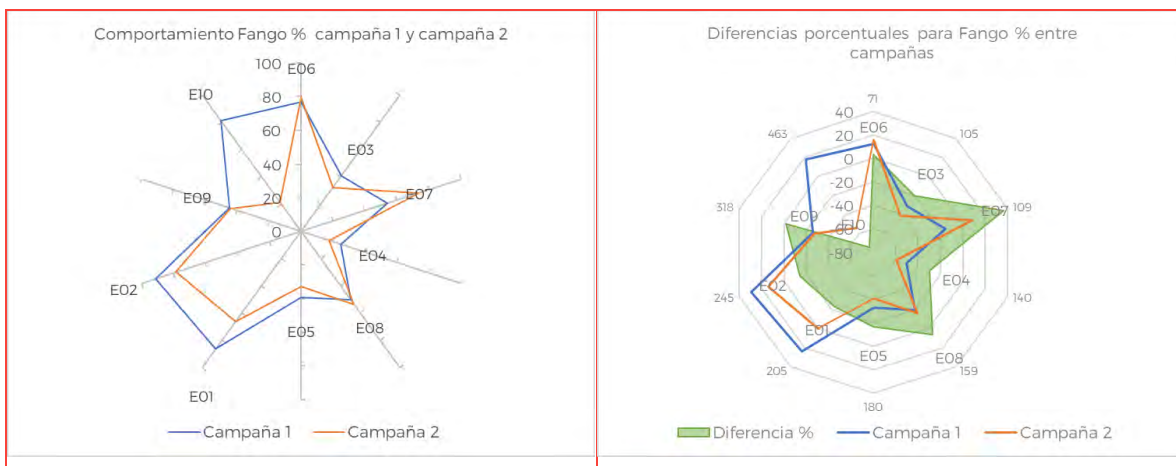


Figura 289 – Izquierda: Comportamiento Fango % entre campañas. Derecha: Diferencias porcentuales entre campañas. Centro B.

En la siguiente figura se presenta una comparación gráfica entre el parámetro Fango % y el parámetro $gC/m^2/día$ predicho por el modelo DEPOMOD, logrando concluir con ella que, entre estos parámetros no existió una correlación significativa, lo cual tendría relación con la variabilidad en los aportes porcentuales de Fango a medida que se incrementa la distancia con la zona 0.

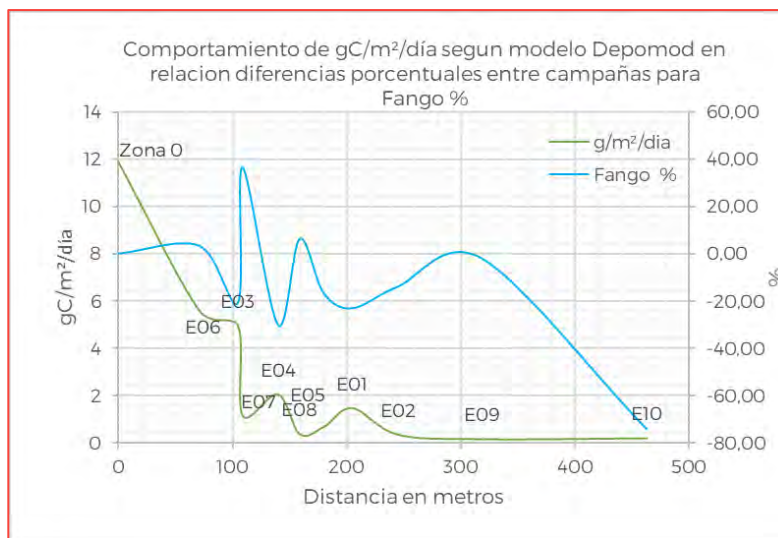


Figura 290 - Comportamiento de diferencias porcentuales entre campañas para Fango% v/s $gC/m^2/día$ predicho por modelo DEPOMOD. Centro B.

5.3.9.2.3 Redox

Los resultados de la comparación entre campañas para el parámetro Redox en el Ces B exhibidos a continuación, indicaron que los valores de este parámetro incrementaron levemente respecto de la primera campaña (22,3%), con excepción de la estación E2, la cual anotó un aumento superior al 1.000%.

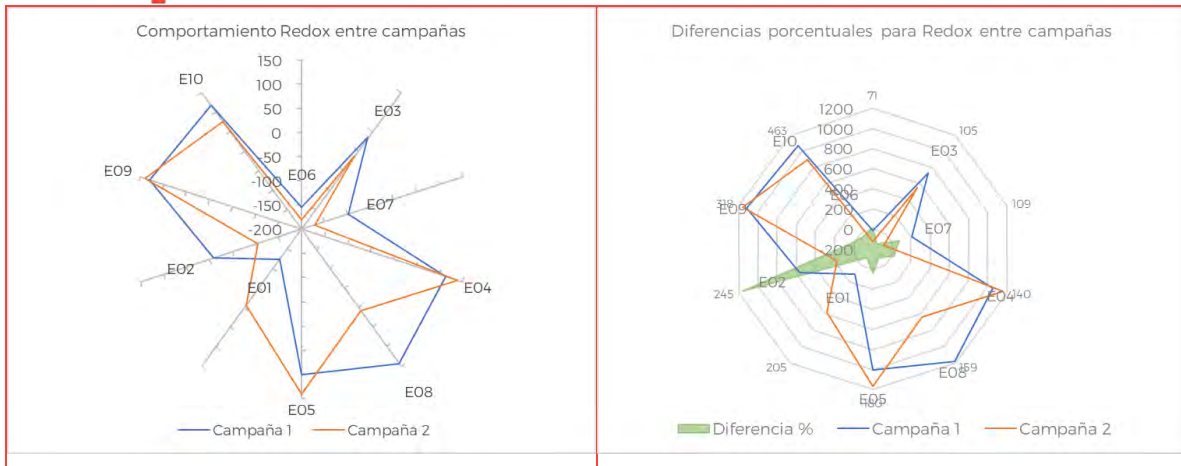


Figura 291 – Izquierda: Comportamiento Redox entre campañas. Derecha: Diferencias porcentuales entre campañas. Centro B.

Los resultados obtenidos en ambas campañas permiten concluir que más de la mitad de las estaciones prospectadas (E1, E2, E3, E6, E7 y E8) se encontraron por debajo del límite establecido en la Res. Ex. N° 3.612/09 y sus modificaciones. Además, no existió relación al comparar la diferencia porcentual observada en el parámetro Redox y el parámetro $gC/m^2/día$, lo cual se puede apreciar gráficamente en la siguiente figura:

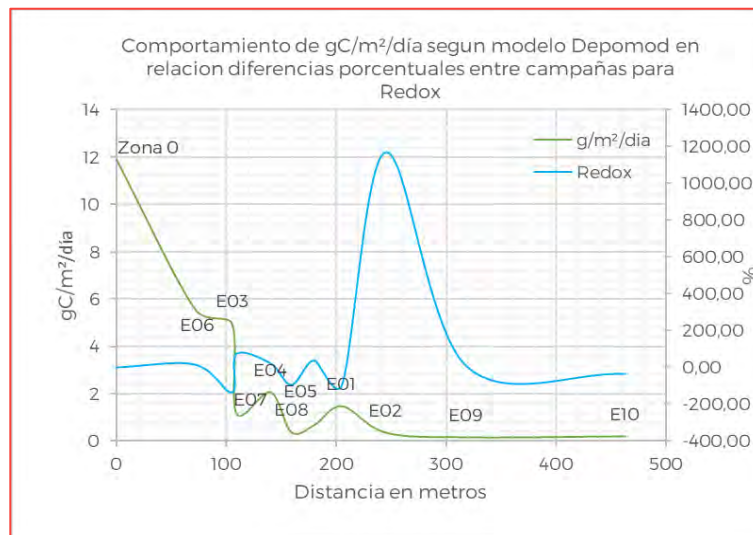


Figura 292 - Comportamiento de diferencias porcentuales entre campañas para Redox v/s $gC/m^2/día$ predicho por modelo DEPOMOD. Centro B.

5.3.9.2.4 pH

Los resultados comparativos entre ambas campañas para el parámetro pH, indicaron que en general se registró un aumento en este parámetro respecto de la primera campaña, registrando las mayores diferencias porcentuales en las estaciones E8 (7,94%) y E6 (7,26%).

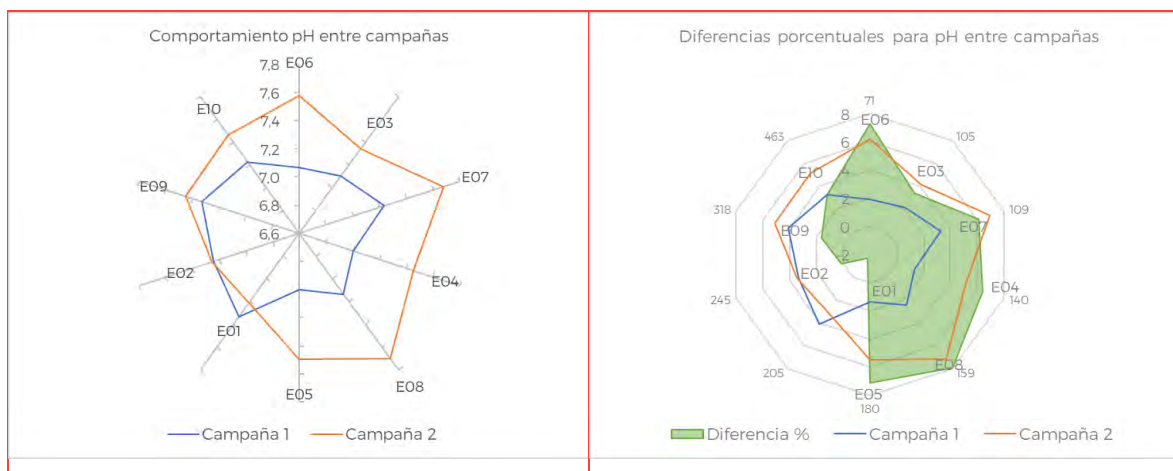


Figura 293 - Izquierda: Comportamiento del pH entre campañas. Derecha: Diferencias porcentuales entre campañas. Centro B.

Los resultados obtenidos permitieron concluir que la gran mayoría de las mediciones para ambas campañas cumplieron con lo establecido en la Res. Ex. N° 3.612/09 y sus modificaciones, por otra parte, si bien se observó una disminución en la diferencia porcentual de este parámetro a medida que se aleja de la zona 0, no se registró un patrón estable, al aumentar la diferencia porcentual a partir de los 200 metros, lo cual se puede observar en la siguiente figura:

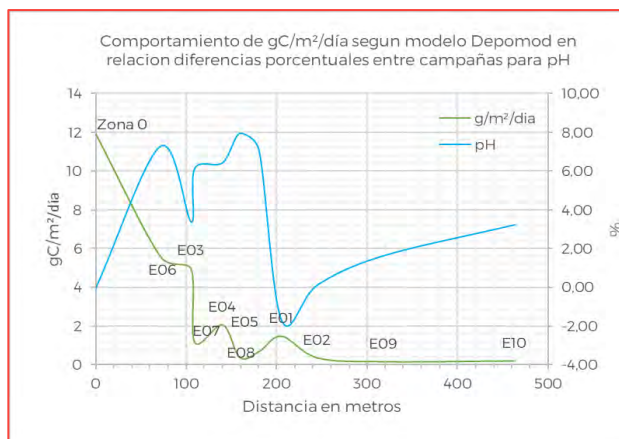


Figura 294 - Comportamiento de diferencias porcentuales entre campañas para pH v/s gC/m²/día predicho por modelo DEPOMOD. Centro B.

5.3.9.2.5 Nitrógeno %

Los resultados exhibidos del análisis comparativo del Nitrógeno % en la siguiente figura, exhibieron que, en general los valores para el parámetro Nitrógeno % aumentaron en todas las estaciones en relación con la primera campaña, observándose las mayores diferencias porcentuales en las estaciones E1 (178,97%) y E4 (80,29%).

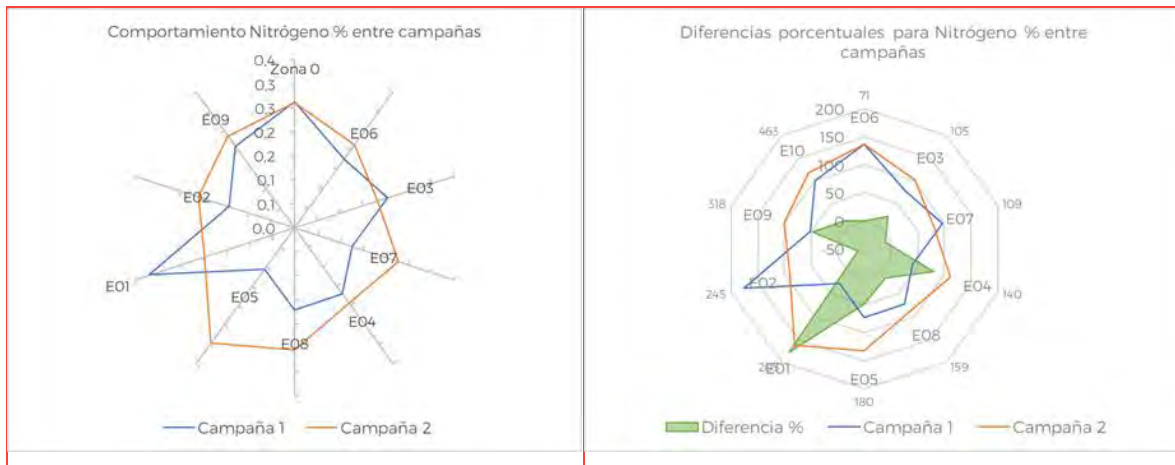


Figura 295 - Izquierda: Comportamiento Nitrógeno % entre campañas. Derecha: Diferencias porcentuales entre campañas. Centro B.

Los resultados obtenidos muestran que las mediciones registradas para ambas campañas indicaron valores para Nitrógeno % en el sedimento superiores al 0,1%, en este sentido, estos valores cumplieron con las concentraciones límite indicadas por Upla (2002). Por otra parte, al analizar los valores diferenciales porcentuales entre campañas para Nitrógeno % v/s $\text{gC/m}^2/\text{día}$ (predicho por modelo DEPOMOD), no existió relación entre estas variables, sin observarse un patrón claro a medida que se incrementa la distancia desde la zona 0, lo cual puede ser observado en la figura siguiente:

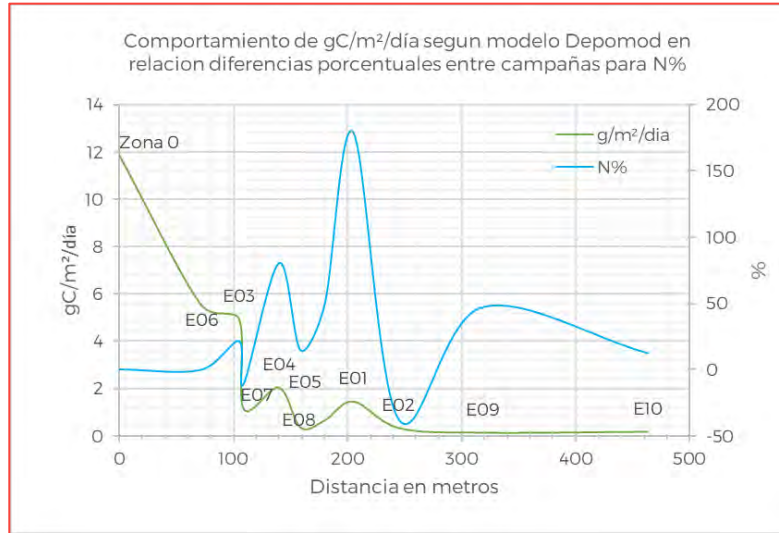


Figura 296 - Comportamiento de diferencias porcentuales entre campañas para Nitrógeno % v/s gC/m²/día predicho por modelo DEPOMOD, Centre B.

5.3.9.2.6 Fósforo %

Los resultados comparativos entre campañas para el parámetro Fósforo % presentados en la siguiente figura, indicaron que en general los valores para este parámetro aumentaron en seis estaciones respecto de la primera campaña, mientras que, las mayores diferencias porcentuales ocurren en las estaciones E1 (1363,35%) y E7 (797,28%).

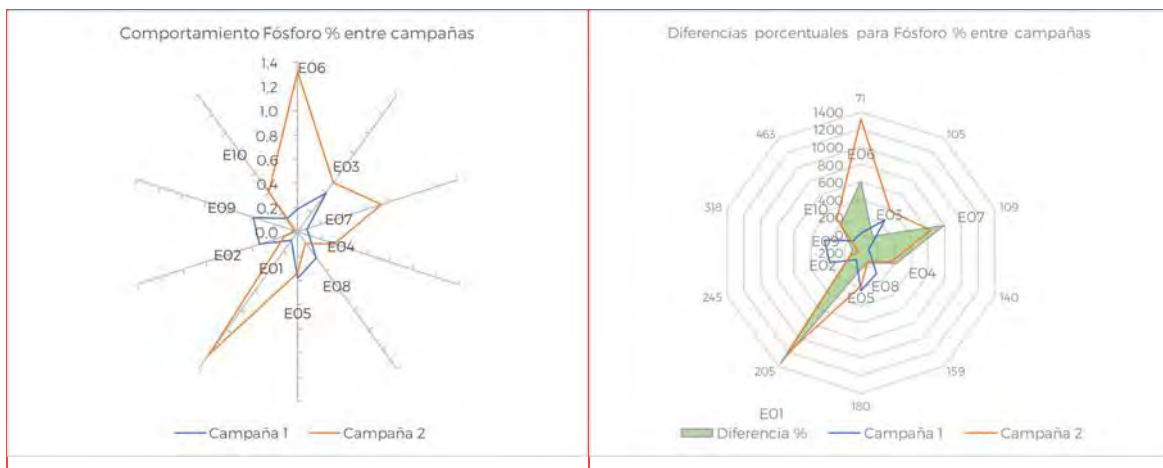


Figura 297 - Izquierda: Comportamiento Fósforo % entre campañas. Derecha: Diferencias porcentuales entre campañas, Centro B.

Podemos concluir que las mediciones registradas en ambas campañas indicaron valores para Fósforo % en el sedimento inferiores al 1%, con excepción de las estaciones E1 y E6

durante la segunda campaña. En este sentido, el Ces B estaría dentro de los límites establecidos por Upla (2002), exceptuando las estaciones antes mencionadas. Además, al observar el análisis gráfico en la siguiente figura, se pudo inferir que existe nula relación entre los valores diferenciales porcentuales entre campañas para Fósforo % v/s $\text{gC/m}^2/\text{día}$ (predicho por modelo DEPOMOD), dado por la variabilidad en la acumulación o disminución del Fósforo %.

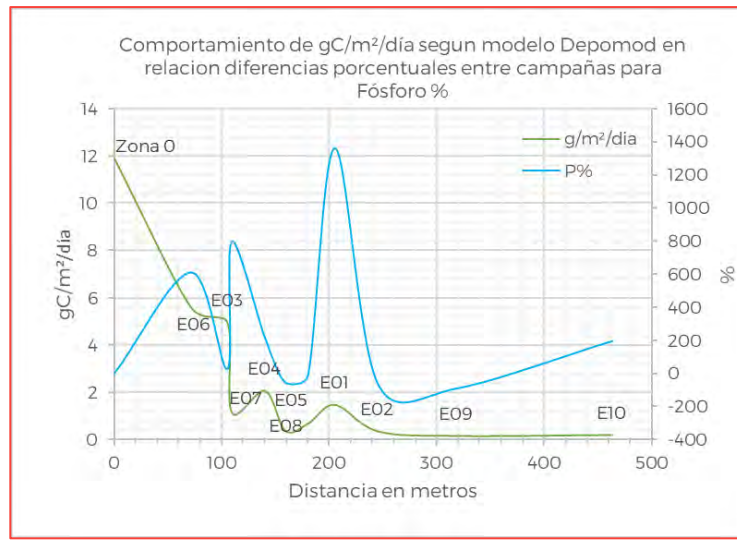


Figura 298 - Comportamiento de diferencias porcentuales entre campañas para Fósforo % v/s $\text{gC/m}^2/\text{día}$ predicho por modelo DEPOMOD. Centro B.

A continuación, se presenta la correlación entre variables para parámetros levantados en terreno en relación con la distancia de la "Zona 0". La primera campaña se presenta en color azul y segunda en color anaranjado.

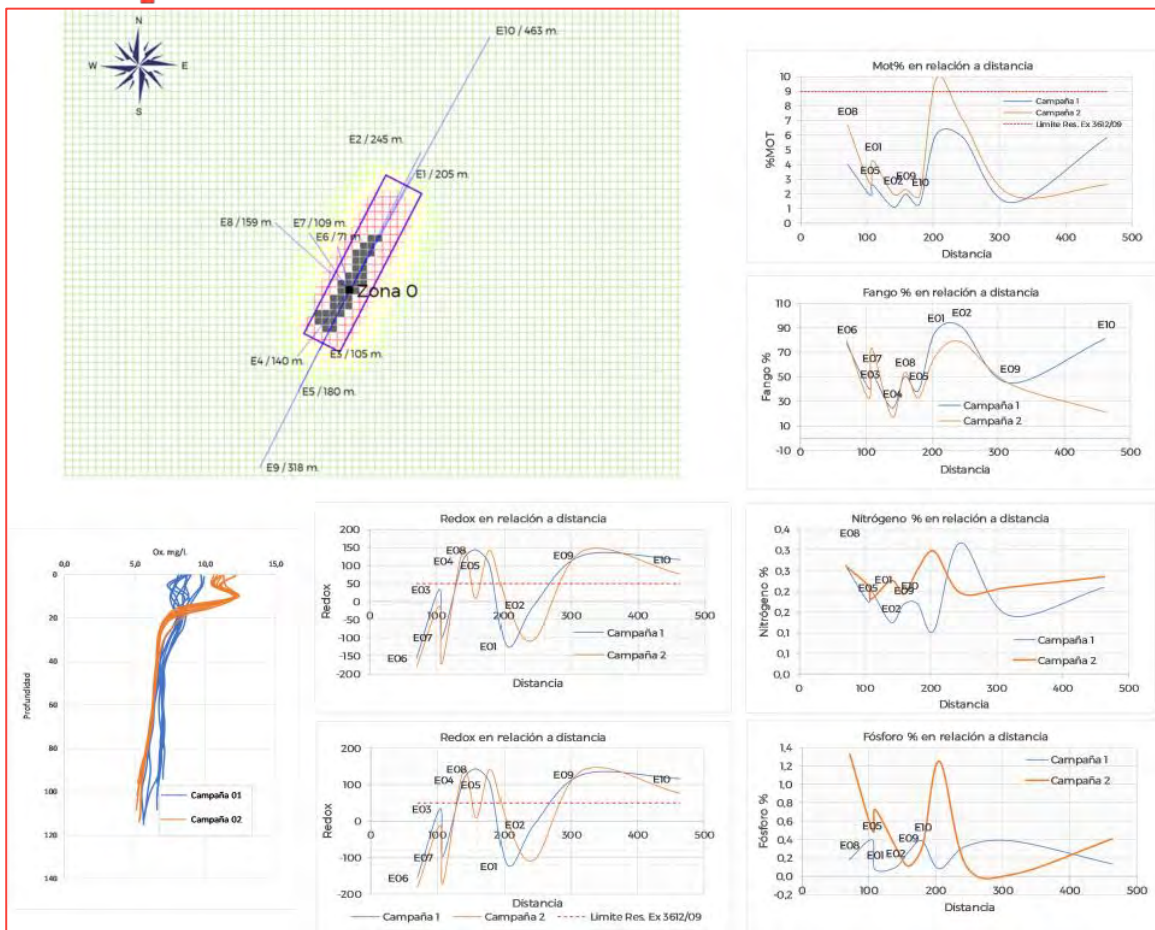


Figura 299 - Relación de variables durante la primera y segunda campaña en relación con distancia a la Zona 0. Centro B.

Como se observa en figura anterior para casi todas las variables ocurrió un leve aumento en los valores para la segunda campaña, no obstante, los valores registrados cumplirían con el numeral 34 de la Res. Ex. N° 3.612/09 y sus modificaciones (ambas campañas), con excepción de algunas estaciones de muestreo. En cuanto a la relación distancia vs parámetro, en general se observó gran variabilidad en las concentraciones de los distintos parámetros a media que aumenta la distancia desde la zona 0.

5.3.9.2.7 Registro visual

Al comparar los registros visuales de ambas campañas del Ces B, podemos indicar que en las dos campañas se observó la presencia de cubierta de microorganismos, en la primera campaña en dos estaciones y en la segunda campaña en una estación.



5.3.9.2.8 Macroinvertebrados

Respecto de los resultados obtenidos de la composición taxonómica de macroinvertebrados colectados mediante muestreo con draga, podemos indicar que en ambas campañas se detectaron especies bioindicadoras de tipo IV y V, según AMBI, las cuales son reflejo de enriquecimiento orgánico y contaminación. Durante la primera campaña se encontraron cuatro especies bioindicadores, mientras que en la segunda campaña fueron registradas solo tres.

5.3.9.2.9 Análisis Multicriterio

En los Dendogramas y matrixplots por campaña, que se presenta en Figura siguiente, se observó la correlación existente entre las estaciones y las variables medidas, indicando los siguientes resultados:

Se observaron principalmente 2 conglomerados con un nivel de similitud cercano al 81% aproximadamente para la campaña 1, a su vez para la campaña 2 la similitud forma 3 grupos donde se aprecia que las similitudes entre estaciones poseen un valor cercano al 62%.

Al realizar un análisis comparativo entre ambas campañas, se detectó que la similitud alcanzada fue de un 64% aproximadamente, donde la estación E6 presentó una menor correlación.

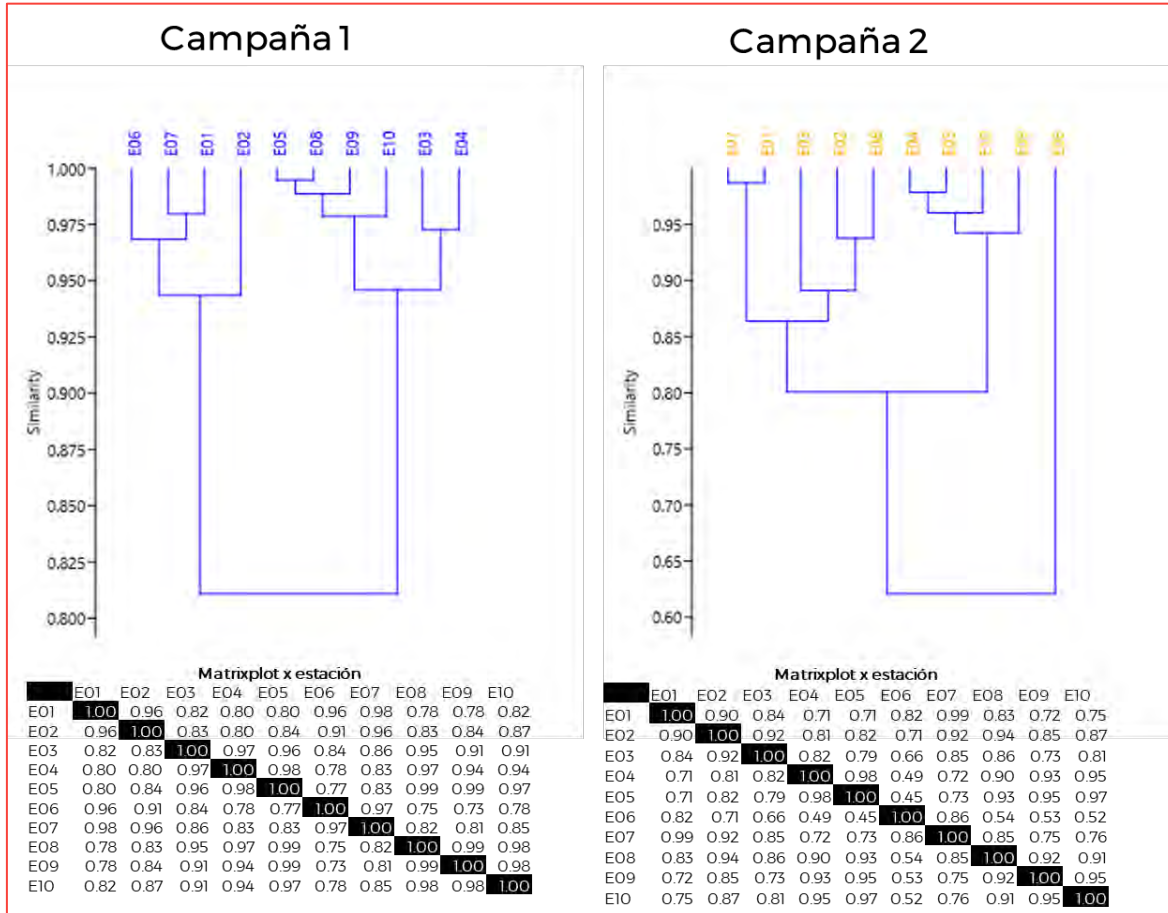


Figura 300 - Correlaciones entre estaciones y variables medidas. Centro B.

A continuación, en figura precedente se entrega un análisis de componentes principales (PCA) entre campañas, donde se pudo discernir las correlaciones existentes entre estaciones. Se apreció que las estaciones que se correlacionaron entre campañas fueron todas a excepción de la estación E6, la correlación para ambas campañas fue superior a un 85%.

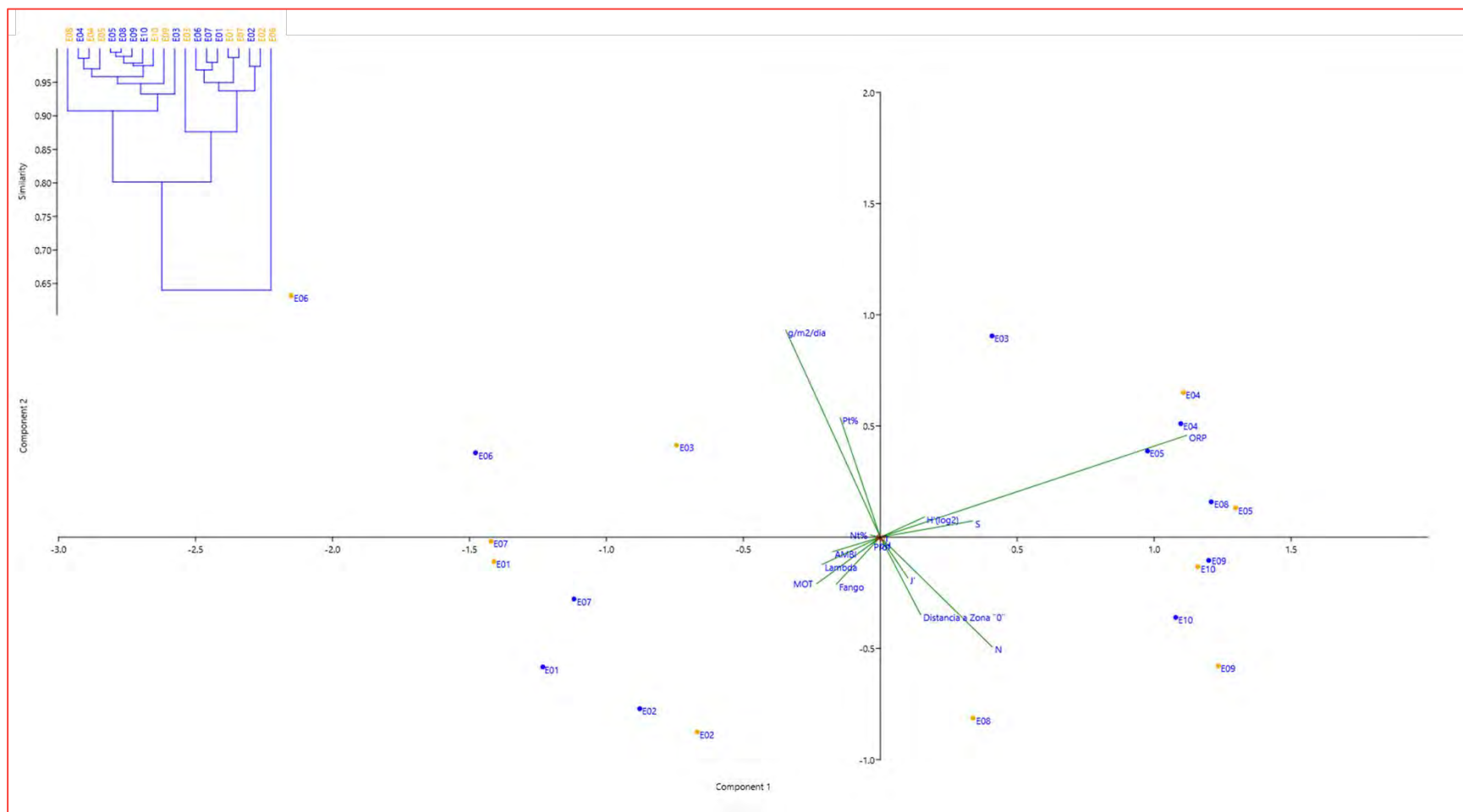


Figura 301 - Análisis de componentes principales (PCA). Centro B.

A continuación, se presentan los resultados entre campañas para el Ces C.

5.3.9.3.1 Materia Orgánica Total %

En la siguiente figura se comparan los resultados obtenidos en ambas campañas de muestreo, logrando concluir que la concentración de Mot% en el sedimento se mantuvo estable en la gran mayoría de las estaciones, registrando una disminución promedio en el Ces en torno al 1,37%, no obstante, se observó un aumento importante en las estaciones E6 y E7.

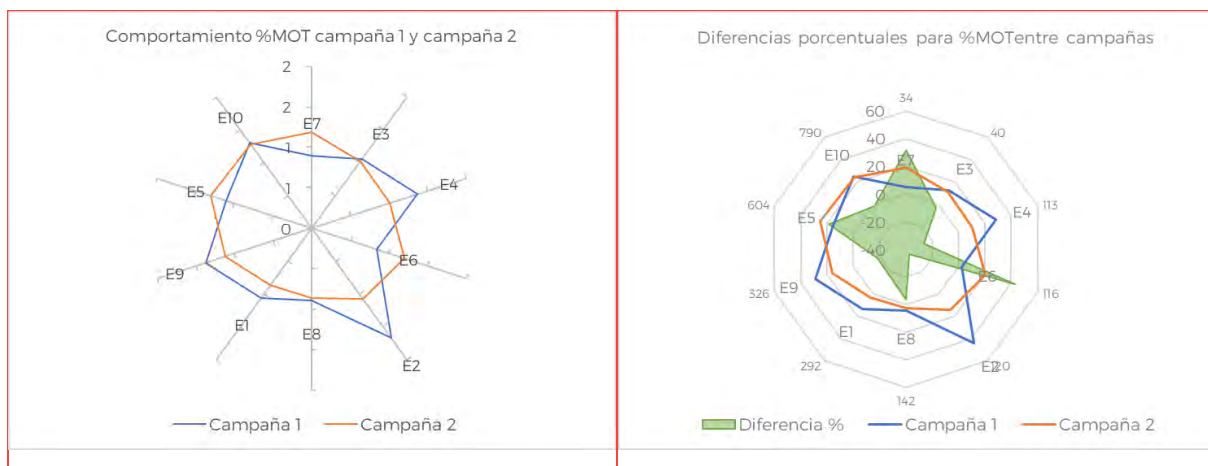


Figura 302 – Izquierda: comportamiento Mot% entre campañas. Derecha: diferencias porcentuales entre campañas, Centro C.

Es importante señalar que la totalidad de estaciones muestreadas, cumplen con el límite establecido en la Res. Ex. N° 3.612/09 y sus modificaciones, en ambas campañas de muestreo. En relación con el comportamiento porcentual entre campañas, al realizar una comparación entre la diferencia porcentual del parámetro Mot% y los gC/m²/día predicho por el modelo DEPOMOD, se pudo concluir que existe gran variabilidad en la diferencia porcentual del parámetro %MOT en los primeros 100 metros, para comenzar a aumentar a partir de los 300 metros de distancia a la zona 0, lo cual permitió asumir que no existió gran relación entre estas dos variables comparadas gráficamente,

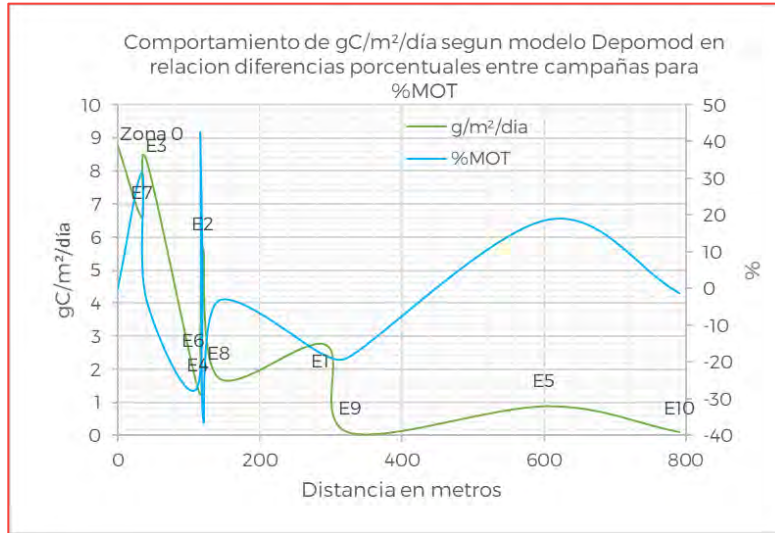


Figura 303 - Comportamiento de diferencias porcentuales entre campañas para Mot% v/s $gC/m^2/día$ predicho por modelo DEPOMOD, Centro C.

5.3.9.3.2 Fango %

Los resultados comparativos entre campañas para el parámetro Fango % exhibidos en la siguiente figura, mostraron que en general se registró un aumento en los aportes porcentuales de fango, en torno a un 35,77% (promedio), registrándose un notorio aumento en la estación E3 (324,26%), no obstante, cuatro estaciones registraron disminución de la fracción sedimentaria correspondiente a Fango %.

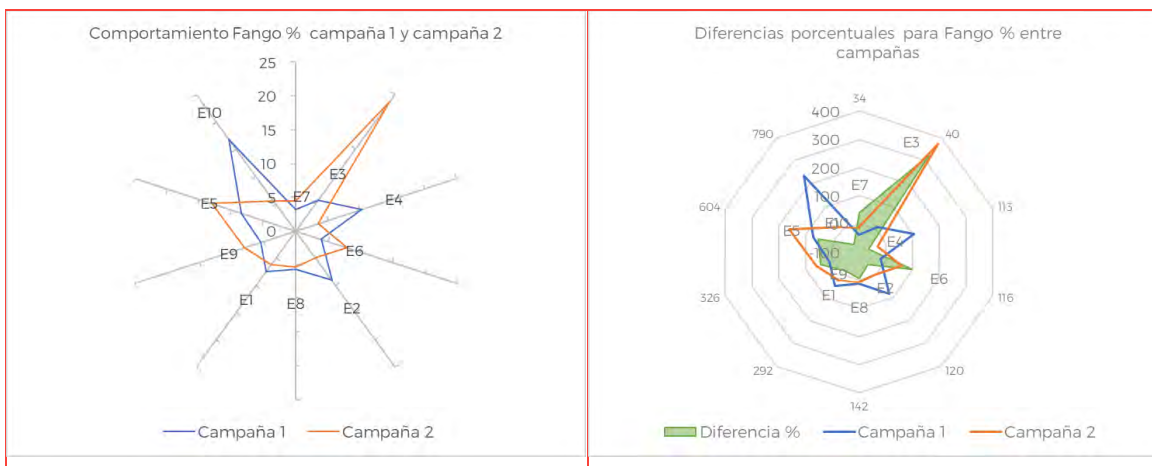


Figura 304 – Izquierda: Comportamiento Fango % entre campañas. Derecha: Diferencias porcentuales entre campañas, Centro C

En la siguiente figura se presenta una comparación gráfica entre la diferencia porcentual del parámetro Fango % y el parámetro $gC/m^2/día$ predicho por el modelo DEPOMOD, logrando concluir con ella que, entre estas variables no existió una relación significativa, esto debido a la gran variabilidad que presentan en los primeros 300 metros desde la zona 0, no obstante, a partir de los 600 metros se observó una diferencia porcentual menor en el parámetros Fango %, en concordancia con la disminución del parámetro $gC/m^2/día$

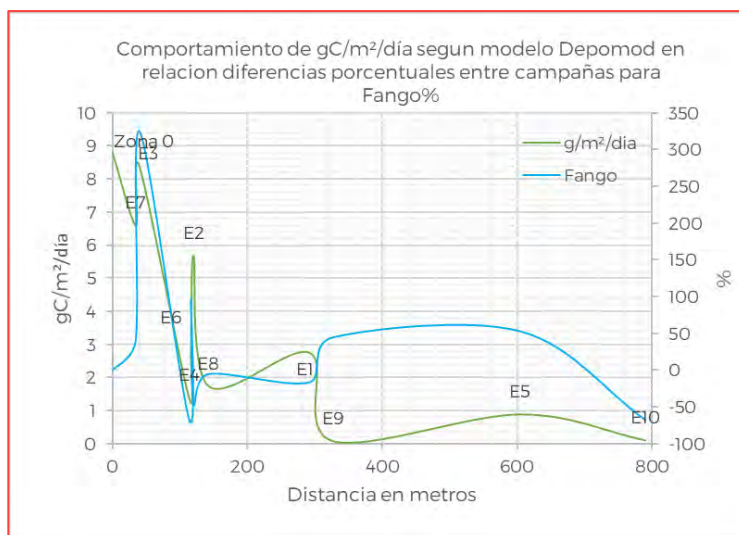


Figura 305 - Comportamiento de diferencias porcentuales entre campañas para Fango% v/s $gC/m^2/día$ predicho por modelo DEPOMOD, Centro C.

5.3.9.3.3 Redox

Los resultados de la comparación entre campañas para el parámetro Redox en el Ces C exhibidos a continuación, indicaron que los valores de este parámetro registraron una disminución en torno al 25,89% con excepción de las estaciones E4 y E9, exhibieron un aumento en los valores Redox cercanos al 6%

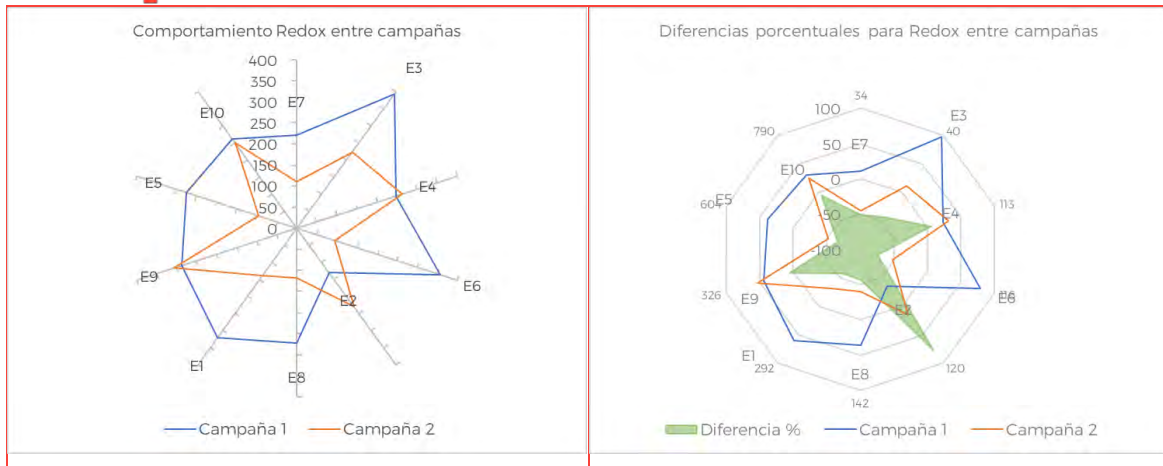


Figura 306 – Izquierda: Comportamiento Redox entre campañas. Derecha: Diferencias porcentuales entre campañas. Centro C.

