

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR Y GEOGRAFÍA
ESCUELA DE CIENCIAS DEL MAR
Casilla 1020. Valparaíso, Chile



PROYECTO FIP N° 2014-76

**“MODELO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE SEGUIMIENTO Y
VIGILANCIA DE MAREA ROJA AL SISTEMA DE INFORMACION GEOGRAFICA
DE LA SUBSECRETARIA DE PESCA Y ACUICULTURA”**

INFORME FINAL (Corregido)

Valparaíso, 17 Junio de 2016



TITULO DEL PROYECTO	: MODELO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE SEGUIMIENTO Y VIGILANCIA DE MAREA ROJA AL SISTEMA DE INFORMACION GEOGRAFICA DE LA SUBSECRETARIA DE PESCA Y ACUICULTURA
REQUIRENTE	: Consejo del Fondo de Investigación Pesquera Proyecto FIP N° 2014-76
UNIDAD EJECUTORA	: Pontificia Universidad Católica de Valparaíso Facultad de Ciencias del Mar y Geografía Escuela de Ciencias del Mar Avda. Altamirano 1480, Valparaíso, Chile
JEFE DE PROYECTO	: Claudio Silva Gallinato Escuela de Ciencias del Mar Fono (56) (32) 274250 E-mail: claudio.silva@pucv.cl

EQUIPO DE TRABAJO

Investigadores

Claudio Silva - Jefe de Proyecto, Modelación SIG y Teledetección Ambiental

Eleuterio Yáñez - Teledetección Ambiental y Modelación SIG, Biología y Oceanografía
Pesquera

Viviana Vargas - Procesamiento y modelación SIG, teledetección, capacitación

Co-investigadores

Jaime Aguilera - Procesamiento y modelación de datos, SIG, teledetección, capacitación

José Lastra - Procesamiento y modelación de datos, SIG, teledetección, capacitación

Felipe Sánchez - Procesamiento bases de datos modelación redes neuronales

RESUMEN EJECUTIVO

El presente Informe Final del Proyecto FIP N°2014-76 “Modelo e implementación de un sistema de seguimiento y vigilancia de marea roja al sistema de información geográfica de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura”, contiene los resultados y actividades que dan cuenta de los objetivos específicos estipulados en los Términos Básicos de Referencia y a la planificación incluida en la Oferta Técnica del proyecto.

Se construyó (conceptual y flujo) un modelo de sistematización de información compatible con el Sistema de Información Geográfica (SIG) ArcGIS implementado en la SUBPESCA, orientado al seguimiento automatizado de ocurrencia de FAN, considerando los rangos de corte de abundancia relativa establecidos en el REPLA. Primero, SUBPESCA hizo la entrega de las planillas de datos en formato Excel (*.xls) del Programa de Marea Roja el 29 de Diciembre de 2014, las que corresponden a información biológica y ambiental mensual de 88 estaciones de muestreo de la X y XI Regiones que abarcan el período 2006 al 2013. Las planillas son estructuradas y normalizadas y se elaboran planillas Excel normalizadas para cada una de las variables por crucero. En este informe se entregan en DVD las planillas Excel normalizadas. La abundancia relativa y densidades corresponden a las principales especies más nocivas como *Alexandrium catenella*, *Dinophysis acuminata* y *Dinophysis acuta*. El modelo REPLA es un conjunto de modelos generados para trabajar ciertas variables biológicas y ambientales de interés indicadas por parte de los profesionales de Subpesca en las Reuniones de coordinación. Se entrega el modelo conceptual REPLA y los diagrama de flujo de los modelos de las variables de interés. Las variables corresponden a: abundancia relativa para *Alexandrium catenella*, *Dinophysis acuminata*, *Dinophysis acuta*, temperatura ambiente, temperatura del mar, clorofila, salinidad, viento (dirección y velocidad) y toxinas (VDM, VAM, VPM). El modelo REPLA se desarrolla como un Toolbox del SIG ArcGIS que integrar dentro de su estructura los modelos de espacialización de los datos de las diversas variables independientes entre sí. Para esto se considera una estructura propia para las bases de datos de entrada de cada variable y que cada modelo opere sobre la referencia espacial de las estaciones de monitoreo (shape entregado por SUBPESCA) generadas en el proceso de revisión de datos. Se elaboraron los modelos en la plataforma ModelBuilder de

ArcGIS. El modelo contempla la entrada de los datos mediante una planilla Excel en formato *.xls los cuales deben ser ingresados de acuerdo a los datos de interés y al modelo específico a trabajar. De este modo, la herramienta dispone de funciones que generan a partir de los datos de las variables dos posibles archivos de salida: vectores o raster. Las salidas vectoriales se encuentran asociadas a la representación puntual de las variables mientras que las salidas raster consideran la interpolación de los datos puntuales con técnicas geoestadísticas como el Ordinary Kriging que utiliza un modelo de semivariograma para la obtención de datos. De esta manera se construyó un modelo conceptual de cómo se integran las bases de datos proporcionadas por el programa y como migrar la información desde un archivo Excel a una representación digital y espacial adecuada de las mismas en el SIG ArcGIS compatible con el visualizador institucional. Con las salidas del modelo REPLA se desarrollan productos cartográficos.

Se procesaron las diversas tablas de datos del Programa de Marea Roja entregadas por SUBPESCA para el período 2006 a 2013, las cuales fueron estructuradas, concatenadas, integradas y depuradas para dejarlas en el formato necesario para hacer los análisis estadísticos y modelos multivariados de relaciones biológicas y ambientales. Estos modelos matemáticos geoespaciales de pronóstico de ocurrencia de FAN, se basan en las relaciones estadísticas entre la abundancia de especies de algas nocivas tóxicas y concentración de toxinas con variables ambientales predictoras como temperatura, salinidad, concentración de clorofila, oxígeno disuelto del agua y velocidad del viento. El modelo se conceptualiza en un diagrama que detalla los mayores factores ambientales que determinan la ocurrencia de FAN y características de las zonas marinas (estuarios, fiordos, canales, islas) de la X-XI Regiones. Se presenta como resultado el enfoque metodológico paso a paso para la modelación multivariada de relaciones con dos enfoques estadísticos innovadores como las redes neuronales artificiales (RNA) para series temporales y modelos generalizados (GAM: generalised additive models, GLM: general linear models) para series espacio-temporales utilizando los datos históricos del Programa de Monitoreo de Marea Roja (PMMR) estructurados al formato necesario. Dado que no existen series temporales continuas por estación y éstas tienen muchos vacíos o baches de información, se tuvo que identificar las estaciones más representativas y agruparlas para construir series temporales continuas y