Los resultados obtenidos en cuanto al parámetro Redox, en ambas campañas señalaron que prácticamente la totalidad de estaciones estuvieron por sobre el límite establecido la Res. Ex. N° 3.612/09 y sus modificaciones, con excepción de las estaciones E3 y E7 durante la primera campaña. Al comparar la diferencia porcentual observada en el parámetro Redox y los valores del parámetro $\text{gC}/\text{m}^2/\text{día}$, se pudo inferir que no existió relación entre estas variables

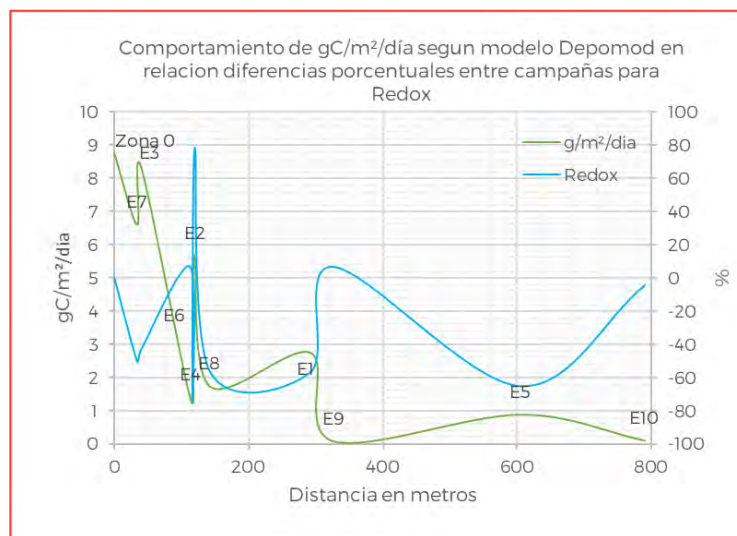


Figura 307 - Comportamiento de diferencias porcentuales entre campañas para Redox v/s $\text{gC}/\text{m}^2/\text{día}$ predicho por modelo DEPOMOD. Centro C.

5.3.9.3.4 pH

Los resultados comparativos entre ambas campañas para el parámetro pH, indicaron que en general se registró un aumento en este parámetro respecto de la primera campaña, pasando de registrar un pH levemente ácido a uno neutro, registrando las mayores diferencias porcentuales en las estaciones E3 (15,86%) y E10 (14,29%).

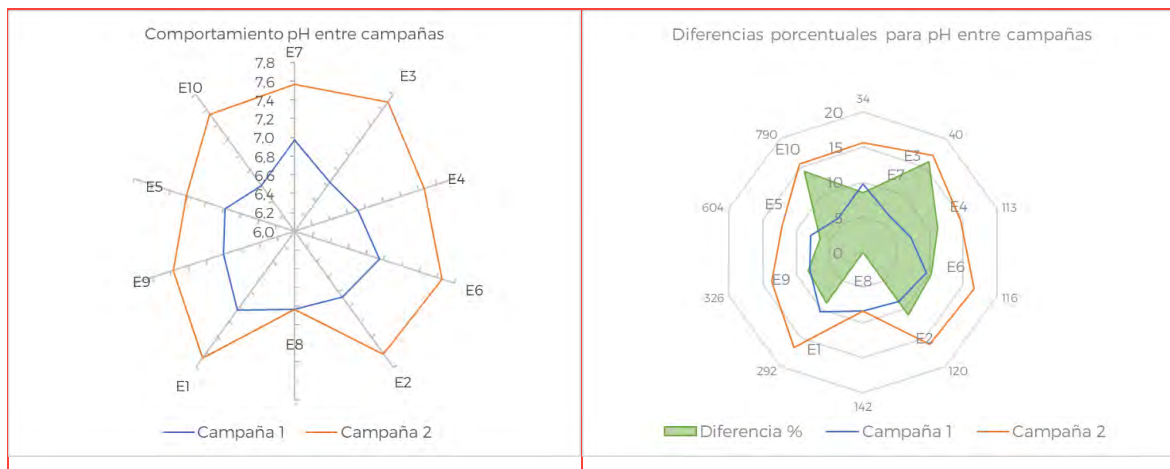


Figura 308 - Izquierda: Comportamiento del pH entre campañas. Derecha: Diferencias porcentuales entre campañas. Centro C.

Al comparar los resultados obtenidos durante ambas campañas con el límite estipulado en la Res. Ex. N° 3.612/09 y sus modificaciones, se observó que durante la primera campaña el Ces C, se encontró por debajo de lo establecido, mientras que durante la segunda campaña prácticamente la totalidad de estaciones cumplieron con dicha normativa. Por otro lado, al comparar la diferencia porcentual de ambas campañas, con el parámetro $\text{gC/m}^2/\text{día}$ (predicho por modelo DEPOMOD) en la siguiente figura, se pudo concluir que no existió relación entre estas variables, a medida que se incrementa la distancia desde la zona 0.

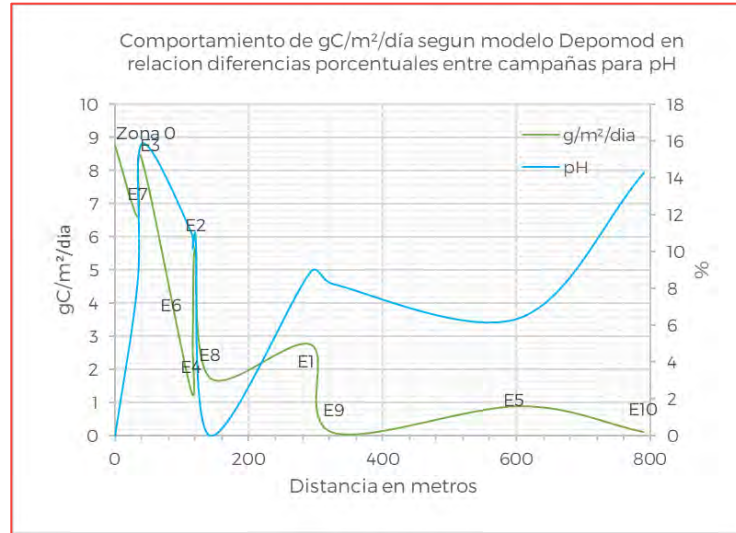


Figura 309 - Comportamiento de diferencias porcentuales entre campañas para pH v/s $gC/m^2/día$ predicho por modelo DEPOMOD. Centro C.

5.3.9.3.5 Nitrógeno %

Los resultados exhibidos del análisis comparativo del Nitrógeno % en la siguiente figura, muestran que, en general, las concentraciones de este parámetro se mantuvieron estables al comparar ambas campañas, registrando el mayor aumento en la estación E7 (23.67%) y una considerable disminución en la estación E9 (33.2%) respecto de la primera campaña.

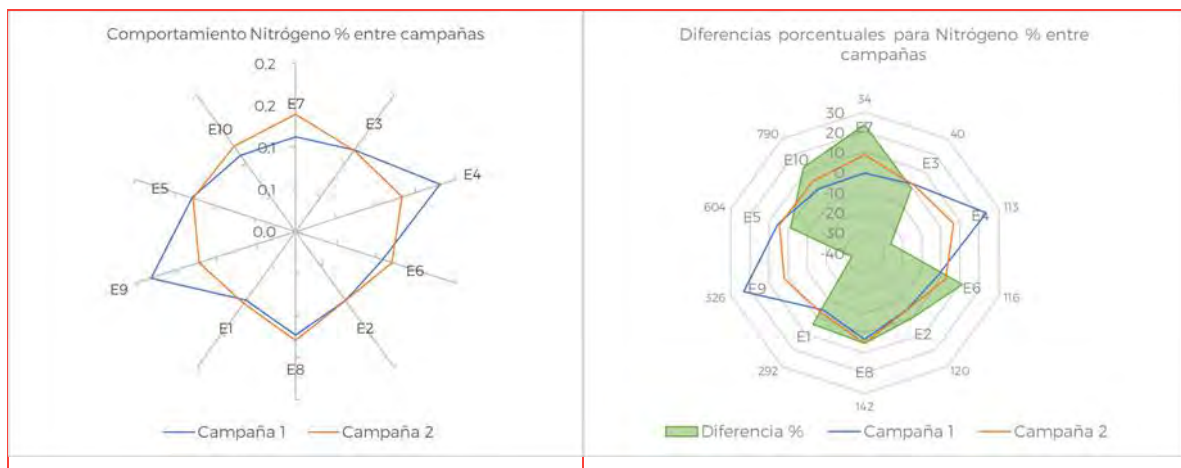


Figura 310 - Izquierda: Comportamiento Nitrógeno % entre campañas. Derecha: Diferencias porcentuales entre campañas. Centro C.

Los resultados obtenidos muestran que las mediciones registradas para ambas campañas indicaron valores para Nitrógeno % en el sedimento superiores al 0,1%, en este sentido, estos valores cumplieron con las concentraciones límites indicadas por Upla (2002). Por otra parte, al analizar los valores diferenciales porcentuales entre campañas para Nitrógeno % v/s $\text{gC/m}^2/\text{día}$ (predicho por modelo DEPOMOD), no existió relación entre estas variables, sin observarse un patrón claro a medida que se incrementa la distancia desde la zona 0, lo cual puede ser observado en la figura siguiente.

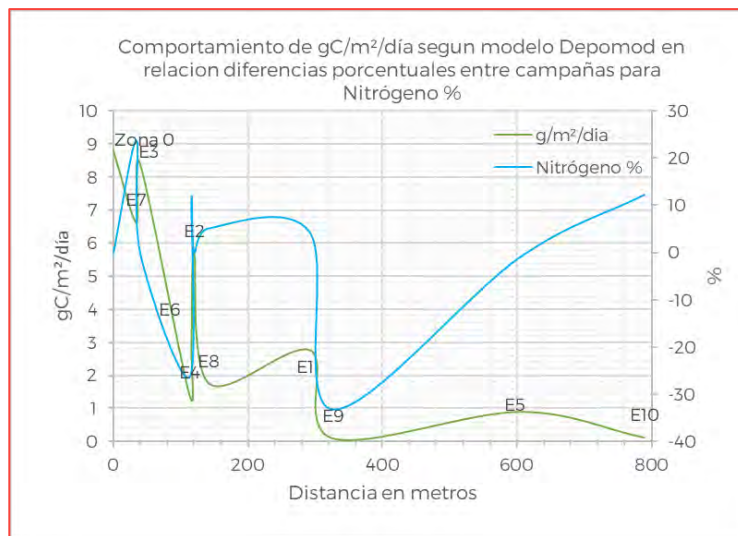


Figura 311 - Comportamiento de diferencias porcentuales entre campañas para Nitrógeno % v/s $\text{gC/m}^2/\text{día}$ predicho por modelo DEPOMOD, Centro C.

5.3.9.3.6 Fósforo %

Los resultados comparativos entre campañas para el parámetro Fósforo % presentados en la siguiente figura, indicaron un aumento importante en la concentración de este parámetro, con un valor promedio de (109,75 %), registrando los mayores aumentos en las estaciones E2 y E4.

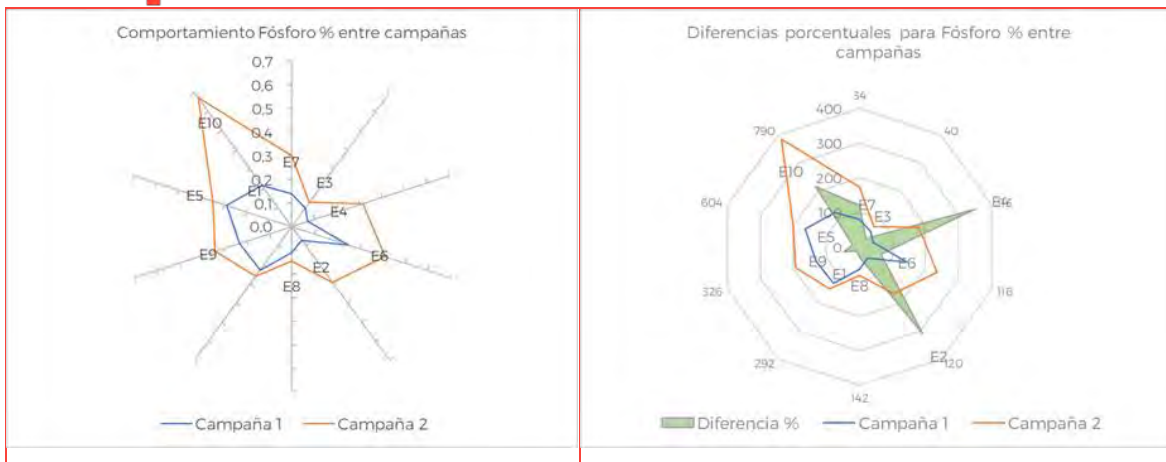


Figura 312 – Izquierda: Comportamiento Fósforo % entre campañas. Derecha: Diferencias porcentuales entre campañas, Centro C.

Podemos concluir, que las mediciones registradas en ambas campañas indicaron valores para Fósforo inferiores al 1% en todas las estaciones prospectadas. En este sentido, el Ces C estaría dentro de los límites establecidos por Upla (2002). Además, al observar el análisis gráfico en la siguiente figura, se pudo inferir que existió nula relación entre los valores diferenciales porcentuales entre campañas para Fósforo % v/s $\text{gC/m}^2/\text{día}$ (predicho por modelo DEPOMOD), dado por la variabilidad en el aumento o disminución en la concentración de Fósforo %.

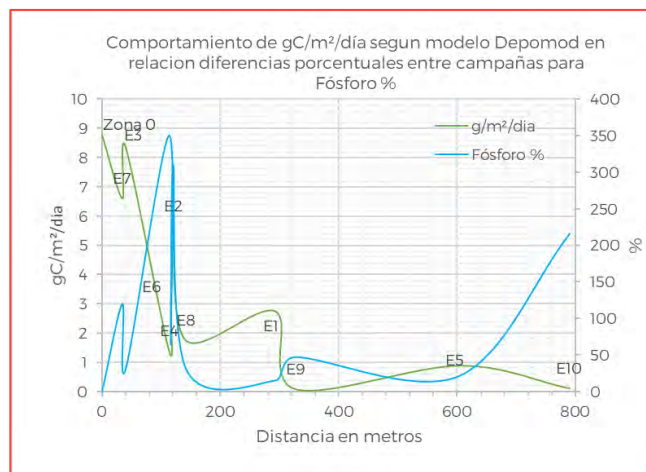


Figura 313 - Comportamiento de diferencias porcentuales entre campañas para Fósforo % v/s $\text{gC/m}^2/\text{día}$ predicho por modelo DEPOMOD. Centro C.

A continuación, se presenta la correlación entre variables para parámetros levantados en terreno en relación con la distancia de la “Zona 0”. Para la primera campaña se presentan los valores en color azul y para la segunda en color anaranjado.

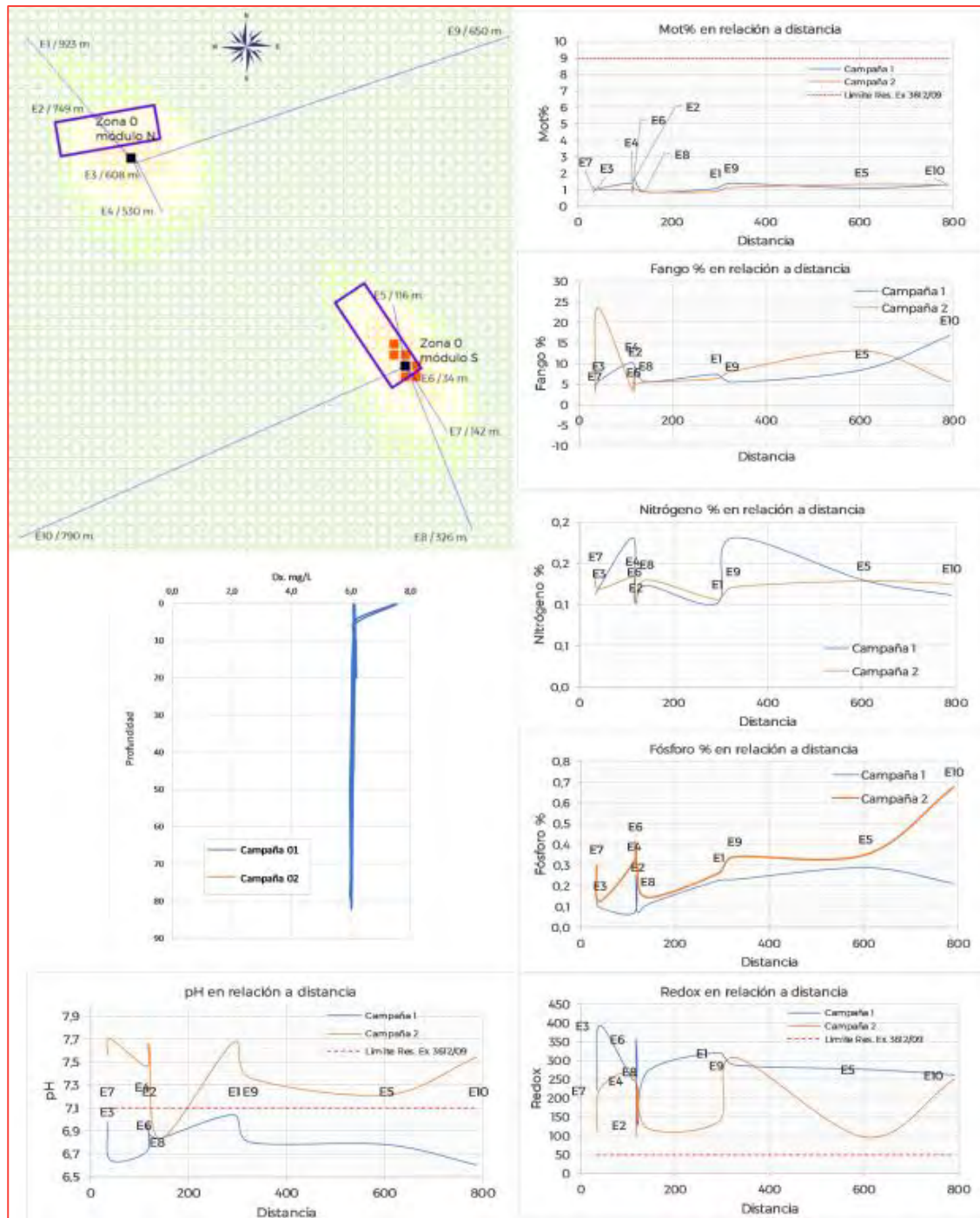


Figura 314 - Relación de variables durante la primera y segunda campaña en relación con distancia a la Zona 0. Centro C.



Como se observa en la figura anterior, en la gran mayoría de los parámetros se observaron cambios sustanciales en los parámetros expuestos, no obstante, estos cumplieron en casi la totalidad de estaciones muestrales con lo estipulado numeral 34 de la Res. Ex. N° 3.612/09 y sus modificaciones (ambas campañas), con excepción de los valores de pH durante la primera campaña de muestreo. En cuanto a la relación distancia vs parámetro, en general se observó gran variabilidad en las concentraciones de los distintos parámetros a media que aumentó la distancia desde la zona 0.

5.3.9.3.7 Registro visual

Al comparar los registros visuales de ambas campañas del Ces C, podemos indicar que en ninguna de las dos campañas se registró la presencia de cubierta de microorganismos.

5.3.9.3.8 Macroinvertebrados

Respecto de los resultados obtenidos de la composición taxonómica de macroinvertebrados colectados mediante muestreo con draga, podemos indicar que en ambas campañas se detectaron especies bioindicadoras de tipo IV y V, según AMBI, las cuales son reflejo de enriquecimiento orgánico y contaminación. Durante la primera campaña se encontraron seis especies bioindicadoras, mientras que en la segunda campaña fueron registradas solo cuatro.

5.3.9.3.9 Análisis Multicriterio

En los Dendogramas y matrixplots por campaña, que se presenta en Figura siguiente, se observa la correlación existente entre las estaciones y las variables medidas, indicando como resultado:

Se observaron principalmente 2 conglomerados para ambas campañas donde alcanzaron un nivel de similitud de un 91% aproximadamente

Las estaciones que presentaron una menor correlación corresponden a las estaciones E9 y E10 para ambas campañas.

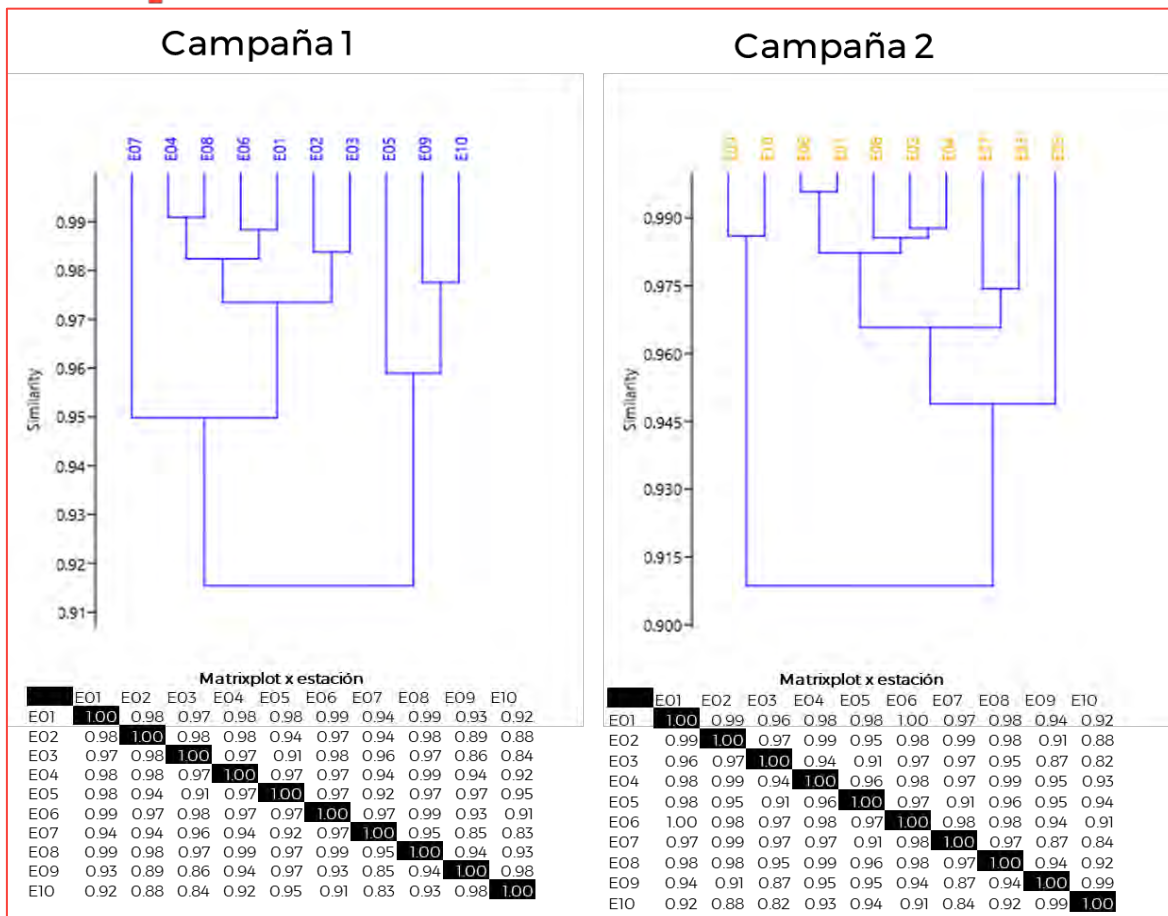


Figura 315 - Correlaciones entre estaciones y variables medidas. Centro C.

A continuación, en figura precedente se entrega un análisis de componentes principales (PCA) entre campañas, donde se pudo discernir las correlaciones existentes entre estaciones. Se apreció que las estaciones que se correlacionan entre campañas son todas a excepción de la estación E9 y E10, correlacionadas entre ellas, entre campañas a un nivel de un 97%. La correlación para ambas campañas fue superior a un 90%.

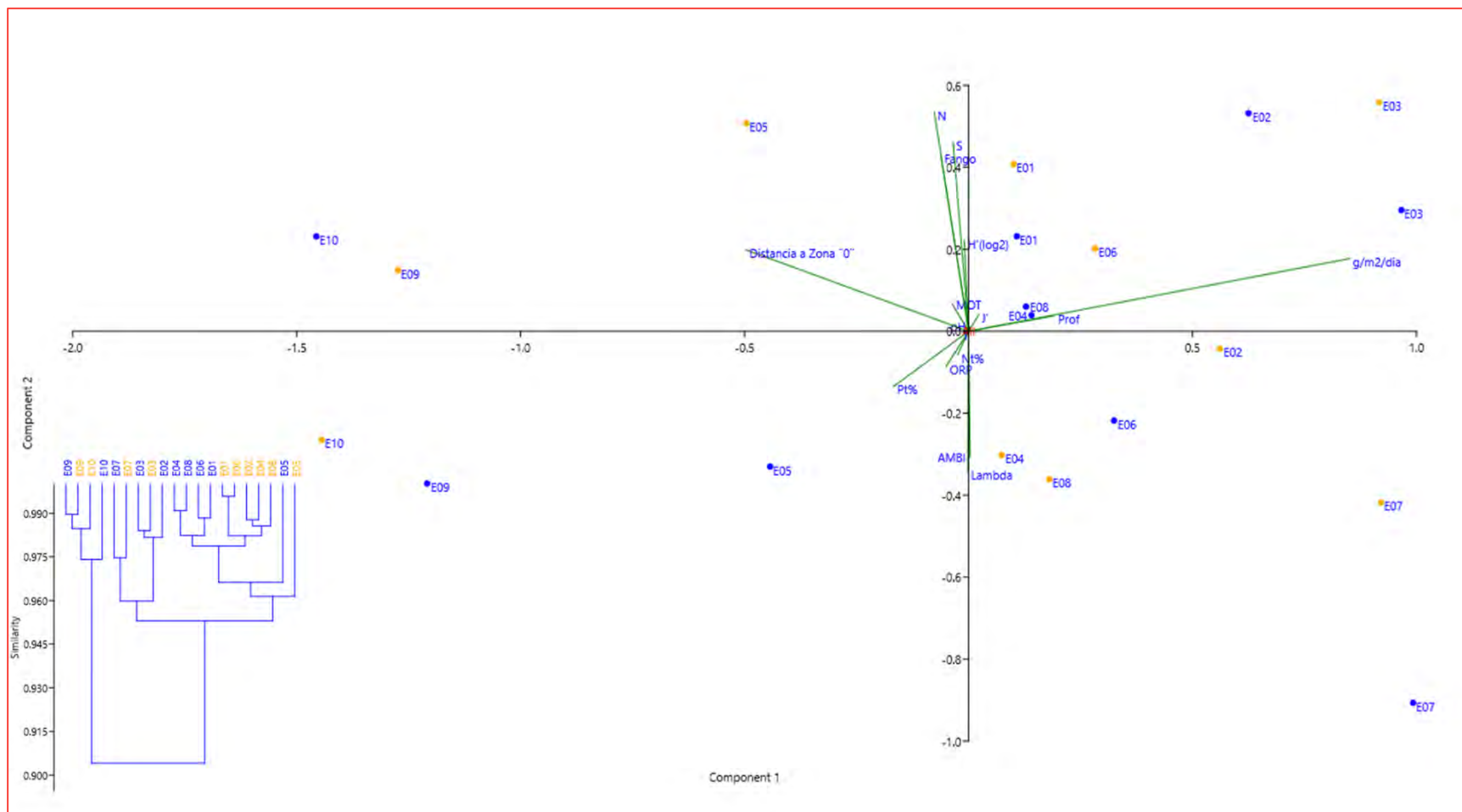


Figura 316 - Análisis de componentes principales (PCA). Centro C.

A continuación, se presentan los resultados entre campañas para el Ces D.

5.3.9.4.1 Materia Orgánica Total %

En la siguiente figura se compararon los resultados obtenidos en ambas campañas de muestreo, logrando concluir que la concentración de Mot% en el sedimento aumentó levemente en la mayoría de las estaciones, registrando un aumento promedio en el Ces en torno al 18,57%, no obstante, se observó un aumento importante en las estaciones E7 y E8, con un aumento de 41,1% y 36,2% respectivamente

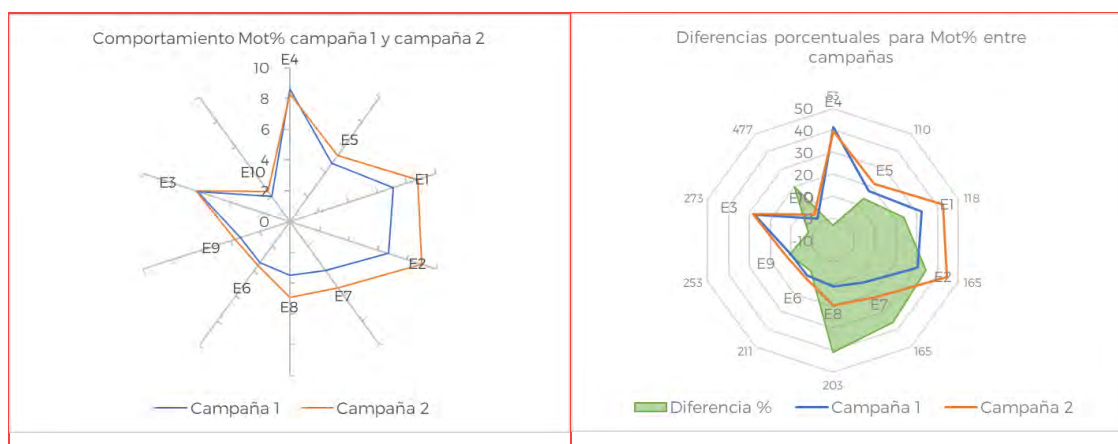


Figura 317 – Izquierda: comportamiento Mot% entre campañas. Derecha: diferencias porcentuales entre campañas, Centro D.

Es importante señalar que la totalidad de estaciones muestreadas, cumplieron con el límite establecido en la Res. Ex. N° 3.612/09 y sus modificaciones, en ambas campañas de muestreo, con excepción de la estación E2 (9,05%) durante la segunda campaña. Al realizar una comparación entre la diferencia porcentual del parámetro Mot% y los gC/m²/día predicho por el modelo DEPOMOD, se pudo concluir que no existió relación entre estas variables, ya que ambas registraron una gran variabilidad a medida que aumentó la distancia desde la zona 0, registrando solo a partir de los 300 metros una tendencia constante al alza tanto la diferencia porcentual de Mot% y en menor medida el parámetro gC/m²/día.

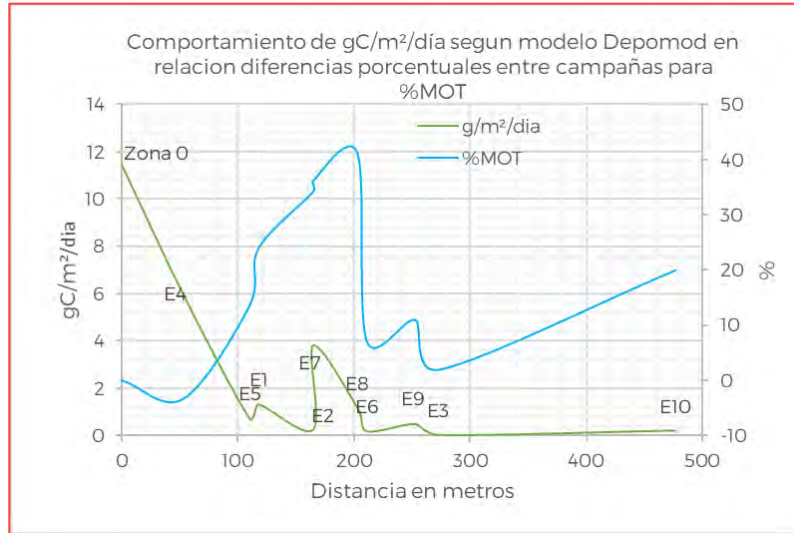


Figura 318 - Comportamiento de diferencias porcentuales entre campañas para Mot% v/s $gC/m^2/día$ predicho por modelo DEPOMOD, Centro D.

5.3.9.4.2 Fango %

Los resultados comparativos entre campañas para el parámetro Fango % exhibidos en la siguiente figura, exhibieron que en general se mantuvieron relativamente estables los aportes porcentuales de fango, con un aumento promedio en torno al 1,75% respecto de la primera campaña, registrando el mayor aumento la estación E4 (27%) y E8 (22,99%)

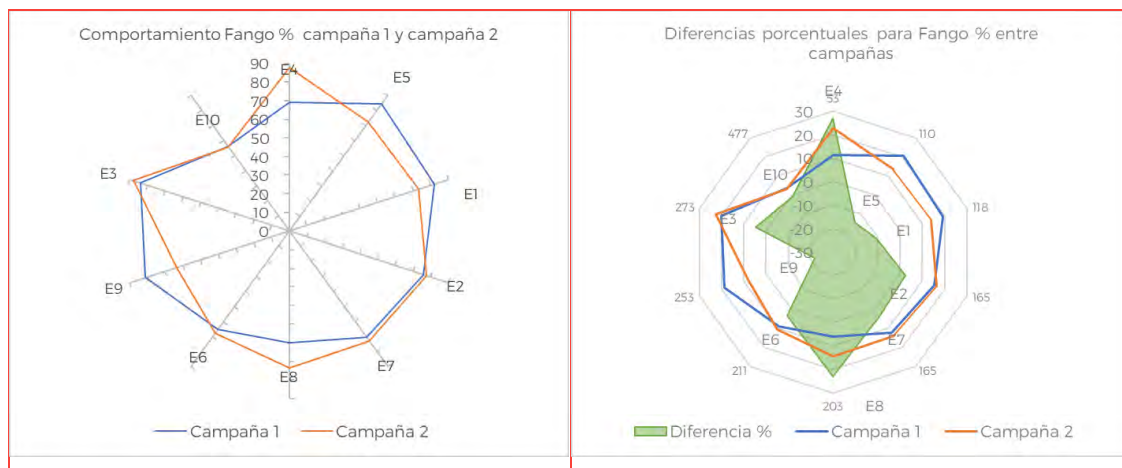


Figura 319 – Izquierda: Comportamiento Fango % entre campañas. Derecha: Diferencias porcentuales entre campañas, Centro D.

En la siguiente figura se presentó una comparación gráfica entre la diferencia porcentual del parámetro Fango % y el parámetro $\text{gC/m}^2/\text{día}$ predicho por el modelo DEPOMOD, logrando concluir con ella, que entre estas variables no existe una relación significativa, esto debido a la gran variabilidad que presentaron estos parámetros en los primeros 300 metros desde la zona 0, a partir de aquella distancia estos dos variables tendieron a estabilizarse en una relación inversa, es decir disminuye la diferencia porcentual del parámetros Fango % y aumenta levemente el parámetro $\text{gC/m}^2/\text{día}$ predicho por el modelo DEPOMOD.

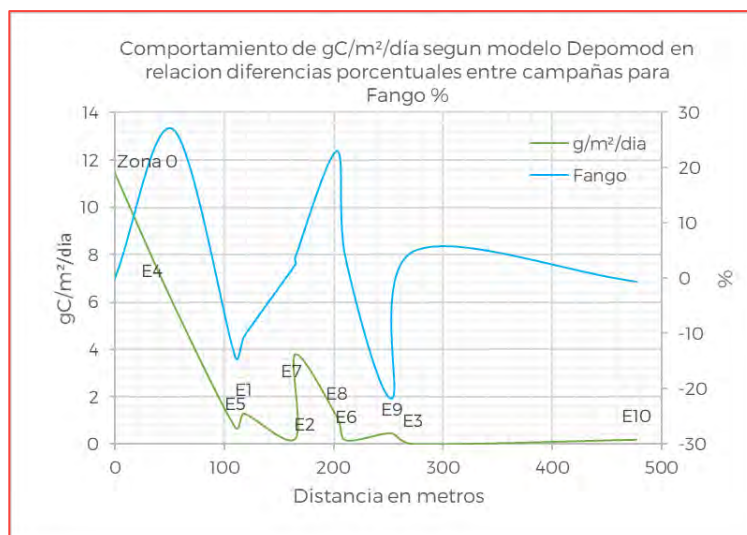


Figura 320 - Comportamiento de diferencias porcentuales entre campañas para Fango% v/s $\text{gC/m}^2/\text{día}$ predicho por modelo DEPOMOD, Centro D.

5.3.9.4.3 Redox

Los resultados de la comparación entre campañas para el parámetro Redox en el Ces D exhibidos a continuación, indicaron que los valores de este parámetro registraron una disminución promedio en el Ces en torno al 45,24% respecto de la primera campaña, en donde las estaciones E4 y E7 registraron las mayores diferencias,

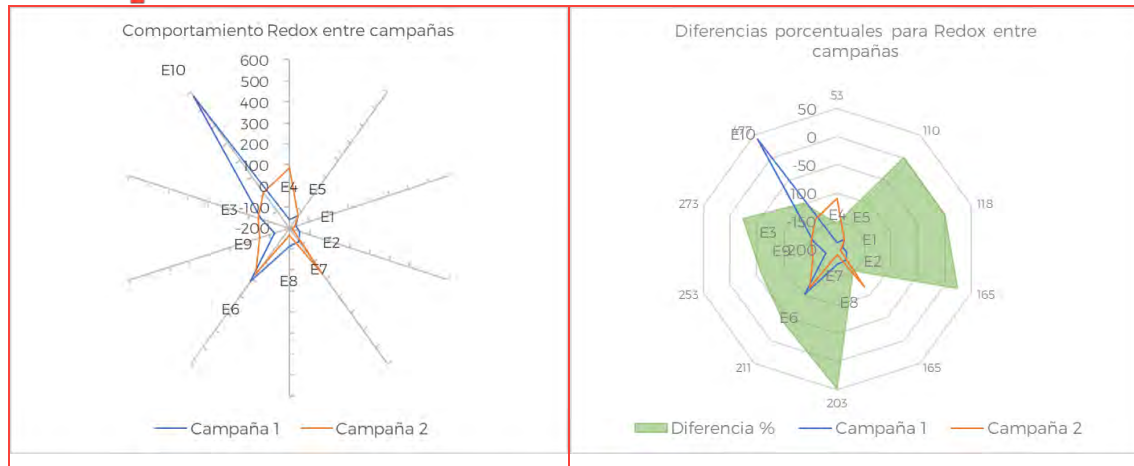


Figura 321 – Izquierda: Comportamiento Redox entre campañas. Derecha: Diferencias porcentuales entre campañas. Centro D.

Los resultados obtenidos en cuanto al parámetro Redox, en ambas campañas señalaron que la mayoría de las estaciones están por debajo del límite establecido por Res. Ex. N° 3.612/09 y sus modificaciones en ambas campañas de muestreo. Al comparar la diferencia porcentual observada en el parámetro Redox entre ambas campañas de muestreo y los valores del parámetro $\text{gC/m}^2/\text{día}$, se pudo inferir que no existe relación entre estas dos variables.

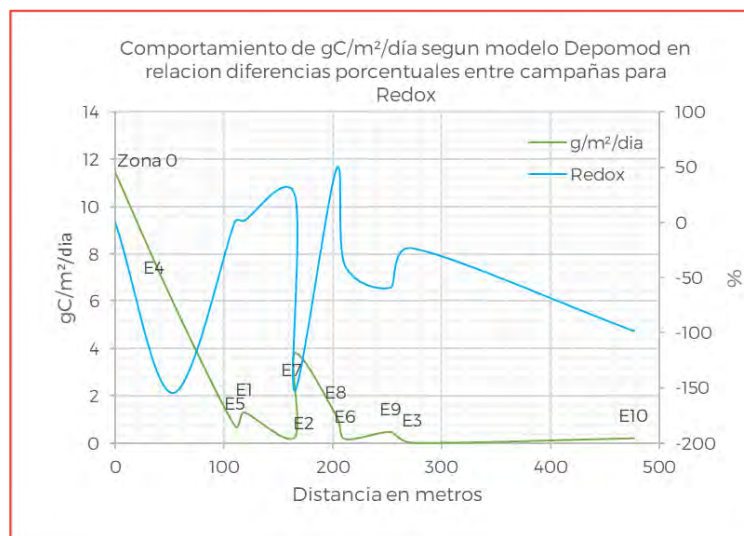


Figura 322 - Comportamiento de diferencias porcentuales entre campañas para Redox v/s $\text{gC/m}^2/\text{día}$ predicho por modelo DEPOMOD. Centro D.

5.3.9.4.4 pH

Los resultados comparativos entre ambas campañas para el parámetro pH que se grafican a continuación, indicaron que en general los valores de este parámetro se mantuvieron estables respecto de la primera campaña, registrando las mayores diferencias porcentuales en las estaciones E9 (3,5%) y E7 (3,14%).

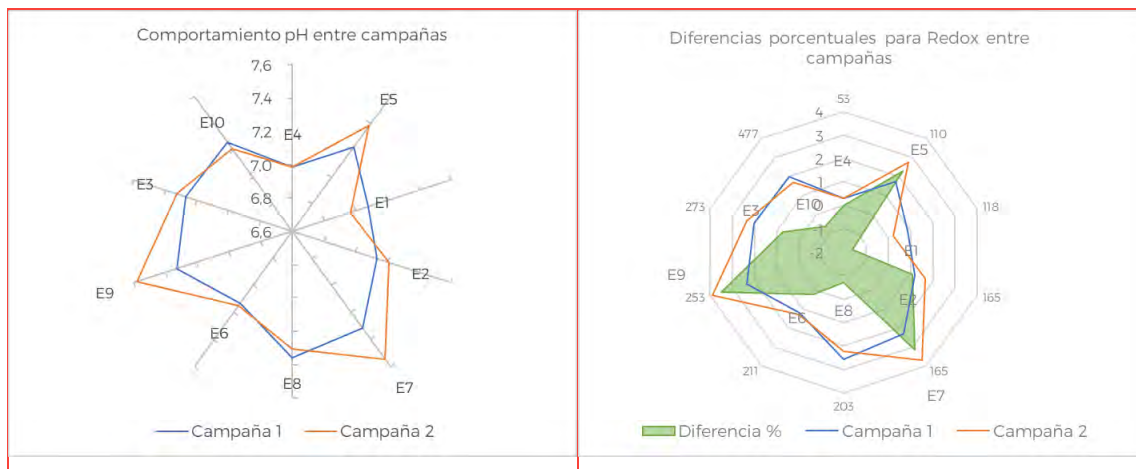


Figura 323 - Izquierda: Comportamiento del pH entre campañas. Derecha: Diferencias porcentuales entre campañas. Centro D.