robustas. Para de identificar las estaciones más representativas, se realizó un análisis de componentes principales (ACP) de la abundancia relativa de *Alexandrium catenella* de las distintas estaciones de muestreo. El ACP muestra muy bien la separación de las estaciones por Región, agrupando las estaciones de Los Lagos en los componentes 1 y 4 y las de Aysén en los componentes 2 y 3. Dado lo anterior se desarrollan 2 modelos RNA de abundancia relativa de *A. catenella*, uno para la Región de Aysén y otro para la Región de Los Lagos. Después de los análisis previos de los datos (correlación bivariada, ACP, correlaciones cruzadas) se contruyen y validan los modelo RNA para la Región de Aysén y Los Lagos. Para Aysén se selecciona el modelo con una arquitectura 4:05:1; es decir, 4 nodos en la capa de entrada, 5 nodos en la capa oculta y 1 nodo en la capa de salida. Las variables predictoras utilizadas para la modelación son oxígeno0-10, temperatura0-10, salinidad0-10, clorofila0-10 y magnitud de vientos. La validación externa entre la abundancia observada y la estimada para Aysén indica una relación con un $R^2 = 0.69$. Para Los Lagos se ajusta un modelo RNA con un diseño 5:03:1, utilizando las mismas variables predictoras y logrando una relación entre el observado y el valor pronosticado igual a R^2 de 0.55. Se desarrolla una semiautomatización de los modelo RNA indicando el paso a paso y utilizando como plan piloto las series temporales ambientales y de abundancia hasta Octubre 2013 con el fin de pronosticar la abundancia para Noviembre 2013 (Mes "0"). Al comparar lo pronosticado con lo observado en noviembre 2013 se puede observar bajas diferencias, por lo cual demuestra una buena respuesta del modelo. Se entregan las bases de datos Excel utilizadas en la modelación con RNA.

Utilizando las series espacio-temporales del PMMR se desarrollaron 4 modelos generalizados, uno para abundancia absoluta de *A. catenella* y 3 de abundancia relativa (*A. catenella*, *D. acuminata* y *D. acuta*). Los datos ambientales incluyen mes, latitud, longitud, oxígeno0-10, temperatura0-10, salinidad0-10, clorofila0-10 y magnitud de vientos. En la primera fase de la modelación multivariada de series espacio-temporales realizadas en este proyecto o plan piloto, se usan los modelos GAM como herramienta exploratoria para identificar las relaciones funcionales entre abundancia y ambiente. Estas relaciones son parametrizadas usando GLM para proveer de una herramienta robusta de predicción. Con este enfoque de modelación, las variables ambientales explican el 37.4% de la variación de

la abundancia absoluta de *A. catenella*, 30.6% de la abundancia relativa de *A. catenella*, 35.8% de la abundancia relativa de *D. acuminata* y 49.6% de la abundancia relativa de *D. acuta*. Los modelos consideran como inputs la información temporal (mes), geográfica o espacial (latitud, longitud) y las salidas de variables interpoladas del modelo REPLA como clorofila a 0-10 m, temperatura 0-10 m, salinidad 0-10 m, oxígeno disuelto 0-10 m y la magnitud del viento. La automatización de los modelos se basa en la elaboración de 3 herramientas o Toolbox (Pred_AR_catenella.tbx, Pred_AR_acuminata.tbx y Pred_AR_acuta.tbx) en ArcGIS, que integran dentro de su estructura los modelos y ecuaciones de predicción de abundancia relativa de *A. catenella*, *D. acuminata* y *D. acuta* en función de variables predictoras. Se entregan las bases de datos Excel utilizadas en la modelación con GAM/GLM.

Se presenta como resultado el enfoque metodológico paso a paso necesario para la adquisición, procesamiento y generación de productos ambientales de imágenes MODIS, VIIRS y LANDSAT8. Se procesaron con los software SEADAS 7.1 y ENVI 5.2 un total de 305 imágenes MODIS, 88 VIIRS y 13 LANDSAT8. Se realizó un análisis comparativo entre las imágenes de clorofila MODIS/VIIRS de 2012 con la información de los muestreos del PMMR aplicando la extensión Spatial Analyst de ArcGIS 10.2. El análisis comparativo de clorofila *a* para el año 2012 demuestra que los valores de clorofila satelital son mayores a los observados por los cruceros del PMMR. Sin embargo, al considerar sólo los valores menores a 10 mg/m³ se rescatan 66 datos obteniéndose el mejor ajuste ($R^2 = 78.8\%$) entre la clorofila satelital MODIS/VIIRS y la clorofila *in situ* promedio entre 0 y 10 m. Se explora la estimación de parámetros ambientales de imágenes LANDSAT8 OLI/TIRS, obteniéndose buenos ajustes (R^2) en las simulaciones de productos como batimetría, clorofila y temperatura superficial del mar. Se realizó un análisis comparativo entre las imágenes LANDSAT 8 y las imágenes MODIS/VIIRS. El análisis comparativo de temperatura superficial del mar para el año 2012 demuestra que los valores LANDSAT8 son mayores a los registrados por MODIS. Los datos extraídos se ordenan y se eliminan los registros anómalos que están asociados a nubosidad (considerando una máscara). Con los datos filtrados se obtuvo un buen ajuste ($R^2 = 0.79$) entre la temperatura del sensor MODIS AQUA L2 y el sensor LANDSAT 8 OLI.

El 15 de enero se adquieren a ESRI Chile las extensiones ArcGIS: Spatial Analyst, Geostatistical y Tracking Analyst. El 23 de enero se reciben las extensiones y se envían y recepcionan en la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura. Adicionalmente, el 10 de marzo se adquieren a ESRI Chile la licencia del software ENVI 5. El 13 de marzo se recibe el software y se envía y recepciona en la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura.

El Modelo REPLA en el cual se generan los productos de información en formato vectorial (puntos) y raster (Raster dataset), tiene como salida los distintos productos cartográficos que se integran a la Geodatabase de la Unidad de Acuicultura de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, específicamente la Unidad de Ordenamiento Territorial. Así mismo, en las distintas reuniones de coordinación que se han desarrollado en la ejecución de este proyecto se ha estipulado los formatos de salida de la cartografía del REPLA (en especial los raster). Se desarrollaron e implementaron productos cartográficos para el visualizador WMS institucional, actualmente vía Intranet debido a que la visualización vía Internet está en etapa de desarrollo por una consultora externa. Además, se desarrollaron e implementaron productos cartográficos en ArcMap para una visualización e impresión vía desktop, para ello se acordaron los estándares respecto de la representación cartográfica de las distintas variables. Finalmente y debido a la falta de licencia para la subida de archivos raster al visualizador institucional, se desarrollaron e implementaron productos cartográficos raster en una plataforma o aplicación Web generada a partir de ArcGis Online.

El curso de capacitación "Análisis espacial de datos geográficos para el monitoreo de recursos naturales del medio ambiente marino" se diseñó y coordinó en conjunto con la Unidad de Ordenamiento Territorial de la División de Acuicultura de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura. Para tal efecto, se realizaron dos reuniones, una de presentación y coordinación del proyecto y otra donde se presentó y consensuó el programa final del curso. El curso impartido contempló 50 horas presenciales, 10 alumnos y contiene 6 unidades temáticas (expositiva y de laboratorios computacionales) repartidas en 13 semanas con clases los días miércoles o viernes en la mañana, partiendo el viernes 13 de marzo y terminando el 5 de junio. La capacitación fue realizada en forma exitosa durante las 13 jornadas contando con el soporte del Aula Virtual de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso

(<http://fc.aulavirtualpucv.cl/>), lo que permitió potenciar las prácticas educativas y los procesos de enseñanza y aprendizaje con el uso de tecnologías TICs con el objetivo de incorporar espacios virtuales como apoyo al curso y como una garantía de soporte por 3 meses después de terminado el proyecto. Se elaboró en formato PDF el Manual de Capacitación. El curso está certificado y se entregaron los certificados a los alumnos. De los 10 alumnos 8 aprobaron el curso.