Al comparar los resultados obtenidos durante ambas campañas con el límite estipulado en la Res. Ex. N° 3.612/09 y sus modificaciones, se puede inferir que el Ces D, en su gran mayoría cumple con lo estipulado en dicha normativa, con excepción de las estaciones E1 y E4 en ambas campañas de muestreo. Por otra parte, al comparar la diferencia porcentual de ambas campañas, con el parámetro $\text{gC/m}^2/\text{día}$ (predicho por modelo DEPOMOD) en la siguiente figura, se pudo concluir que no existe relación entre estas variables, a medida que se incrementa la distancia desde la zona O, dada la variabilidad en el pH registrado.

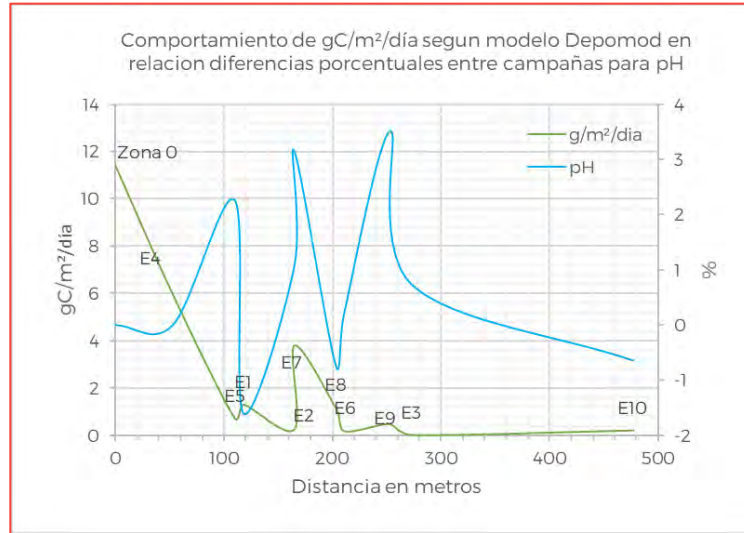


Figura 324 - Comportamiento de diferencias porcentuales entre campañas para pH v/s $\text{gC/m}^2/\text{día}$ predicho por modelo DEPOMOD. Centro D.

5.3.9.4.5 Nitrógeno %

Los resultados exhibidos del análisis comparativo del Nitrógeno % en la siguiente figura, mostraron que, en general, registraron un aumento de un 16.02% promedio, al comparar la primera y segunda campaña de muestreo, registrando el mayor aumento en la estación E10 (82.49%) y E8 (47.96%)

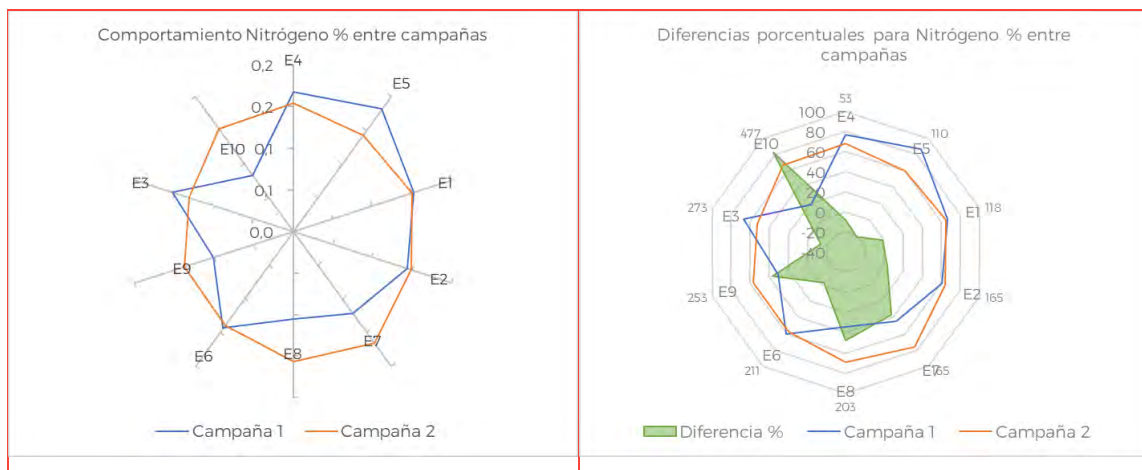


Figura 325 - Izquierda: Comportamiento Nitrógeno % entre campañas. Derecha: Diferencias porcentuales entre campañas. Centro D.

Los resultados obtenidos mostraron que las mediciones registradas para ambas campañas indican valores para Nitrógeno % en el sedimento superiores al 0,1%, en este sentido, estos valores cumplen con las concentraciones límites indicadas por Upla (2002). Por otra parte, al analizar los valores diferenciales porcentuales entre campañas para Nitrógeno % v/s $\text{gC/m}^2/\text{día}$ (predicho por modelo DEPOMOD), no existió relación entre estas variables, esto ya que a partir de los 300 metros la diferencia porcentual del parámetro Nitrógeno % aumentó ostensiblemente, mientras que el parámetro $\text{gC/m}^2/\text{día}$ prácticamente no varió a partir de la misma distancia a la zona 0.

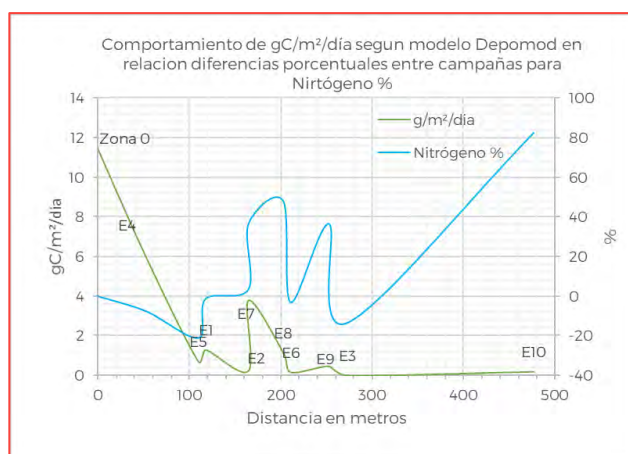


Figura 326 - Comportamiento de diferencias porcentuales entre campañas para Nitrógeno % v/s $\text{gC/m}^2/\text{día}$ predicho por modelo DEPOMOD, Centro D.

5.3.9.4.6 Fósforo %

Los resultados comparativos entre campañas para el parámetro Fósforo % presentados en la siguiente figura, indicaron un aumento en la concentración de este parámetro de un 136,45%, explicado en cierta medida un el aumento registrado en la estación E4, la cual incrementó la concentración de Fósforo % en un 1036,07%.

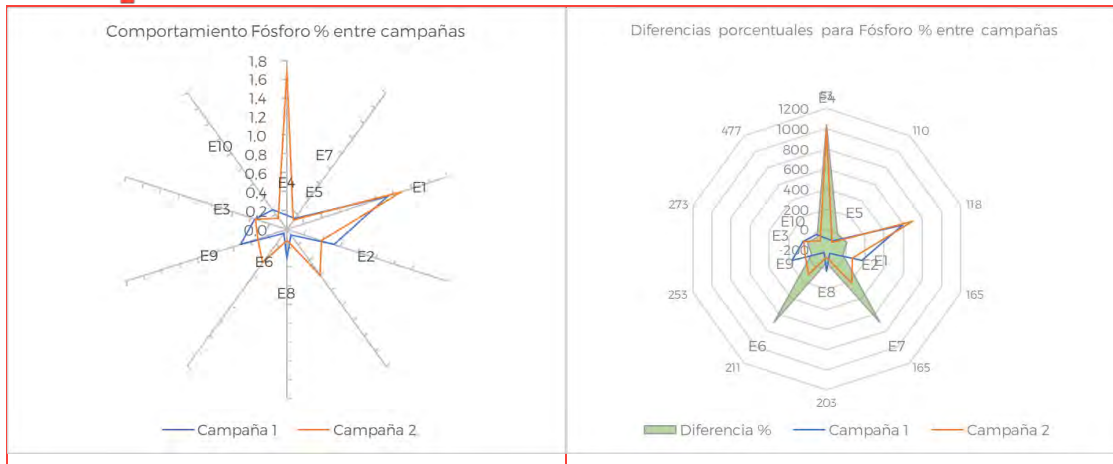


Figura 327 – Izquierda: Comportamiento Fósforo % entre campañas. Derecha: Diferencias porcentuales entre campañas, Centro D.

Podemos concluir que las mediciones registradas en ambas campañas indicaron valores para Fósforo inferiores al 1% en las estaciones prospectadas, con excepción de las estaciones E1 (ambas campañas) y E4 (segunda campaña). En este sentido, el Ces D, en su gran mayoría estaría dentro de los límites establecidos por Upla (2002). Además, al observar el análisis gráfico en la siguiente figura, se puede inferir que existe cierta relación entre los valores diferenciales porcentuales entre campañas para Fósforo % v/s $\text{gC/m}^2/\text{día}$ (predicho por modelo DEPOMOD), esto dado que las mayores diferencias porcentuales del parámetro Fósforo % se registraron en las estaciones con mayor depositación de $\text{gC/m}^2/\text{día}$.

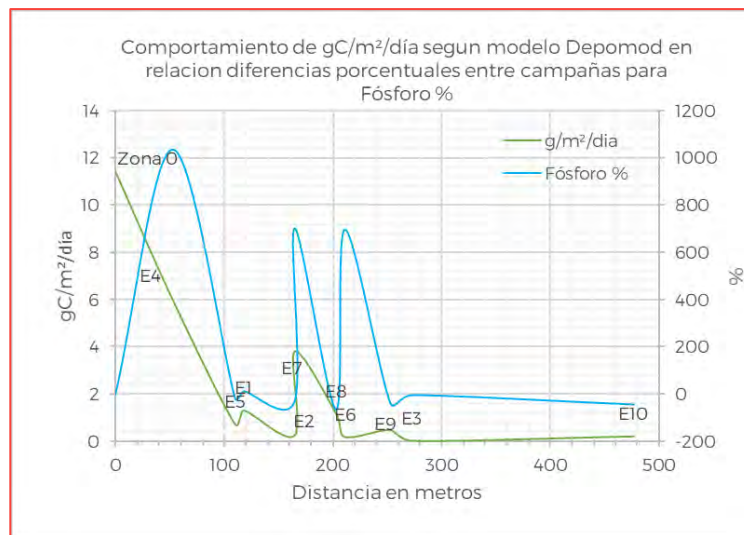


Figura 328 - Comportamiento de diferencias porcentuales entre campañas para Fósforo % v/s $\text{gC/m}^2/\text{día}$ predicho por modelo DEPOMOD. Centro D.

A continuación, se presentan la correlación entre variables para parámetros levantados en terreno en relación con la distancia de la “Zona 0”. Para la primera campaña se presentan los valores en color azul y para la segunda en color anaranjado.

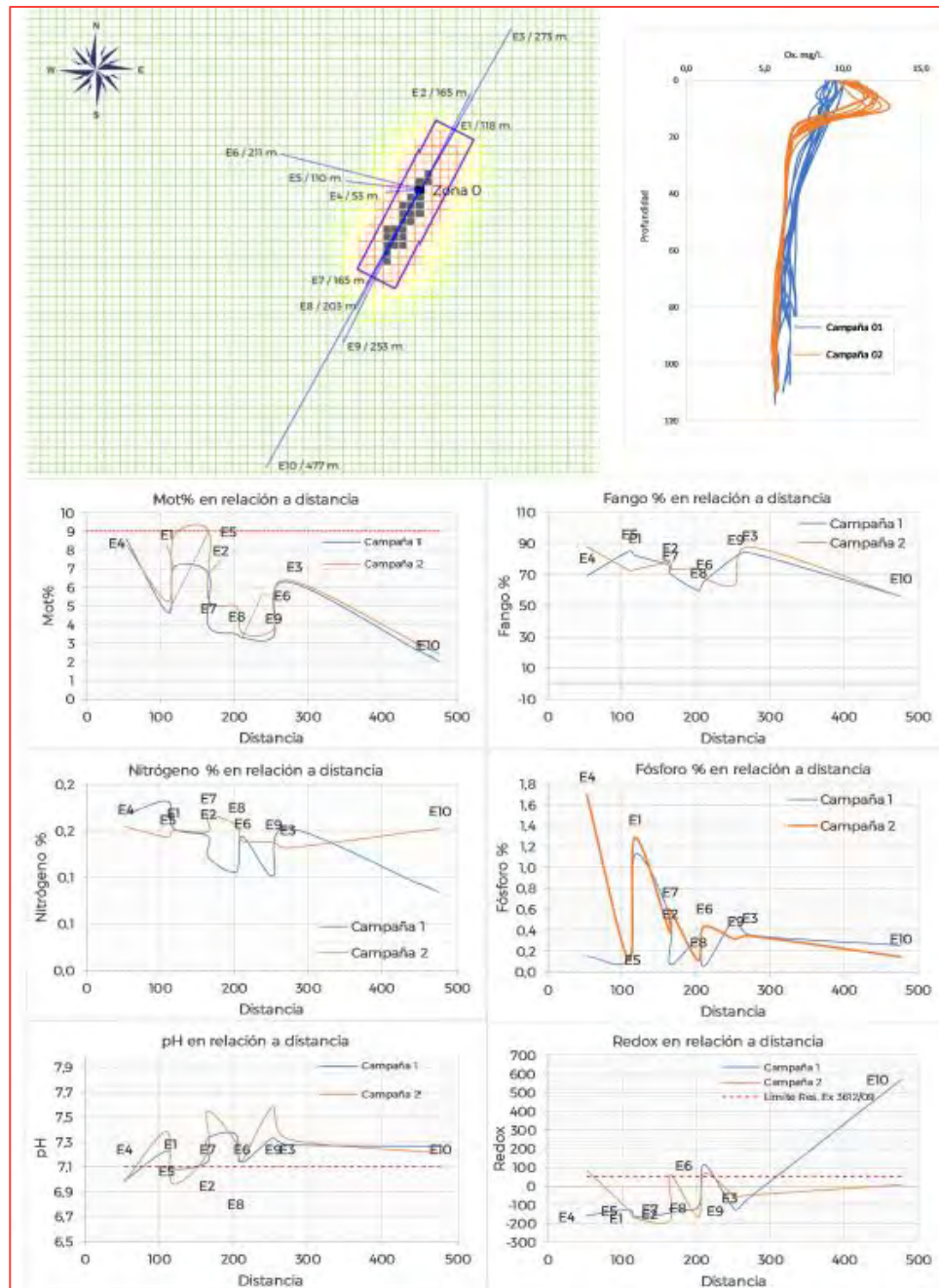


Figura 329 - Relación de variables durante la primera y segunda campaña en relación con distancia a la Zona 0. Centro D.



Como se observa en la figura anterior, en la gran mayoría de los parámetros se observaron cambios sustanciales en los parámetros expuestos, no obstante, estos cumplieron en casi la totalidad de estaciones muestreas con lo estipulado en el numeral 34 de la Res. Ex. N° 3.612/09 y sus modificaciones (ambas campañas). El único parámetro que prácticamente en la totalidad de estaciones registró valores bajo el mínimo establecido por esta normativa es Redox. En cuanto a la relación distancia vs parámetro, en general se observó gran variabilidad en las concentraciones de los distintos parámetros, a media que aumenta la distancia desde la zona 0, alcanzando cierto patrón o estabilidad a partir de los 300 metros de distancia a la zona de mayor impacto.

5.3.9.4.7 Registro visual

Al comparar los registros visuales de ambas campañas del Ces D, podemos indicar que en la primera campaña se observó la presencia de cubierta de microorganismos en la estación que fue filmada, sin embargo, durante la segunda campaña no se registró la presencia de microorganismos.

5.3.9.4.8 Macroinvertebrados

Respecto de los resultados obtenidos de la composición taxonómica de macroinvertebrados colectados mediante muestreo con draga, podemos indicar que en ambas campañas se detectaron especies bioindicadoras de tipo IV y V, según AMBI, las cuales son reflejo de enriquecimiento orgánico y contaminación. Durante ambas campañas se encontraron cuatro especies bioindicadoras.

5.3.9.4.9 Análisis Multicriterio

En los Dendogramas y matrixplots por campaña, que se presentan en Figura siguiente, se observó la correlación existente entre las estaciones y las variables medidas, indicando como resultado:

Que se observaron principalmente 2 conglomerados para ambas campañas donde alcanzaron un nivel de similitud de un 76% aprox. (campaña 1) y un 81% aproximadamente para la campaña 2.

Las estaciones que presentaron una menor correlación corresponden a las estaciones E6 y E10 para campaña 1, para la campaña 2 corresponden a las estaciones E4 y E7.

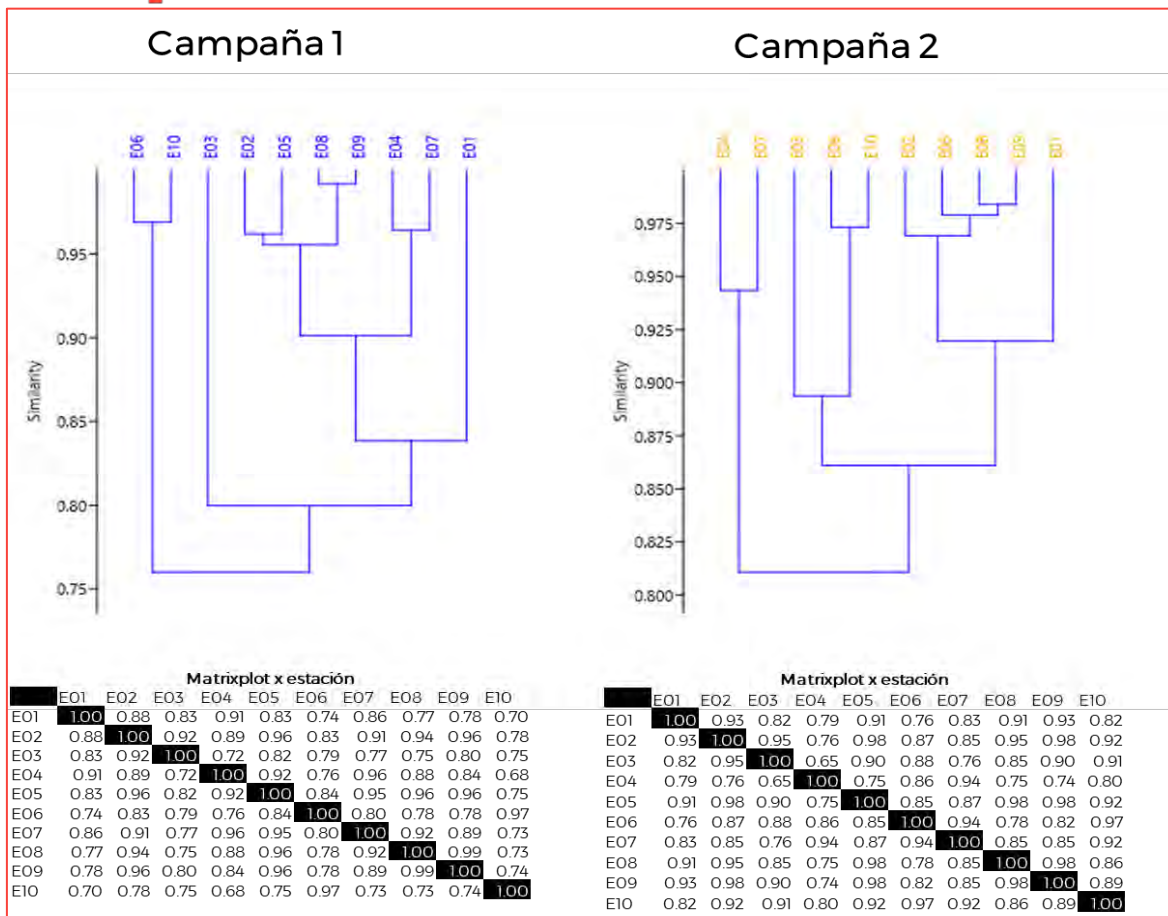


Figura 330 - Correlaciones entre estaciones y variables medidas. Centro D.

A continuación, en figura precedente se entrega un análisis de componentes principales (PCA) entre campañas, donde se pudo discernir las correlaciones existentes entre estaciones. Se aprecia una correlación aproximada de un 78%, donde algunas estaciones se correlacionaron de manera directa entre campañas (E3, E1) y otras se asocian en relación con su distancia con la zona 0.

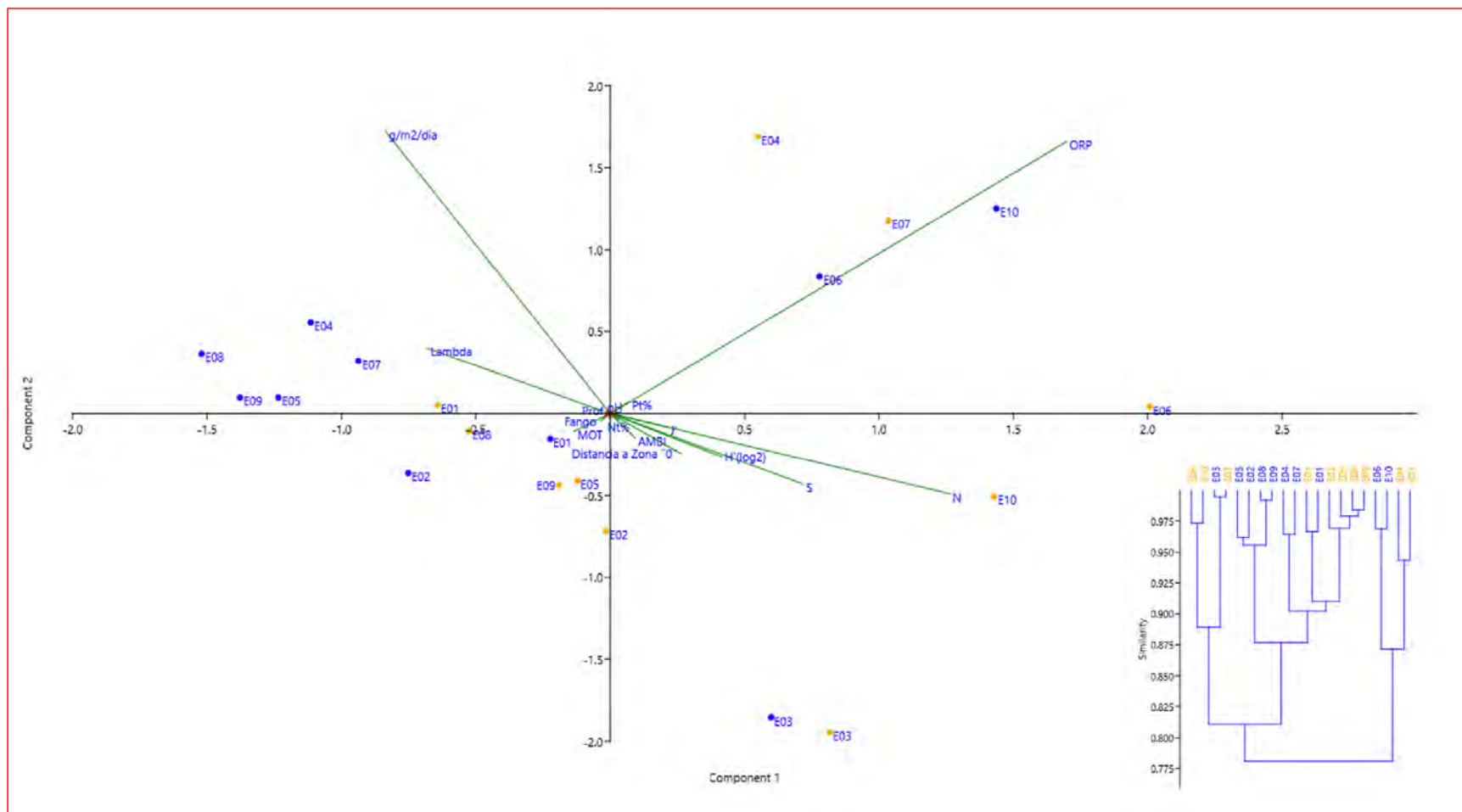


Figura 331 - Análisis de componentes principales. Centro D.

A continuación, se presentan los resultados entre campañas para el Ces E.

5.3.9.5.1 Materia Orgánica Total %

En la siguiente figura se compararon los resultados obtenidos en ambas campañas de muestreo, logrando concluir que la concentración de Mot% en el sedimento aumentó levemente en la mayoría de las estaciones, registrando un aumento promedio en el Ces en torno al 27,72%, no obstante, se observó un aumento importante en las estaciones E2 y E4, con un aumento de 59,51% y 59,37% respectivamente.

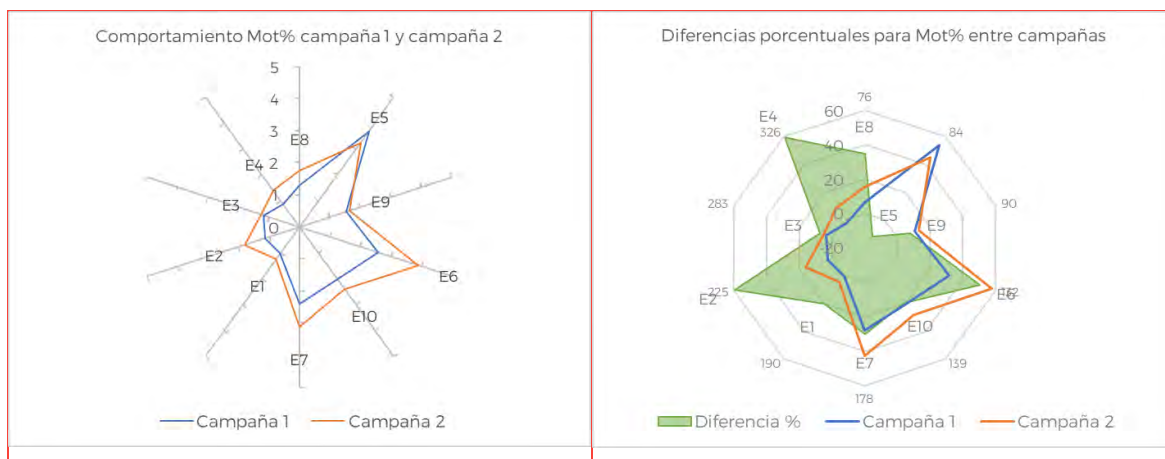


Figura 332 – Izquierda: comportamiento Mot% entre campañas. Derecha: diferencias porcentuales entre campañas, Centro E.

Es importante señalar que la totalidad de estaciones muestreadas, cumplieron con el límite establecido en la Res. Ex. N° 3.612/09 y sus modificaciones, en ambas campañas de muestreo. Al realizar una comparación entre la diferencia porcentual del parámetro %MOT y los gC/m²/día predicho por el modelo DEPOMOD, se pudo concluir que no existe relación entre estas variables, esto debido a la inestabilidad en la acumulación o disminución del parámetro %MOT a medida que aumenta la distancia desde la zona 0.

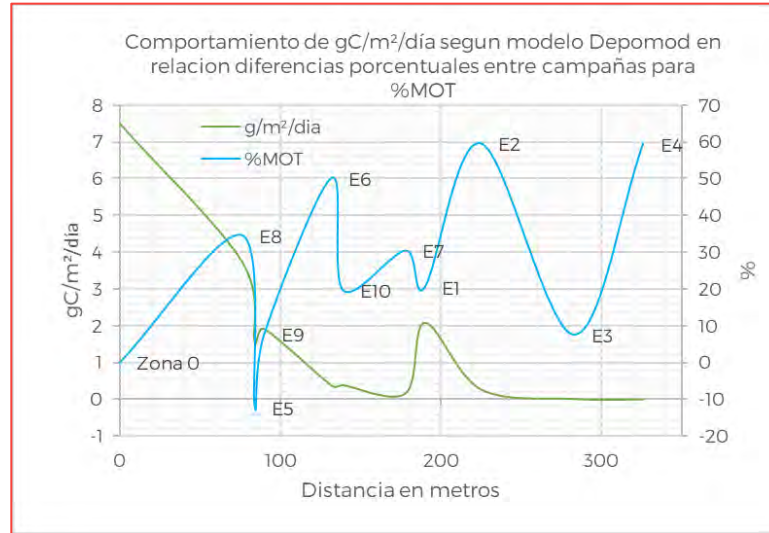


Figura 333 - Comportamiento de diferencias porcentuales entre campañas para Mot% v/s $gC/m^2/día$ predicho por modelo DEPOMOD, Centro E.

5.3.9.5.2 Fango %

Los resultados comparativos entre campañas para el parámetro Fango % exhibidos en la siguiente figura, muestran una leve disminución en el aporte porcentual de Fango, disminuyendo en promedio un 6.2%, respecto de la primera campaña, no obstante, las estaciones E9 y E2 registraron un aumento en los aportes de esta fracción sedimentaria con un 74,03% y un 58,87% respectivamente.

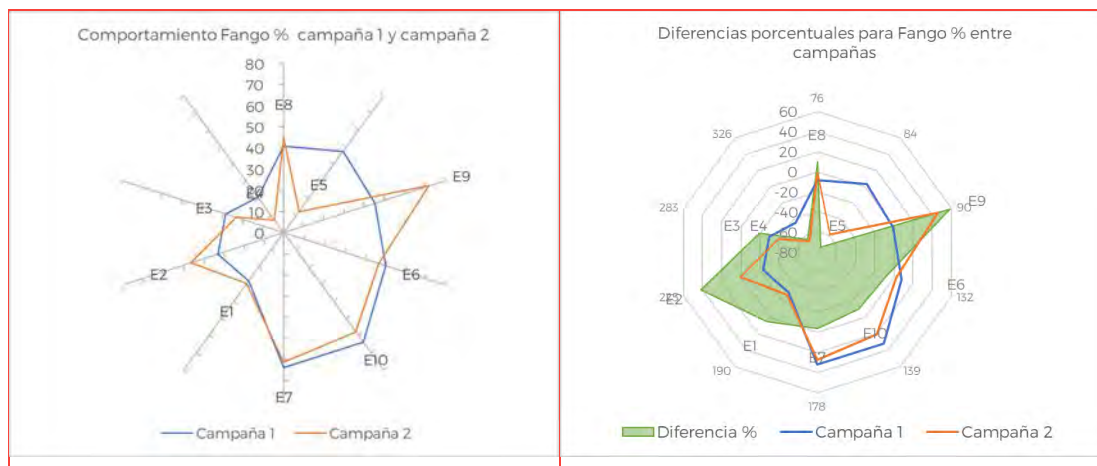


Figura 334 – Izquierda: Comportamiento Fango % entre campañas. Derecha: Diferencias porcentuales entre campañas, Centro E.

En la siguiente figura se presenta una comparación gráfica entre la diferencia porcentual del parámetro Fango % y el parámetro $\text{gC/m}^2/\text{día}$ predicho por el modelo DEPOMOD, logrando concluir con ella que, que entre estas variables existe cierta relación ya que a partir de los 200 metros desde la zona 0, disminuyó la variabilidad porcentual del parámetro Fango %, como también la depositación de $\text{gC/m}^2/\text{día}$.

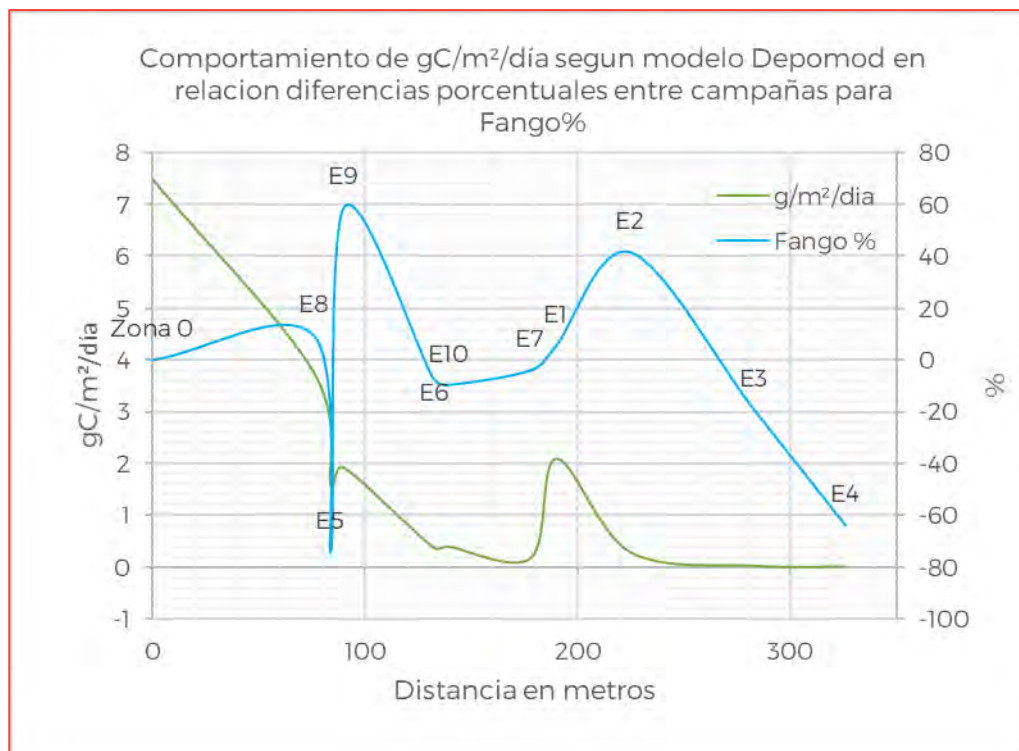


Figura 335 - Comportamiento de diferencias porcentuales entre campañas para Fango% v/s $\text{gC/m}^2/\text{día}$ predicho por modelo DEPOMOD, Centro E.

5.3.9.5.3 Redox

Los resultados de la comparación entre campañas para el parámetro Redox en el Ces E exhibidos a continuación, indicaron que los valores de este parámetro registraron una disminución promedio en el Ces en torno al 45,24% respecto de la primera campaña, en donde las estaciones E4 y E7 registraron las mayores diferencias,

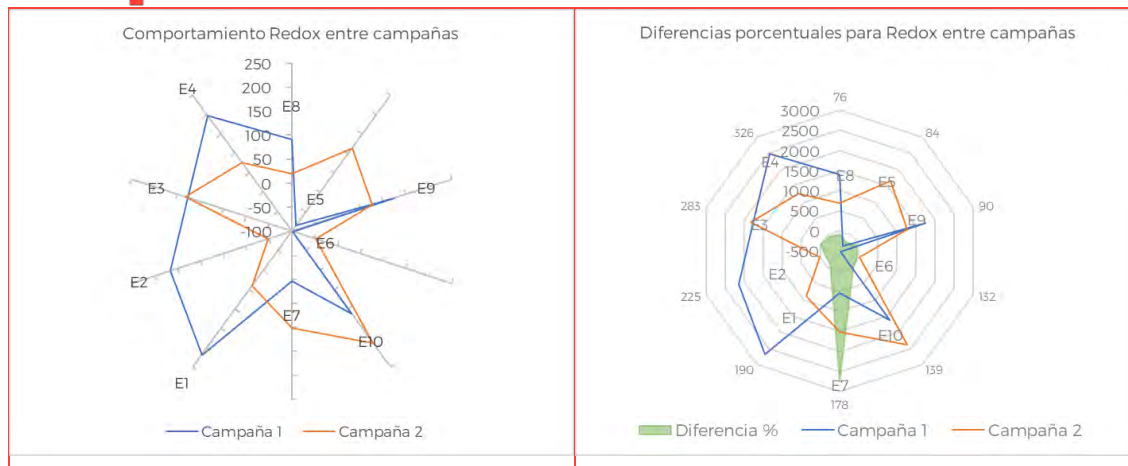


Figura 336 – Izquierda: Comportamiento Redox entre campañas. Derecha: Diferencias porcentuales entre campañas. Centro E.

Los resultados obtenidos en cuanto al parámetro Redox indicaron que tres estaciones están por debajo del límite establecido por Res. Ex. N° 3.612/09 y sus modificaciones, durante la primera campaña, situación que se agudizó durante la segunda prospección, al registrarse cuatro estaciones bajo el límite establecido por esta normativa. Al comparar la diferencia porcentual observada en el parámetro Redox entre ambas campañas de muestreo versus los valores del parámetro $\text{gC}/\text{m}^2/\text{día}$, se pudo inferir que no existe relación entre estas dos variables, al mantenerse prácticamente estable la variabilidad porcentual del parámetro Redox a medida que se incrementa la distancia desde la zona 0, mientras que, en los primeros 100 metros a la zona de mayor impacto, se registró una disminución ostensible del parámetro $\text{gC}/\text{m}^2/\text{día}$.

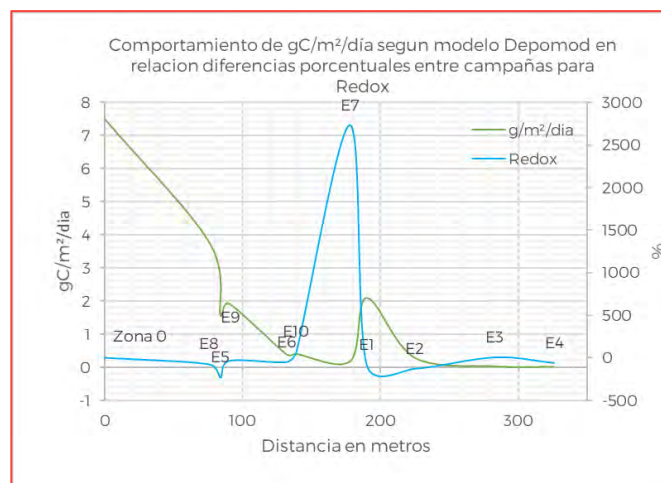


Figura 337 - Comportamiento de diferencias porcentuales entre campañas para Redox v/s $\text{gC}/\text{m}^2/\text{día}$ predicho por modelo DEPOMOD. Centro E.

5.3.9.5.4 pH

Los resultados comparativos entre ambas campañas para el parámetro pH que se grafican a continuación, los cuales indicaron que en general los valores de este parámetro se mantuvieron estables respecto de la primera campaña con una variación de un 3,64%, registrando las mayores diferencias porcentuales en las estaciones E9 (8,27%) y E6(6,5%).

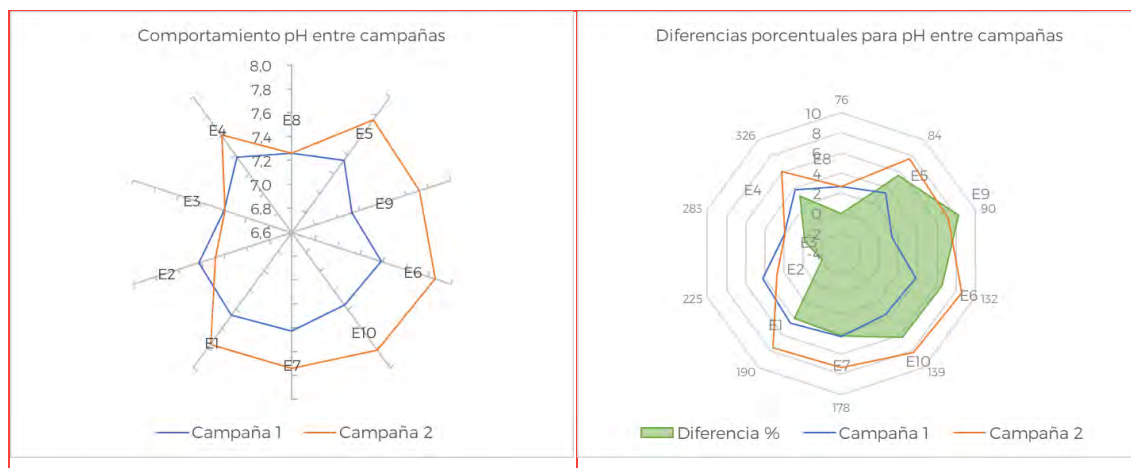


Figura 338 - Izquierda: Comportamiento del pH entre campañas. Derecha: Diferencias porcentuales entre campañas. Centro E.

Al comparar los resultados obtenidos durante ambas campañas con el límite estipulado en la Res. Ex. N° 3.612/09 y sus modificaciones, se puede inferir que el Ces E, presentó todas sus estaciones por sobre el límite mínimo establecido para pH. Por otra parte, al comparar la diferencia porcentual de ambas campañas, con el parámetro $gC/m^2/día$ (predicho por modelo DEPOMOD) en la siguiente figura, se pudo concluir que existe cierta relación entre estas variables, ya que al disminuir los valores del parámetro $gC/m^2/día$, aumentan levemente los valores de pH en las distintas estaciones.

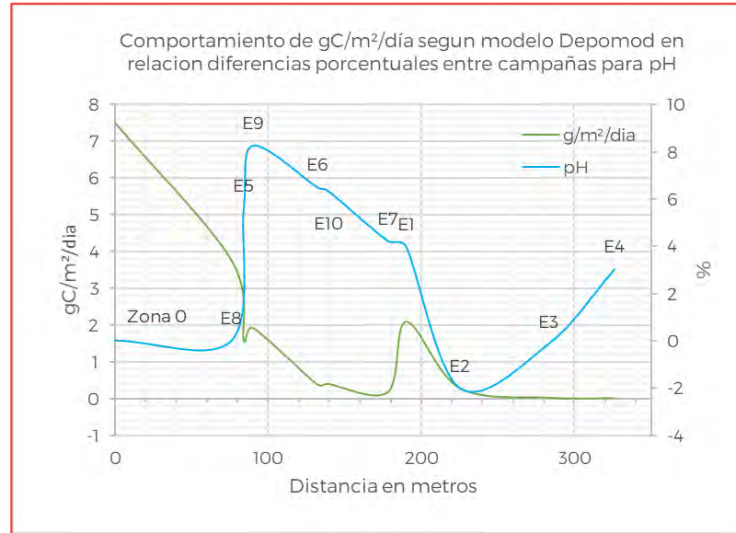


Figura 339 - Comportamiento de diferencias porcentuales entre campañas para pH v/s $gC/m^2/día$ predicho por modelo DEPOMOD. Centro E.

5.3.9.5.5 Nitrógeno %

Los resultados exhibidos del análisis comparativo del Nitrógeno % en la siguiente figura, mostraron que, en general, el Ces registró un aumento de un 19,29%, respecto de la primera campaña, exhibiendo el mayor aumento en la estación E5 (49,38%) y E6 (62,62%).

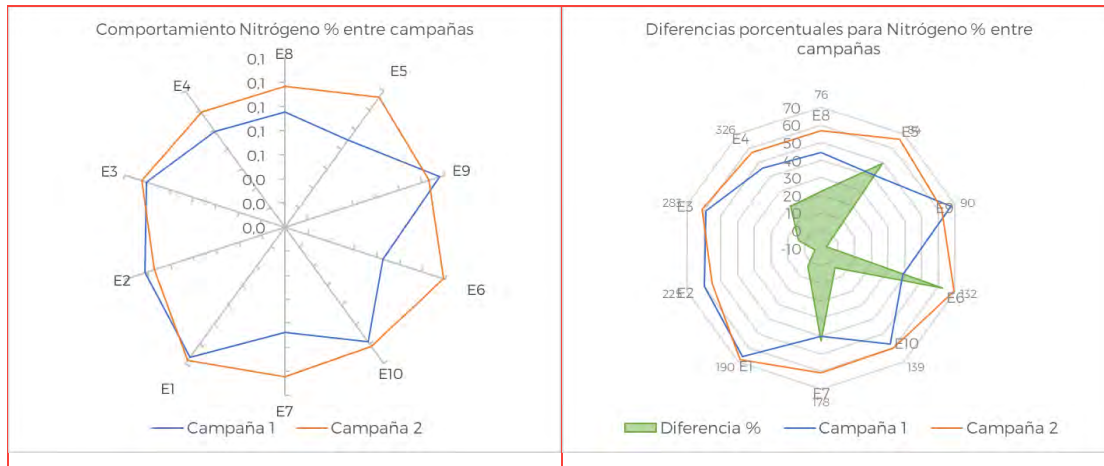


Figura 340 - Izquierda: Comportamiento Nitrógeno % entre campañas. Derecha: Diferencias porcentuales entre campañas. Centro E.

Los resultados obtenidos muestran que las mediciones registradas para ambas campañas indican valores para Nitrógeno % en el sedimento superiores al 0,1%, con excepción de tres estaciones durante la primera campaña, en este sentido, estos valores cumplieron con las concentraciones límites indicadas por Upla (2002). Por otra parte, al analizar los valores diferenciales porcentuales entre campañas para Nitrógeno % v/s $\text{gC/m}^2/\text{día}$ (predicho por modelo DEPOMOD), no existe relación entre estas variables.

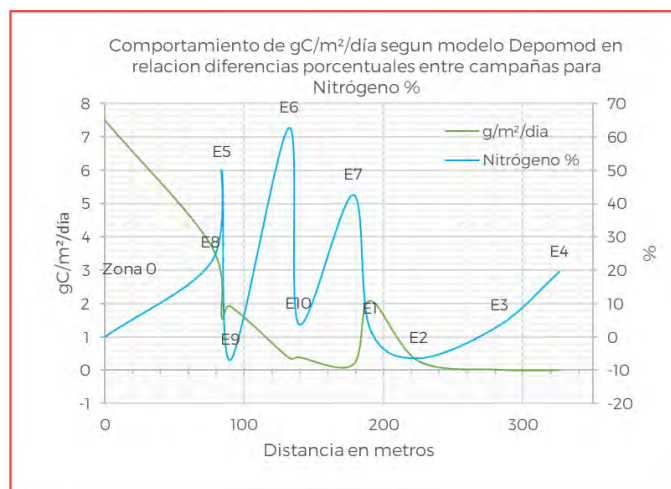


Figura 341 - Comportamiento de diferencias porcentuales entre campañas para Nitrógeno % v/s $\text{gC/m}^2/\text{día}$ predicho por modelo DEPOMOD, Centro E.

5.3.9.5.6 Fósforo %

Los resultados comparativos entre campañas para el parámetro Fósforo % presentados en la siguiente figura, indicaron que se registró gran variabilidad en la concentración de Fósforo %, en donde la mitad de las estaciones aumentó la concentración de este parámetro, mientras que el grupo restante disminuyó ostensiblemente respecto de la primera campaña, exhibiendo la mayor diferencia en la estación E10, con un incremento del 125,57%, por otra parte, la estación E7, disminuyó en un 98,15%.

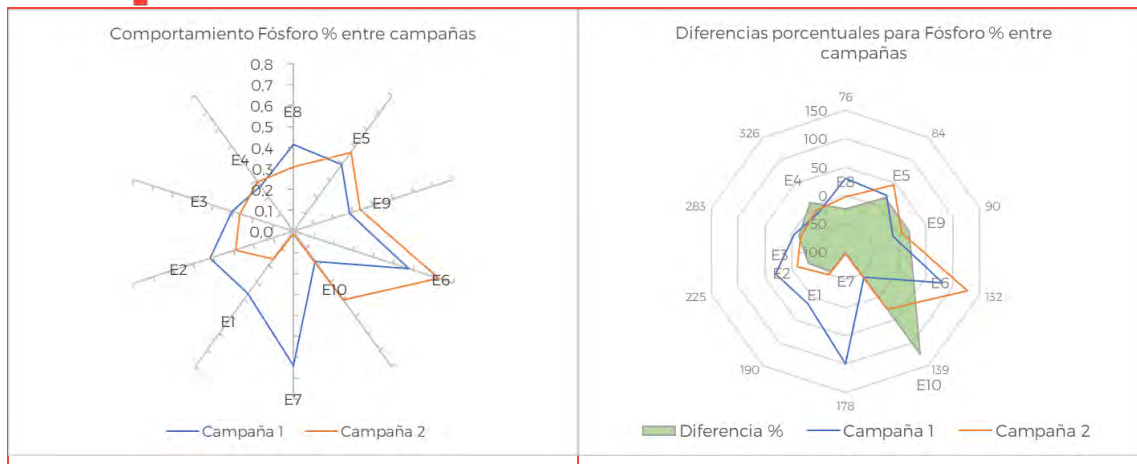


Figura 342 – Izquierda: Comportamiento Fósforo % entre campañas. Derecha: Diferencias porcentuales entre campañas, Centro E.

Podemos concluir que las mediciones registradas en ambas campañas indican valores para Fósforo inferiores al 1% en las estaciones prospectadas, en ambas campañas. En este sentido, el Ces E, estaría dentro de los límites establecidos por Upla (2002). Además, al observar el análisis gráfico en la siguiente figura, se pudo inferir que existe cierta relación entre los valores diferenciales porcentuales entre campañas para Fósforo % v/s $\text{gC/m}^2/\text{día}$ (predicho por modelo DEPOMOD), esto ya que las mayores diferencias porcentuales se registraron en las zonas con menor depositación de Carbono expresado como $\text{gC/m}^2/\text{día}$, no obstante, no se observó un patrón espacial de distribución.

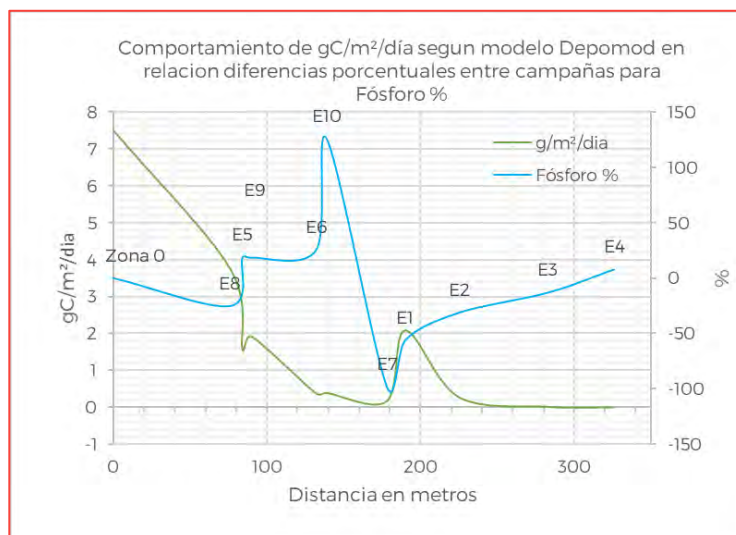


Figura 343 - Comportamiento de diferencias porcentuales entre campañas para P% v/s $\text{gC/m}^2/\text{día}$ predicho por modelo DEPOMOD. CES E.

A continuación, se presenta la correlación entre variables para parámetros levantados en terreno en relación con la distancia de la “Zona 0”. Para la primera campaña se presentan los valores en color azul y para la segunda campaña en color anaranjado.

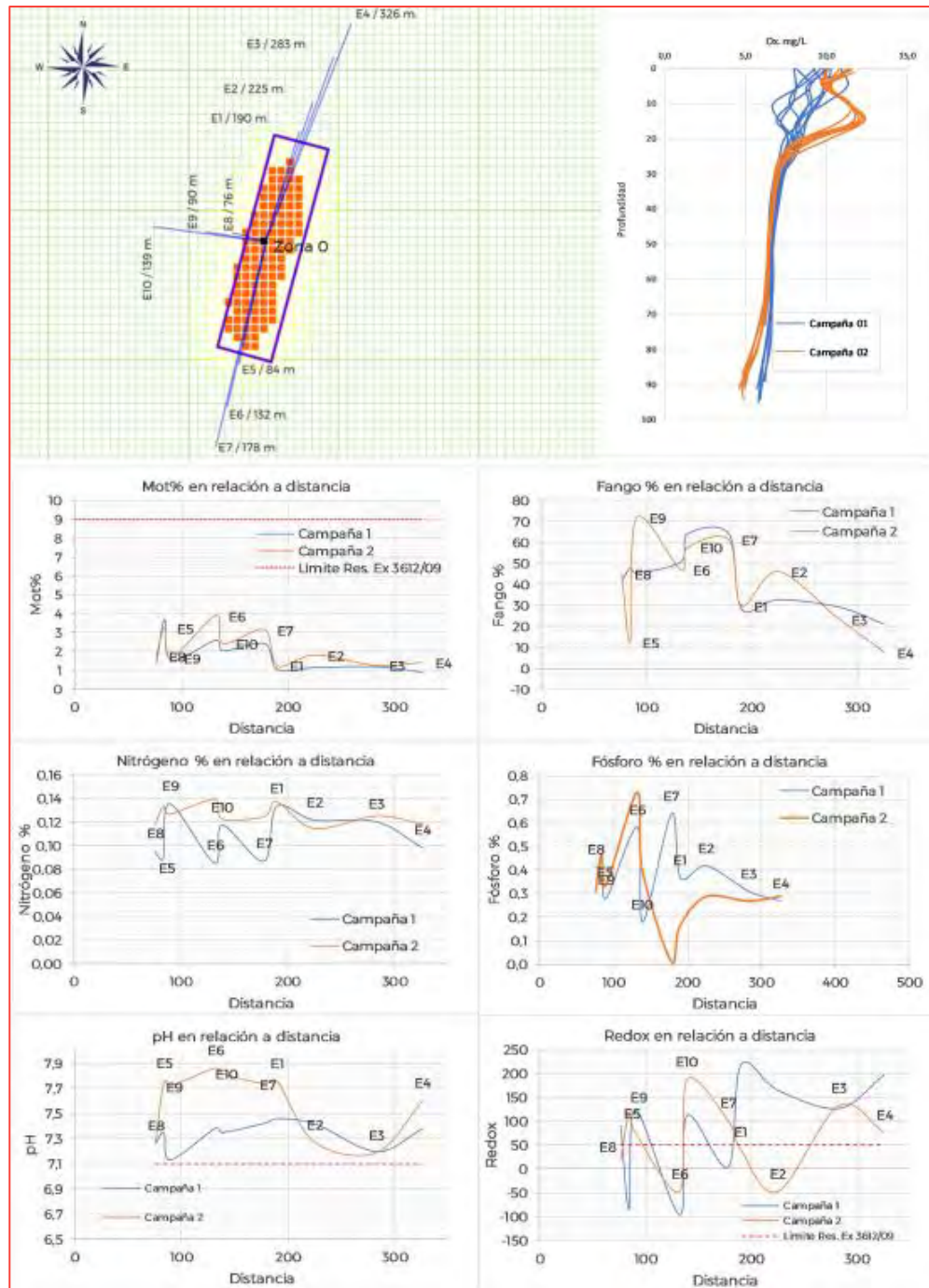


Figura 344 - Relación de variables durante la primera y segunda campaña en relación con distancia a la Zona 0. Centro E.



Como se observa en la figura anterior, en casi todos los parámetros estudiados ocurrieron variaciones, con gran variabilidad entre estaciones a medida que aumenta la distancia, sin embargo, a partir de los 200 metros desde la zona de mayor impacto, se observó cierta estabilización en los valores de estas medidas, cumpliendo en su gran mayoría con lo estipulado el numeral 34 de la Res. Ex. N° 3.612/09 y sus modificaciones (ambas campañas), con excepción de los valores del parámetro Redox.

5.3.9.5.7 Registro visual

Al comparar los registros visuales de ambas campañas del Ces E, podemos indicar que en la primera campaña no se registró la presencia de cubierta de microorganismos, sin embargo, durante la segunda campaña se registró la presencia de microorganismos en una de las estaciones monitoreadas.

5.3.9.5.8 Macroinvertebrados

Respecto de los resultados obtenidos de la composición taxonómica de macroinvertebrados colectados mediante muestreo con draga, podemos indicar que en ambas campañas se detectaron especies bioindicadoras de tipo IV y V, según AMBI, las cuales son indicativas de enriquecimiento orgánico y contaminación. Durante la primera campaña se encontraron tres especies bioindicadores, mientras que en la segunda campaña fueron registradas cuatro.

5.3.9.5.9 Análisis Multicriterio

En los Dendogramas y matrixplots por campaña, que se presenta en Figura siguiente, se observa la correlación existente entre las estaciones y las variables medidas, indicando como resultado:

Que se observaron principalmente 2 conglomerados para ambas campañas donde alcanzan un nivel de similitud de un 80% aprox. (campaña 1) y un 84% aproximadamente para la campaña 2.

Las estaciones que presentan una menor correlación correspondieron a las estaciones E7 para la campaña 1 y para la campaña 2 corresponden a las estaciones E2 y E6.

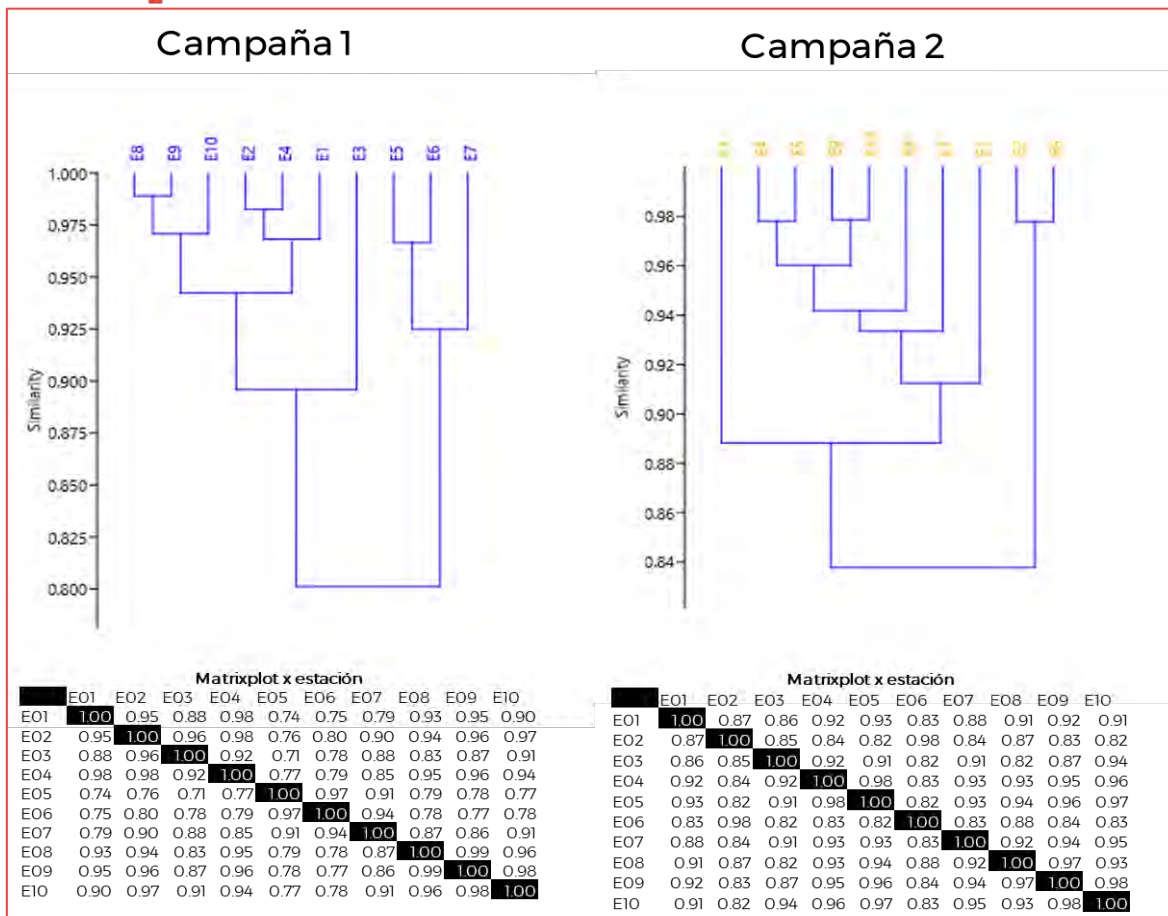


Figura 345 - Correlaciones entre estaciones y variables medidas. Centro E.

A continuación, en figura precedente se entrega un análisis de componentes principales (PCA) entre campañas, donde se pudo discernir las correlaciones existentes entre estaciones. Se aprecia una correlación aproximada de un 81%, donde algunas estaciones se correlacionaron de manera directa entre campañas (E4, E10) y otras se asocian en relación con su distancia con la zona 0. Se aprecia principalmente un clúster más diferenciado a los demás donde se encuentran las estaciones E5, E6, E7. E2 y E6 (estas últimas 2 corresponden a la segunda campaña).

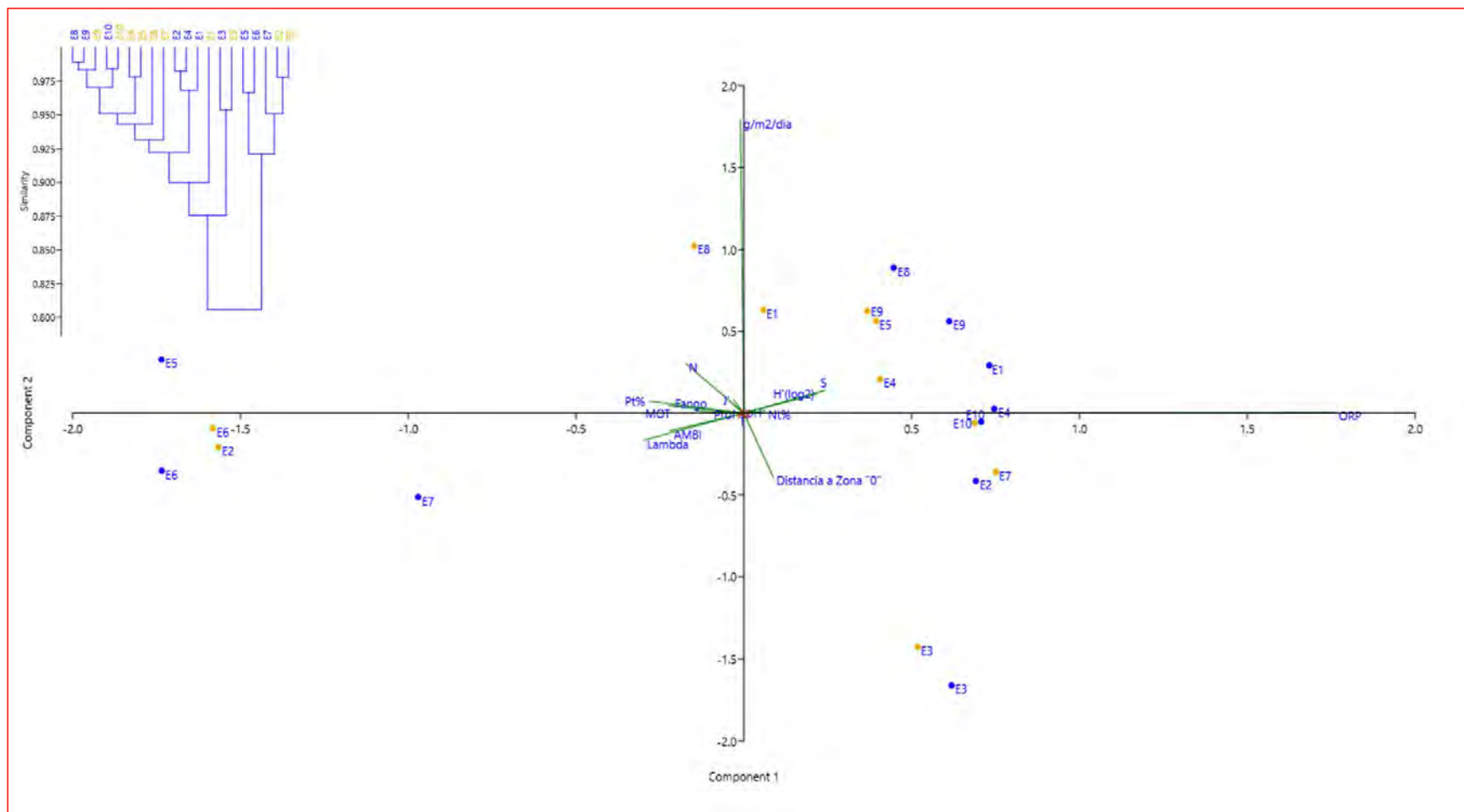


Figura 346 - Análisis de componentes principales. Centro E.

A continuación, se presentan los resultados entre campañas para el Ces F

5.3.9.6.1 Materia Orgánica Total %

En la siguiente figura se comparan los resultados obtenidos en ambas campañas de muestreo, logrando concluir que la concentración de Mot% en el sedimento aumentó levemente en la mayoría de las estaciones, registrando un aumento promedio en el Ces en torno al 6,57%, no obstante, se observó un aumento importante en las estaciones E1 y E6, con un aumento de 33,10% y 40,85% respectivamente.

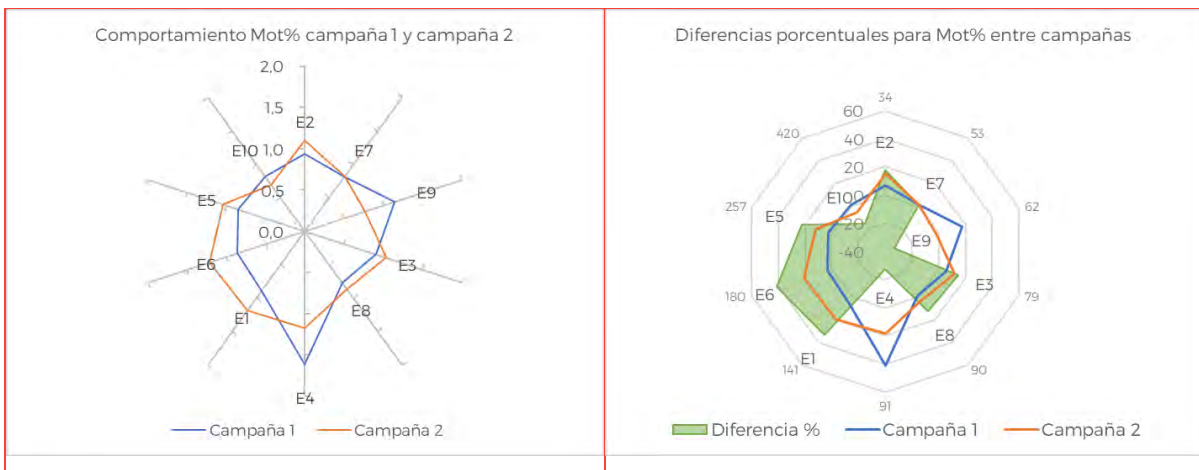


Figura 347 – Izquierda: comportamiento Mot% entre campañas. Derecha: diferencias porcentuales entre campañas, Centro F.

Es importante señalar que la totalidad de estaciones muestreadas, cumplieron con el límite establecido en la Res. Ex. N° 3.612/09 y sus modificaciones, en ambas campañas de muestreo, en cuanto a %MOT se refiere. Al realizar una comparación entre la diferencia porcentual del parámetro %MOT y los gC/m²/día predicho por el modelo DEPOMOD, se puede concluir que existe cierta relación entre estas variables, al menos, a partir de los 150 metros desde la zona 0, ya que, como se observa en la siguiente figura, a partir de esta distancia comienza a declinar tanto la diferencia porcentual del parámetro Mot%, como también del parámetro gC/m²/día.

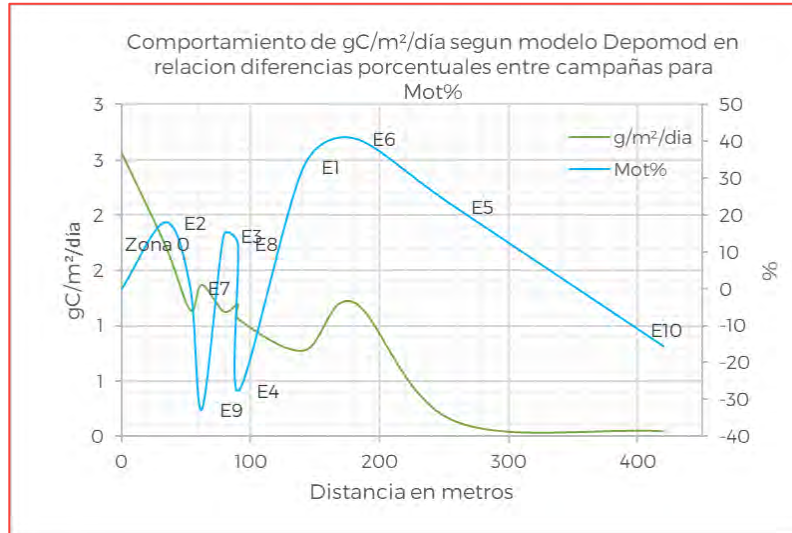


Figura 348 - Comportamiento de diferencias porcentuales entre campañas para Mot% v/s $gC/m^2/día$ predicho por modelo DEPOMOD, Centro F.

5.3.9.6.2 Fango %

Los resultados comparativos entre campañas para el parámetro Fango % exhibidos en la siguiente figura, muestran una leve disminución en los aportes porcentuales de Fango, con excepción del ostensible aumento en la estación E7, la cual elevó el promedio Fango % para el Ces F en un 192,79% respecto de la primera campaña.

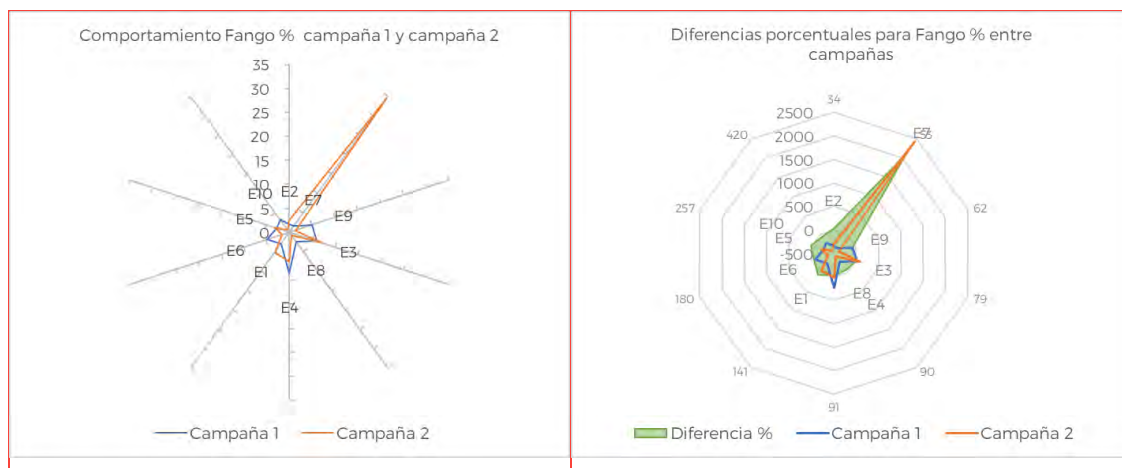


Figura 349 – Izquierda: Comportamiento Fango % entre campañas. Derecha: Diferencias porcentuales entre campañas. Centro F.

En la siguiente figura se presenta una comparación gráfica entre la diferencia porcentual del parámetro Fango % y el parámetro $\text{gC/m}^2/\text{día}$ predicho por el modelo DEPOMOD, logrando concluir con ella que, no existió una notoria relación, a pesar de ello, se observa un patrón que tiende a la disminución de ambas variables a partir de los 200 metros, no obstante, este es notorio para el parámetro $\text{gC/m}^2/\text{día}$.

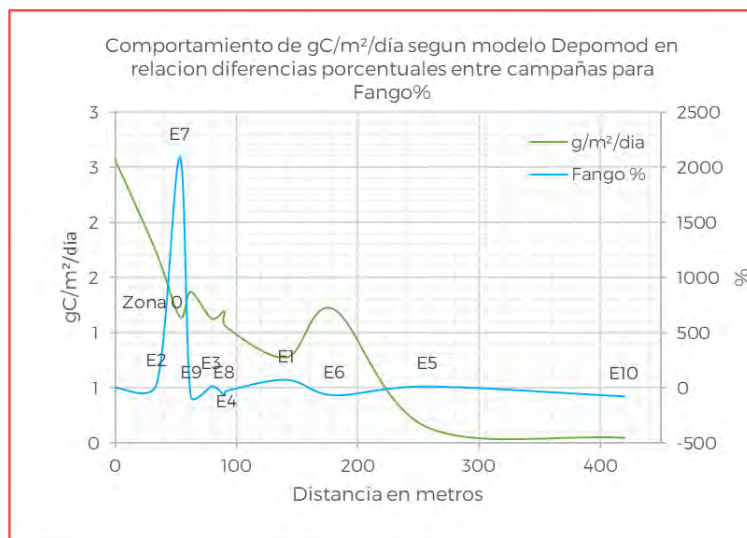


Figura 350 - Comportamiento de diferencias porcentuales entre campañas para Fango% v/s $\text{gC/m}^2/\text{día}$ predicho por modelo DEPOMOD. Centro F.

5.3.9.6.3 Redox

Los resultados de la comparación entre campañas para el parámetro Redox en el Centro F exhibidos a continuación, indicaron que los valores de este parámetro registraron un aumento promedio en el Ces en torno al 107,93% respecto de la primera campaña, en especial las estaciones E4 y E8 las cuales exhibieron un aumento de un 674,02% y un 156,22% respectivamente.

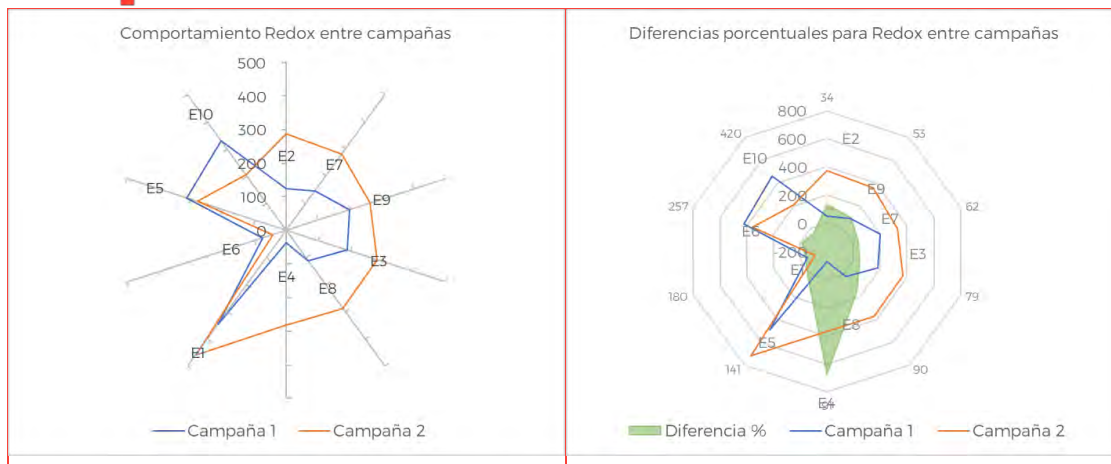


Figura 351 – Izquierda: Comportamiento Redox entre campañas. Derecha: Diferencias porcentuales entre campañas. Centro F.

Los resultados obtenidos en cuanto al parámetro Redox, indicaron que solo 2 estaciones están por debajo del límite establecido por Res. Ex. N° 3.612/09 y sus modificaciones, durante la primera campaña la estación E4, mientras que durante la segunda campaña la estación E6. Al comparar la diferencia porcentual observada en el parámetro Redox entre ambas campañas de muestreo versus los valores del parámetro $\text{gC/m}^2/\text{día}$, se pudo inferir que no existe mayor relación entre estas variables, no obstante, las menores diferencias porcentuales, incluso aquellas negativas (disminución respecto de la primera campaña) se observaron en las zonas con los menores valores para el parámetro $\text{gC/m}^2/\text{día}$.

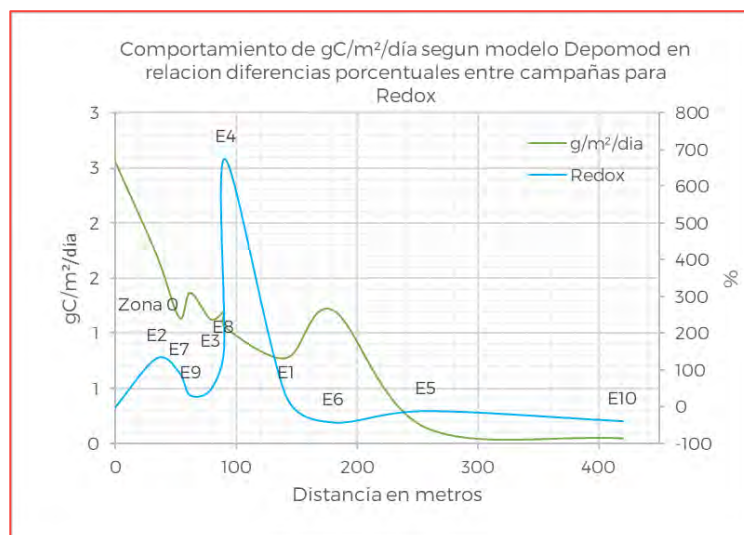


Figura 352 - Comportamiento de diferencias porcentuales entre campañas para Redox v/s $\text{gC/m}^2/\text{día}$ predicho por modelo DEPOMOD. Centro F.

5.3.9.6.4 pH

Los resultados comparativos entre ambas campañas para el parámetro pH que se grafican a continuación, los cuales indicaron que en general los valores de este parámetro se incrementaron respecto de la primera campaña, con una variación de un 5,37%, registrando las mayores diferencias porcentuales en las estaciones E6 (8,65%) y E3(8,45%).

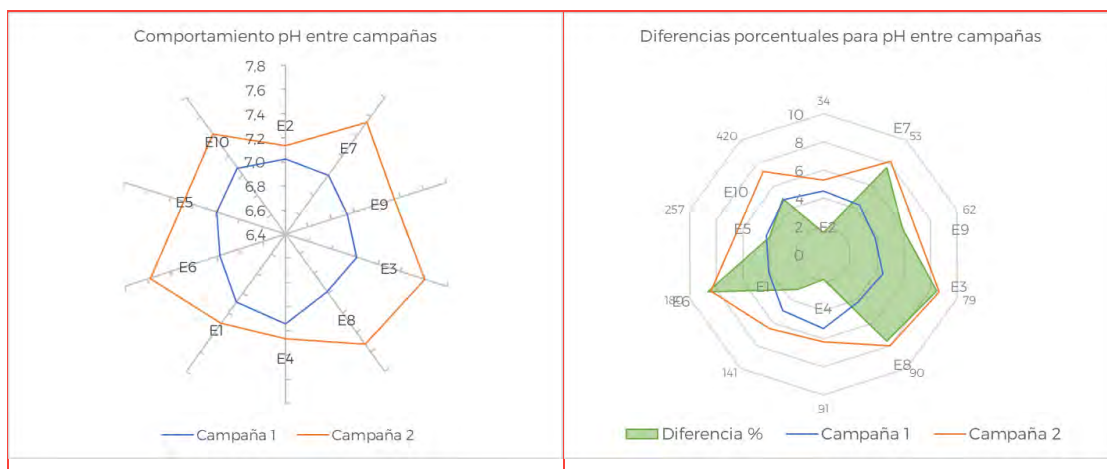


Figura 353 - Izquierda: Comportamiento del pH entre campañas. Derecha: Diferencias porcentuales entre campañas. Centro F.

Al comparar los resultados obtenidos durante ambas campañas con el límite estipulado en la Res. Ex. N° 3.612/09 y sus modificaciones, se pudo inferir que, durante la primera campaña nueve estaciones estuvieron levemente por debajo de lo estipulado por esta normativa, mientras que durante la segunda campaña la totalidad de estaciones registraron valores por sobre este límite. Por otra parte, al comparar la diferencia porcentual de ambas campañas, con el parámetro $gC/m^2/día$ (predicho por modelo DEPOMOD) en la siguiente figura, no existió mayor relación entre estas dos variables, no obstante, en general se observó que las mayores diferencias porcentuales ocurren en las zonas con menor depositación de Carbono ($gC/m^2/día$).

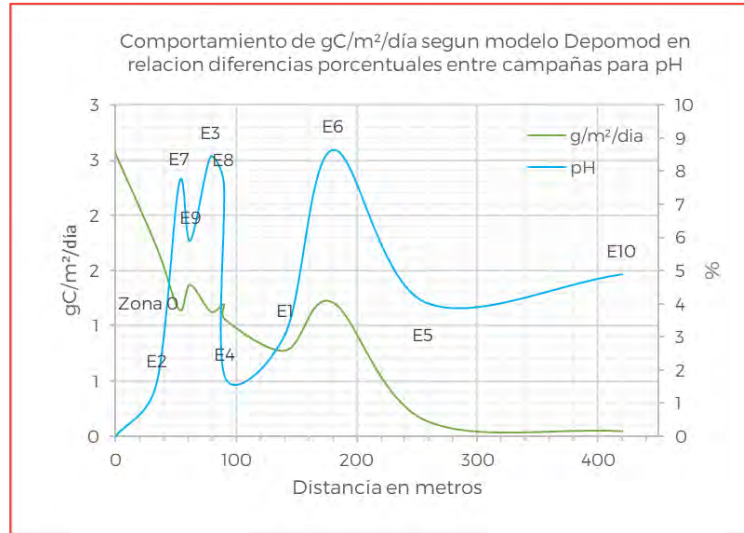


Figura 354 - Comportamiento de diferencias porcentuales entre campañas para pH v/s $gC/m^2/día$ predicho por modelo DEPOMOD. Centro F.

5.3.9.6.5 Nitrógeno %

Los resultados exhibidos del análisis comparativo del Nitrógeno % en la siguiente figura, muestran que, en general, el Ces registró un aumento de un 30,65%, respecto de la primera campaña, exhibiendo el mayor aumento en la estación E10 (83,82%) y E9 (51,63%).

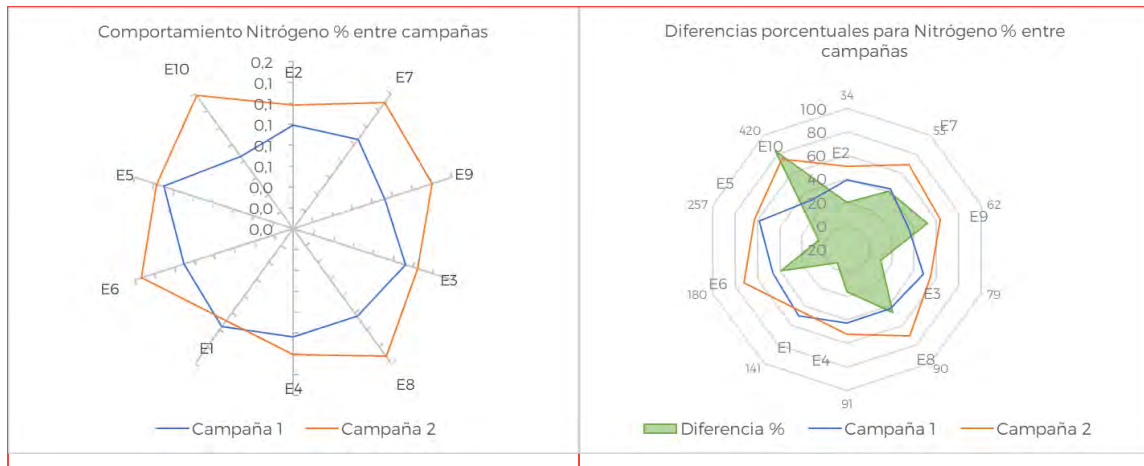


Figura 355 - Izquierda: Comportamiento Nitrógeno % entre campañas. Derecha: Diferencias porcentuales entre campañas. Centro F.

Los resultados obtenidos muestran que las mediciones registradas para ambas campañas indicaron valores para Nitrógeno % en el sedimento superiores al 0,1%, con excepción de tres estaciones durante la primera campaña, en este sentido, estos valores cumplieron con las concentraciones límites indicadas por Upla (2002). Por otra parte, al analizar los valores diferenciales porcentuales entre campañas para Nitrógeno % v/s $\text{gC/m}^2/\text{día}$ (predicho por modelo DEPOMOD), existiría cierta relación entre estas variables, en los primeros 200 metros se observaron las mayores diferencias porcentuales de Nitrógeno %, como también las mayores tasas de depositación de carbono ($\text{gC/m}^2/\text{día}$).

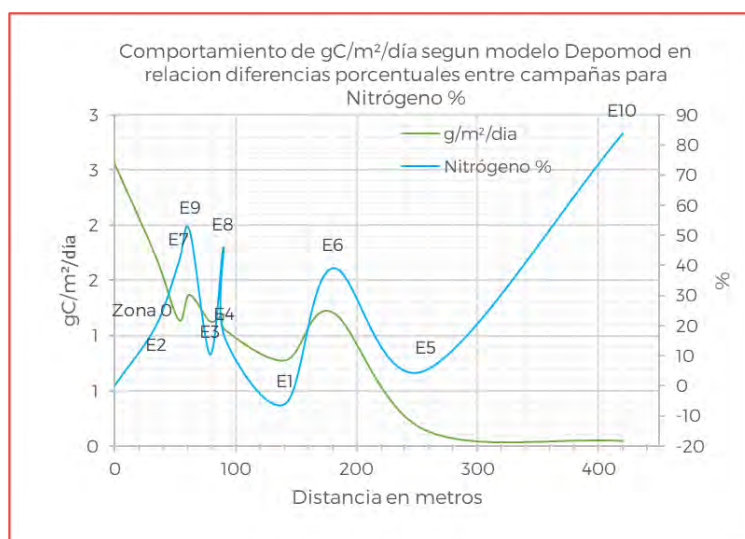


Figura 356 - Comportamiento de diferencias porcentuales entre campañas para Nitrógeno % v/s $\text{gC/m}^2/\text{día}$ predicho por modelo DEPOMOD, CES F.

5.3.9.6.6 Fósforo %

Los resultados comparativos entre campañas para el parámetro Fosforo % presentados en la siguiente figura, indicaron que se registró una disminución en la concentración de Fósforo % en la mayoría de las estaciones, sin embargo, las estaciones E4 y E5 registraron un aumento de un 2.374,59% y un 2.815,71% respectivamente, razón por la cual el Centro F registró un aumento promedio de este parámetro en torno al 479,81%.