Finalmente, se realizó un Taller de Difusión en el mes de marzo del presente año, convocando un total de 20 profesionales de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, del Servicio Nacional de Pesca, y Académicos e Investigadores de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. En una jornada de cuatro horas se mostraron los resultados del proyecto y se discutieron diferentes aspectos relacionados con la Marea Roja, su investigación y los desafíos futuros que implican su estudio. El Taller contó con las intervenciones de funcionarias de la SUBPESCA quienes entregaron los antecedentes generales y contextualizaron la temática para continuar con las presentaciones de los resultados por objetivo de investigación por parte del Consultor.

ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCION	1
<i>1.1. Objetivo general.....</i>	<i>5</i>
<i>1.2. Objetivos específicos</i>	<i>5</i>
2. ANTECEDENTES	6
2.1. Monitoreo de algas nocivas.....	6
2.2. Impactos negativos de las FAN.....	7
2.3. Eutrofización (enriquecimiento de nutrientes en ecosistemas).....	8
2.4. Detección y monitoreo de FAN con imágenes satelitales multiespectrales	10
3. METODOLOGÍA.....	12
3.1. Objetivo específico 1. Diseñar e implementar un modelo de sistematización de información compatible con el Sistema de Información Geográfica implementado en la SUBPESCA, orientado al seguimiento automatizado de ocurrencia de un FAN, considerando los rangos de corte de abundancia relativa establecidos en el REPLA.	12
3.1.1. Área de Estudio.....	12
3.2. Objetivo específico 2. Diseñar e implementar un modelo metodológico de análisis geoespacial que relacione las variables biológicas, oceanográficas y meteorológicas recogidas por el Programa de Marea Roja que permita prospectar la ocurrencia de FAN y estimar el área de influencia de estos.	16
3.3. Objetivo específico 3. Complementar y contrarrestar la información de las variables oceanográficas de las estaciones de muestreo a través del uso de imágenes multiespectrales.	19
3.3.1. Obtención de imágenes satelitales	20
3.3.1.1. Satélite Aqua sensor Modis	20
3.3.1.2. Satélites LANDSAT	21
3.3.2. Procedimiento para descargar imágenes	24
3.3.3. Procesamiento de las imágenes satelitales.	27
3.3.4. Uso de Herramientas de Spatial Analyst de Arcgis 10.2 para la comparación de información satelital y de estaciones de muestreo.....	28
3.3.4.1. Extracción de valores en zona de estudio	29
3.3.4.2. Análisis por zona	30
3.4. Objetivo específico 4. Proporcionar extensiones compatibles con el actual Sistema de Información Geográfica y otras herramientas tecnológicas para el desarrollo práctico del modelo solicitado.....	33
3.5. Objetivo específico 5. Asesorar en la creación de productos cartográficos relacionados con la temática de estudio para su publicación como servicio de mapa en el Visualizador Institucional.	34

3.6. Objetivo específico 6. Instalar las capacidades técnicas en los profesionales que serán los responsables de administrar y procesar el sistema de automatización solicitado.	37
--	-----------

4. RESULTADOS Y DISCUSION38

4.1. Objetivo específico 1. Diseñar e implementar un modelo de sistematización de información compatible con el Sistema de Información Geográfica implementado en la SUBPESCA, orientado al seguimiento automatizado de ocurrencia de un FAN, considerando los rangos de corte de abundancia relativa establecidos en el REPLA.	38
---	-----------

4.1.1. Entrega de datos.....	38
4.1.2. Revisión de información.....	41
4.1.3. Estructuración y normalización de las planillas Excel.....	42
4.1.4. Revisión de tablas normalizadas.....	46
4.1.5. Observaciones sobre las planillas Excel originales no normalizadas.....	48
4.1.6. Elaboración y cambio de Toolbox.....	50
4.1.7. Áreas de interpolación.....	55
4.1.8. Modelo de abundancia relativa.....	60
4.1.9. Modelos de Interpolación.....	65
4.1.9.1. Modelo de temperatura ambiente.....	67
4.1.9.2 Modelo de Temperatura del Mar.....	74
4.1.9.3 Modelo de vientos.....	78
4.1.9.4. Modelo de clorofila.....	82
4.1.9.5 Modelo de salinidad.....	88
4.1.9.6. Modelo de Toxinas.....	94
4.1.9.7. Modelo de oxígeno disuelto.....	100
4.1.10. Observaciones Generales.....	107
4.1.11. Migración de la información.....	108
4.1.11.1. Geodatabase consolidada.....	110
4.1.11.2. Geodatabase con información exploratoria.....	116

4.2. Objetivo específico 2. Diseñar e implementar un modelo metodológico de análisis geoespacial que relacione las variables biológicas, oceanográficas y meteorológicas recogidas por el Programa de Marea Roja que permita prospectar la ocurrencia de FAN y estimar el área de influencia de estos.	117
--	------------

4.2.1. Concatenación.....	119
4.2.1.1. Automatización de la concatenación.....	121
4.2.1.2. Integración de tablas.....	124
4.2.1.3. Automatización de la integración de tablas.....	130
4.2.1.4. Depuración de la tabla integrada.....	133
4.2.1.5. Automatización de la depuración de la tabla integrada.....	134
4.2.2. Modelación con Redes Neuronales Artificiales (RNAs).....	136
4.2.2.1. Análisis previo de los datos a modelar.....	137
4.2.2.1.1. Análisis de correlación y componentes principales.....	137
4.2.2.1.2. Análisis de correlación cruzada no-lineal.....	138
4.2.2.1.3. Suavizado de los datos.....	139
4.2.2.2. Aplicación de las RNAs.....	139
4.2.2.3. Medidas de precisión aplicadas en la fase de validación del modelo.....	140
4.2.2.4. Modelo de RNA de la abundancia relativa de A. catenella.....	142
4.2.2.4.1. Identificación de las estaciones más representativas de la abundancia relativa de Alexandrium catenella.....	142
4.2.2.4.2. Modelo RNA de abundancia relativa de A. catenella: Región de Aysén.....	144
4.2.2.4.2.1. Series temporales utilizadas en el modelo RNA de la Región de Aysén.....	145
4.2.2.4.2.2. Análisis previo de los datos a modelar: Región de Aysén.....	147
4.2.2.4.2.2.1. Análisis de correlación: Región de Aysén.....	148
4.2.2.4.2.2.2. Análisis de componentes principales (ACP): Región de Aysén.....	148