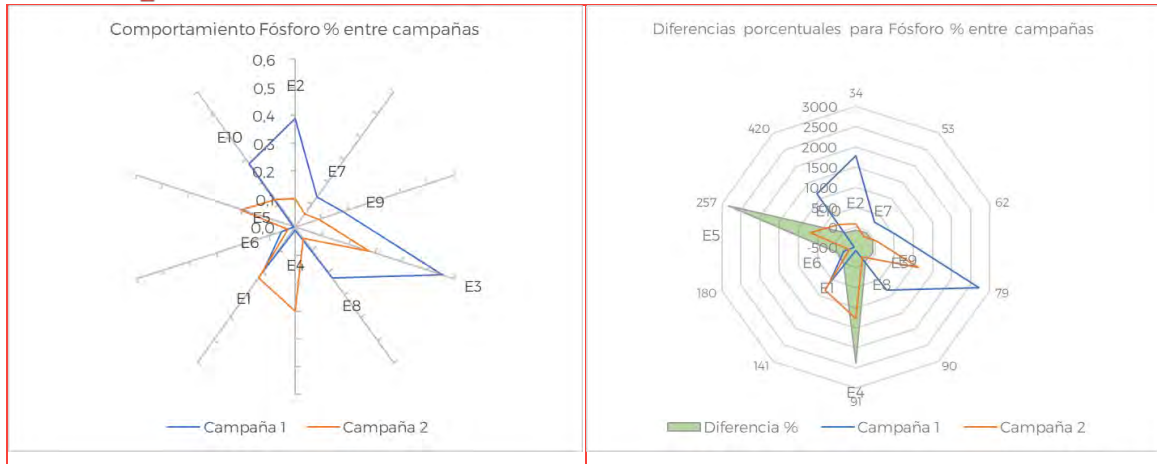


Figura 357 – Izquierda: Comportamiento Fósforo % entre campañas. Derecha: Diferencias porcentuales entre campañas, Centro F.

Podemos concluir que las mediciones registradas en ambas campañas indicaron valores para Fósforo inferiores al 1% en las estaciones prospectadas, en ambas campañas. En este sentido, el Centro F, estaría dentro de los límites establecidos por Upla (2002). Además, al observar el análisis gráfico en la siguiente figura, se puede inferir no existió relación entre los valores diferenciales porcentuales entre campañas para Fósforo % v/s $\text{gC/m}^2/\text{día}$ (predicho por modelo DEPOMOD).

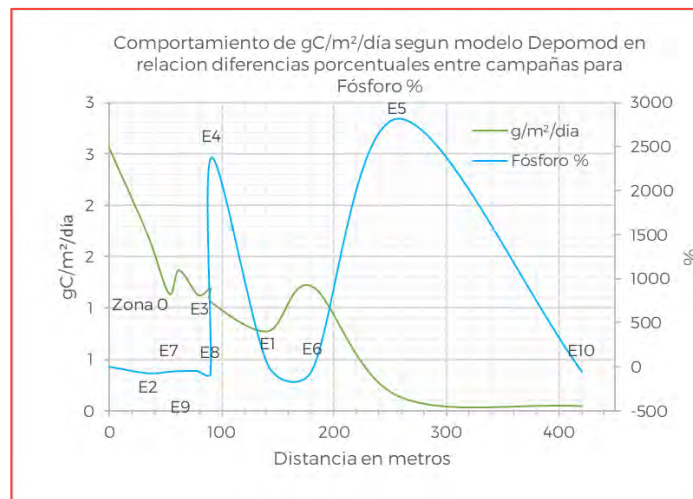


Figura 358 - Comportamiento de diferencias porcentuales entre campañas para Fósforo % v/s $\text{gC/m}^2/\text{día}$ predicho por modelo DEPOMOD. Centro F.

A continuación, se presenta la correlación entre variables para parámetros levantados en terreno en relación con la distancia de la “Zona 0”. Para la primera campaña se presentan los valores en color azul y para la segunda campaña en color anaranjado.

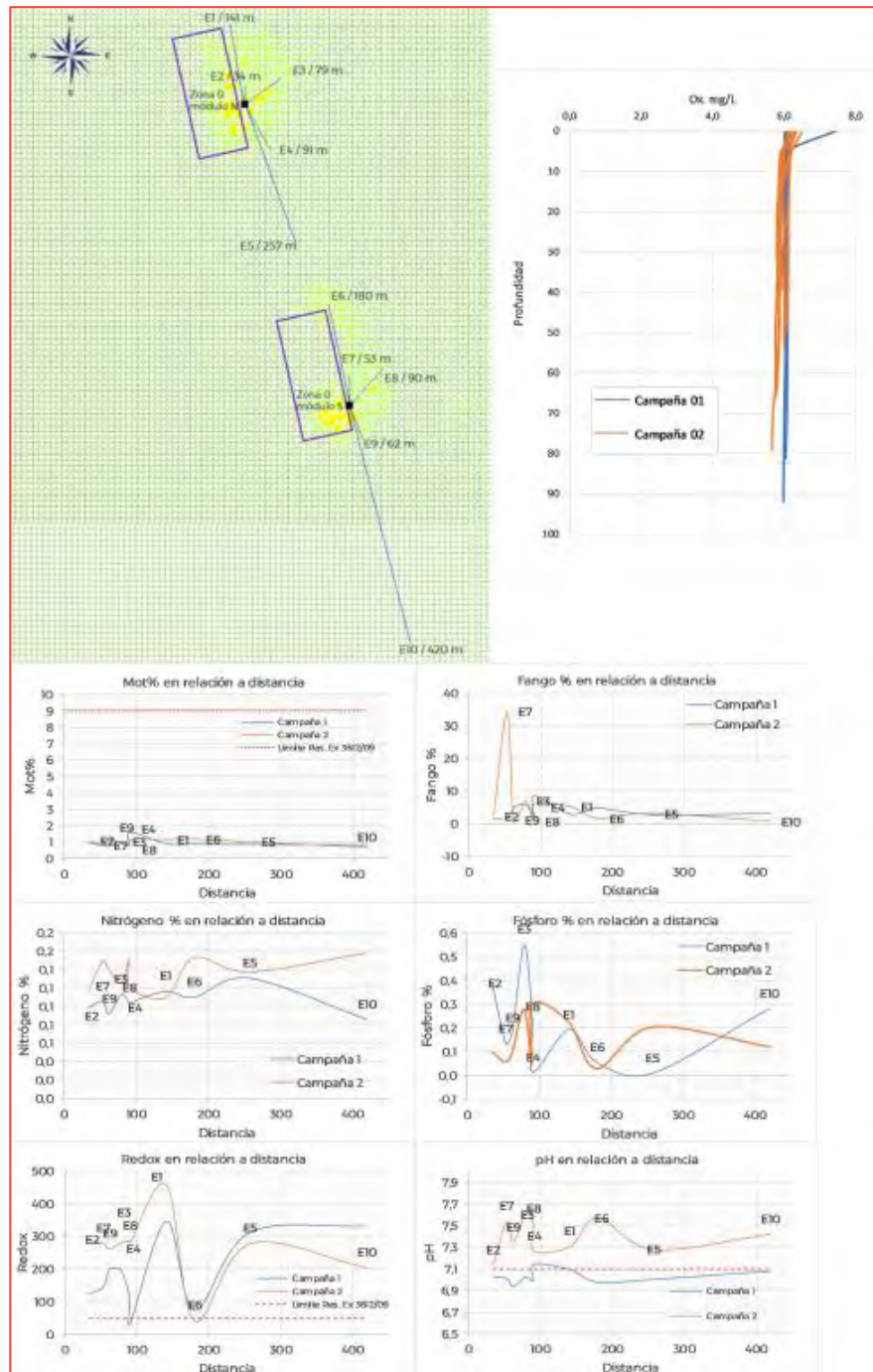


Figura 359 - Relación de variables durante la primera y segunda campaña en relación con distancia a la Zona 0. Centro F.



Como se observa en la figura anterior para casi todas las variables ocurrió un leve aumento en los valores en la segunda campaña, no obstante, los valores registrados cumplirían con el numeral 34 de la Res. Ex. N° 3.612/09 y sus modificaciones (ambas campañas), con excepción de algunas estaciones de muestreo. En cuanto a la relación distancia vs parámetro, en general se observó gran variabilidad en las concentraciones de los distintos parámetros a media que aumenta la distancia desde la zona 0.

5.3.9.6.7 Registro visual

Al comparar los registros visuales de ambas campañas del Ces F, podemos indicar que en ninguna de las dos campañas se registró la presencia de cubierta de microorganismos.

5.3.9.6.8 Macroinvertebrados

Respecto de los resultados obtenidos de la composición taxonómica de macroinvertebrados colectados mediante muestreo con draga, podemos indicar que en ambas campañas se detectaron especies bioindicadoras de tipo IV y V, según AMBI, las cuales son reflejo de enriquecimiento orgánico y contaminación. Durante la primera campaña se encontraron cinco especies bioindicadoras, mientras que en la segunda campaña fueron registradas solo seis.

5.3.9.6.9 Análisis Multicriterio

En los Dendogramas y matrixplots por campaña, que se presentan en Figura siguiente, se observa la correlación existente entre las estaciones y las variables medidas, indicando como resultado:

Para ambas campañas se observaron principalmente 2 conglomerados. En la primera campaña un conglomerado presentó un 90% de las estaciones, el cual a su vez esta subdividido en 2, en este nivel se alcanzó una similitud entre estaciones de un 95% (E5, E4 y E6), para el restante, se alcanzó una similitud de un 97% aproximadamente (E7, E8, E1, E9, E2 Y E3). Para la campaña 2 se apreciaron similitudes desde un 93%, con un conglomerado acumulado de un 80% de las estaciones con un porcentaje de similitud de un 94% aprox.

Las estaciones que presentan una menor correlación correspondieron a las estaciones E10 para la campaña 1 y para la campaña 2 las estaciones E5 y E10.

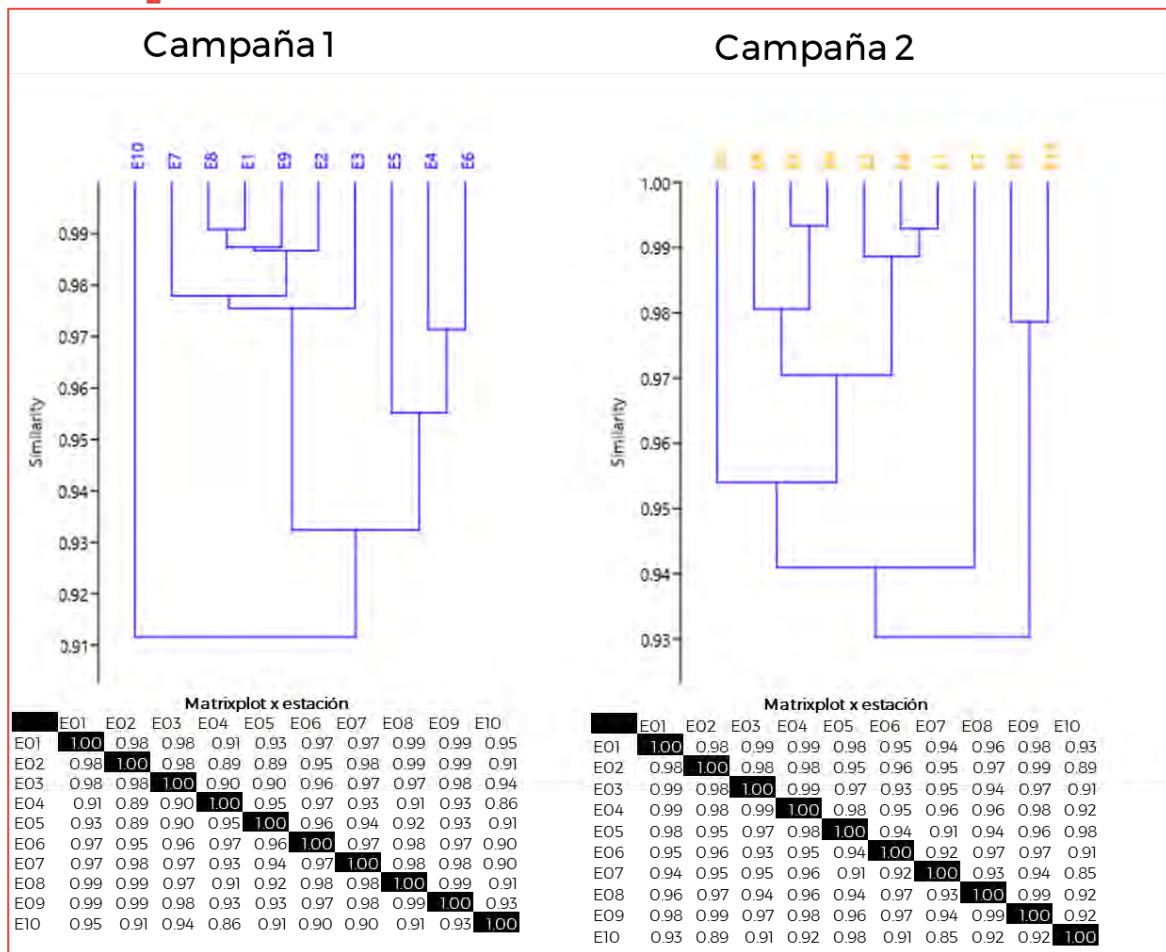


Figura 360 - Correlaciones entre estaciones y variables medidas. Centro F.

A continuación, en la figura precedente se entrega un análisis de componentes principales (PCA) entre campañas, donde se pudo discernir las correlaciones existentes entre estaciones. Se apreció una correlación aproximada de un 91%, donde algunas estaciones se correlacionaron de manera directa entre campañas (E6) y otras se asociaron en relación a su distancia con la zona 0. Se apreció principalmente un clúster más diferenciado a los demás donde se encontraron las estaciones E10, E5 y E10 (estas última corresponden a la segunda campaña).

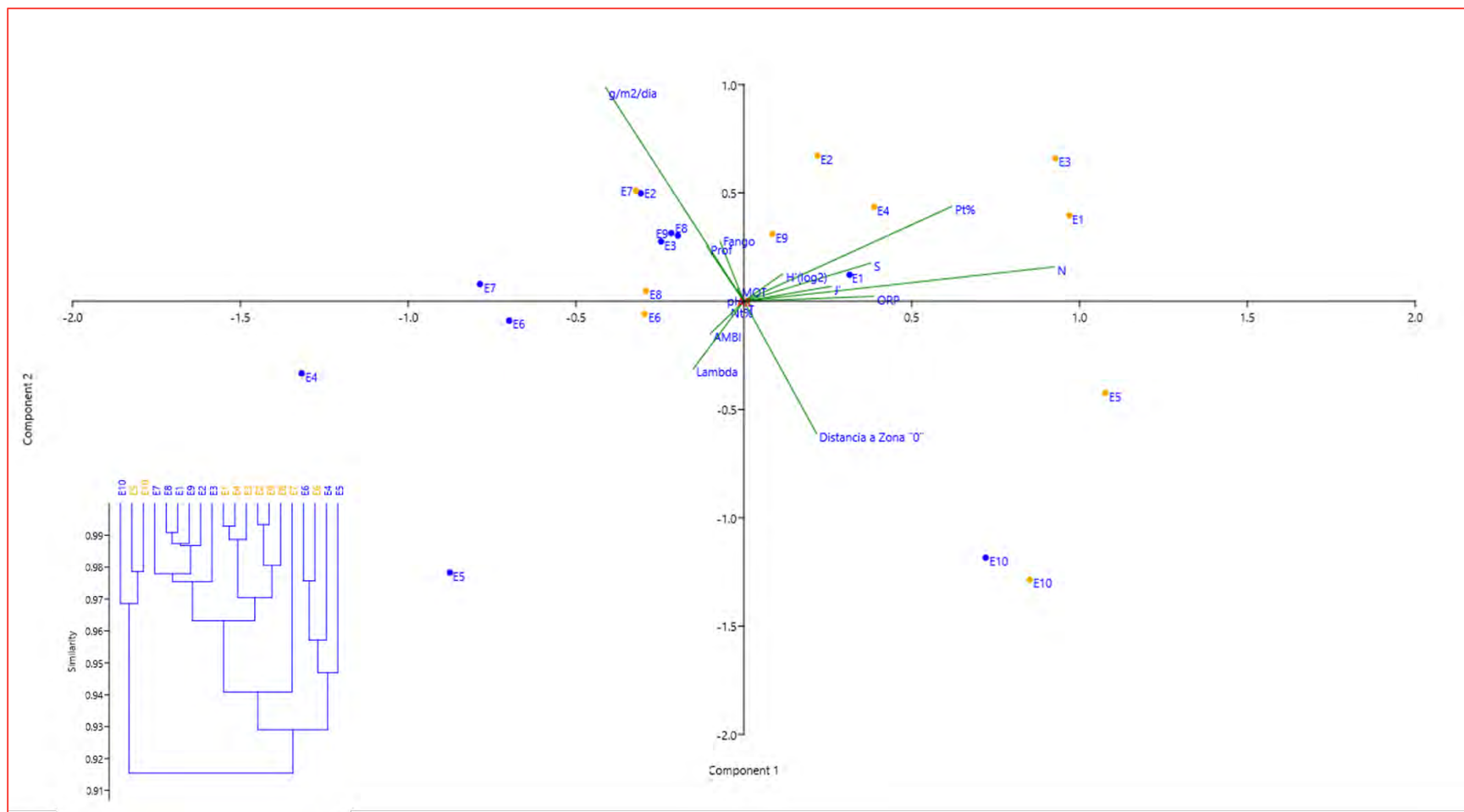


Figura 361 - Análisis de componentes principales. Centro F.

A continuación, se presentan los resultados entre campañas para el Centro G

5.3.9.7.1 Materia Orgánica Total %

En la siguiente figura se comparan los resultados obtenidos en ambas campañas de muestreo, logrando concluir que la concentración de Mot% en el sedimento aumentó levemente en la mayoría de las estaciones, registrando un aumento promedio en el Ces en torno al 12,38%, no obstante, se observó un aumento importante en las estaciones E8 y E2, con un aumento de 128,23% y 54,91% respectivamente.

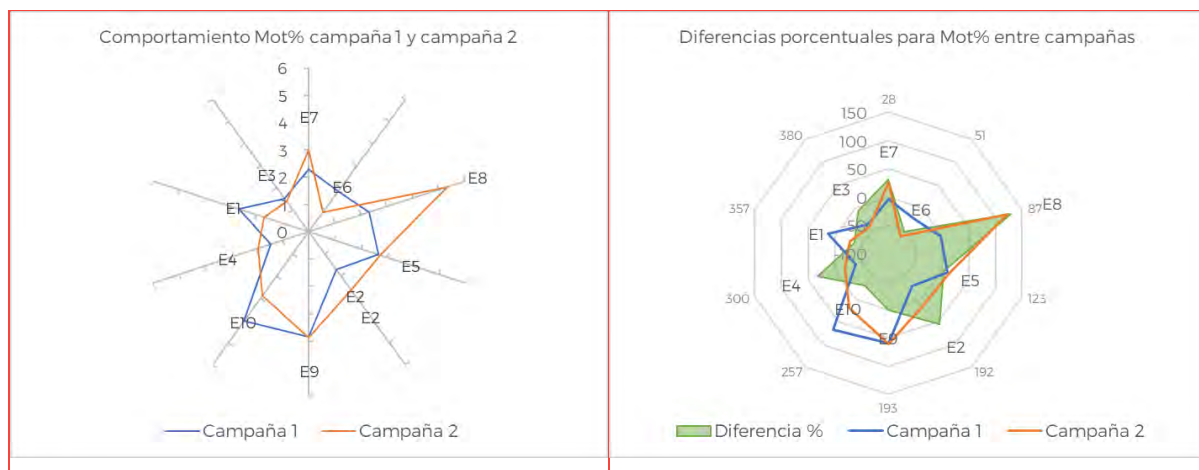


Figura 362 – Izquierda: Comportamiento Mot% entre campañas. Derecha: Diferencias porcentuales entre campañas, Centro G.

Es importante señalar que la totalidad de estaciones muestreadas, cumplieron con el límite establecido en la Res. Ex. N° 3.612/09 y sus modificaciones, en ambas campañas de muestreo en cuanto a Mot% se refiere. Al realizar una comparación entre la diferencia porcentual del parámetro Mot% y los gC/m²/día predicho por el modelo DEPOMOD, se pudo concluir que no existiría mayor relación entre estas dos variables, sin embargo, se observó que en las estaciones que registraron las mayores diferencias porcentuales a medida que se incrementa la distancia, también registraron los mayores valores de Carbono, expresado como gC/m²/día

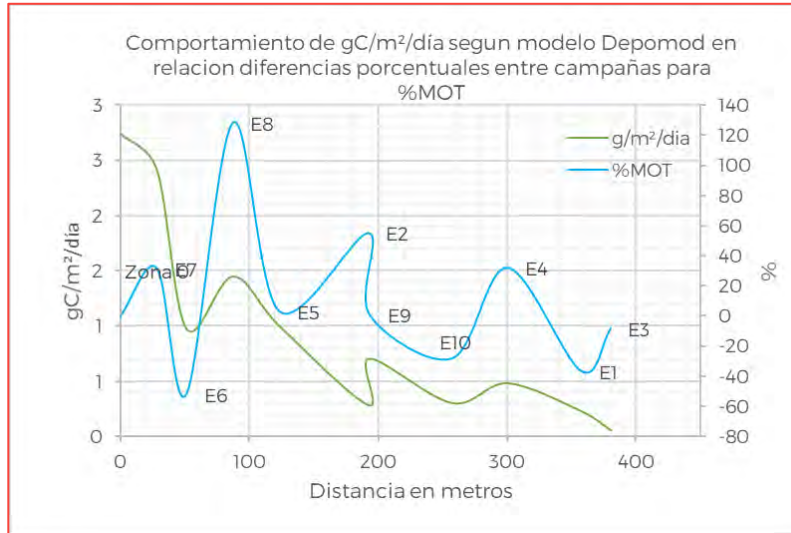


Figura 363 - Comportamiento de diferencias porcentuales entre campañas para Mot% v/s $gC/m^2/día$ predicho por modelo DEPOMOD, Centro G.

5.3.9.7.2 Fango %

Los resultados comparativos entre campañas para el parámetro Fango % exhibidos en la siguiente figura, muestran un aumento importante en los aportes porcentuales de Fango, el cual se encontró en torno al 457,47% para el Centro G, este valor promedio se encontró elevado debido al ostensible aumento en la estación E2 (4.648,6%).

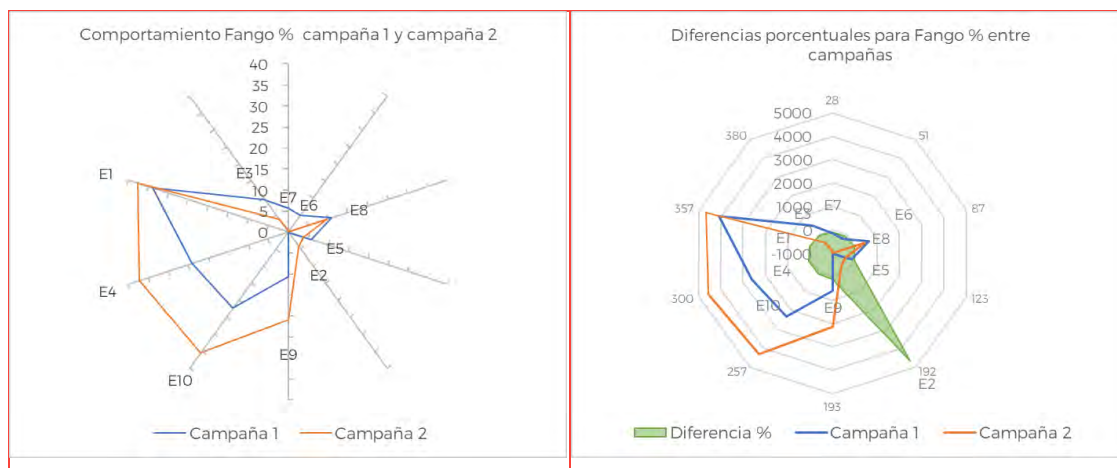


Figura 364 - Izquierda: Comportamiento Fango % entre campañas. Derecha: Diferencias porcentuales entre campañas, Centro G.

En la siguiente figura se presenta una comparación gráfica entre la diferencia porcentual del parámetro Fango % y el parámetro $gC/m^2/día$ predicho por el modelo DEPOMOD, logrando concluir con ella que, no existió una notoria relación entre ambas variables, alcanzado cierto patrón solo a partir de los 300 metros.



Figura 365 - Comportamiento de diferencias porcentuales entre campañas para Fango % v/s $gC/m^2/día$ predicho por modelo DEPOMOD, Centro G.

5.3.9.7.3 Redox

Los resultados de la comparación entre campañas para el parámetro Redox en el Ces G exhibidos a continuación, indicaron que los valores de este parámetro registraron una disminución promedio en el Ces en torno al 23,55% respecto de la primera campaña. Cabe señalar que la estación E1 incrementó los valores de este parámetro en un 227,39%.

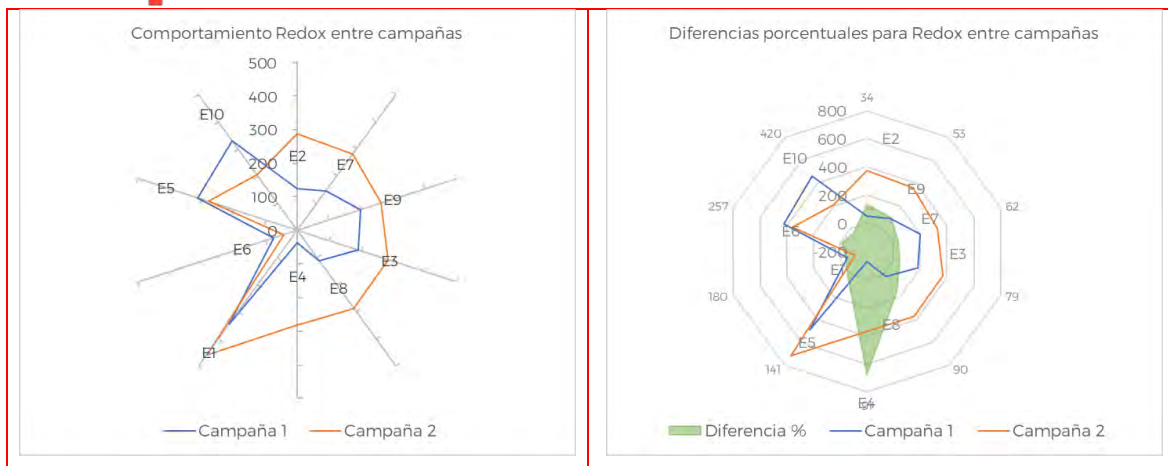


Figura 366 – Izquierda: Comportamiento Redox entre campañas. Derecha: Diferencias porcentuales entre campañas. Centro G.

Al comparar los resultados obtenidos del parámetro Redox, con lo establecido por Res. Ex. N° 3.612/09 y sus modificaciones, se observa un empeoramiento en cuanto a valores Redox se refiere, esto, ya que, de dos estaciones en la primera campaña, pasan a ser cinco las que se encontraron bajo los límites establecidos por esta normativa. Al comparar la diferencia porcentual observada en el parámetro Redox entre ambas campañas de muestreo versus los valores del parámetro $\text{gC}/\text{m}^2/\text{día}$, se puede inferir que no existe mayor relación entre estas variables, sin embargo, se estabilizan las diferencias porcentuales, al igual que la deposición de Carbono ($\text{gC}/\text{m}^2/\text{día}$), a partir de los 250 metros desde la zona 0.

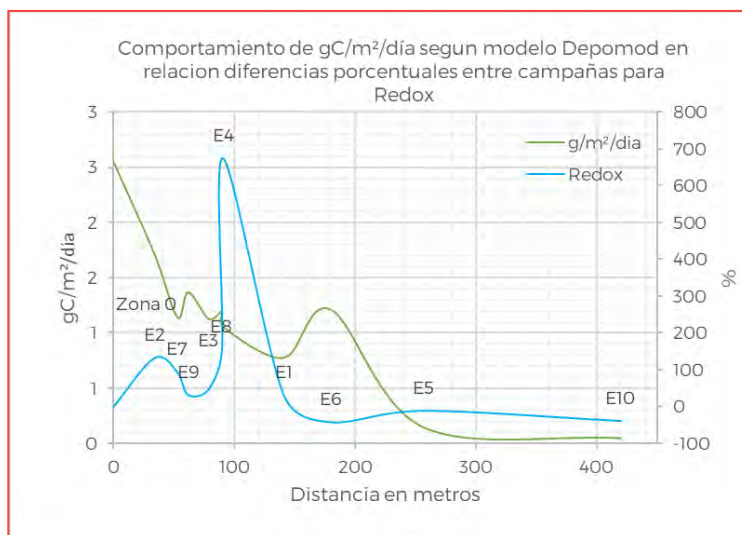


Figura 367 - Comportamiento de diferencias porcentuales entre campañas para Redox v/s $\text{gC}/\text{m}^2/\text{día}$ predicho por modelo DEPOMOD. Centro G.

5.3.9.7.4 pH

Los resultados comparativos entre ambas campañas para el parámetro pH que se grafican a continuación, indicaron que este parámetro en promedio se mantuvo similar, con una variación inferior al 1% respecto de la primera campaña, registrando el mayor aumento la estación E10 (31,74%), mientras que la estación E1 (61,02%) exhibió una importante disminución.

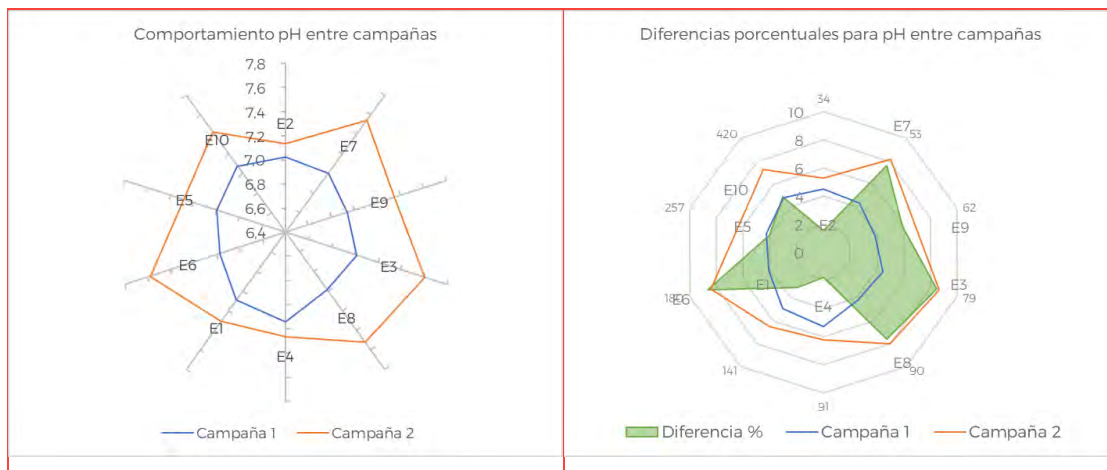


Figura 368 - Izquierda: Comportamiento del pH entre campañas. Derecha: Diferencias porcentuales entre campañas. Centro G.

Al comparar los resultados obtenidos durante ambas campañas con el límite estipulado en la Res. Ex. N° 3.612/09 y sus modificaciones, se puede inferir que, todas las estaciones cumplieron con lo estipulado en esta normativa, en cuanto a pH. Por otra parte, al comparar la diferencia porcentual de ambas campañas, con el parámetro gC/m²/día (predicho por modelo DEPOMOD) en la siguiente figura, no existió mayor relación entre estas dos variables.

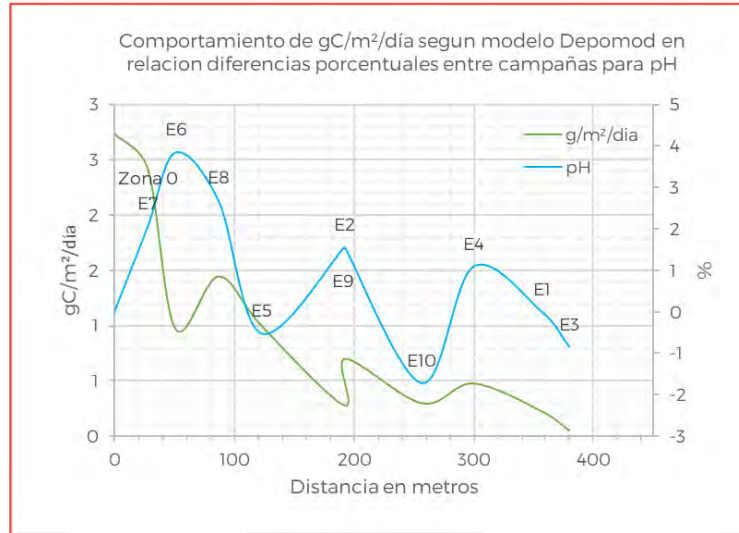


Figura 369 - Comportamiento de diferencias porcentuales entre campañas para pH v/s $gC/m^2/día$ predicho por modelo DEPOMOD. Centro G.

5.3.9.7.5 Nitrógeno %

Los resultados exhibidos del análisis comparativo del Nitrógeno % en la siguiente figura, muestran que, en general, el Ces registró una disminución de un 15,88% respecto de la primera campaña, no obstante, la estación E10 registró un aumento en la concentración de este parámetro de un 31,74%, mientras que la estación E1 exhibió una disminución de un 61,02%.

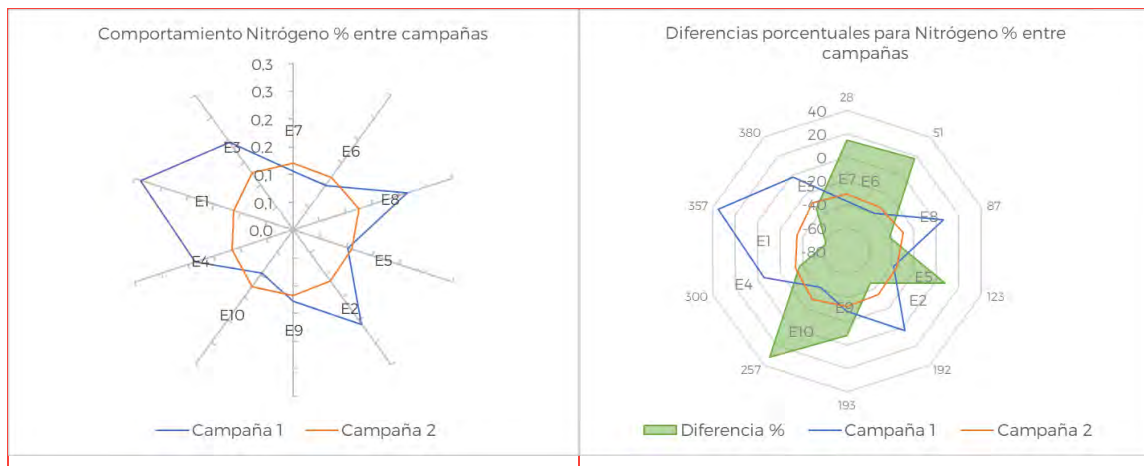


Figura 370 - Izquierda: Comportamiento Nitrógeno % entre campañas. Derecha: Diferencias porcentuales entre campañas. Centro G.

Los resultados obtenidos muestran que las mediciones registradas para ambas campañas indicaron valores para Nitrógeno % en el sedimento superiores al 0,1%, con excepción de tres estaciones durante la primera campaña, en este sentido, estos valores cumplieron con las concentraciones límites indicadas por Upla (2002). Por otra parte, al analizar los valores diferenciales porcentuales entre campañas para Nitrógeno % v/s $\text{gC/m}^2/\text{día}$ (predicho por modelo DEPOMOD), en general, existiría cierta relación entre estas variables, ya que las mayores diferencias porcentuales del parámetro Nitrógeno % se registraron en las estaciones con menores niveles de depositación de Carbono ($\text{gC/m}^2/\text{día}$).

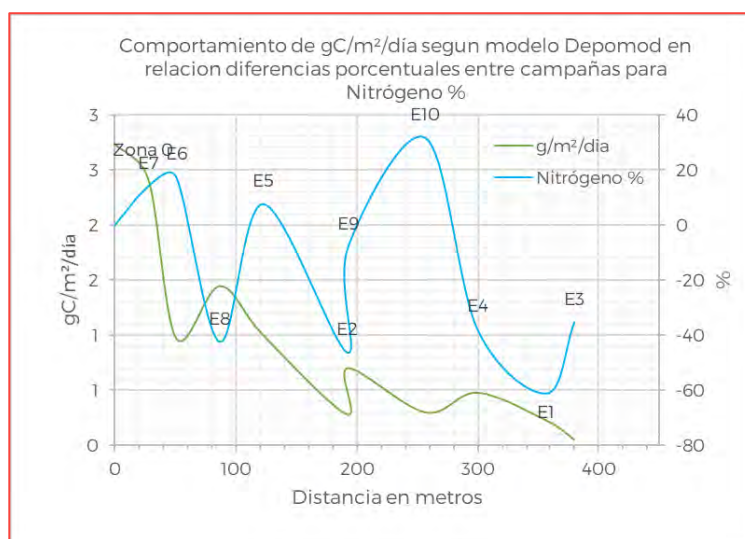


Figura 371 - Comportamiento de diferencias porcentuales entre campañas para Nitrógeno % v/s $\text{gC/m}^2/\text{día}$ predicho por modelo DEPOMOD, Centro G.

5.3.9.7.6 Fósforo %

Los resultados comparativos entre campañas para el parámetro Fósforo % presentados en la siguiente figura, indicaron un fuerte aumento en la concentración de Fósforo % en la mayoría de las estaciones respecto de la primera campaña, incluso con incrementos porcentuales superiores al 1.000 (E5), sin embargo, las estaciones E1 y E10 registraron una disminución respecto de la primera campaña en torno al 74,83% y un 90,41% respectivamente,

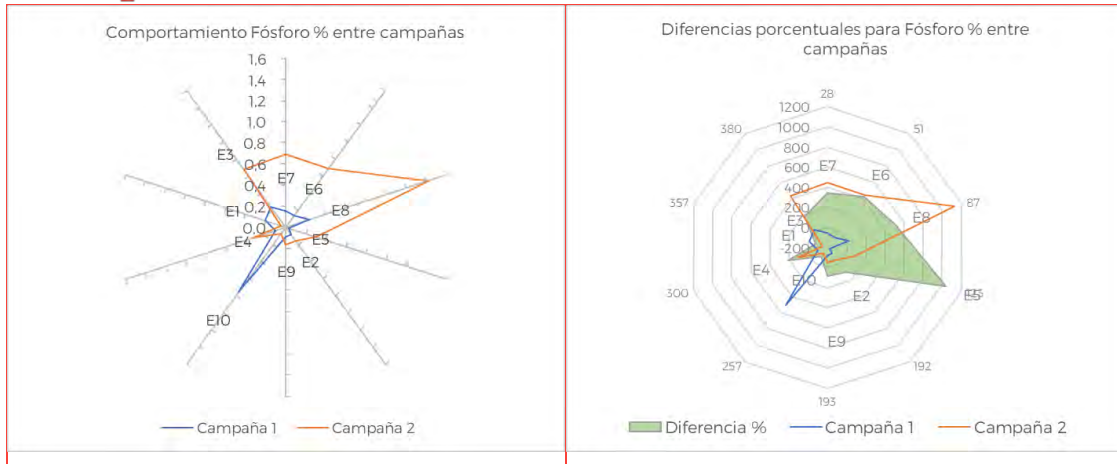


Figura 372 – Izquierda: Comportamiento Fósforo % entre campañas. Derecha: Diferencias porcentuales entre campañas, Centro G.

Podemos concluir que las mediciones registradas en ambas campañas indicaron valores para Fósforo inferiores al 1% en las estaciones prospectadas, en ambas campañas, con excepción de la estación E8 (1,42%) durante la segunda campaña. En este sentido, el Ces G, estaría dentro de los límites establecidos por Upla (2002). Además, al observar el análisis gráfico en la siguiente figura, se pudo inferir que no existió mayor relación entre los valores diferenciales porcentuales entre campañas para Fósforo % v/s $\text{gC/m}^2/\text{día}$ (predicho por modelo DEPOMOD), no obstante, en general, las mayores diferencias porcentuales de Fósforo se dieron en las estaciones con mayor depositación de Carbono (v/s $\text{gC/m}^2/\text{día}$).

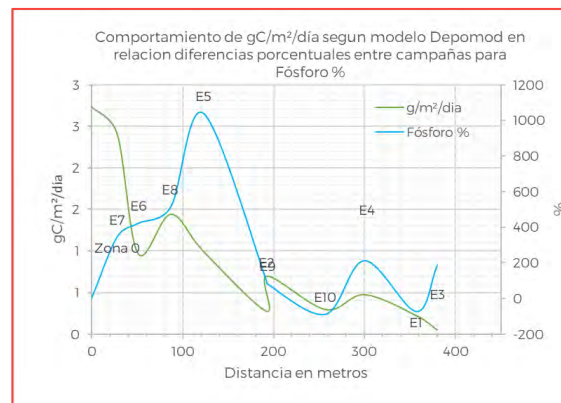


Figura 373 - Comportamiento de diferencias porcentuales entre campañas para Fósforo % v/s $\text{gC/m}^2/\text{día}$ predicho por modelo DEPOMOD. Centro G.

A continuación, se presentan la correlación entre variables para parámetros levantados en terreno en relación con la distancia de la “Zona 0”. Para la primera campaña se presentan los valores en color azul y para la segunda campaña en color anaranjado.