4.2.2.4.2.2.3. Correlaciones cruzadas: Región de Aysén.....	149
4.2.2.4.2.3. Construcción y validación del modelo de abundancia relativa de <i>Alexandrium catenella</i> con redes neuronales artificiales Región de Aysén.....	150
4.2.2.4.2.3.1. Estructura de la planilla de datos: Región de Aysén.....	150
4.2.2.4.2.3.2. Medidas de precisión aplicadas en la fase de validación del modelo: Región de Aysén.....	150
4.2.2.4.2.4. Semiautomatización del modelo RNA de abundancia relativa de <i>A. catenella</i> : Región de Aysén.....	152
4.2.2.4.3. Modelo RNA de abundancia relativa de <i>A. catenella</i> : Región de Los Lagos.....	161
4.2.2.4.3.1. Series temporales de variables utilizadas en el modelo para la región de Los Lagos.....	161
4.2.2.4.3.2. Análisis previo de los datos modelados: Región de Los Lagos.....	163
4.2.2.4.3.2.1. Análisis de correlación: Región de Los Lagos.....	164
4.2.2.4.3.2.2. Análisis de componentes principales (ACP): Región de Los Lagos.....	164
4.2.2.4.3.2.3. Correlaciones cruzadas: Región de Los Lagos.....	165
4.2.2.4.3.3. Construcción y validación del modelo de abundancia relativa de <i>Alexandrium catenella</i> con redes neuronales artificiales para Región de Los Lagos.....	166
4.2.2.4.3.3.1. Estructura de la planilla de datos: Región de Los Lagos.....	166
4.2.2.4.3.3.2. Medidas de precisión aplicadas en la fase de validación del modelo.....	167
4.2.2.4.3.4. Semiautomatización del modelo RNA de abundancia relativa de <i>A. catenella</i> : Región de Los Lagos.....	169
4.2.3. Modelación con Modelos Generalizados.....	171
4.2.3.1. Modelo de predicción de abundancia absoluta de <i>Alexandrium catenella</i>	172
4.2.3.1.1. Modelos aditivos generalizados (GAM).....	175
4.2.3.1.2. Modelos lineales generalizados (GLM).....	181
4.2.3.1.3. Automatización del modelo de abundancia absoluta de <i>A. catenella</i> en ArcGIS e integración con las salidas del modelo REPLA.....	185
4.2.3.2. Modelo de predicción de abundancia relativa de <i>Alexandrium catenella</i> , <i>Dinophysis acuminata</i> y <i>Dinophysis acuta</i>	191
4.2.3.2.1. Modelos aditivos generalizados (GAM).....	191
4.2.3.2.2. General Lineal Model (GLM).....	196
4.2.3.2.3. Automatización de modelos de predicción de abundancia relativa de <i>A. catenella</i> , <i>D. acuminata</i> y <i>D. acuta</i> en ArcGIS e integración con las salidas del modelo REPLA.....	199
4.3. Objetivo específico 3. Complementar y contrarrestar la información de las variables oceanográficas de las estaciones de muestreo a través del uso de imágenes multiespectrales.	205
4.3.1. Imágenes satelitales MODIS y VIIRS.....	206
4.3.1.1. Acceso a Información.....	206
4.3.1.2. Procesamiento de la información.....	209
4.3.1.2.1. SEADAS 7.1.....	210
4.3.1.2.2. ARCGIS 10.2.....	213
4.3.2. Extracción de información para su posterior comparación: uso de herramientas de Spatial Analyst de ArcGIS 10.2.....	214
4.3.3. Comparación de información de Cruceros de Monitoreo y datos satelitales MODIS/VIIRS.....	217
4.3.4. Imágenes Landsat 8 OLI/TIRS.....	222
4.3.4.1. Estimación de parámetros ambientales de imágenes Landsat 8 OLI/TIRS.....	223
4.3.4.1.1. Calibración a radianza espectral.....	223
4.3.4.1.2. Corrección atmosférica: estimación de reflectancia espectral.....	224
4.3.4.1.3. Generación de batimetría de Landsat 8 OLI/TIRS.....	228
4.3.4.1.4. Estimación de la temperatura superficial del mar de Landsat 8 OLI/TIRS.....	233
4.3.4.1.5. Estimación de la concentración de clorofila Landsat 8 OLI/TIRS.....	237
4.3.5. Comparación de información satelital MODIS/LANDSAT 8.....	240
4.4. Objetivo específico 4. Proporcionar extensiones compatibles con el actual Sistema de Información Geográfica y otras herramientas tecnológicas para el desarrollo práctico del modelo solicitado.	245
4.5. Objetivo específico 5. Asesorar en la creación de productos cartográficos relacionados con la temática de estudio para su publicación como servicio de mapa en el Visualizador Institucional.	246

4.5.1. Productos cartográficos en el visualizador institucional	247
4.5.2. Productos cartográficos en ArcMap.....	250
4.5.3 Productos cartográficos en plataforma ArcGis Online	252
4.6. Objetivo específico 6. Instalar las capacidades técnicas en los profesionales que serán los responsables de administrar y procesar el sistema de automatización solicitado.	255
4.6.1. Programa y calendario del curso de capacitación	256
4.6.2. Aula Virtual	264
4.6.3. Manual del curso de capacitación	268
4.6.4. Certificación del curso	270
5. TALLER DE DIFUSION DE RESULTADOS PROYECTO FIP 2014-76 "Modelo e implementación de un Sistema de Seguimiento y Vigilancia de Marea Roja al Sistema de Información Geográfica de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura" (Anexo 12)	277
5. CONCLUSIONES	279
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	284
ANEXO 1. ACTAS DE ACUERDO REUNIONES.....	288
ANEXO 2. ESTACIONES SUBPESCA	314
ANEXO 3. ESTACIONES ACUMULADAS 2014	319
ANEXO 4. ESTACIONES 2014	323
ANEXO 5. FORMATO ISO 19139	327
ANEXO 6. EJEMPLOS DE PRODUCTOS CARTOGRÁFICOS OBTENIDOS (MODELO REPLA).....	329
ANEXO 7. FACTURA COMPRA EXTENSIONES ARCGIS	333
ANEXO 8. FACTURA COMPRA ENVI 5	336
ANEXO 9. PLAN DE ACTIVIDADES	339
ANEXO 10. RESPUESTA DE ESRI A PREGUNTA SOBRE ARCSDE SUBPESCA ..	341
ANEXO 11. PERSONAL PARTICIPANTE POR ACTIVIDAD.....	344
ANEXO 12. TALLER DE DIFUSIÓN DE RESULTADOS	347