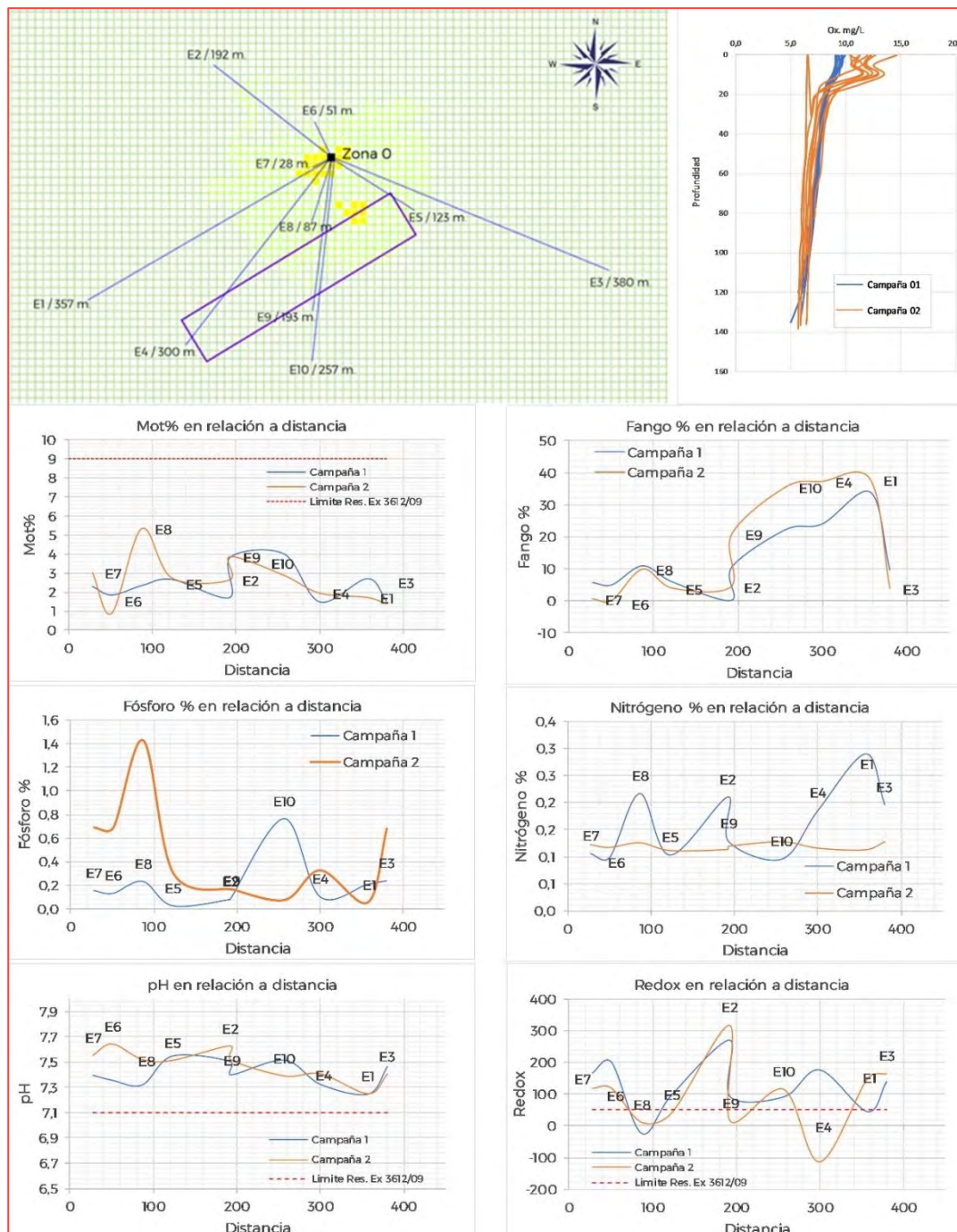


Figura 374 - Relación de variables durante la primera y segunda campaña en relación con distancia a la Zona 0.



Como se observa en figura anterior para casi todas las variables ocurrió un leve aumento en los valores para la segunda campaña, no obstante, los valores registrados cumplieron con el numeral 34 de la Res. Ex. N° 3.612/09 y sus modificaciones (ambas campañas), con excepción de algunas estaciones de muestreo. En cuanto a la relación distancia vs parámetro, en general se observó gran variabilidad en las concentraciones de los distintos parámetros a media que aumenta la distancia desde la zona 0, en donde algunos parámetros aumentan su concentración a partir de los 300 metros de distancia (Fósforo % y pH)

5.3.9.7.7 Registro visual

Al comparar los registros visuales de ambas campañas del Ces G, podemos indicar que en ninguna de las dos campañas se registró la presencia de cubierta de microorganismos.

5.3.9.7.8 Macroinvertebrados

Respecto de los resultados obtenidos de la composición taxonómica de macroinvertebrados colectados mediante muestreo con draga, podemos indicar que en ambas campañas se detectaron especies bioindicadoras de tipo IV y V, según AMBI, las cuales son indicativas de enriquecimiento orgánico y contaminación. Durante la primera campaña se encontraron seis especies bioindicadoras, mientras que en la segunda campaña fueron registradas solo tres.

5.3.9.7.9 Análisis Multicriterio

En los Dendogramas y matrixplots por campaña, que se presentan en Figura siguiente, se observa la correlación existente entre las estaciones y las variables medidas, indicando como resultado:

Para ambas campañas se observaron principalmente 2 conglomerados. En la primera campaña un conglomerado posee un 90% de las estaciones, el cual a su vez esta subdividido en 2, en este nivel alcanza una similitud entre estaciones de un 93% (E3, E10, E4, E1, E5, E9, E6 Y E7), a nivel general la similitud alcanzó un 81% aprox. Para la campaña 2 se apreció una similitud general de un 78% aproximadamente. Donde los subclusters siguientes alcanzaron un nivel de correlación máximo superior al 95%, estaciones E10 y E1.

Las estaciones que presentaron una menor correlación correspondieron a las estaciones E8 para la campaña 1 y para la campaña 2 las estaciones E6 y E7.

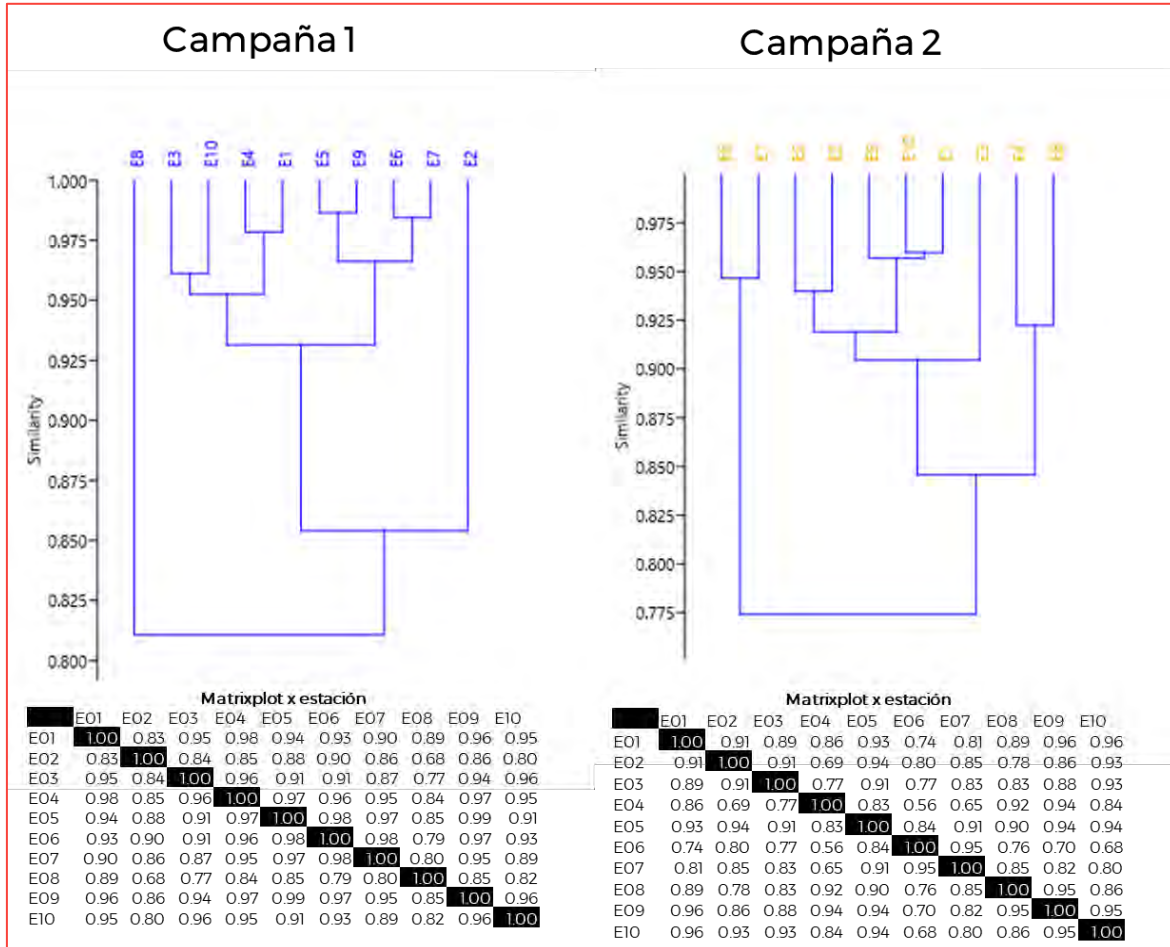


Figura 375 - Correlaciones entre estaciones y variables medidas. Centro G.

A continuación, en la figura precedente se entrega un análisis de componentes principales (PCA) entre campañas, donde se pudo discernir la correlación existente entre estaciones. Se apreció una correlación aproximada de un 79%, no existiendo una correlación directa, pero si a un nivel de clúster más bajo.

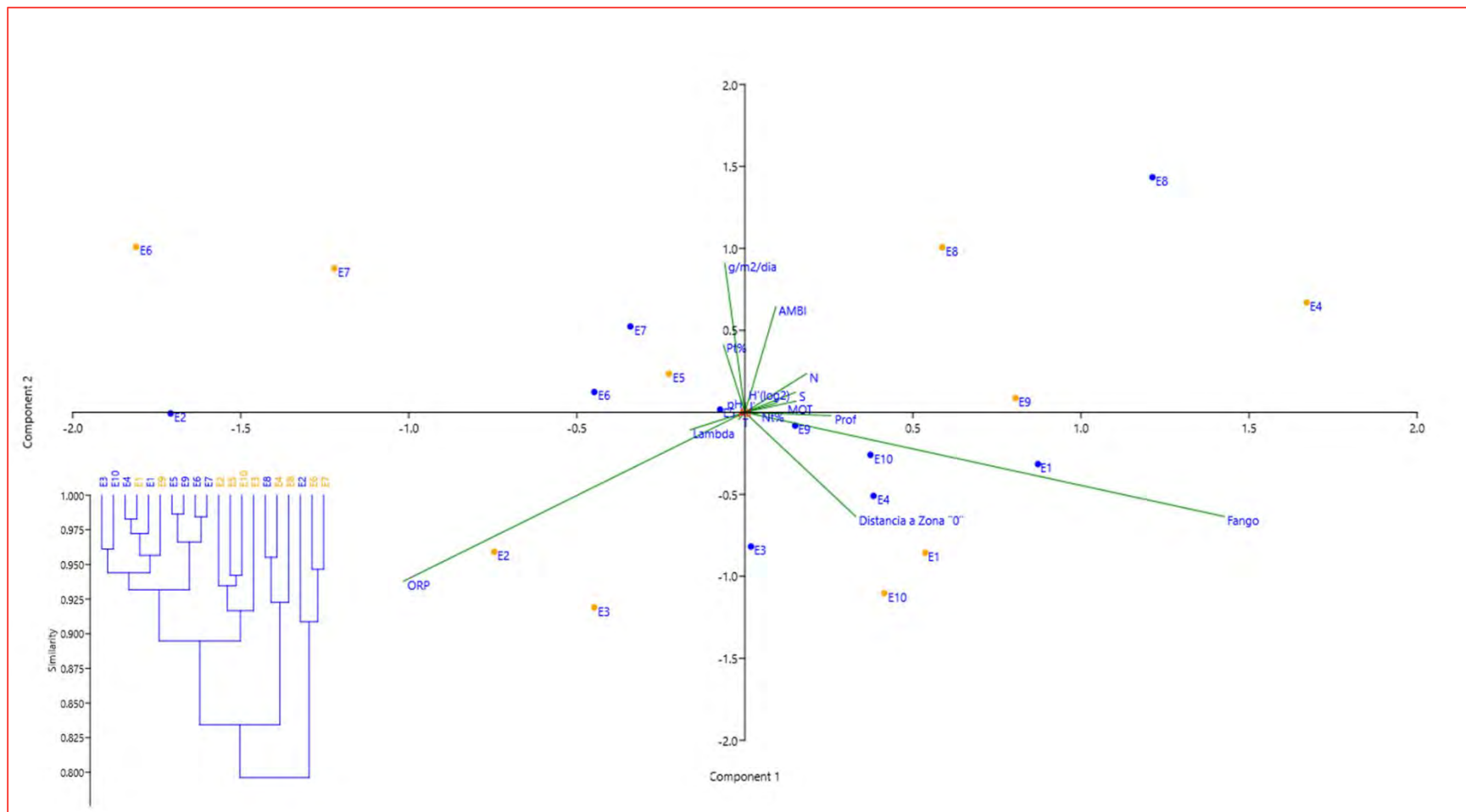


Figura 376 - Análisis de componentes principales. Centro G



5.4 Resultados asociados al Objetivo 4

De acuerdo con los términos de referencia del proyecto FIPA N° 2017-14, el objetivo 4 contempla **“Entregar una propuesta metodológica y/o de tecnologías ambientales a implementar para la evaluación ambiental de los centros categoría 5”** en base a los resultados obtenidos durante el desarrollo del proyecto.

En este sentido se presenta una propuesta metodológica revisada y/o de tecnologías ambientales apropiadas, incorporando las mejoras y/o adecuaciones necesarias detectadas en relación con el diseño y muestreo ya ejecutado.

Los resultados permiten vislumbrar algunos aspectos que se han detectado durante la ejecución del proyecto y que serán discutidos a continuación.

- 1) Un primer aspecto, se refiere a la modelación para elaborar el diseño muestral. En este estudio se ha utilizado el modelo DEPOMOD dado que es fácil de usar y accesible económicamente. No obstante, pueden emplearse otros softwares y . En este sentido, no debe perderse de vista el objetivo de la modelación, que no es otro el permitir tomar decisiones en el diseño muestral. Otros modelos, tales como MIKE, ROMS o MOHID, si bien permiten desarrollar rutinas en el mismo sentido, los costos son más altos. En el taller final se discute los precios referenciales, los que van de 100 dólares/día para el caso del MOHID, 6 millones para NewDepomod y hasta 12 o más millones (dependiendo de la cantidad de módulos adquiridos para el caso del MIKE.
- 2) Se debe tener claro en estos casos, que se debe desarrollar previamente la herramienta de predicción de acumulación de Carbono Orgánico para centros de cultivo y luego ser calibrados y validados.

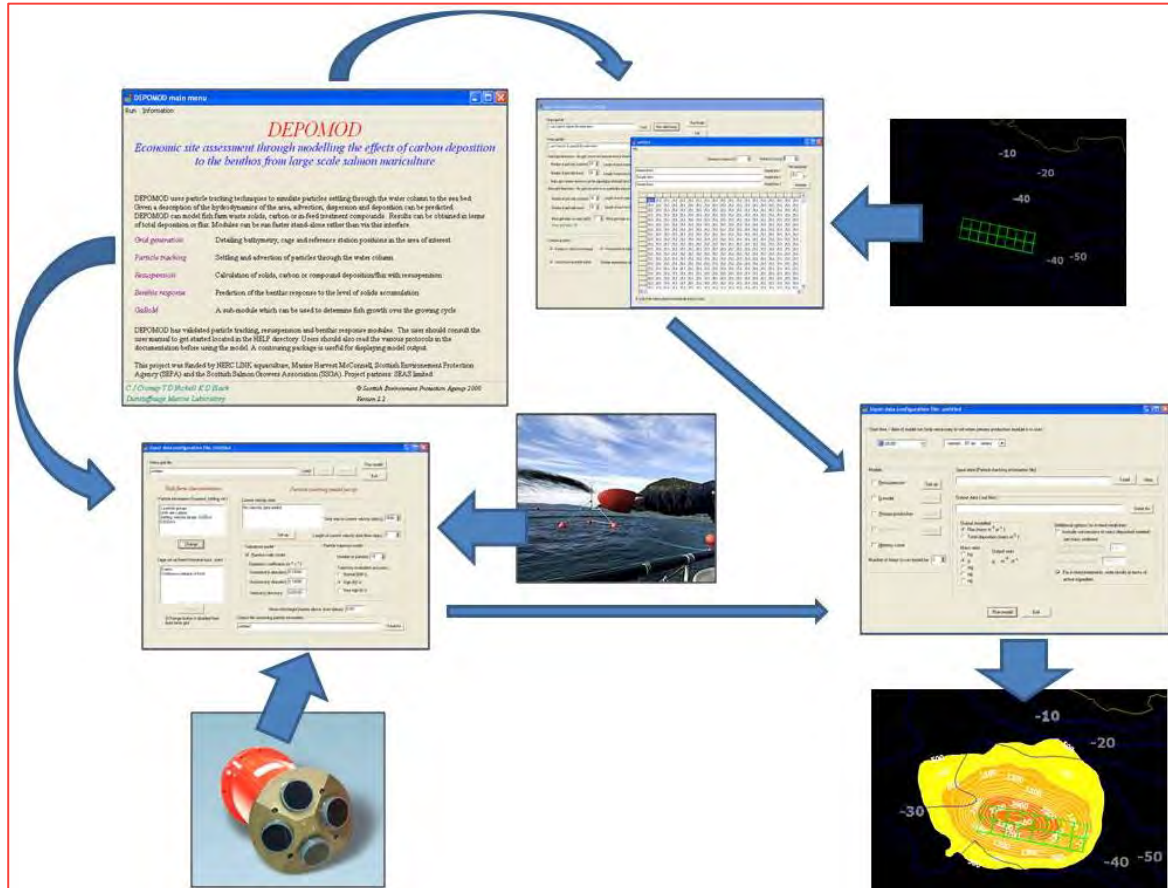


Figura 377 - Modelo DEPOMOD

2. Un segundo aspecto, es la determinación del Área de Influencia (AI), aspecto que es requerido actualmente por el DS 40/2013. En este contexto, el Área de Influencia se puede evaluar mediante la modelación, donde la calidad de los datos de corrientes disponibles, resulta ser un *input* imprescindible para la obtención de buenos resultados que definan apropiadamente el Área de Influencia. En este caso, los resultados deberán evaluarse en términos de establecer la concentración de Carbono depositado y determinar la concentración a la cual se generan efectos significativos sobre el bentos. En este caso, de acuerdo a Chang *et al.*, 2014, utilizar $1 \text{ gC/m}^2/\text{día}$ puede ser adecuado para estimar el Área de Influencia en la mayoría de los centros de cultivo. Sin embargo, en sectores con profundidades mayores a 60 existe la posibilidad real en que se requiera evaluar otra isoconcentración, distinta a la antes indicada.
3. En este contexto, debe considerarse que en la medida que la profundidad del Ces aumente, el área de dispersión será mayor. A mayor área, menor concentración del

agente perturbador. Por esta razón, a mayor profundidad, disminuye la probabilidad de impacto por enriquecimiento orgánico producto del Carbono, y esto puede ser detectado mediante una modelación.

4. Otro aspecto relacionado con el punto anterior es que, a mayor profundidad, el potencial efecto, de ser detectado, estará con toda seguridad ubicado por fuera del área de la concesión. En este contexto, pierde todo sentido la evaluación bajo el módulo o al interior del área de la concesión.

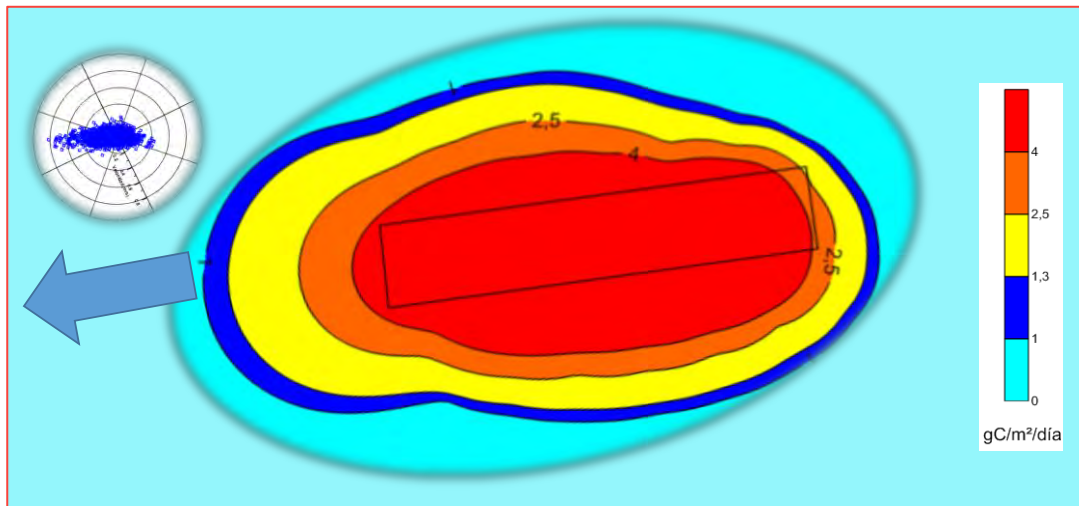


Figura 378 - Determinación del área de influencia.

5. El diseño de muestreo debe ser compatible con las técnicas estadísticas, de manera de que las evaluaciones tengan sustento estadístico. Por ejemplo, el diseño de la CPS no es coherente con el diseño de la INFA. El seguimiento debe ser coherente con la caracterización o la línea de base y para ello debe existir consistencia. En general, la dispersión de fecas y alimento no consumido puede generar un efecto perturbador sobre la comunidad bentónica. En particular, el contenido orgánico depositado en el bentos generará un efecto sobre los macroinvertebrados marinos bentónicos, situación que se reflejará en cambios de la diversidad y abundancia de especies (estructura comunitaria). Los cambios en la estructura comunitaria pueden evaluarse en el tiempo mediante análisis multivariados⁶, particularmente mediante



la técnica n-MDS y los cambios correlacionarlos con cambios en las variables ambientales como el BIOENV.

6. Los cambios en la estructura comunitaria generados por un efecto antrópico de perturbación ambiental pueden visualizarse en un análisis multidimensional, lo cual puede observarse como un gradiente de distancias⁷. En un escenario de perturbación ambiental, las comunidades de macroinvertebrados de áreas cercanas a la descarga evidenciarían una reducción significativa de su riqueza específica y de sus densidades. En este contexto, un análisis multivariado que evalúe la estructura comunitaria evidenciará la significancia de cualquier cambio entre las estaciones del Área de Influencia. Este tipo de análisis evidenciará el gradiente de dilución del efecto de perturbación en función de la distancia desde el foco de perturbación, sector que mostrará asimismo la mayor disimilitud respecto de a la zona control.
7. Particularmente, dentro de la gama de análisis multivariados, el análisis de escalamiento multidimensional no paramétrico (n-MDS) es el método de análisis de una matriz de proximidad (similaridad o disimilaridad) establecida sobre un conjunto de individuos (macroinvertebrados). El n-MDS tiene como objetivo modelizar las proximidades entre los individuos de tal modo que pueda representarlos lo más exactamente posible en un espacio de baja dimensión (generalmente 2 dimensiones; x e y). Para el análisis, deberá usarse el índice de similitud Bray-Curtis, y los datos de abundancia deberán ser transformados a la doble raíz cuadrada.
8. Por otra parte, durante el seguimiento histórico, se podrá detectar, además, todos los cambios ambientales que ocurran en el tiempo en el Área de Influencia y detectar para cada estación de muestreo del bentos la calidad ambiental en el tiempo. En este análisis, se podrá establecer la distancia del punto del emisario en la cual se verifican los cambios en la biodiversidad. Por otro lado, para evaluar causalidad, los cambios atribuibles a una perturbación ambiental se podrán efectuar comparando la matriz de similitud del bentos (su estructura) con las variables químicas tales como la cantidad de Materia Orgánica Total (MOT) y/o el potencial de óxido reducción (Redox) presentes en el sedimento. Para este caso

particular de comparación, se deberá usar una herramienta de correlación, tal como BIOENV o similar.

9. Es necesario generar grupos que permitan comparar y el generar un análisis de resultados. Del análisis se espera indicar la forma idónea de realizarla estas agrupaciones (un PCA o un n-MDS por ejemplo), de manera de establecer las tendencias de cambios ambientales en el tiempo y permitir que la herramienta de análisis permite ser aplicada en los seguimientos de las INFAs (Figura 379).

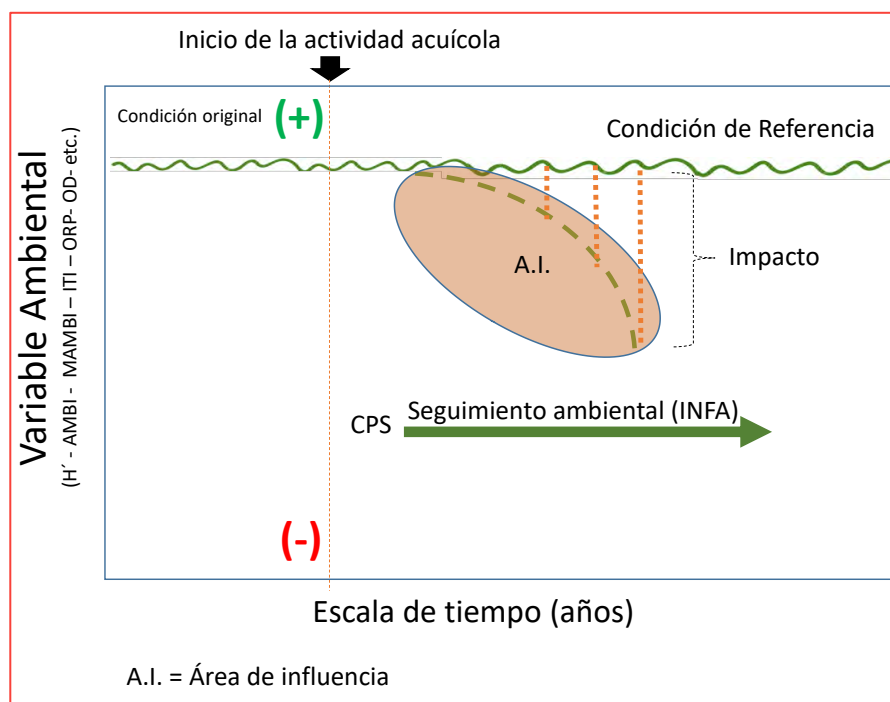


Figura 379 - Seguimiento ambiental INFA.

1 Protocolo de Muestreo.

Como ya ha sido mencionado, los aspectos metodológicos generales y específicos corresponden a los contenidos en la Res. Ex. N° 3.612/2009 y sus modificaciones, al Manual de informes ambientales de Silva & Quiroga. 2010, y al estándar ASC (2017).

1. Determinación del Área de Influencia y Diseño Muestral

Basado en un modelo, se deberá definir el Área de Influencia (AI) del proyecto, basándose en los criterios ecológicos de perturbación según Chang *et al.*, 2014.

El objetivo es establecer para cada centro de cultivo, de acuerdo a sus condiciones oceanográfica y de producción, cual es o será el Área de Influencia. En base a esta, se elaborará el Diseño Muestral para cada Ces, definido de acuerdo a criterios ecológicos, basándose en el efecto que el Carbono depositado tiene sobre la comunidad del bentos (Chang *et al.*, 2014), entendido a este último como uno de los objetos de protección, en el sentido que lo contempla la normativa ambiental vigente.

2. Número y ubicación de las estaciones de muestreo/monitoreo

Los vértices de la concesión deben monitorearse, dado que corresponden el límite del área de la concesión y su calidad ambiental debe ser mantenida conforme a las condiciones naturales que existen por fuera de la concesión. Es factible efectuar un monitoreo en el tiempo de la evolución de la calidad ambiental de la CCAA.

- i) Monitoreo de cada cabecera de los módulos. En este sentido, las estaciones pueden ser 2, 4, 6, etc., dependiendo del número de módulos. Adicionalmente, deberá muestrearse los laterales externos, de los módulos exteriores. El muestreo se hará inmediatamente por fuera de la red lobera si la hubiese.
- ii) Muestreo en los vértices de la concesión. El mínimo será 3 estaciones y el máximo 4.
- iii) Estaciones control, en total de 2 ubicadas “aguas arriba” y 2 ubicadas “aguas abajo” de la pluma de dispersión de fecas y/o alimento no consumido, ubicadas inmediatamente a 50 y a 150 m por fuera de la concesión.



3. Muestreo

Las variables y el método de muestreo se realizará conforme las especificaciones generales que contempla la Res. Ex. N° 3.612/2009. Los objetos de protección predefinidos y el método de muestreo son los siguientes:

a) Calidad de agua

Perfiles en las mismas estaciones contempladas en el diseño muestral.

Muestreo en toda la columna de agua.

Comentarios: los datos se deberán recopilar con CTDO o bien con un instrumento multiparamétrico. Se deberá entregar la data cruda entregada por el equipo, sin filtrar. Esto implica que se debe modificar la forma de entregar los datos de las INFA y las CPS. Se deberá entregar un análisis estadístico de comparación entre perfiles del AI y los controles. De esta manera se espera que no existan diferencias entre los perfiles controles, pero al mismo tiempo, las diferencias con los perfiles de las estaciones del AI pueden reflejar perturbación ambiental. Se deberá entregar el OD en mg/L y en mL/L, la temperatura, y salinidad. El porcentaje de saturación se entregará basándose en la salinidad obtenida en cada estrato.

b) Calidad de Macroinvertebrados

Muestreo deberá ser realizado en las mismas estaciones contempladas en el diseño muestral.

Muestreo sólo en sectores con fondo blando y profundidad <120 m.

Filmación submarina en todas las estaciones del diseño de muestreo. La filmación será puntual en la estación previamente definida. De esta manera se evidenciará el tipo de sedimento. Si el sedimento resulta ser blando, se procederá al muestreo, de lo contrario, si es fondo duro o mixto, la filmación será la evidencia de tal condición. Adicionalmente, la filmación seguirá el método de la Res. Ex. 3612/2009 (y sus modificaciones), en todas las estaciones del diseño de muestreo y con profundidad <120 m.

b) Calidad de sedimento

Muestreo deberá ser realizado en las mismas estaciones contempladas en el diseño muestral.

Muestreo en sedimento con fondo blando en profundidad < 120 m

Las variables contempladas corresponderán:



- Granulometría, sólo fracciones de Grava, Arena y Fango
- Redox y pH
- MOT y COT
- Nitrógeno total y Fósforo total

4. Equipos

a) Calidad de agua

- CTDO o multiparamétrico

b) Calidad del bentos

Los equipos cumplirán con las especificaciones de las Res. Ex. N° 3.612/2009

i) Macroinvertebrados

- Draga 0,1 m²

ii) Filmación submarina

Cámara submarina o ROV

iii) Sedimentos (profundidad máxima 200 m)

Draga y Core

Multiparamétrico tipo ORION, WTW o similar

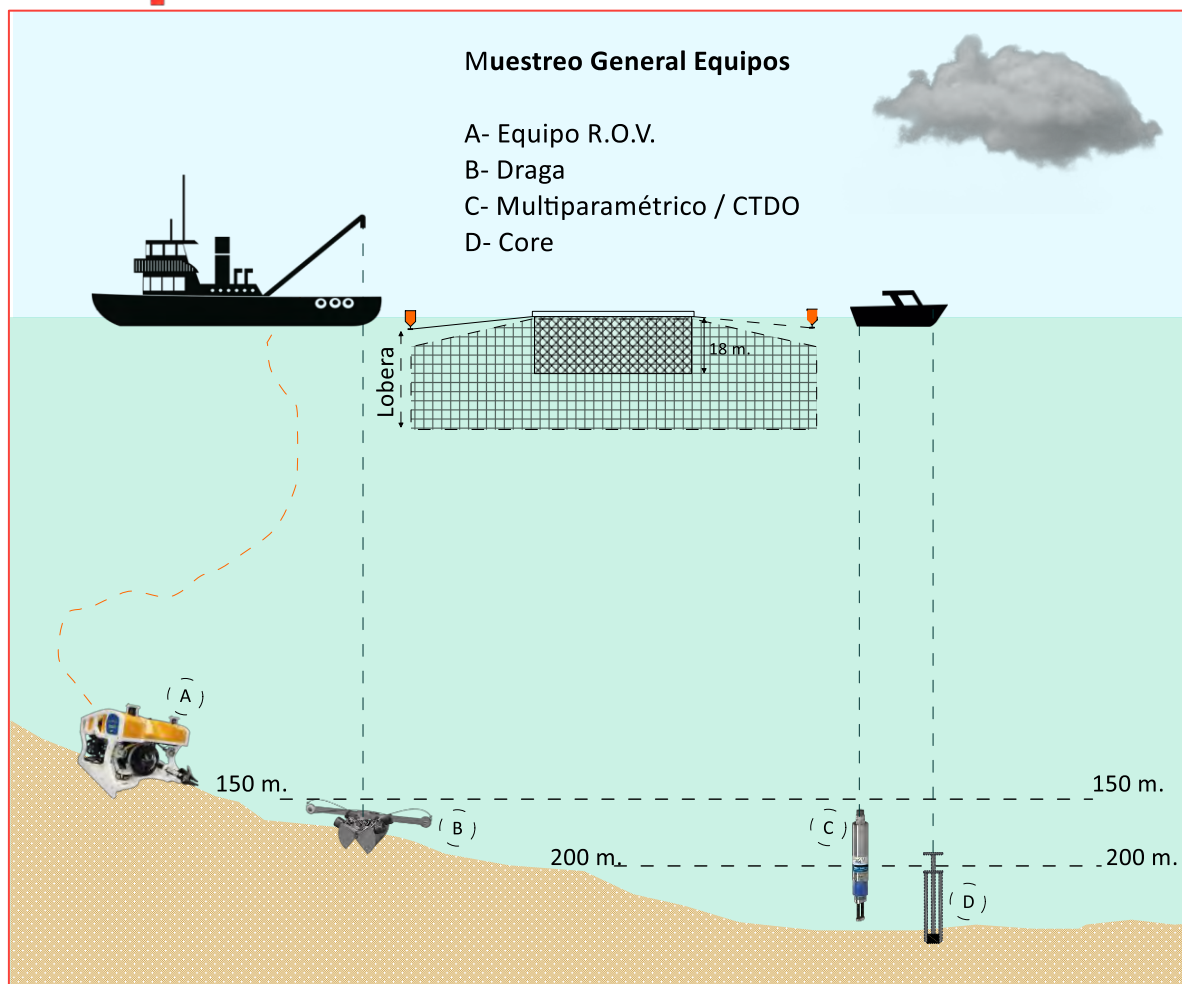


Figura 380 – Esquema de muestreo, utilizando los instrumentos apropiados

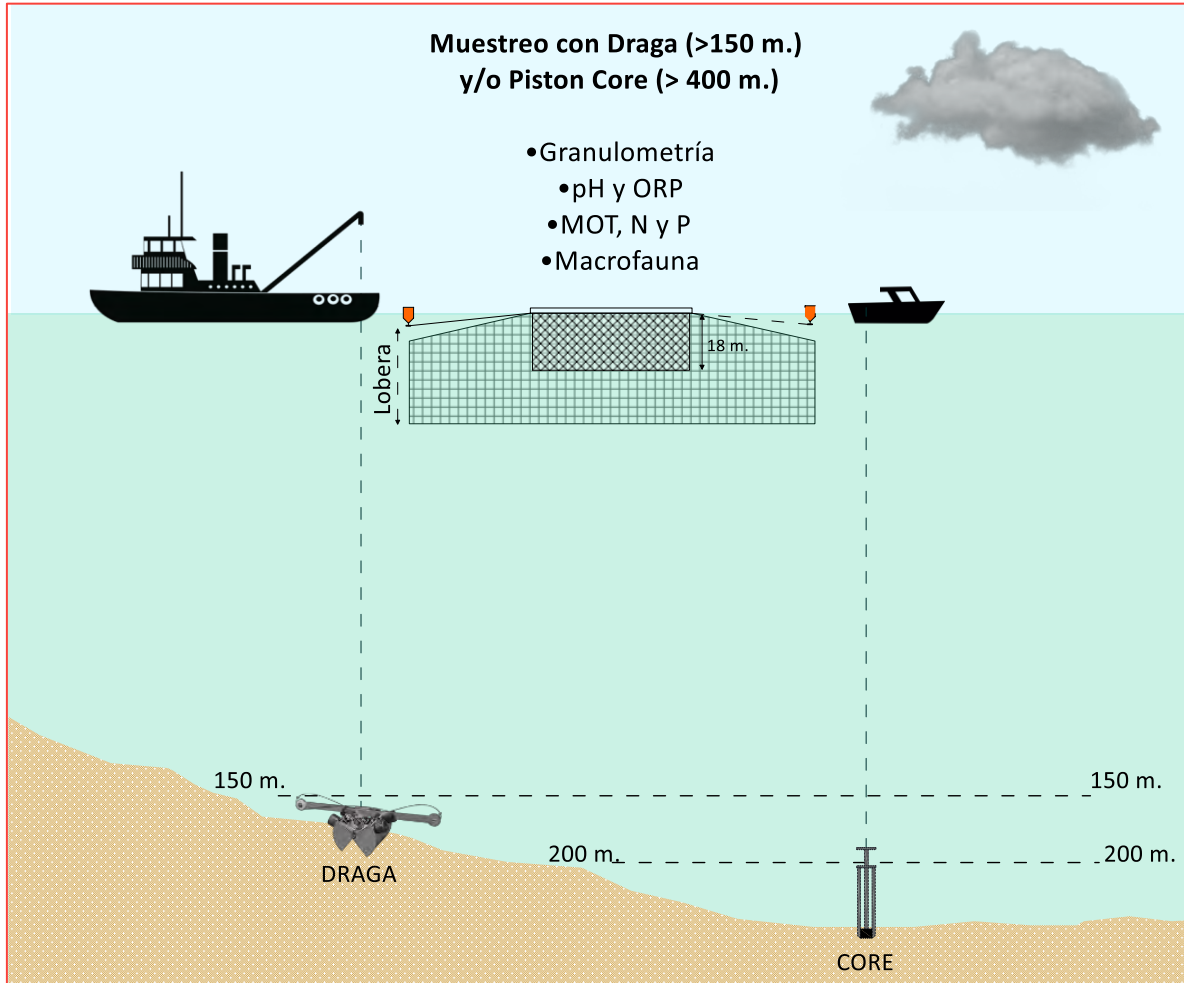


Figura 381 – Esquema de muestreo mediante draga o Pistón core

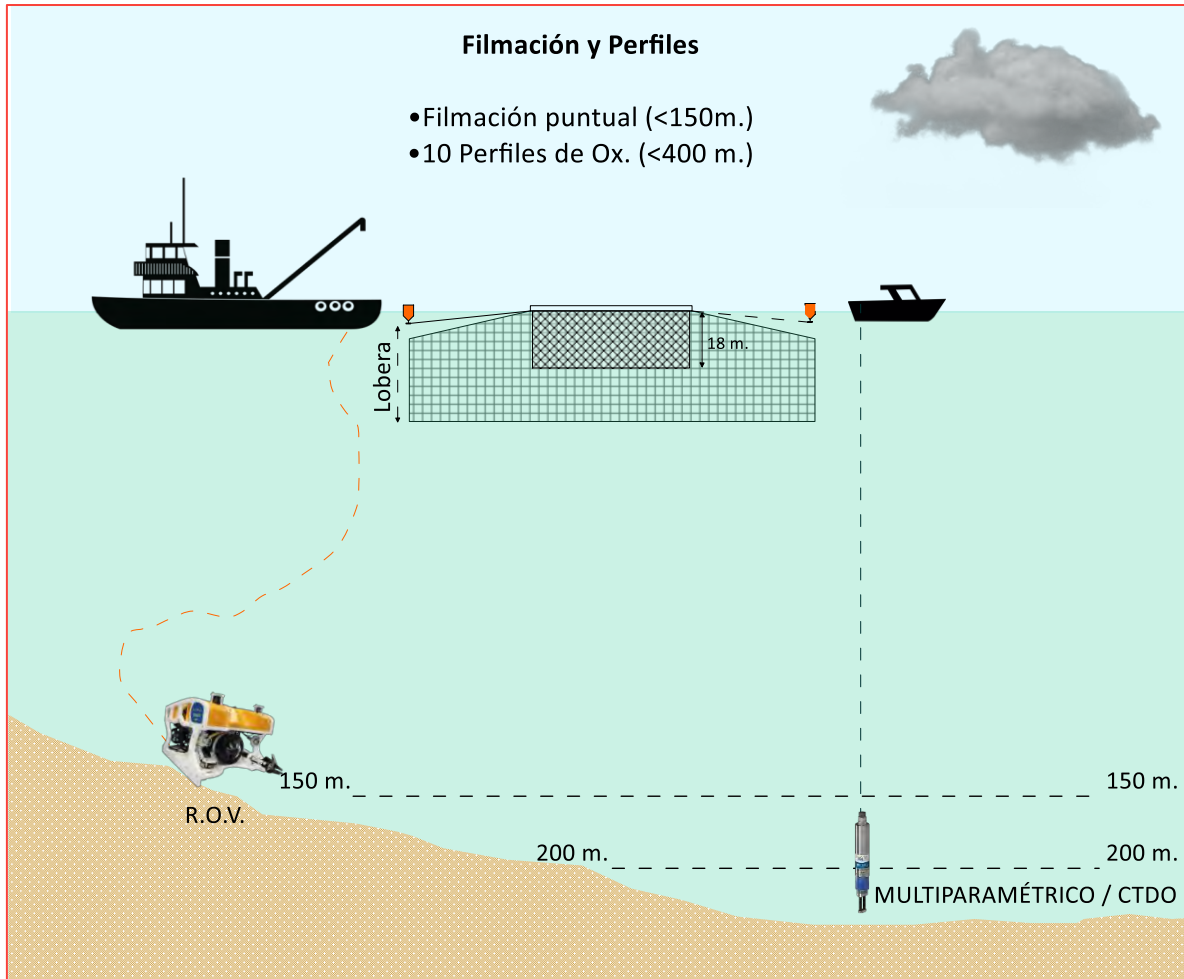


Figura 382 – Esquema de filmación submarina y perfiles de oxígeno

5. Análisis

Para el análisis de los resultados, se proponen métodos complementarios a los que hoy se indica la Res. Ex N° 3.612/2009. Se compararán los datos de aquellas mediciones tomadas en las 3 áreas de muestreo: cabecera de los módulos, vértices y controles. Los resultados, deberán entregarse en análisis estadísticos univariados y multivariados.

a) Calidad de agua

- Comparaciones univariadas y multivariadas, entre los tres grupos de muestreo

b) Calidad del bentos

i) Macroinvertebrados

- Composición taxonómica (Abundancia / biomasa)
- Bioindicadores (Abundancia / biomasa)
- Índices: AMBI, H', D', J', análisis multivariable (M-AMBI)

ii) Filmación submarina

- Abundancia relativa
- Composición taxonómica
- Fotografías/Video

a) Sedimentos

- Comparaciones univariadas y multivariadas
- pH y Redox bajo relación MOT y COT

La base de los análisis deberá ser un análisis multivariado aplicado a la ecología. En este sentido, se deberán realizar como mínimo los siguientes análisis:

Bioenv

Clúster

n-MDS

ANOSIM

Los análisis se efectuarán mediante software del tipo PAST, PRIMER o similar.

Basado en los antecedentes recopilados y analizados, se propone la siguiente modificación de la Res.Ex. N° 3.612/2009 para la medición de OD en los centros que hoy son categoría 5.

- Para todos aquellos centros de cultivo, cuya profundidad máxima de concesión sea igual o superior a 100 m, se efectuará un muestreo de calidad de agua hasta una profundidad máxima de 100 metros.
- Como límite de aceptabilidad se considerará un valor mínimo de saturación de OD de 19%.



- Para los perfiles de calidad de agua, se disminuirá la frecuencia de obtención del parámetro de OD, temperatura y salinidad, a un muestreo durante el ciclo productivo. Las mediciones se efectuarán desde la superficie y hasta 1 metro del fondo, a intervalos que contempla la Res. Ex. N° 3.612/2009.
- El muestreo de OD deberá contrastarse a una curva de calibración siguiendo el método Winkler y de acuerdo a los estándares de calidad de la Resolución N° 660/2018.