ÍNDICE FIGURAS

Figura 1. Diagrama que sintetiza el proceso de eutrofización.....	8
Figura 2. Cambios biológicos, físicos y químicos que ocurren con la eutrofización	9
Figura 3. Cambios en un medio ambiente marino desde oligotrófico hasta eutrófico.	10
Figura 4. Ejemplo: Servicio de monitoreo de FAN y calidad de agua para el Mar del Norte y Región Skagerak.....	11
Figura 5. Parámetros derivados de imágenes satelitales (SeaWiFS, MODIS) de color del mar.	11
Figura 6. Área de estudio proyecto Fip 2014-76. Fuente: Elaboración Propia, 2015	13
Figura 7. Modelo de sistematización de información espacial (Fuente: Elaboración Propia, 2014, para propuesta técnica del presente proyecto FIP2014-76).....	14
Figura 8. Imagen Landsat 7 ETM+ con el bandeo característico tras la falla del Scan Line Corrector (SLC).....	23
Figura 9. Esquema Metodológico para la comparación de información de variables oceanográficas.	32
Figura 10. Ejemplo de diversas configuraciones de las planillas Excel no normalizadas.....	43
Figura 11. Diagrama de flujo del proceso de estructuración de los datos y como se integra la información para generar una planilla Excel Normalizada.	43
Figura 12. Presentación de tablas originales.	45
Figura 13. Variables en columnas.	45
Figura 14. Filtrado de estaciones.....	46
Figura 15. Presentación de una planilla Excel Normalizada para modelos Multivariables.	47
Figura 16. Modelo conceptual de automatización. Fuente: Elaboración Propia, 2015	51
Figura 17. Estructura Toolbox Modelo FIP 2014-76	52
Figura 18. Polígonos de Thiessen del área de estudio. Fuente: Elaboración propia, 2015.	56
Figura 19. Máscara de Interpolación -Línea de Costa SSPA	58
Figura 20. Máscara área de estudio. Fuente: Elaboración Propia, 2015	59
Figura 21. Ejemplos de errores en base cartográfica IGM 1:50.000	60
Figura 22. Modelo Abundancia Relativa. Fuente: Elaboración Propia, 2015	62
Figura 23. Herramienta y despliegue Abundancia Relativa en ArcMap.....	64
Figura 24. Elaboración de Semivariograma - Modelo de Interpolación de Temperaturas. Fuente: Elaboración Propia, 2015.	68
Figura 25. Nivel de error Modelo Predictivo Temperatura. Fuente: Elaboración Propia, 2015.	70
Figura 26. Modelo de Interpolación de Temperaturas. Fuente: Elaboración Propia, 2015.....	72
Figura 27. Herramienta y despliegue de Temperatura en ArcMap. Fuente: Elaboración Propia, 2015	73
Figura 28. Estructura Modelo de Temperatura del Mar. Fuente: Elaboración Propia, 2015 ...	76
Figura 29. Herramienta y despliegue modelo de Temperatura del Mar. Fuente: Elaboración Propia, 2015.....	77
Figura 30. Modelo de dirección y velocidad del viento. Fuente: Elaboración Propia, 2015. ...	80
Figura 31. Herramienta y despliegue de Velocidad y Dirección del Viento en ArcMap. Fuente: Elaboración Propia, 2015	81
Figura 32. Modelo de clorofila. Fuente: Elaboración propia, 2015.	83

Figura 33. Elaboración de semivariograma - modelo de interpolación de clorofila. Fuente: Elaboración propia, 2015.....	84
Figura 34. Nivel de error Modelo Predictivo Clorofila. Fuente: Elaboración Propia, 2015.	85
Figura 35. Herramienta y despliegue de Concentraciones de Clorofila en ArcMap. Fuente: Elaboración Propia, 2015.	87
Figura 36. Elaboración de Semivariograma - Modelo de Interpolación de Salinidad. Fuente: Elaboración Propia, 2015	88
Figura 37. Nivel de error del modelo predictivo de temperatura. Fuente: Elaboración propia, 2015	90
Figura 38. Modelo de salinidad. Fuente: Elaboración propia, 2015.	92
Figura 39. Herramienta y despliegue de Salinidad en ArcMap. Fuente: Elaboración Propia, 2015	93
Figura 40. Modelo de Toxinas VDM para especies Centinelas.	95
Figura 41. Herramienta y despliegue de Toxinas VDM para especies Centinelas en ArcMap. Fuente: Elaboración Propia, 2015	96
Figura 42. Modelo de Toxinas VAM-VPM para especies Centinelas	98
Figura 43. Herramienta y despliegue de Toxinas VAM-VPM para especies Centinelas en ArcMap. Fuente: Elaboración Propia, 2015.	99
Figura 44. Elaboración de Semivariograma - Modelo de Interpolación de Salinidad. Fuente: Elaboración Propia, 2015.	101
Figura 45. Nivel de error Modelo Predictivo de Oxígeno disuelto. Fuente: Elaboración Propia, 2015.	103
Figura 46. Modelo de Interpolación de Oxígeno disuelto. Fuente: Elaboración Propia, 2015.	105
Figura 47. Herramienta y despliegue de Oxígeno disuelto en ArcMap. Fuente: Elaboración Propia, 2015.....	106
Figura 48. Modelo conceptual generación GDB de archivos.....	110
Figura 49. Modelo de conversión y migración de bases de información *.xls.	114
Figura 50. Herramienta de importación automática a GDB.	115
Figura 51. Diagrama conceptual detallando los mayores factores que determinan la ocurrencia de Floraciones de Algas Nocivas (FAN) y características de las zonas marinas (estuarios, fiordos, canales, islas) de la X-XI Regiones.....	117
Figura 52. Diagrama de flujo proceso de modelación.....	118
Figura 53. Id de concatenación.....	119
Figura 54. Función Concatenar.	119
Figura 55. Función concatenar.	120
Figura 56. Generación de código para concatenado.....	120
Figura 57. Código de concatenación.	120
Figura 58. Tabla con celda Id concatenada entre FECHA CRUCERO y CODIGO ESTACION.	121
Figura 59. Secuencia de trabajo para la ejecución de la macro concatenarfechayestacion de la planilla normalizada Base-normalizada-marearaja-2008-2014.xlsx, donde 1: seleccionar la Tabla de abundancias relativas (Abund relat), 2: posicionar en la celda A2 (primer registro de la columna Id), 3: en la pestaña Programador seleccione el ícono Macros, 4: seleccionar la macro concatenarfechayestacion en la ventana de macros y 5: finalmente seleccionar Ejecutar.	123