7. Laboratorio

Los laboratorios deberán tener un sistema de Aseguramiento y Control de Calidad tipo AC/QC, que esté implementado y acreditado por un organismo oficial. Al respecto, se recomienda que el sistema de aseguramiento y control de calidad corresponda a la ISO 17025, y que esta esté acreditada por el Instituto Nacional de Normalización. En este sentido la norma vigente es:

- NCH ISO 17025 Of.2015

5.5 Resultados asociados al Objetivo 5

Los costos involucrados en el diseño y realización de las campañas de muestreo pueden superar las 200 UF. Esto, sin incluir la logística de acceso al centro, punto no menor debido a las condiciones meteorológicas altamente variables que poseen la mayoría de las zonas donde están emplazadas las concesiones de acuicultura. En la Tabla 131 se muestra el desglose de los costos que se presentan comúnmente en el levantamiento de estos trabajos.

Tabla 131 - Desglose de los gastos asociados al levantamiento de información de terreno.

Ítem	Valor (UF)
Diseño muestreo y logística (análisis de corrientes, modelación, validación y revisión modelo, informe, plano con estaciones, logística en general.)	60
Embarcación por un total de 2 días por centro	45
Alimentación y alojamiento para 3 profesionales x 2 días	10
Costos por equipo CTDO x 2 días	12
Costo por equipo de filmación submarina	70
Equipos Multiparamétrico (dos) x 2 días	15
Draga y Huinche (dos)	20
Software	...

Si a lo anterior se suma los costos del *input* para la modelación, lo cual incluye una batimetría amplia y una correntimetría de 30 días, los costos se incrementarían entre 180 a 200 UF por sobre el valor antes señalado. En cuanto a la filmación submarina, dependiendo de la calidad, el costo puede superar los 110 UF. Considerando los ítems anteriores, la inversión total podría superar ampliamente las 400 UF.

Las características y capacidades de los instrumentos y equipos a utilizar son relevantes para la obtención de datos confiables que puedan aportar claridad en la toma de decisiones. Si bien, los costos y mantención de muchos de estos instrumentos son complejos y elevados, en nuestro país se han introducido marcas que han logrado cierto grado de posicionamiento en el área oceanográfica y de consultoría ambiental. La **Tabla 132** muestra las marcas, modelos, características y valores referenciales de los equipos más



comúnmente utilizados para levantamientos no solo de CPS e INFAs, sino también, de estudios de líneas de base, Planes de Seguimiento Ambiental o caracterizaciones ambientales en general.

Los instrumentos para la medición de variables como el OD presentan una amplia gama de posibilidades de registro para parámetros de importancia ambiental. Para el caso de las sondas de alta precisión y alcance (CTDO), que pueden registrar la medición de varios parámetros en pequeños intervalos de tiempo (segundos) y alcanzar grandes profundidades. Los equipos con tales características presentan valores más altos que las sondas multiparamétricas, equipos que poseen capacidad de medir los mismos parámetros, pero con menores velocidades de registro y mucho menor capacidad de alcanzar grandes profundidades. Esta situación se repite sistemáticamente para el resto de los equipos e instrumentos con los que se desarrolla este tipo de trabajos. Tal es el caso de las Dragas, equipos utilizados para la obtención de muestras de sedimento marino o de aguas continentales, con fondos blandos o de dureza media como arena, grava, marga consolidada o arcilla. Debido a los altos costos de equipos patentados, generalmente solo disponibles en el extranjero. Los equipos que se utilizan corresponden a dragas “tipo” Van Veen, construidas localmente, sin tener una estandarización de los materiales de fabricación y de las características de las mismas. No obstante, se han realizado estudios que han validado el uso de estos instrumentos contruidos localmente (Murillo, 2017), incluso a profundidades mayores a 60 metros (categoría 5).

Para las filmaciones submarinas se dispone actualmente de múltiples opciones para la adquisición de ROVs, que poseen alcances que van desde los 100 metros hasta por sobre los 1.000 metros. La calidad de las filmaciones también está zanjada con el desarrollo tecnológico que presenta calidad 4K en los modelos de última generación. Sin embargo, en estos equipos también se relaciona los mayores atributos tecnológicos con los mayores costos. A pesar de esto, pueden encontrarse equipos que cumplirían con los requisitos mínimos para garantizar mejor calidad en los levantamientos de información visual.

Finalmente, para los instrumentos de medición como son los pH metros se cuenta con varias alternativas disponibles en el mercado cuyas capacidades cumplen con la normativa vigente y los precios son más accesibles.

Tabla 132 - Equipos e instrumentos utilizados en nuestro país para levantamientos ambientales.

Equipo	Marca	Modelo	Características	Valor (pesos)
CTDO	SeaBird	SBE 19V SeaCat profiler	Conductividad (S/m), Rango: 0-9; Exactitud: 0,0005 y Resolución: 0,4 ppm aguas oceánicas, 0,4 aguas salobres y 0,1 agua dulce.	31.902.044
			Temperatura, Rango: -5 a +35, Exactitud: 0,005 y Resolución: 0,0001	
			Presión (m), Rango: 0 a 20/100/350/600/1.000/2.000/7.000; Exactitud: 0,1% y Resolución: 0,002% de toda la escala de rangos.	
			Oxígeno (mg/L y %), Rango: hasta 120%; Exactitud: $\pm 2\%$;	
Sonda multiparamétrica	YSI	EXO2	Oxígeno, Rango: 0 a 500% saturación en aire. Exactitud: 0 a 200%: $\pm 1\%$ de lectura o 1% saturación, w.i.g.; 200 to 500%: $\pm 5\%$ de lectura. Resolución 0,01 %. Rango: 0 a 50 mg/L. Exactitud: 0 to 20 mg/L: ± 0.1 mg/L or 1% of reading, w.i.g.; 20 a 50 mg/L: $\pm 5\%$ de lectura. Resolución: 0,01 mg/L.	11.450.000
			Temperatura: Rango: -5 a 50 °C. Precisión: -5 a 35°C: $\pm 0.01^{\circ}\text{C}$ 35 a 50°C: $\pm 0.05^{\circ}\text{C}$. Resolución 0,001 °C.	
			Rango: 0 to 200 mS/cm. Precisión: 0 a 100: $\pm 0.5\%$ de lectura o 0.001 mS/cm, ganancia; 100 a 200: $\pm 1\%$ de lectura. Resolución: 0,0001 mS/cm a 0,01 mS/cm.	
			Rango: 0 a 70 ppt, Precisión: $\pm 1.0\%$ de lectura o 0.1 ppt, Resolución 0,01 ppt.	
Draga	N/A	Tipo Van Veen	Diseñada para obtención de muestras de sedimento en agua dulce o salda. Para	900.000

Equipo	Marca	Modelo	Características	Valor (pesos)
	Aquatic Biotechnology	Van Veen	fondos blandos o de dureza media como arena, grava, marga consolidada o arcilla. Área de mordida 0,1 m ² .	1.905.000
ROV	Sibiu	Nano	Peso: 5,15 Kg; Iluminación: 2x1.500 lúmenes; Cámara: 1080p; Profundidad máxima: 100 m y velocidad: máximo 2 nudos.	2.975.000
	Sibiu	Pro	Peso: 16 Kg; Iluminación: 4x1.500 lúmenes; Cámara: 1080p; Profundidad máxima: 300 m y velocidad: máximo 3 nudos.	11.900.000
	Dronescan	Gladius Mini	Peso: 6,8 Kg; Iluminación: 2x1.000 lúmenes; Cámara: 4K UHD; Profundidad máxima: 100 m y velocidad: máximo 2 nudos.	1.190.000
pHmetro	Thermo Fisher Scientific	Orion Star A221	pH: Rango: -2 a 20; Exactitud: ± 0.02 y Resolución: 0,1 a 0,001.	2.018.478
			Redox: ± 2.000 mV; Exactitud: ± 0.02 mV o 0,05% de mayor lectura y Resolución: 0,01.	
			Temperatura: 0 a 50°C.	
	WTW	Multi 3420	pH: Rango: 0 a 14; Exactitud: ± 0.004 y Resolución: 0,1 a 0,001.	1.714.702
			Redox: ± 1.200 mV; Exactitud: ± 0.2 mV y Resolución: 0,01.	
			Temperatura: 0 a 100°C; Exactitud: 0,2 °C y Resolución: 0,01	



Los costos asociados al levantamiento de información para INFAs de Ces categoría 5 se detallan en la **Tabla 133**, estos indican el levantamiento de información mediante los siguientes mecanismos: perfiles en la columna de agua mediante CTDO; obtención de muestras de sedimento con draga para: Materia Orgánica Total, granulometría, nutrientes (Nitrógeno y Fósforo) y macroinvertebrados bentónicos; mediciones *in situ* para pH-Redox-Temperatura y Filmaciones submarinas puntuales.

Tabla 133 - Metodología y valores asociados para campaña de muestreo Ces categoría 5. Valores independientes de región geográfica.

ITEM	N° estaciones/mediciones	UF	Valor (pesos)
Macroinvertebrados	10	0,8	662.400
Materia Orgánica Total		0,5	414.000
Granulometría		0,5	414.000
pH-Redox-T°		2,17	179.676
Filmación		21,7	598.920
Perfiles Oxígeno		10,4	375.360
Nitrógeno		0,5	138.000
Fósforo		0,5	138.000
Total			2.920.356
IVA			554.867
Total			3.475.223

La logística y desarrollo de este tipo de levantamiento está asociada a muchos factores que son clave en la realización de los trabajos. Entre estos factores tenemos: traslados vía aérea y marítima, arriendo de embarcación, arriendo de vehículos, alimentación, alojamiento, materiales para el terreno, envío muestras y equipos.

La **Tabla 134** y **Tabla 135**, indican el detalle de los gastos asociados al desarrollo logístico del levantamiento en las Regiones de Aysén y de Los lagos. Este levantamiento considera dos días de trabajo efectivo en terreno de tres profesionales y sus desplazamientos.

Tabla 134 - Valorización gastos logísticos para CES dentro de la Región de Aysén.

Ítem	Valor	unidades	UF	Valor (pesos)
Alimentación (3 personas)	20.000	6	2,17	120.000
Alojamiento (2 noches)	40.000	3	4,35	120.000
Materiales terreno	150.000	1	5,43	150.000
Pasajes aéreos	150.000	6	32,61	900.000
Arriendo vehículo	90.000	4	14,49	400.000
Envío muestras y equipos	200.000	2	14,49	400.000
Arriendo lancha	550.000	2	39,86	1.100.000
Total				3.150.000
IVA				598.500
Total				3.748.500

Tabla 135 - Valorización gastos logísticos para CES dentro de la Región de Los Lagos.

Ítem	Valor	unidades	UF	Valor (pesos)
Transbordador	12.000	4	1,74	48.000
Combustible	60.000	1,5	3,26	90.000
Alimentación (3 personas)	20.000	3	2,17	60.000
Alojamiento (2 noches)	40.000	3	4,35	120.000
Materiales Terreno	150.000	1	5,43	150.000
Arriendo camioneta	65.450	3	7,11	196.350
Arriendo lancha	400.000	2	28,99	800.000
Total				1.464.350
IVA				278.227
Total				1.742.577

La **Tabla 136** muestra el valor total relacionado al levantamiento en terreno, este incluye los valores de los ítems contemplados a muestrear y los gastos logísticos asociados el llegar a zonas aisladas para llevar a cabo su desarrollo.



Tabla 136 - Resumen gastos terreno para regiones de Aysén y de Los Lagos.

Región	Costos levantamiento	Costos logísticos	UF	Valor (pesos)
De Aysén	3.475.223	3.150.000	223,94	6.625.223
		IVA		1.258.792
		Total		7.884.015
De Los Lagos		1.464.350	162,87	4.939.573
		IVA		939.000
		Total		5.878.091

La información recopilada de diferentes consultoras ambientales (WSP para FIPA 2017-75, 2019), que trabajan en el área de prospecciones para acuicultura, CPS e INFAs, permitió visualizar algunas problemáticas asociadas a los levantamientos en terreno y la derivación de las muestras a los laboratorios acreditados para los correspondientes análisis que exige la normativa vigente (Res. Ex. N° 3.612/2009 y sus modificaciones Res. Ex. N° 660/2018). Entre estas problemáticas tenemos:

A. Dificultades en el cumplimiento de la normativa vigente

Las consultoras y/o laboratorios opinan en general que tienen escasa participación en el desarrollo técnico de normativas, lo que vendría siendo la dificultad más notable en el presente aspecto, dado que ésta involucra una serie de dificultades específicas en el momento de poner en marcha las metodologías impuestas por la autoridad

B. Dificultades relacionadas con la gestión

Referido puntualmente a las gestiones administrativas y de coordinación, gestiones vinculadas a la programación de terrenos y gestiones que se relacionan a los ensayos efectuados en laboratorio.

C. Dificultades en el cumplimiento de procedimientos

En el marco de acreditación de la NCh-ISO 17025 los laboratorios deben establecer, implementar y mantener un sistema de gestión apropiado al alcance de sus actividades, documentando sus políticas, sistemas, programas, procedimientos e instructivos tanto como sea necesario, para asegurar la calidad de los resultados de los ensayos y/o calibraciones que ejecutan.

D. Dificultades en el cumplimiento de infraestructura

Los laboratorios en general cumplen con la separación de las unidades donde se realizan los ensayos. Evitando en alguna medida la interferencia de externos en los desarrollos.

E. Dificultades en el cumplimiento del personal

En relación al personal declarado por las consultoras y/o laboratorios, se pudo determinar que el personal mayoritariamente corresponde a profesionales y técnicos medios y superiores, que se distribuyeron en varias áreas técnico-profesionales, destacando entre ellas la biología marina (37,2 %), recursos naturales (9,3 %), acuicultura (9,3 %) y medio ambiente (9,3 %). Los biólogos marinos predominaron en los listados de personal, especialmente en laboratorio propiamente tales, relacionados a los análisis de macroinvertebrados bentónicos.

F. Dificultadas en el cumplimiento de los equipos

Algunas de las consultoras y/o laboratorios declaran que la utilización de Dragas en la obtención de sedimento siempre involucra algún inconveniente, que muchas veces dificulta la obtención de una muestra aceptable o representativa del sitio de estudio predeterminado.

Existe subjetividad en la medición de pH y Redox en el sedimento, ya que éste no es “parejo”, debido a la existencia de lugares con mayor acumulación de sedimentos que otros, dentro de limitadas áreas de muestreo.

El extravío de equipos durante las campañas de terreno sigue siendo una dificultad en el momento de cumplir con los requerimientos de los estudios

G. Dificultades en el control de calidad

Se ha detectado que las auditorias INN exhiben criterios de evaluación que generalmente no se ajustan al trabajo de consultoría ambiental realizado en laboratorio, y en particular a la determinación taxonómica efectuada por los analistas.

Se ha identificado que los fiscalizadores de SERNAPESCA tienen poca experiencia y/o falta de capacitación, además de no tener en general poder resolutivo, permitiéndose muchas veces algunas irregularidades.



En relación al levantamiento en terreno se recomiendan algunas variaciones técnicas que tiene que ver con las plataformas de trabajo y medios de almacenaje y transporte de las muestras.

1. Embarcaciones para muestreos

El tipo de embarcación a utilizar en los estudios ambientales debe ser claramente estandarizado, con el objetivo de fortalecer la calidad y seguridad de los trabajos realizados *in situ*. Procurando contar con embarcaciones que posean áreas de trabajo amplias y seguras que permitan el despliegue adecuado de los equipos de trabajo.

2. Medios de almacenaje y transporte de muestras

De acuerdo a la muestra objetivo se propone el cambio de las bolsas utilizadas por envases plásticos de volumen apropiado (1 litro), Esto tanto para muestras de macroinvertebrados, así como también, para muestras de sedimentos (materia orgánica, granulometría, nutrientes, etc.). Esto con el fin de garantizar la buena conservación de las muestras y un embalaje más seguro para los envíos desde terreno a los laboratorios.

Finalmente, en relación al personal asociado a este tipo de levantamientos, se recomienda que se mantenga la figura de profesionales con estudios asociados a las ciencias del mar y acuícolas. Esto, acompañado de capacitaciones continuas tanto en el marco normativo, así como también, en la actualización de las competencias técnicas para manejo de softwares y equipos de última generación.



6 Análisis y Discusión

Los resultados obtenidos bajo la condición de base para cada centro y aquellos obtenidos en los distintos escenarios simulados indicaron que existe una correlación entre los datos observados y los simulados, lo que permite establecer que evaluar la calidad de los sedimentos es más robusto que evaluar la columna de agua. Esto, independiente de la categoría del centro de cultivo.

Los resultados indicaron que la dirección y magnitud de corrientes entrega un patrón de depositación de Carbono en el sedimento, áreas que son coherentes con el impacto, aspecto relevante para establecer finalmente el impacto ambiental sobre el bentos y la posterior predicción y evaluación de los impactos asociados a los objetos de protección del del sustrato subacuático.

Esto implica, que, contando con la información de corrientes, se pueden simular n escenarios distintos, donde se pueden establecer *a priori* las zonas de mayor impacto, y lo que es mejor aún, definir áreas de monitoreo para seguimientos ambientales futuros.

Con respecto al índice AMBI, este resultó ser el mejor indicador de calidad del bentos. Lo cual, indica que teniendo modelados ciertos escenarios de peor condición en cada centro de cultivo, se podría establecer y delimitar previamente zonas particulares de seguimiento y vigilancia ambiental para cada centro de cultivo. Es más, este índice permitiría efectuar curvas de calibración entre los valores de COT en el sedimento y sus correspondientes valores AMBI. En todo caso, se entiende, que el comportamiento de este índice podría ser centro-específico.

Cabe señalar, que, en general existe una relación entre los valores de AMBI y la dispersión de Carbono Orgánico obtenida mediante modelación DEPOMOD. Esto dependerá de cuan validada este la información con la cual se ha alimentado al modelo. Cualquier diferencia, pudiese centrarse en información de mala calidad o no representativa del sector en estudio. Los sectores con los mayores valores de AMBI (más perturbados) tienden a ubicarse en los sectores en donde el DEPOMOD predice la mayor cantidad de Carbono Orgánico depositado (mayor enriquecimiento orgánico).

Eventuales discrepancias en la relación AMBI – DEPOMOD o cualquier otro modelo *ad hoc* antes descrito, puede explicarse cuando el sitio de cultivo tenga más de un ciclo productivo. Se sabe que, en un centro con producción, la recuperación natural del sedimento a una condición original puede significar años, por lo tanto, un centro con varios ciclos históricos



implica necesariamente que su sedimento tendrá superpuesta capas de depositación correspondientes a más de un ciclo.

Por lo tanto, la única oportunidad en que se esperaría tener una correlación significativa entre AMBI-DEPOMOD (y cualquier variable con el DEPOMOD) debiese corresponder al término del primer ciclo productivo. A partir de este primer ciclo en adelante, existirá una tendencia a la pérdida de correlación entre las variables analizadas. En este caso, el método de ampliar la grilla de modelación a 50 x 50, podría ser una solución, tal como lo entregaron los resultados en este estudio.

Los valores promedio de AMBI presentaron relativamente buenas correlaciones con los índices comunitarios de Diversidad de Shannon-Weaver (H' y Dominancia de Simpson (D')). Sin embargo, como se aprecia en los resultados, existe varianza no explicada, situación que probablemente explica que estos índices tradicionales no figuren en el PCA entre las variables más importantes, lo cual es natural en la dinámica existente en el bentos.

Es probable, ateniéndose a los resultados obtenidos, que la definición del grado de perturbación es más plausible si se considera el uso del índice AMBI, el cual, sería más confiable que otros índices comunitarios tales como el índice de Diversidad Shannon-Weaver

En los centros en estudio, se observaron notorias diferencias en la calidad de sedimento, razón por la cual se explicarían otras diferencias como las que ocurren con las características de la macrofauna. Estos resultados indican que los procesos biogénicos del sedimento presentan algunas diferencias, puesto que, en el área de Chiloé estudiada, a pesar de que el sedimento contiene menos fango y MOT, el pH es menor que en el área de Hornopirén, donde hay mayor fango y materia orgánica en el sedimento. Además, puede observarse, que en estas condiciones el Redox en Chiloé es significativamente mayor que en Hornopirén, patrón que difiere con lo que ocurre con el pH (**Figura 383**). Esto, resulta relevante, pues indica que puede requerirse más información para la toma de decisiones de los criterios de aceptabilidad, ya que, pueden encontrarse variaciones entre regiones biogeográficas diferentes.

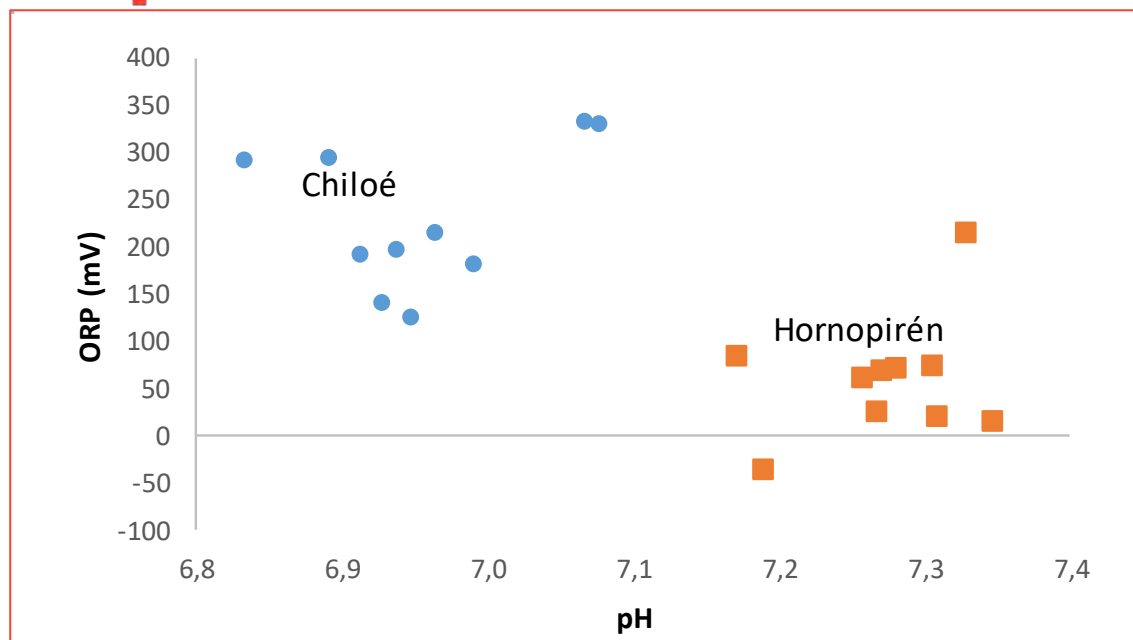


Figura 383 - Relación entre pH y Redox entre los centros de Chiloé y Hornopirén.

En relación a las variables idóneas y métodos predictivos, es interesante mencionar, que el análisis multivariado (PCA) que incluyó gran parte de las variables analizadas, indicó que en la primera componente ("X") variables como MOT y Fango destacan por sobre Nitrógeno y algunos índices de diversidad tales como dominancia y AMBI. Mientras que en la segunda componente ("Y"), son variables predictivas las más explicativas, en especial, cuando en la modelación se utiliza como salida una grilla amplia, de 50 x 50. Contrariamente a lo esperable, los resultados del modelo DEPOMOD presentaron mayor valor predictivo que los índices de diversidad. En el bentos, variables como riqueza de especies (S') y diversidad de Shannon-Weaver (H') presentaron bajo peso en el análisis. Asimismo, en la columna de agua, el OD, pH y Redox en el sedimento, fueron variables que no aportaron información que expliquen la varianza observada.

En relación a la metodología, es interesante hacer notar, que los sistemas acuáticos son heterogéneos, por lo que sería ideal encontrar la fórmula que permitiese efectuar la evaluación ambiental a través de varias matrices ambientales y variables o parámetros monitoreados. Así, por ejemplo, debiese quedar establecido el o los parámetros a monitorear y reportar dependiendo de las características del centro de cultivo. Al momento, sin embargo, los resultados indican que el foco debe centrarse en la calidad del sustrato como "objeto de protección" y no en la columna de agua.



Por otra parte, los resultados indican, que, para establecer la calidad ambiental de un centro de cultivo, y poder establecer si se encuentra aeróbico o anaeróbico, no es necesario que se establezcan tantas estaciones de muestreo. Por lo general, cada centro de cultivo, debido a la hidrodinámica, tiene un eje principal de dispersión de los productos orgánicos que dispuestos sobre el bentos y bajo ciertas concentraciones pueden generar aquellos impactos que contempla la ley. En sentido ortogonal a este eje, la evidencia indica que los impactos significativos están más cercanos al módulo de lo que hemos indicado en párrafos anteriores. Bajo estas premisas, es mejor reubicar las estaciones ortogonales y localizarlas a lo largo del eje principal. Con ello, no sólo se logra evaluar ambientalmente el centro, sino que, además, se tiene control respecto de las zonas límites donde se están generando los mayores efectos sobre el bentos.

En este sentido, debiese ponerse énfasis en establecer mecanismos para evaluar las áreas de depositación con mayor impacto, estableciéndolas como áreas de vigilancia de las INFAs. Para ello, un máximo de 3 estaciones de monitoreo (y sus réplicas) orientadas en dirección del transporte de los sólidos sedimentables debiesen bastar. Hoy se toman muestras en áreas donde los resultados en realidad no aportan con información para definir eventuales impactos ambientales. Esto, se traduce en un gasto excesivo, tiempos muy largos de muestreo con el consecuente incremento en el riesgo a la salud de los profesionales que realizan estas actividades de muestreo. Recordemos que en gran parte de las áreas de muestreo de la XI y XII Región, el clima es una limitante natural, que no sólo incrementa los costos, sino que además incrementa el riesgo de accidentes a bordo de las embarcaciones.

En relación a los costos, un aspecto importante de considerar es que el costo de las INFAs se puede incrementar sustancialmente si se incluyen muchas variables. No obstante, los resultados obtenidos indican que no necesariamente todas las variables que hoy forman parte de una categoría 3, 4 o 5 entregarán información con calidad y validez ambiental interpretativa.

Por ejemplo, variables como la granulometría, los laboratorios deben incurrir en tiempo extra para ensayar las 5 fracciones de arenas, cuando en realidad, entregar esta fracción en 5 sub-fracciones no reviste un aporte de información ambiental. Sería suficiente con entregar Grava, Arena y Fango. Por otra parte, sería un error eliminar la fracción de fango, ya que, es probablemente la fracción que más aporta con información para conocer y predecir la calidad de un determinado sustrato.



La filmación submarina es entre las variables de estudio, la que más aporta para conocer la calidad del sedimento, dado que, a través de esta, se logra apreciar la calidad ambiental del sustrato. Sin embargo, para que dé los resultados esperados, su implementación es costosa, dado que lo ideal es utilizar un ROV con cámara HD como mínimo. Al respecto, debiese implementarse un registro de equipos y operadores ROV certificados, dado que un mal manejo de estos equipos dará como resultado malos registros. Por otra parte, hay una gama amplia de tipos de ROV, muchos de los cuales son para aguas someras y con baja velocidad de corrientes, artefactos que no serviría para coleccionar información en la amplia gama de sectores prospectados a través de las INFAs.



7 Taller Final

El día miércoles **12 de mayo del 2021**, via Teams, fue llevado a cabo el **taller final** donde se presentaron y discutieron todos los resultados obtenidos en el presente informe. La lista de invitados, la presentación del taller, como así también la minuta de la reunión y los asistentes, se encuentra en el **Anexo I**. Las conclusiones se encuentran a continuación.

8 Conclusiones

Basados en los resultados del proyecto FIPA N° 2017-14, "Revisión y análisis de la evaluación ambiental de los centros de cultivo categoría 5", y en lo presentado en el Talle final, se puede indicar las siguientes conclusiones.

- Se incorpora al diseño muestral del Informe Ambiental (INFA), el concepto Área de Influencia (sensu D.S.40). Este será equivalente en la forma de calcularse a la Zona de Efectos Permitidos (AZE). En ningún caso, se tratará de una zona donde puede efectuarse un deterioro significativo, y, por lo tanto, deberá ser coherente con lo contemplado en la Ley de bases generales del medio ambiente y la LGPA en términos de la capacidad de carga.
- La implementación de la AZE es un concepto que entregará valor a la gestión administrativa ambiental, sin embargo, se ha optado por utilizar el concepto Área de Influencia (AI), elemento que está definido en la normativa ambiental, existiendo, además, una Guía metodológica para su aplicación.
- El AI podrá estimarse a partir del área generada producto de una modelación, o en su defecto de acuerdo a un perímetro que debiese estar a menos de 100 m alrededor del o los módulos de cultivo. Si esto no fuese posible, el monitoreo se realizaría en el límite de la concesión. En cualquier caso, todas las estaciones quedarían al interior de la concesión de acuicultura, excepto, aquellas correspondientes a los controles.
- El modelo DEPOMOD es sensible a la representatividad de las corrientes que se utilicen. Por lo tanto, existe un sesgo en el área de deposición que pueda obtenerse. En este caso, se contó con la información entregada por los titulares de la CCAA. No obstante, los datos pareciera que son lo suficientemente robustos como para haber generado una aproximación que permitiese elaborar un diseño y a partir de ello efectuar la toma de decisiones para definir cuáles son las zonas de mayor impacto sobre el bentos. Con una mejor calidad en la información, los resultados posiblemente hubiesen sido aun mejores.
- Existen distintas plataformas para modelar, que varían en costos y facilidades de uso. Rutinas en MIKE, ROMS, MOHID, entre otros, claramente también pueden utilizarse. No obstante, la mayor limitante pudiesen ser el mayor costo (licencias millonarias), tanto su implementación (equipos computacionales de primera línea)

como su uso (formación de expertos). Un listado de estos programas se encuentra en el Anexo G.

- A raíz de que el modelo limita la incorporación de datos de corrientes a 5 capas, al seleccionar estas, basadas en algún criterio, como capas de baja o alta velocidad, con determinada dirección se produciría un forzamiento en los resultados de las simulaciones, entregado principalmente como resultados forzados o dirigidos:
 - El tamaño del área de depositación de Carbono Orgánico Total
 - Los niveles de $\text{gC/m}^2/\text{día}$
 - Los sitios de mayor acumulación de carbono
- Para poder realizar los análisis de la misma manera en todos los CES se trabajó con capas x distantes, para así de este modo obtener resultados modelados cercanos a la realidad. En relación a la variabilidad del número de módulos, lo cual esta correlacionado directamente a la cantidad de jaulas y su tamaño, la variabilidad de la sedimentación estaría sujeta principalmente por la producción de cada centro, ya que a > biomasa, > alimento no consumido y > producción de fecas. La disposición de los módulos en relación a las corrientes también afecta en los resultados de las simulaciones
- El sustrato puede zonificarse en función del riesgo de impacto, utilizando para ello un diagrama tipo “semáforo”, el cual puede ser construido a partir de una modelación de las áreas donde se deposite mayor contenido orgánico en el bentos.
- Se ha evidenciado, que es factible y con buenos resultados, efectuar el muestreo de sedimento a profundidades mayores de 60 m de profundidad. Se detectó que hay centros categoría 5 que pueden estar en condiciones “aeróbicos” pero en realidad su sedimento presenta un sustrato y bentos en condición “anaeróbica”, con presencia de un alto contenido de Materia Orgánica Total y potencial Redox negativo. Hoy, estos centros categoría 5, calificarían como aeróbicos, puesto que su columna de agua a 1 m del fondo mantiene más de 2,5 mg/L de OD, instancia que le permite seguir operando, incrementando, por lo tanto, el impacto sobre el ambiente en el subsiguiente ciclo productivo.
- Centros con profundidades mayores a 60 m y en los cuales se evalúe la calidad del sustrato y bentos, es probable que los actuales criterios de aceptabilidad de

condición anaeróbica que contempla la Res Ex. N° 3.612/2009, no permitan evaluar adecuadamente los resultados de muestreo sobre 100 m de profundidad.

- Los resultados indican una correlación positiva entre la predicción del modelo y el contenido orgánico y sus efectos ambientales en las estaciones de muestreo, evidenciando una real factibilidad de establecer áreas con diversos grados de susceptibilidad a impacto de acuerdo a los patrones detectados *a priori* mediante simulaciones.
- La distancia que existe entre el punto de muestreo y el punto de mayor deposición de carbono orgánico generado por la modelación, pareciera ser una adecuada métrica de predicción de la calidad del bentos, donde a mayor distancia del punto de mayor concentración de carbono orgánico, menor sería el deterioro ambiental del sustrato o del bentos.
- Los resultados indican que existe directa relación entre el impacto predicho mediante la modelación y los índices bióticos o índices comunitarios. Del mismo modo, esta misma relación se mantiene con aquellas variables físicas y químicas de la calidad del sedimento, no así con el OD en la columna de agua, al punto que no es una variable de peso en los resultados del PCA.
- Para interpretar los resultados de la simulación, en particular si es realizado un software tipo DEPOMOD, se requiere analizar la información desde una perspectiva de “un pensamiento estadístico”, tal como lo menciona el Nobel Daniel Kahneman. Al respecto, la aplicación de la teoría de los grandes números permite romper el paradigma y analizar la información de una manera amigable. Como lo indica Kahneman las muestras pequeñas arrojan resultados extremos con más frecuencia que las muestras grandes y que las muestras grandes son más precisas que las muestras pequeñas. En este sentido, el artefacto utilizado para analizar los resultados del DEPOMOD permiten disminuir la diferencia entre el valor simulado (software) y el valor observado (muestreo). Al respecto, el mismo PCA, indica que una grilla de 50x50 es óptimo y es superior en su poder predictor (al momento de comparar con un dato de terreno) que una grilla pequeña (por ejemplo, 10x10).
- Los resultados indican que no existe un patrón entre la calidad del sustrato y el contenido de OD en la columna de agua, indicando que esta variable no sigue el patrón que se observa con los parámetros que se miden en el bentos, entre los cuales, si existe coherencia entre la mayoría de ellas, difiriendo sólo el porcentaje de aporte a la explicación de la varianza. Es así, como el OD pierde utilidad.

- La concentración de OD a 1 m del fondo, o en capas superiores no guarda ninguna relación con la calidad físico y química del sustrato o la calidad del bentos. En otras palabras, es la única variable no predictiva. Más bien, pareciera indicar movimientos de agua en el sector, pero que no se condicen con el comportamiento ambiental del fondo marino.
- El Nitrógeno total en el sedimento es una variable que puede agregar valor al análisis, y tiene el potencial de afectar la macrofauna bentónica. No obstante, esto puede ser un efecto local de dilución y debe tomarse con cautela de ser incorporado a los seguimientos ambientales.
- Para el diseño de muestreo, la base son las corrientes y estas deben ser capaces de indicar el eje predominante y sentido de las mismas (corriente neta o residual), identificando un sector “aguas arriba” y otro “aguas abajo” del o los módulos de cultivo. El monitoreo se deberá realizar a lo largo de este eje principal y “aguas abajo”, que es donde se obtiene la mejor información. Estaciones ortogonales, o en cabecera no aportan información adicional. Esto involucra eventualmente una disminución de los costos asociados al monitoreo. Una estación de referencia se recomienda, la cual debe estar localizada por lo menos 1000 m aguas abajo, o en su defecto unos 500 m aguas arriba.
- Es factible la obtención de buenos resultados, al efectuar el muestreo de sedimento a profundidades mayores de 60 m de profundidad. Como máximo, lo ideal es que no se supere los 120 o 150 m, e incluso 200. Aunque la experiencia internacional registra buenos resultados hasta 300 m utilizando draga, mayores profundidades (mayor a 300 m) requerirían idealmente otros métodos de muestreo (por ejemplo, Box Corer), que dependerán del tipo de sustrato y deberían evaluarse caso a caso.
- Un centro categoría 5, aeróbico, puede tener un bentos anaeróbico. La condición anaeróbica del sustrato en algunos de los parámetros evaluados, con un alto porcentaje de Materia Orgánica Total y potencial Redox negativo en varias de las estaciones, no refleja una baja significativa de OD a 1 metro del Fondo, que pudiese significar incumplimiento del límite de aceptabilidad para esta variable.
- El diseño muestral generado a partir de una modelación numérica es compatible con la metodología de evaluación y límites críticos que contempla la ResEx. N° 660/2018, que modifica la Resolución Exenta N° 3.612/2009.
- En centros con profundidades mayores a 60 m y en los cuales se evalúe la calidad del sustrato y bentos, los actuales límites de aceptabilidad para una condición anaeróbica, tal como lo contempla la Resolución Exenta N° 3.612/2009, puede que

no permitan evaluar los resultados de muestreo a 100 m o más. Bajo los criterios de la actual categoría 5, estos centros resultarían Aeróbicos, no obstante, los resultados obtenidos indican que a esas profundidades tanto la Materia Orgánica Total como el Redox, hacen de estos centros lugares Anaeróbicos.

- Los resultados indicaron una correlación positiva entre la predicción del modelo y la cantidad de contenido orgánico en las estaciones de muestreo, evidenciando que se podría establecer áreas con diversos grados de impacto de acuerdo a los patrones detectados previamente mediante la modelación.
- Dependiendo de las técnicas que puedan implementarse a corto o mediano plazo, podrá ser factible evaluar directamente de la hipoxia sobre la calidad físico y química del sedimento, estableciendo los impactos que la actividad antrópica en general pueda tener sobre el bentos.
- El potencial enriquecimiento orgánico que puede generar la actividad acuícola, en un sector de alta profundidad, no puede asociarse directamente a un centro de cultivo en particular, por lo tanto, la medición de perfiles de OD sobre los 100 m de profundidad, al interior de la concesión de acuicultura, estarían midiendo las condiciones naturales de hipoxia. La hipoxia detectada podría ser generada por aportes de material orgánico alóctona, que también tiene el potencial de disminuir el aporte de OD disponible, situación que se sumaría al aporte orgánico de otros centros de cultivo, aportes fluviales, entre otros.
- La evidencia indica que en zonas profundas existe una alta frecuencia de hipoxia bajo los 100 m de profundidad, mostrando un descenso paulatino de la concentración de OD conforme se incrementa la profundidad. En estos casos, las bajas de oxígeno se pueden producir a partir de una determinada profundidad y obedecer a procesos naturales, ajenos a la actividad productiva del centro de cultivo, y cuyos efectos serían explicados por complejos mecanismos oceanográficos (Ver resultados del Anexo H).
- Los resultados indican que una posibilidad es utilizar toda la data recopilada en los perfiles que hoy se realizan en los centros de cultivo, y utilizar el porcentaje de saturación en lugar de la concentración de OD en la columna de agua. Como límite de aceptabilidad, una opción podría utilizar como criterio de cumplimiento un 20% de saturación, que es equivalente a 2,5 mg/L. Esto tiene la ventaja que se incluiría en el análisis la salinidad y temperatura y se podrían hacer comparables resultados de varias regiones.

- Los resultados del proyecto permiten evidenciar que a medida que la estación de monitoreo se aleja del punto de mayor depositación de Carbono Orgánico, el índice AMBI mejora. Lo importante, es que estos resultados son coherentes con los resultados de la modelación efectuada, lo cual indica que el DEPOMOD puede ser un software que puede ser utilizado para la toma de decisiones.
- Un aspecto no menos importante, es que es conveniente un acercamiento entre la autoridad ambiental y las instituciones de educación superior, de manera que el profesional sea formado en normativa, diseño de muestreo, modelación y análisis de información ambiental, aspectos que hoy no son explícitos en la malla curricular de ninguna universidad. Esto, disminuiría notablemente el tiempo y los recursos que las consultoras o entidades de análisis deben invertir posteriormente para generar las competencias en los nuevos profesionales. De no ser así, estos costos, que no son menores, serán traspasados al costo de la CPS o la INFA.
- Entre los resultados obtenidos, se ha incorporado en el diseño de muestreo del Informe Ambiental (INFA) el concepto de Área de Influencia (AI) (*sensu* D.S.40). El estándar ASC, ha servido de guía en el diseño muestral de este estudio. En ningún caso, esta AI, se trata de una zona donde puede efectuarse un deterioro ambiental significativo, y, por lo tanto, su eventual incorporación a una futura modificación debería ser coherente con los aspectos que contempla la Ley de bases generales del medio ambiente y la LGPA en los términos de la capacidad de carga y de mantención de aerobia en el sustrato o en el bentos. Al respecto, se analizará la factibilidad, para tal efecto, de efectuar un análisis específica de “Evaluación de Impacto del bentos”.
- Los resultados permiten inferir que el AI puede estimarse a partir del área de depositación que genere una modelación *ad hoc*, y para ello el análisis requiere un análisis estadístico más profundo que permita el trabajo entre el valor simulado y el observado *in situ*. Si se hace este análisis, software como el DEPOMOD pueden ser usados, dado que se encuentra una adecuada correlación entre las comparaciones. Otro aspecto, es que es factible usar una isoconcentración de carbono depositado para establecer límites en el AI, y para ello resulta útil utilizar a Chang *et al.*, 2014. Por ejemplo, puede ser usado una concentración de 1 gC/m²/día. No obstante, este perímetro, que delimitaría el AI, debiese estar cercano a los 100 m alrededor del o los módulos de cultivo.

- El análisis ha permitido evaluar que es factible monitorear los vértices de la concesión, resultados que pueden ser contrastados con aquellos de las cabeceras o laterales de los módulos de cultivo. Al respecto, de acuerdo a lo observado en terreno, todas las estaciones podrían estar al interior de la concesión de acuicultura, excepto, aquellas que pudiesen considerarse como controles, cuestión que puede discutirse de acuerdo a la utilidad que prestan, puesto que el uso de herramientas multivariadas, pueden permitir un seguimiento ambiental sin el uso de estaciones control, lo cual, puede requerir, tal como se ha propuesto, incorporar nuevas variables, que aseguren la interpretación de los análisis multivariados.
- Los resultados indican que no siempre existe una buena correlación entre la predicción del modelo y la cantidad de MOT encontrada en las estaciones de muestreo. Sin embargo, existe una mejor correlación con la cantidad de Carbono. Incluso, son favorables aquellos resultados con indicadores biológicos. Esto evidencia que existen variables que permiten establecer áreas de perturbación de acuerdo a los patrones detectados mediante una modelación.
- Al respecto, se ha encontrado que el AMBI presenta mejores correlaciones con el Carbono Orgánico Total (generado a partir del modelo) que con la materia orgánica (medida *in situ*). Las implicancias metodológicas de muestreo, análisis y procesos biogeoquímicos involucrados son discutibles y pueden variar de centro en centro. Del mismo modo, los resultados indican que el mejor indicador de calidad del bentos es el M-AMBI y no el AMBI; puesto el primero integra en forma multivariada la riqueza de especies (S') y la diversidad de Shannon-Weaver (H') para cada estación de muestreo, permitiendo efectuar comparaciones geográficas (macrozonas); aspecto que, deberá someterse a discusión en futuros proyectos.
- En relación a las variables idóneas y métodos predictivos, es interesante mencionar, que el análisis multivariado (PCA) que incluyó gran parte de las variables analizadas, indicó que en la primera componente ("X") variables como MOT y Fango destacan por sobre Nitrógeno y algunos índices de diversidad tales como dominancia y AMBI. Mientras que en la segunda componente ("Y"), son variables predictivas las más explicativas, en especial, cuando en la modelación se utiliza como salida una grilla amplia, de 50 x 50. Contrariamente a lo esperable, los resultados del modelo DEPOMOD presentaron mayor valor predictivo que los índices de diversidad. En el bentos, variables como riqueza de especies (S') y diversidad de Shannon-Weaver (H') presentaron un bajo peso en el análisis. Asimismo, en la columna de agua, el

OD, como también el pH y Redox en el sedimento, fueron variables que no aportaron información que expliquen la varianza observada.