Figura 60. Resultado de la ejecución de la macro concatenarfechayestacion donde se han llenado con un código único las columnas Id (identificador) de la Tablas de la planilla normalizada Base-normalizada-marearaja-2008-2014.xlsx.....	124
Figura 61. Unión de tabla clorofila.....	125
Figura 62. Función BUSCARV, unión de tabla clorofila.	126
Figura 63. Función BUSCARV, unión de tabla clorofila, selección de rango de matriz de datos.....	126
Figura 64. Función BUSCARV, indicador de columnas.....	127
Figura 65. Función BUSCARV, Ordenado: Falso.	128
Figura 66. Función BUSCARV, fijar celdas.	129
Figura 67. Fórmula de unión de tablas BUSCARV para la extracción de valores de clorofila.	129
Figura 68. Secuencia de trabajo para la ejecución de la macro integrartablas de la planilla normalizada Base-normalizada-marearaja-2008-2014.xlsx, donde 1: seleccionar la Tabla donde se realiza la integración (integrada), 2: posicionar en la celda G2 (primer registro de la columna de abundancia relativa de <i>A. catenella</i> [AR_AL_CAT]), 3: en la pestaña Programador seleccione el ícono Macros, 4: seleccionar la macro integrartablas en la ventana de macros y 5: finalmente seleccionar Ejecutar.	132
Figura 69. Resultado de la ejecución de la macro integrartablas donde se han llenado las columnas AR_AL_CAT, AR_DI_ACUM, AR_DI_ACUT, abund absol, clorofila, oxígeno, temperatura, salinidad y vientos de la Tablas de la planilla normalizada Base-normalizada-marearaja-2008-2014.xlsx.....	132
Figura 70. Unión de tablas, datos anómalos.....	133
Figura 71. Eliminar datos anómalos, clorofila.	133
Figura 72. Secuencia de trabajo para la ejecución de la macro eliminaranomalos de la planilla normalizada Base-normalizada-marearaja-2008-2014.xlsx, donde 1: seleccionar la Tabla donde se realiza la depuración (Tabla integrada), 2: posicionar en la celda J2 (primer registro de la columna de abundancia absoluta [abund absol]), 3: en la pestaña Programador seleccione el ícono Macros, 4: seleccionar la macro eliminaranomalos en la ventana de macros y 5: finalmente seleccionar Ejecutar.....	135
Figura 73. Resultado de la ejecución de la macro eliminaranomalos donde se han eliminado los datos anómalos en las columnas abund absol, clorofila, oxígeno, temperatura, salinidad y vientos de la Tabla integrada de la planilla normalizada Base-normalizada-marearaja-2008-2014.xlsx.	136
Figura 74. Diagrama de flujo de las etapas en la modelación con RNAs.	137
Figura 75. Grupo de estaciones de muestreo o área de influencia usadas en el modelo RNA de <i>Alexandrium catenella</i> para Región de Aysén.	145
Figura 76. Abundancia relativa de <i>Alexandrium catenella</i> promedio del grupo de estaciones de muestreo (Aysén) determinadas con análisis de componentes principales.	146
Figura 77. Concentración de oxígeno disuelto 0-10 m promedio del grupo de estaciones de muestreo (Aysén) determinadas con el análisis de componentes principales.	146
Figura 78. Temperatura del mar 0 - 10 m promedio del grupo de estaciones de muestreo (Aysén) determinadas con el análisis de componentes principales.....	146
Figura 79. Salinidad del mar 0 - 10 m promedio del grupo de estaciones de muestreo (Aysén) determinadas con el análisis de componentes principales.....	147

Figura 80. Concentración de clorofila 0 - 10 m promedio del grupo de estaciones de muestreo (Aysén) determinadas con el análisis de componentes principales.....	147
Figura 81. Velocidad del viento promedio del grupo de estaciones de muestreo (Aysén) determinadas con el análisis de componentes principales.....	147
Figura 82. Correlación no lineal entre la abundancia relativa de <i>Alexandrium catenella</i> y variables ambientales delo modelo RNA Región de Aysén.....	149
Figura 83. Relación entre la abundancia relativa de <i>Alexandrium catenella</i> observada y estimada para la Región de Aysén.....	151
Figura 84. Modelo conceptual de la semiautomatización del modelo RNA de abundancia relativa de <i>A. catenella</i>	153
Figura 85. Presentación de la planilla Excel a utilizar para el pronóstico, región de Aysén...	153
Figura 86. Ejemplo de cómo importar planilla Excel, paso 1.	154
Figura 87. Ejemplo de cómo importar planilla Excel, paso 2.	154
Figura 88. Ejemplo de cómo importar planilla Excel, paso 3.	154
Figura 89. Ejemplo de cómo importar planilla Excel, paso 4.	155
Figura 90. Ejemplo de cómo cargar planilla de datos en el módulo Neural Networks, paso 1.	155
Figura 91. Ejemplo de cómo cargar planilla datos en módulo Neural Networks, paso 2.	155
Figura 92. Ejemplo de cómo cargar planilla de datos en el módulo Neural Networks, paso 3.	156
Figura 93. Ejemplo de cómo cargar planilla de datos en el módulo Neural Networks, paso 4.	156
Figura 94. Ejemplo de cómo cargar modelo en el módulo Neural Networks, paso 1.....	157
Figura 95. Ejemplo de cómo cargar modelo en el módulo Neural Networks, paso 2.....	157
Figura 96. Ejemplo de cómo cargar modelo en el módulo Neural Networks, paso 2.....	158
Figura 97. Ejemplo de cómo cargar modelo en el módulo Neural Networks, paso 3.....	158
Figura 98. Ejemplo de cómo cargar modelo en el módulo Neural Networks, paso 4.....	159
Figura 99. Ejemplo de cómo realizar pronóstico en el módulo Neural Networks.	159
Figura 100. Ejemplo de pronóstico de noviembre 2012 para la región de Aysén.....	160
Figura 101. Abundancia relativa de <i>Alexandrium catenella</i> observada (hasta el octubre 2012) y proo como serie de tiempo mensual con el último mes pronosticado (hasta noviembre 2012).	160
Figura 102. Grupo de estaciones de muestreo o área de influencia usadas en el modelo RNA de <i>Alexandrium catenella</i> para Región de Los Lagos.	161
Figura 103. Abundancia relativa de <i>Alexandrium catenella</i> promedio del grupo de estaciones de muestreo (Los Lagos) determinadas con componentes principales.....	162
Figura 104. Concentración de oxígeno disuelto 0-10 m promedio del grupo de estaciones de muestreo (Los Lagos) determinadas con los componentes principales.....	162
Figura 105. Temperatura del mar 0 - 10 m promedio del grupo de estaciones de muestreo (Los Lagos) determinadas con el análisis de componentes principales.....	162
Figura 106. Salinidad del mar 0 -10 m promedio del grupo de estaciones de muestreo (Los Lagos) determinadas con el análisis de componentes principales.....	163
Figura 107. Clorofila 0 - 10 m promedio del grupo de estaciones de muestreo (Los Lagos) determinadas con el análisis de componentes principales.....	163
Figura 108. Velocidad del viento promedio del grupo de estaciones de muestreo (Los Lagos) determinadas con el análisis de componentes principales.....	163

Figura 109. Correlación no lineal entre la abundancia relativa de <i>Alexandrium catenella</i> y variables ambientales.....	166
Figura 110. Relación entre la abundancia relativa de <i>Alexandrium catenella</i> observada y estimada para la Región de Los Lagos.	169
Figura 111. Ubicación del modelo ajustado para la región de Los Lagos en el módulo Neural Networks.....	170
Figura 112. Ejemplo de pronóstico de noviembre 2012 para la región de Los Lagos.	171
Figura 113. Abundancia relativa de <i>A. catenella</i> observada (hasta octubre 2012) y como serie de tiempo mensual con el último mes (0) pronosticado (noviembre 2012).	171
Figura 114. Ejemplo de la planilla de datos de abundancia absoluta de <i>Alexandrium catenella</i> (AA S_0-10m) en Cel/L, mes, latitud, longitud y variables ambientales como clorofila a 0-10 m (cl_0-10), temperatura 0- 10 m (t_0-10), oxígeno disuelto 0 - 10 m (ox_0-10) y salinidad 0 - 10 m (s_0-10) y magnitud del viento (viento).....	173
Figura 115. Distribución de los datos de <i>Alexandrium catenella</i> (AA S_0-10m) en Cel/L y variables ambientales como clorofila a 0-10 m (cl_0-10), temperatura 0- 10 m (t_0-10), oxígeno disuelto 0 - 10 m (ox_0-10) y salinidad 0 - 10 m (s_0-10) y magnitud del viento (viento).	174
Figura 116. Distribución de los datos después de transformación logarítmica de la abundancia absoluta de <i>Alexandrium catenella</i> (AA S_0-10m) y clorofila <i>a</i>	175
Figura 117. Planilla de resultado Resumen de Ajuste del modelo GAM. Con color rojo se muestran las variables que son estadísticamente significativas (Non-Linear p-value < 0.01) y que entran en el modelo GAM, en este caso son el mes, latitud, longitud, clorofila 0-10, temperatura0-10, salinidad0-10m y viento para la abundancia absoluta de <i>A. catenella</i> como variable respuesta.	176
Figura 118. Planilla de resultado Summary statistics.....	177
Figura 119. Resultados de relaciones funcionales del modelo GAM de la abundancia absoluta de <i>A. catenella</i> y predictores temporales, geográficos y ambientales obtenido del modelo ($R^2 = 49.04\%$).	178
Figura 120. Relaciones funcionales simples GLM trasladadas desde relaciones derivadas del modelo GAM de la abundancia absoluta de <i>A. catenella</i> y predictores temporales, geográficos y ambientales.	180
Figura 121. Planilla de resultado estadísticos (R^2 , Sum Square del modelo y Sum Square residual) del modelo GLM.	183
Figura 122. Relación entre valores observados versus estimados para modelos GLM de abundancia absoluta de <i>Alexandrium catenella</i>	184
Figura 123. Modelo conceptual de automatización del modelo de abundancia absoluta de <i>A. catenella</i> . Fuente: Elaboración Propia, 2015	185
Figura 124. Modelo de predicción de abundancia absoluta de <i>A. catenella</i> . El modelo considera como entradas las variables geográficas como latitud (lat1), longitud (long1), variables temporales (enero) y las salidas de imágenes interpoladas del modelo REPLA (Objetivo 1) como clorofila, oxígeno, temperatura, salinidad y viento. El modelo considera la aplicación de una máscara como área de influencia histórica de <i>A. catenella</i> (areacatenella) y como imagen de salida la abundancia absoluta de este dinoflagelado (aa_catenella).....	186
Figura 125. Herramienta y despliegue Abundancia Relativa en ArcMap. Fuente: Elaboración Propia, 2015.....	187

Figura 126. Variables de entrada del modelo: imágenes de variables geográficas (latitud y longitud) temporales (enero), y ambientales (clorofila 0-10m, temperatura 0-10m, salinidad 0-10m, oxígeno 0-10m, viento) generadas con modelo REPLA (Objetivo 1).	188
Figura 127. Frecuencia acumulada de la abundancia relativa de <i>A. catenella</i> para el período 2008-2013 y la resultante área de influencia de esta alga tóxica.....	189
Figura 128. Imagen de predicción de abundancia absoluta (Cel/L) de <i>Alexandrium catenella</i> para enero de 2013.....	190
Figura 129. Planilla de resultado Resumen de Ajuste del modelo GAM. Con color rojo se muestran las variables que son estadísticamente significativas (Non-Linear p-value < 0.01) y que entran en el modelo GAM, en este caso son el mes, longitud, latitud, oxígeno0-10m, temperatura0-10, salinidad0-10 y viento para la abundancia relativa de la <i>Alexandrium catenella</i> como variable respuesta.....	191
Figura 130. Planilla de resultado de las estadísticas del modelo GAM de abundancia relativa de <i>A. catenella</i> con variables predictoras como mes, latitud, longitud, oxígeno0-10, temperatura0-10, salinidad0-10 y viento.....	192
Figura 131. Resultados de relaciones funcionales del modelo GAM de la abundancia relativa de <i>D. acuminata</i> y predictores temporales, geográficos y ambientales obtenido del modelo ($R^2 = 26.2\%$).	193
Figura 132. Relaciones funcionales simples GLM trasladadas desde relaciones derivadas del modelo GAM de la abundancia relativa de <i>A. catenella</i> y predictores temporales, geográficos y ambientales.....	195
Figura 133. Planilla de resultado estadísticos (R^2 , Sum Square del modelo y Sum Square residual) del modelo GLM de abundancia relativa de <i>Alexandrium catenella</i> , <i>Dinophysis acuminata</i> y <i>Dinophysis acuta</i>	196
Figura 134. Relación entre valores observados versus predichos para modelos GLM de <i>Alexandrium catenella</i> , <i>Dinophysis acuminata</i> y <i>Dinophysis acuta</i>	197
Figura 135. Modelos de predicción de abundancia relativa de a) <i>A. catenella</i> , b) <i>D. acuminata</i> y c) <i>D. acuta</i> de los Toolbox (Pred_AR_catenella.tbx, Pred_AR_acuminata.tbx y Pred_AR_acuta.tbx) en ArcGIS. Los modelos consideran como entradas las variables geográficas como latitud, longitud, variables temporales (enero) y las salidas de imágenes interpoladas de enero 2013 del modelo REPLA (Objetivo 1) como oxígeno (oxígeno-ene), temperatura (temperatura-ene), salinidad (salinidad-ene) y viento (viento-ene). El modelo considera la aplicación de máscaras como áreas de influencia histórica de <i>A. catenella</i> , <i>D. acuminata</i> y <i>D. acuta</i> y como imágenes de salida las abundancias relativas en datos reales (PRED_AR_CAT, PRED_AR_ACUM Y PRED_AR_ACUT) y clasificadas (PRED_AR_CAT1, PRED_AR_ACUM1 Y PRED_AR_ACUT1) en escala de Tabla 13.	200
Figura 136. Frecuencia acumulada de la abundancia relativa de <i>D. acuminata</i> y <i>D. acuta</i> para el período 2008-2013 y las resultantes áreas de influencia de estas algas tóxica.....	203
Figura 137. Imagen de predicción de abundancia relativa de <i>Alexandrium catenella</i> para enero 2013.	204
Figura 138. Acceso a oceancolor.gsfc.nasa.gov	208
Figura 139. Información disponible según zona y fecha de captura de imagen.....	209
Figura 140. Plataforma de trabajo en ambiente SEADAS 7.1	210
Figura 141. Metadata de producto Clorofila a.....	211
Figura 142. Herramienta de Reproyección de clorofila a.....	211
Figura 143. Parámetros de herramienta de reproyección.	212