- En relación a la metodología, se debe mencionar, que los sistemas acuáticos son heterogéneos, por lo que sería ideal encontrar la fórmula que permitiese efectuar la evaluación ambiental a través de varias matrices ambientales y variables o parámetros monitoreados. Así, por ejemplo, debiese quedar establecido el o los parámetros a monitorear y reportar dependiendo de las características del centro de cultivo. Hasta el momento, sin embargo, los resultados indican que el foco debería centrarse en la calidad del sustrato como “objeto de protección” y no en la columna de agua, puesto que el principal efecto, o al menos el más evidentes, ocurre en el sustrato.
- En ambas campañas de muestreo, se evidenció la factibilidad de obtener sedimento a profundidades mayores de 60 m de profundidad utilizando una draga de forma adecuada. De acuerdo a los resultados, los centros categoría 5, evidenciaron una condición anaeróbica del sustrato y la presencia de mantos blanquecinos en aquellas estaciones con mayor impacto. Sin embargo, esta condición no se ve reflejada con una baja significativa de OD a 1 metro del Fondo, condición que de acuerdo a la normativa vigente se asume como cierta, y cuya implicancia es un incumplimiento del límite de aceptabilidad para esta variable.
- En centros con profundidades mayores a 60 m y en los cuales se evalúe la calidad del sustrato y bentos, los actuales límites de aceptabilidad para una condición anaeróbica, tal como lo contempla la Res. Ex. N° 3.612/2009, puede que no permitan evaluar los resultados de muestreo a 100 m o más. Bajo los criterios de la actual categoría 5, estos centros resultarían Aeróbicos, no obstante, se ha visto que los resultados obtenidos en los muestreos a esas profundidades para la materia orgánica y Redox, podrían hacer que estos centros resultasen Anaeróbicos. Del mismo modo, se han detectado interesantes relaciones entre variables ambientales, que indican que el impacto de la actividad es máximo a menos de 100 m de la zona de mayor deposición, pudiese incluso detectarse hasta 200 metros de la zona con mayor deposición de material orgánico.
- En el informe se plantea que es recomendable la evaluación del sustrato (sedimento – bentos) complementando la calidad del agua. Este procedimiento es factible realizarlos hasta los 300 m de profundidad. Aunque se recomienda no superar los 200 m. La experiencia nacional e internacional ha mostrado que es

factible efectuar una evaluación del sustrato (y del bentos) utilizando draga. Más allá de los 300 m la limitante es el uso de la draga, recomendamos sólo hasta 200 m; no obstante, los centros con mas de 300 m son los menos y si fuese el caso, en la actualidad es factible encontrar en el mercado equipos *ad hoc* (por ejemplo en la siguiente página <http://www.kc-denmark.dk/products/sediment-samplers.aspx>)

- Puede que existan inconsistencias en la evaluación de un centro categoría 5 al incorporar variables de calidad de sustrato y bentos, debido a que no se tendrá clara la condición previa de la concesión antes de la entrada en funcionamiento del centro de cultivo. Sin embargo, asumiendo como caracterización de base al primer muestreo, el seguimiento si es analizado mediante técnicas multivariadas, permitirá efectuar un seguimiento estadístico efectivo, tal como se utiliza en algunos programas de vigilancia ambiental asociado a otros proyectos.
- Se hace presente, que bajo los actuales criterios de muestreo y evaluación de los centros categoría 5 muchos de estos centros que hoy clasifican como Aeróbicos (oxígeno sobre los 2,5 o 3,0 mg/L a 1 m del fondo), pueden resultar como Anaeróbicos si se evalúan otras variables como MOT y Redox.
- Recomendamos sólo el uso de los parámetros o variables ambientales indicadas en el presente estudio. Dependiendo de la zona geográfica es probable que algunos no aporten información, debiéndose evaluar caso a caso.
- El nuevo diseño de muestreo, implica un incremento en el costo de las INFAs, toda vez que en la práctica se efectuaría un muestreo que incluya parámetros y equipos que hoy se usan para muestrear en las categorías 3 y 4. No obstante, hoy en día, los equipos de muestreo suelen ir a terreno preparados para efectuar las 3 categorías (3, 4 y 5), lo cual no generaría un problema logístico; más bien la diferencia, es que los costos se incrementarían dado que todos los equipos serán utilizados en estos centros. Esto tiene una implicancia adicional que bien puede analizarse, y es que las categorías 3, 4 y 5 en realidad deben tender a fusionarse en sólo 1 categoría.



9 Referencias Bibliográficas

- Aguilera, M. Y Silva, J. 1997. Especies y biodiversidad. *Interciencia* 22(6): 299-306
- Aranda, 2008. Sexto Curso de Invierno Centro i-mar, Universidad de Los Lagos. Puerto Montt.
- ASC, 2012. Salmon Standard Versión 1.0 june 2012; http://www.asc-aqua.org/upload/ASC%20Salmon%20Standard_v1.0.pdf.
- ASC, 2017. Salmon Standard Versión 1.1 abril 2017; https://www.asc-aqua.org/wp-content/uploads/2017/07/ASC-Salmon-Standard_v1.1.pdf.
- Borja A.D.M. Dauer, A. Grémarec. 2012. The importance of setting targets and reference conditions in assessing marine ecosystem Quality. *Ecological Indicators*. Volume 12, Issue 1, Pages 1-7
- Borja A., V. Valencia, J. Franco, I. Muxika, J. Bald, M.J. Belzunce, O. Solaun. 2004a. The water framework directive: water alone, or in association with sediment and biota, in determining quality standards? *Marine Pollution Bulletin* 49 (2004) 8-11.
- Borja, A., J. Franco, V. Pérez, 2000. A marine biotic index to establish the ecological quality of soft bottom benthos within European estuarine and coastal environments. *Marine Pollution Bulletin*, 40(12): 1100-1114.
- Bosshard, R; R. Catalán; I. Montenegro; S. Díaz & C. Opazo. 2015. Plan Estratégico 2016 – 2020, WWF Chile. Valdivia, Chile: WWF. http://d2ouvy59pOd6k.cloudfront.net/downloads/plan_estrategico_wwf_chile.pdf.
- Castillo, M.I., Cifuentes, U., Pizarro, O., Djurfeldt, L., Cáceres, M. 2016. Seasonal hydrography and surface outflow in a fjord with a deep sill: the Reloncaví fjord, Chile. *Ocean Science* 12: 533-544.
- Chamberlain J. & D. Stucchi. 2007. Simulating the effects of parameter uncertainty on waste model predictions of marine finfish Aquaculture. *Aquaculture* 272(1):296-311
- Chang B.D., Page F.H, Losier R.J, McCurdy E.P. 2014. Organic enrichment at salmon farms in the Bay of Fundy, Canada: DEPOMOD predictions versus observed sediment sulfide concentrations.
- Clarke K & R Gorley. 2006. PRIMER v6: User Manual/ Tutorial. PRIMER-E.



- Clarke K & R Warwick. 1998. Quantifying structural redundancy in ecology communities. *Oecologia* 113: 278-289.
- Clarke K & R Warwick. 2001a. A further biodiversity index applicable to species lists: variation in taxonomic distinctness. *Marine Ecology Progress Series* 216: 265-278.
- Clarke, K & R. Warwick, 2001b *Change in Marine Communities: An Approach to Statistical Analysis and Interpretation*. 2nd Edition, PRIMER-E, Ltd., Plymouth Marine Laboratory, Plymouth.
- Clarke, K.R., 1990. Comparisons of dominance curves. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 138, 143-157.
- Cowling, E.B. and Galloway, J.N. 2002. Challenges and opportunities facing animal agriculture: Optimizing nutrient management in the atmosphere and biosphere of the Earth. *Proc. Symposium on Animal Production and the Environment: Challenges and Solutions*. *J. Animal Sci.*
- Cromey CJ, Nickell TD, Black KD (2002a) DEPOMOD— modelling the deposition and biological effects of waste solids from marine cage farms. *Aquaculture* 214: 211-239.
- Cromey CJ, Nickell TD, Black KD, Provost PG, Griffiths CR (2002b) Validation of a fish farm water resuspension model by use of a particulate tracer discharged from a point source in a coastal environment. *Estuaries* 25: 916-929.
- Cromey, C.J., Black, K.D., Edwards, A., Jack, I.A. 1998. Modelling the deposition and biological effects of organic carbon from marine sewage discharges. *Est. Coast. Shelf Sci.*, 47, 295-308.
- Dávila, P.M., Figueroa, D. & E. Muller. 2002. Freshwater input in to the coastal ocean and its relation with the salinity distribution off austral Chile (35-55°S). *Continental Shelf Research* 22, 521-534.
- Decreto Supremo 320. 2001. Reglamento ambiental para la acuicultura. Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción; Subsecretaría de Pesca.
- Decreto Supremo 40. 2012. Aprueba reglamento del sistema de evaluación de impacto ambiental. Ministerio del medio ambiente.
- Díaz, R. 2001; Overview of Hypoxia around the World. *Journal of Environmental Quality*, 30:2,275-

- Diaz, R. j. & R. Rosenberg. 1995. Marine benthic hypoxia: a review of its ecological effects and the behavioural responses of benthic macrofauna. *Oceanography and marine biology: an annual review*, 33, 245-303.
- Díaz, R.J., Solan, M., Valente, R.M., 2004. A review of approaches for classifying benthic habitats and evaluating habitat quality. *J. Environ. Manage.* 73, 165-181.
- Erlandson, C. P., Stigebrandt, A., Arneborg, L. 2006. The sensitivity of minimum oxygen concentrations in a fjord to changes in biotic and abiotic external forcing. *Limnology and Oceanography* 51: 631-638
- FAO Fisheries and Aquaculture Department. 2016. The state of world fisheries and aquaculture 2016. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 200pp.
- FAO-GFCM, 2014. Key elements for guidelines on a harmonized environmental monitoring programme (EMP) for marine finfish cage farming in the Mediterranean and Black Sea. 38th Session, FAO HQ, May, 2014.
- Fuentes, F. & Massol-Deyá, A. 2002. Manual de Laboratorios: Ecología de Microorganismos. Ed. Univ. de Puerto Rico. Universidad de Puerto Rico. 100 pag.
- Gaston K.J. 1996. Biodiversity: biology of numbers and difference. Blackwell Science. Oxford. 396 pp.
- Gaston, K. J., and J. I. Spicer. 2004. Biodiversity: An Introduction. Blackwell Publishing, Oxford, UK.
- Giangrande, A. 2003. Biodiversity, conservation and the taxonomic impediment. *Aquat. Conserv.*, 13: 451-459.
- Gillibrand P, Gubbins M, Greathead C, Davies I. 2002. Scottish executive locational guidelines for fish farming: predicted levels of nutrient enhancement and benthic impact. *Scottish Fisheries Research Report* 63: 52
- González HE, G. Daneri, JL Iriarte, C. Vargas. 2007. PRODUCCIÓN PRIMARIA Y SU DESTINO EN LA TRAMA TRÓFICA PELÁGICA DEL ESTUARIO RELONCAVÍ, SUR DE CHILE" (CONA-C12F 06-10). *Crucero CIMAR* 12.
- Gowen, R.J., Bradbury, N.B., 1987. The ecological impact of salmonid farming in coastal waters: a review. *Oceanog. Mar. Biol. Ann. Rev.* 25, 563-575.



- Gowen, R.J.; Bradbury, N.B.; Brown, J.R. (1989). The use of simple models in assessing two of the interactions between fish farming and the marine environment, in: De Pauw, N. et al. (Ed.) Aquaculture: a biotechnology in progress: volume 2. pp. 1071-1080. European Aquaculture Society: Bredene, Belgium. ISBN 90-71625-02-8. 597-1222 pp.
- Gray JS y M Elliot. 2009. Ecology of Marine Sediments: From Science to Management. Edition: Second. Publisher: Oxford University Press
- Gray, J. S., R. S., Wu & Y. Y. Or. 2002. Effects of hipoxia and organic enrichment on the coastal marine environment. Marine Ecology Progress Series, Vol 238: 249-279.
- Gray, JS & M. Elliot. 2009. Ecology of Marine Sediments 2nd Edition, from Science to Management. Oxorfd University Press.
- Groffman, PM; Baron, JS; Blett, T; Gold, AJ; Goodman, I; Gunderson, LH; Levinson, BM; Palmer, MA; Paerl, HW; Peterson, CD; Poff, NL; Rejeski, DW; Reynolds, JF; Turner, MG; Weathers, KC; Wiens, J. 2006. Ecological Thresholds: The Key to Successful Environmental Management or an Important Concept with No Practical Application?. Ecosystems 9(1):1-13.
- Guzmán D. y Silva N. 2002. Caracterización física y química y masas de Agua en los canales australes de chile entre boca del Guafo y golfo elefantes (Crucero CIMAR Fiordo 4). Cienc. Tecnol. Mar, 25 (2):45-76.
- Hammer, Ø., Harper, D.A.T., and P. D. Ryan, 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. Palaeontologia Electronica 4(1): 9pp.
- Hargrave BT (2010) Empirical relationships describing benthic impacts of salmon aquaculture. Aquacult Environ Interact 1:33-46
- Hargrave BT, Holmer M, Newcombe CP (2008) Toward a classification of organic enrichment in marine sediments based on biogeochemical indicators. Mar Pollut Bull 56: 810-824.
- Holmer M. D. J. Wildish, B.T. Hargrave. 2005. Organic Enrichment from Marine Finfish Aquaculture and Effects on Sediment Biogeochemical Processes. n book: Environmental Effects of Marine Finfish Aquaculture
- Jacob BG; FJ Tapia; G Daneri; JL Iriarte; P Montero; M Sobarzo & R.A. Quiñones. 2014. Springtime size-fractionated primary production across hydrographic and PAR-light gradients in Chilean Patagonia (41-50°S). Volume 129, Part A, 75-84



- Johansson, D., Ruohonen, K., Kiessling, A., Oppedal, F., Stiansen, J.E., Kelly, M., Juell, J.E. 2006. Effect of environmental factors on swimming depth preferences of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and temporal and spatial variations in oxygen levels in sea cages at a fjord site. *Aquaculture* 254: 594-605.
- Jorgensen, BB, 1996. Material Flux in the Sediment. In: Coastal and Estuarine Studies. Bo Jørgensen & Richardson Editor(s).
- Kahneman, D. 2013. Pensar rápido, pensar despacio. Debate, Barcelona 2012. ISBN: 978-84-8306-861-8.
- Karakassis 2013. Environmental interactions and initiatives on site selection and carrying capacity estimation for fish farming in the Mediterranean. Pag 161-170. En: FAO, 2010. Site selection and carrying capacities for inland and coastal quaculture. FAO/Institute of Aquaculture, University of Stirling, Expert Workshop 6-8 December 2010 Stirling, the United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland. Edited by Lindsay G. Ross Trevor C. Telfer Lynne Falconer Doris Soto José Aguilar-Manjarrez.
- Keeley NB, Forrest BM, Crawford C, Macleod CK. 2012. Exploiting salmon farm benthic enrichment gradients to evaluate the regional performance of biotic indices and environmental indicators. *Ecol Indic* 23: 453-466
- Kemp, W. M., Boynton, W. R., Adolf, J. E. et al. (2005). Eutrophication of Chesapeake Bay: historical trends and ecological interactions. *Marine Ecology Progress Series*, 303, 1-29.
- Korpinen S. y E. Bondsdorff. 2015. Eutrophication and hypoxia: Impacts of nutrient and organic enrichment. In book: *Marine Ecosystems*
- Kruskal, W. H., and W. A. Wallis. 1952. Use of ranks in one-criterion variance analysis. *Journal of the American Statistical Association* 47: 583-621.
- Libes, S. 1992; Introduction to Marine Biogeochemistry. 925 pp
- Marin, S.L., Nuñez, R., Borja, A., Muxika, I. 2014. Manual para la Estimación del Índice Biótico AZTI Marine Biotic Index (AMBI) para la Acuicultura en Chile: Muestreo; Análisis, Cálculos e Interpretación. Primera Edición, Editorial Grupo Hexa, Puerto Montt, 52 pp.
- Mayr, E., 2000. The biological species concept. En Q.D. Wheeler y R. Meier, eds., *Species Concepts and Phylogenetic Theory: A Debate*. New York: Columbia University Press, pp.17-29.
- Montero, P., G. Daneri, H.E. González, J.L. Iriarte, F.J. Tapia, L. Lizarraga, N. Sánchez & O. Pizarro. 2011. Seasonal variability of primary production in a fjord ecosystem of the Chilean



- Patagonia: Implications for the transfer of carbon within pelagic food webs. *Cont. Shelf Res.*, 31(3):202–215.
- Moreno, C. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. Vol. 1. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo. Oficina Regional de Ciencia y Tecnología para América Latina y el Caribe de UNESCO y Sociedad Entomológica Aragonesa. Serie Manuales y Tesis SEA. 84 p.
- Muxika, I; Borja, A; Bald, J (2007) Using historical data, expert judgement and multivariate analysis in assessing reference conditions and benthic ecological status according to the European Water Framework Directive. *Marine Pollution Bulletin* 55: 16–29.
- NIVA (1994) Distribution of sediment properties in coastal areas adjacent to fish farms and environmental evaluation of five locations surveyed in October 1993. Final report. Norwegian Institute for Water Research. 45 p.
- Oppedal, F., Juell, J. E., Johansson, D. 2007. Thermoand photoregulatory swimming behaviour of caged Atlantic salmon: implications for photoperiod management and fish welfare. *Aquaculture* 265: 70-81.
- Packard T. T., Healy M. L., Richards F. A., 1971. Vertical distribution of the activity of the respiratory electron transport system in marine plankton, *Limnol. Oceanogr.*, 16, 60-70.
- Palma, S., and Silva N. 2004. Distribution of siphonophores, chaetognaths, euphausiids and oceanographic conditions in the fjords and channels of southern Chile, *Deep Sea Research Vol.II*, No.51, 513-535.
- Pantoja, S., J.L. Iriarte & G. Daneri. 2011. Oceanography of the Chilean Patagonia. *Cont. Shelf Res.*, 31(3):149–153.
- Pearson, T.H. & Rosenberg, R. 1978. Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanography and Marine Biology Annual Review*, 16: 229-311
- Peña, M. A., Katsev, S., Oguz, T., Gildbert, D. 2010. Modeling dissolved oxygen dynamics and hypoxia. *Biogeoscience* 7: 933-957.
- Pérez-Santos, I. 2017. Deep ventilation event during fall and Winter 2015 in the Puyuhuapi Fjord (44.6°S). *Lat. Am. J. Aquat. Res.*, 45(1):223-227.
- Pérez-Santos, I., Garcés-Vargas, J., Schneider, W., Ross, L., Parra, S., & A. Valle-Levinson. 2014. Double diffusive layering and mixing in Patagonian fjords. *Prog. Oceanogr.* <http://dx.doi.org/10.1016/j.pocean.2014.03.012>



- Pérez-Santos, I., N. Mayorga, N. Silva, M. Castillo, P. Montero, W. Schneider, O. Pizarro, N. Ramírez, G. Igor, G. Daneri, A. Valle-Levinson, E. Navarro y A. Mesa. 2017. Determinación de la presencia natural de aguas contenido de oxígeno disuelto, en zonas utilizadas para el cultivo de salmones. Zona norpatagónica chilena. Informe final FIPA N° 2015-07, 205 pp.
- Piazzi, L., G. Pardi, D. Balata, E. Cecchi & F. Cinelli. 2002. Seasonal dynamics of a subtidal North-Western Mediterranean macroalgal community in relation to depth and substrate inclination. *Bot. Mar.* 45: 243-252.
- Pickard, G.L. 1971. Some physical oceanographic features of inlets of Chile. *J. Fish. Res. Bd. Canada*, 28(8):1077-1106.
- POCH. 2013. Aplicación del programa DEPOMOD a centros de cultivo de peces en la Xa Región de los Lagos (primera etapa). Proyecto FIPA.
- Rabalais, N. N., R. J. Diaz, L. A. Levin, R. E. Turner, D. Gilbert, & J. Zhang. 2010. Dynamics and distribution of natural and human-caused hypoxia. *Biogeosciences*, 7, 585-619.
- Rabalais, N. N., R. J. Diaz, L. A. Levin, R. E. Turner, D. Gilbert, & J. Zhang. 2010. Dynamics and distribution of natural and human-caused hypoxia. *Biogeosciences*, 7, 585-619.
- Resolución Exenta N° 3.612-2009 Aprueba Resolución que Fija las Metodologías para Elaborar la Caracterización Preliminar de Sitio (CPS) y la Información Ambiental (INFA). (F.D.O. 06-11-2009).(Con Modificaciones. Res. Ex. N° 3002-2018).
- Resolución Exenta N° 660-2018 Modifica Res. Ex. N° 3.612 de 2009, de esta Subsecretaría que fijó las metodologías para elaborar la caracterización preliminar del sitio (CPS) y la información ambiental. (Publicado en Página Web 21-02-2018) (F.D.O. 27-02-2018).
- Ross L., Arnoldo Valle-Levinson, Iván Pérez-Santos, Fabian Tapia, Wolfgang Schneider. 2015. Baroclinic annular variability of internal motions in a Patagonian Fjord. *Journal of Geophysical Research Ocean*, 120, DOI: 10.1002/2014JC010669.
- Sanchez-Jerez & I. Karakassis, 2012. Allowable Zones of Effect for Mediterranean marine Aquaculture (AZE). FAO-GFCM, 2012. Rome, Italy, 7-9 March 2012.
- Schneider, W., I. Pérez-Santos, L. Ross, L. Bravo, R. Seguel & F. Hernández. 2014. On the hydrography of Puyuhuapi Channel, Chilean Patagonia. *Prog. Ocea-nogr.*, 128: 8-18.
- SEA, 2014 ; Guía para la compensación de biodiversidad. https://sea.gob.cl/sites/default/files/imce/reportes/2016/guia_compensacion_biodiversidad.pdf

- SEPA (Scottish Environmental Protection Agency) (2005) Regulation and monitoring of marine cage fish farming in Scotland, Annex H: method for modelling in-feed antiparasitics and benthic effects. SEPA, Stirling
- Shelford, V.E., 1913. Animal Communities in Temperate North America. University of Chicago Press. EUA. <https://archive.org/details/animalcommunitie00shelrich/page/14/mode/2up?ref=ol&view=theater>
- Shelford, V.E., 1931. Some Concepts of Bioecology. Ecology 12: 455-467.
- Sievers, A.H. 2006. Temperatura y salinidad en canales y fiordos australes. En: N. Silva & S. Palma (eds.), Avances en el conocimiento oceanográfico de las aguas interiores chilenas, desde Puerto Montt a cabo de Hornos. Comité Oceanográfico Nacional Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso, Chile. pp. 31-36.
- Sievers, A.H., Silva, N., 2008. Water masses and circulation in austral Chilean channels and fjords. In: Silva, N., Palma, S. (Eds.), Progress in the Oceanographic Knowledge of Chilean Inner Waters, from Puerto Montt to Cape Horn. Comité Oceanográfico Nacional Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso, Chile, pp. 53-58.
- Silva, N y Calvete, C. 2002. Características oceanográficas físicas y químicas de canales australes chilenos entre el Golfo de Penas y el Estrecho de Magallanes (Crucero Cimar-Fiordo 2). Cienc. Tecnol. Mar, 25 (1): 23-88.
- Silva, N. & C. Vargas. 2014. Hypoxia in Chilean Patagonia Fjords. Prog. Oceanogr., 129: 62-74.
- Silva, N. & E. Quiroga. 2010. Manual de Evaluación de Informes Ambientales de la Acuicultura. Informe Final (Parte 1 de 2 Fundamentos). Escuela de Ciencias del Mar. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. 84 pp.
- Silva, N. & P. Ortiz. 2002. C y N, su distribución y estequiometría, en sedimentos superficiales de la región sur de la zona de fiordos y canales australes de Chile, 52° – 56°S (crucero CIMAR-fiordo 3). Cienc. Tecnol. Mar., 25(1):89-108.
- Silva, N. & R. Prego. 2002. Carbon and nitrogen spatial segregation and stoichiometry in the surface sediments of southern Chilean inlets (41°-56° S). Estuar. Coast. Shelf Sci., 55: 763-775. Montero et al., 2015; pag. 115
- Silva, N. 2006. Oxígeno disuelto, pH y nutrientes en canales y fiordos australes. En: Avances en el conocimiento oceanográfico de las aguas interiores chilenas, Puerto Montt a cabo de Hornos. N. Silva & S. Palma (eds.), Comité Oceanográfico Nacional - Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso, pp. 37-43.



- Silva, N., C.A. Vargas & R. Prego. 2011. Land-ocean distribution of allochthonous organic matter in surface sediments of the Chiloé and Aysén interior seas (Chilean Northern Patagonia). *Cont. Shelf Res.*, 31(3):330-339.
- Silva, N. & S. Palma (eds.). 2006. Avances en el conocimiento oceanográfico de las aguas interiores chilenas, Puerto Montt a cabo de Hornos. Comité Oceanográfico Nacional - Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso.
- Sistema de Evaluación Ambiental (SEA). 2015. Guía de evaluación de impacto ambiental efectos adversos sobre recursos naturales renovables. Servicio de Evaluación Ambiental, 58 pag.
- Sistema de Evaluación Ambiental (SEA). 2015. Guía para la compensación de la biodiversidad en el SEIA. Servicio de Evaluación Ambiental, 40 pag.
- Sistema de Evaluación Ambiental (SEA). 2017. Guía sobre el Área de Influencia en el SEIA, 50 pag.
- Somerfield, P. J., Clarke, K. R., Warwick, R. M., and Dulvy, N. K. 2008. Average functional distinctness as a measure of the composition of assemblages. – *ICES Journal of Marine Science*, 65: 1462-1468.
- Soto y Noramuena, 2004; Evaluation of salmon farming effects on marine systems in the inner seas of southern Chile: A large-scale mensurative experiment. *Journal of Applied Ichthyology* 20(6):493 - 501
- Spellerberg, I. F. 1991. *Monitoring Ecological Change*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Taucher, 2014. *Bioestadística*. Editorial Universitaria.
- Torrence and Compo, 1998. A practical guide to wavelet analysis, *Bull. Am. Meteorol. Soc.* 79 (1), 61-78.
- Upla (2002) Antecedentes técnico-científicos para la generación de la norma de calidad secundaria de sedimentos marinos y lacustres. Universidad de Plana Ancha, Comisión Nacional del Medio Ambiente. 528 p.
- Vaquar-Sunyer R. and C. M. Duarte. 2008. Thresholds of hypoxia for marine biodiversity. *PNAS*, vol. 105 N° 40, 15452-15457.
- Vivanco, M. 1999. *Análisis Estadístico Multivariable, Teoría y Práctica*. Editorial Universitaria, Santiago de Chile. 234.



Warwick R.M., Clarke K.R. 1994. Relearning the ABC: taxonomic changes and abundance/biomass relationships in disturbed benthic communities, *Marine Biology*, 1994, vol. 118 (pg. 739-744).

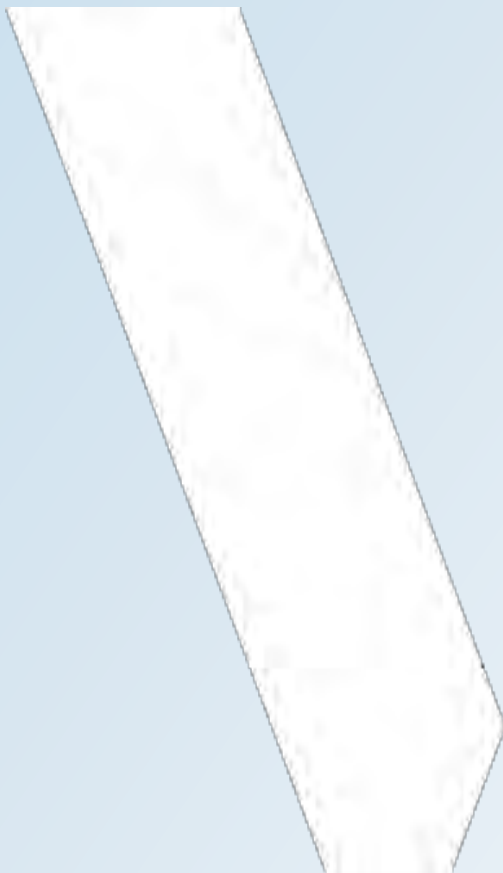
Warwick R.M., K.R. Clarke, P.J. Somerfield. 2010. Exploring the marine biotic index (AMBI): variations on a theme by Ángel Borja. *Marine Pollution Bulletin* 60 (2010) 554–559.

Whittaker RH (1972) Evolution and measurement of species diversity. *Taxon* 21: 213–251.

Zhang J., D. Gilbert, A. J. Gooday, L. Levin, S. W. A. Naqvi, J. J. Middelburg, M. Scranton, W. Ekau, A. Peña, B. Dewitte, T. Oguz, P. M. S. Monteiro, E. Urban, N. N. Rabalais, V. Ittekkot, W. M. Kemp, O. Ulloa, R. Elmgren, E. Escobar-Briones, and A. K. Van der Plas. 2010. Natural and human-induced hypoxia and consequences for coastal areas: synthesis and future development. *Biogeosciences*, 7, 1443–1467

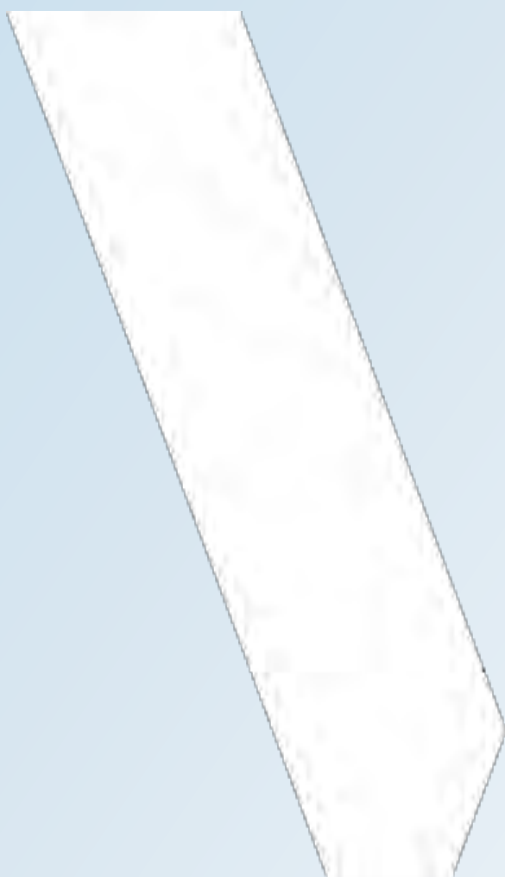
ANEXOS

A Aspectos Generales del proyecto



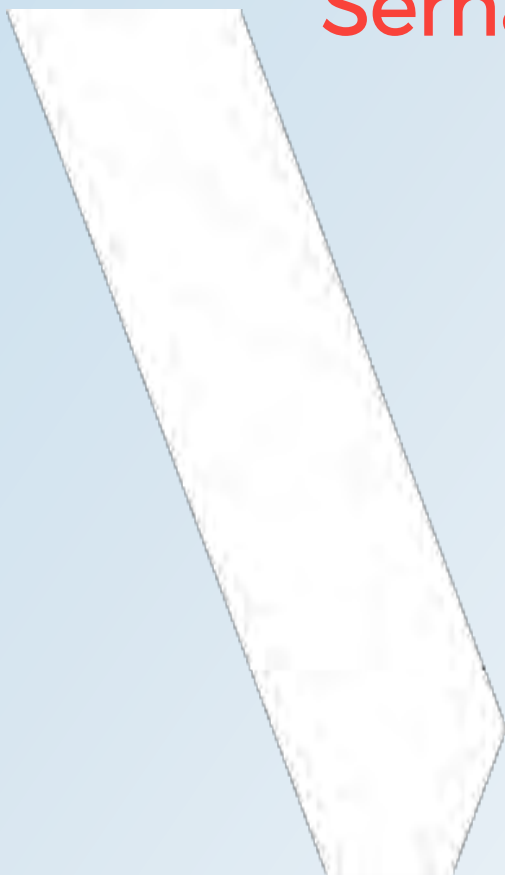
ANEXOS

B Taller de expertos



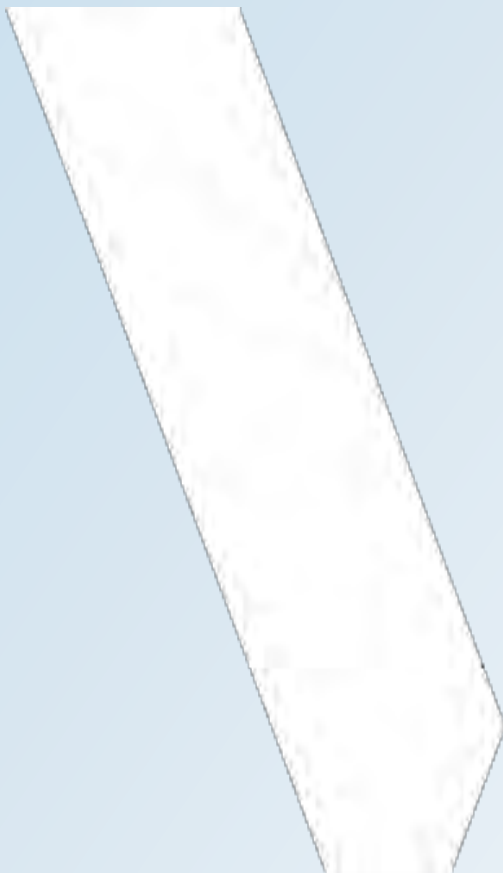
ANEXOS

C Reunión de Consenso con Subpesca y Sernapesca



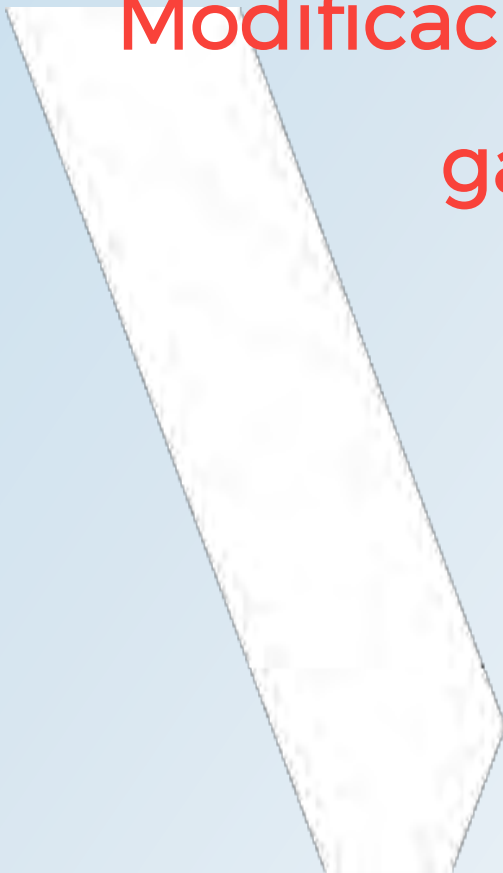
ANEXOS

D Resultados Campaña 1 y 2 y Base de Datos



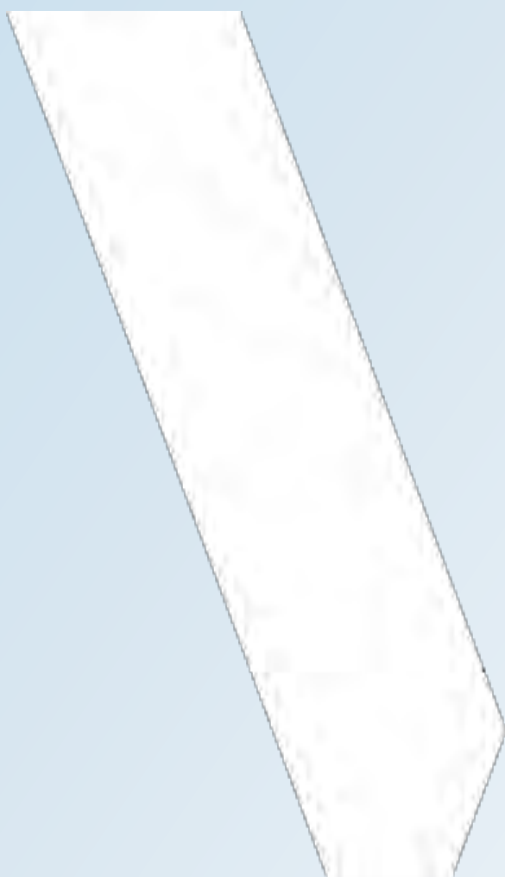
ANEXOS

E Autorización de Modificación de Carta gantt

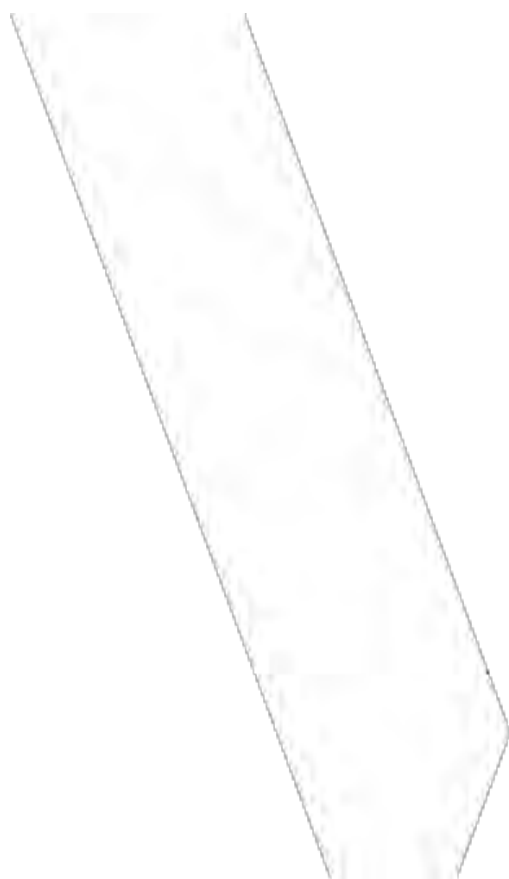


ANEXOS

F Personal participante por actividad

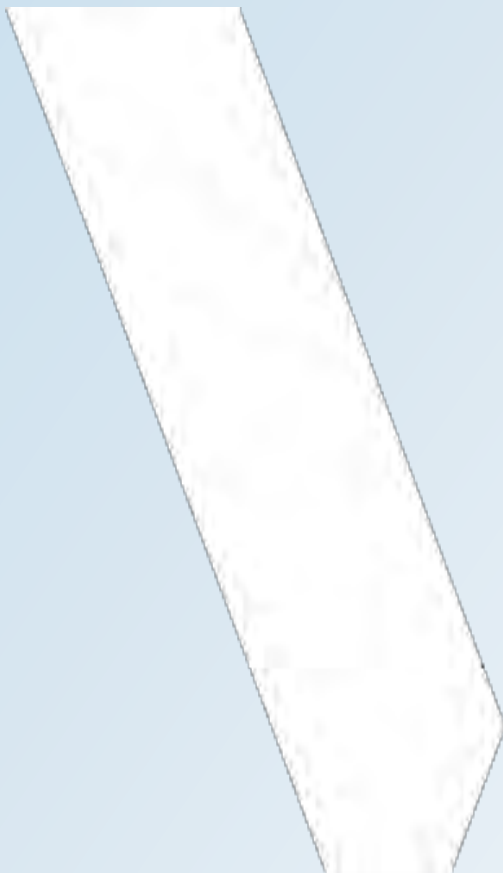


ANEXOS

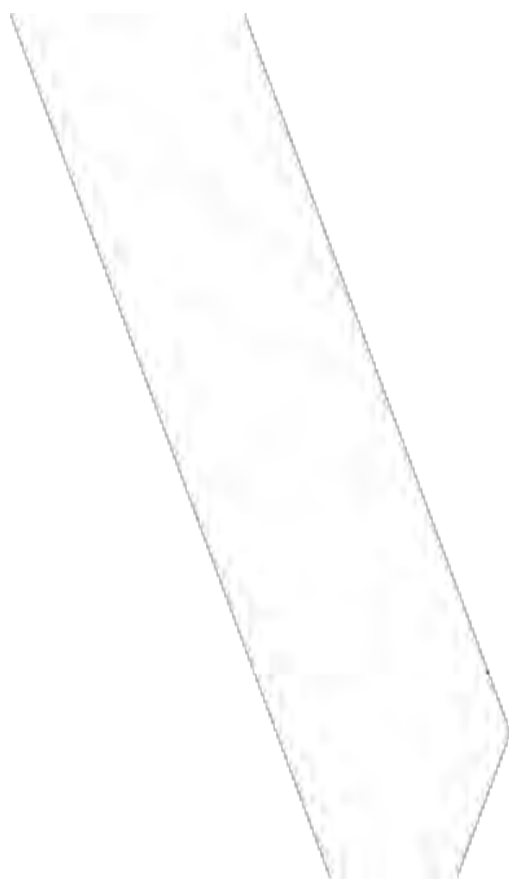


ANEXOS

G Información de modelos

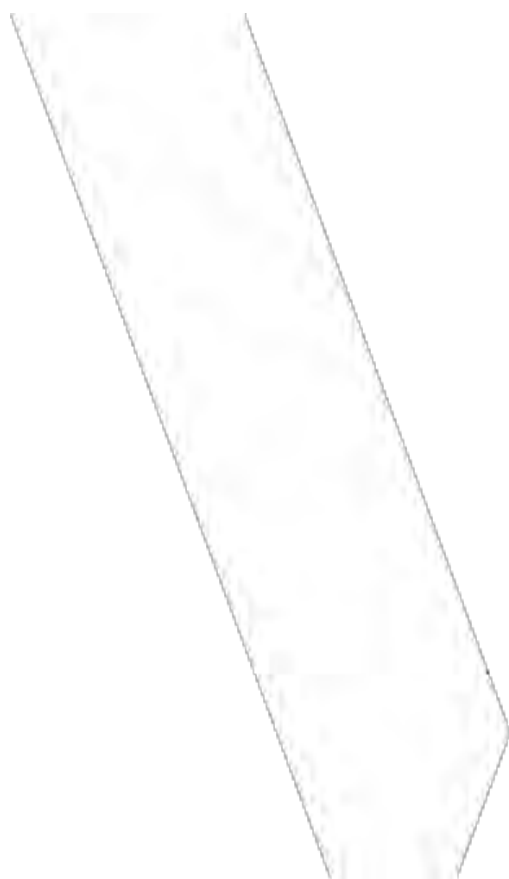


ANEXOS



H Análisis comparativo de perfiles de oxígeno

ANEXOS



ANEXOS



TALLER FINAL

ANEXOS