Figura 144. Exportación a formato NetCDF4.	212
Figura 145. Herramienta de Conversión a formato Raster Layer.....	213
Figura 146. Imagen de Clorofila <i>a</i> para la zona de estudio.....	214
Figura 147. Herramienta para la extracción de valores de clorofila de imágenes satelitales. .	216
Figura 148. Valores extraídos de clorofila <i>a</i> para satélites MODIS y VIIRS, según Estaciones de Muestreo del Programa de Marea Roja.	217
Figura 149. Esquema comparativo de datos in situ y satelitales para Estaciones de Muestreo de Marea Roja	218
Figura 150. Diagrama metodológico para la comparación de información satelital y de Cruceros de Monitoreo del programa de Marea Roja.	219
Figura 151. Valores concatenados por Código de Estación y fecha.	220
Figura 152. Gráfico de distribución temporal de clorofila <i>a</i> para datos in situ y satelital.....	221
Figura 153. Gráfico comparativo de valores de diferencia entre datos in situ y satelital.....	221
Figura 154. Relación entre la clorofila satelital VIIRS y MODIS versus la clorofila <i>in situ</i> promedio entre 0 y 10 m obtenida de los datos del Programa de Monitoreo de Marea Roja para el año 2012.	222
Figura 155. Ventana del toolbox FLAASH donde se ingresan los parámetros de entrada y se configura el modelo de corrección atmosférica aplicado a las radianza de las bandas visuales de imágenes multiespectrales Landsat 8 OLI.	226
Figura 156. Ejemplo de la estadística de bandas de una imagen de reflectancia no normalizada y normalizada.	227
Figura 157. Ejemplo de imagen a) sin procesar y b) calibrada y corregida atmosféricamente.	227
Figura 158. Pantallazo en ENVI de la imagen de reflectancia multiespectral color natural (banda R, G y B) de código LC82330902013358LGN00 que se usa de ejemplo de aplicación.	228
Figura 159. Imagen mascara generada con el rango de valores de agua de la reflectancia de la banda NIR.....	229
Figura 160. Ejemplo de batimetría relativa con valores entre 0 y 1 utilizando las imagen de código LC82330902013358LGN00.....	230
Figura 161. Batimetría GEBCO08.	231
Figura 162. Modelo ajustado de calibración batimetría relativa a batimetría absoluta.....	232
Figura 163. Ejemplo de batimetría absoluta utilizando la imagen LC82330902013358LGN00.	233
Figura 164. Ejemplo de la Radianza de la banda térmica 10, imagen LC82330902013358LGN00.....	234
Figura 165. TSM MODIS del día 24 diciembre 2013.....	236
Figura 166. TMS Landsat 8 del día 24 diciembre 2013.	237
Figura 167. Imagen de blue/green ratio o clorofila relativa del día 24 diciembre 2013.	238
Figura 168. Clorofila VIIRS del día 24 diciembre 2013.....	239
Figura 169. Modelo ajustado de calibración clorofila relativa a clorofila absoluta.	239
Figura 170. Clorofila Landsat 8 del día 24 diciembre 2013.....	240
Figura 171. Diagrama metodológico para la comparación de información satelital y de Cruceros de Monitoreo del programa de Marea Roja.	242
Figura 172. Gráfico comparativo de valores de temperatura superficial del mar sensor MODIS y LANDSAT 8 OLI.....	243

Figura 173. Diferencias valores de temperatura superficial del mar sensor MODIS y LANDSAT 8 OLI.....	243
Figura 174. Relación entre temperatura superficial del mar sensor MODIS y LANDSAT 8 OLI, para imagen de zona de estudio del 23 de diciembre del 2013.....	244
Figura 175. Ejemplo de la visualización del producto cartográfico alojado en ArcGIS Online, para este caso corresponde a capas vectoriales (feature class) de las salidas del modelo REPLA sobre abundancia relativa de las especies <i>Alexandrium catenella</i> , <i>Dinophysis acuminata</i> y <i>Dinophysis acuta</i>	248
Figura 176. Herramienta de capas visibles del WMS.	248
Figura 177. Leyenda de la simbología de la abundancia relativa.....	249
Figura 178. Ejemplo de la visualización de la abundancia relativa con zoom para la zona de canales y fiordos de la XI Región.....	249
Figura 179. Formatos de salida cartografías.....	251
Figura 180. Diagrama para subida a visualizador ArcGis Online.....	253
Figura 181. Extensión capa vectorial <i>Máscara_RastertoKML</i> . Fuente: Elaboración Propia, 2015	253
Figura 182. Muestra de carga de archivos *.kmz a l visualizador de ArcGis Online.	254
Figura 183. Pagina de información general del Aula virtual del curso de capacitación.	264

ÍNDICE TABLAS

Tabla 1. Resumen de estaciones incluidas en el área de estudio.....	12
Tabla 2. Escala de abundancia relativa para <i>Alexandrium catenella</i>	15
Tabla 3. Productos del sensor MODIS.	21
Tabla 4. Características de los sensores MSS, TM y ETM+; utilizados en las misiones Landsat desde el primero hasta el séptimo.	23
Tabla 5. Características del sensor Landsat 8 “Operacional Tierra Imager” (OLI) y el sensor de infrarrojo térmico (TIRS).	24
Tabla 6. Imágenes disponibles MODIS Aqua.	25
Tabla 7. Imágenes disponibles MODIS Terra.	26
Tabla 8. Herramientas de Spatial Analyst para la extracción de valores de variables oceanográficas.	30
Tabla 9. Las aplicaciones para herramientas zonales.	31
Tabla 10. Resumen Tabla de Datos Programa Marea Roja.....	40
Tabla 11. Variables consideradas para normalización de datos Modelo REPLA y modelo de relaciones biológico-ambientales.	44
Tabla 12. Escala de abundancia relativa para <i>Dinophysis acuminata</i> y <i>Dinophysis acuta</i>	53
Tabla 13. Simbología modelo de Abundancia Relativa.	65
Tabla 14. Ejemplo de tabla de datos modificada para temperatura ambiente.	67
Tabla 15. Parámetros de Semivariograma - Modelo de Temperatura Ambiente	69
Tabla 16. Parámetros de Semivariograma - Modelo de Temperatura del Mar	74
Tabla 17. Ejemplo de tabla de datos modificada para temperatura del mar*	75
Tabla 18. Ejemplo de tabla de datos modificada para dirección y velocidad de viento.....	78
Tabla 19. Ejemplo de tabla de datos modificada para clorofila.	82
Tabla 20. Parámetros de semivariograma - modelo de clorofila.	83
Tabla 21. Parámetros de semivariograma - modelo de salinidad.....	88
Tabla 22. Ejemplo de tabla de datos modificada para salinidad.	91
Tabla 23. Ejemplo de tabla de datos modificada para VDM en especies Centinelas.....	95
Tabla 24. Categorías establecidas para toxinas VAM-VPM-VDM	97
Tabla 25. Modelo Tabla modificada para VAM-VPM en especies Centinelas	98
Tabla 26. Modelo de tabla de datos modificada para Oxígeno disuelto.....	100
Tabla 27. Parámetros de Semivariograma - Modelo de Oxígeno disuelto.....	102
Tabla 28. Tabla de atributos de las entidades: abundancias relativas	111
Tabla 29. Tabla de atributos de las entidades: salinidad	111
Tabla 30. Tabla de atributos de las entidades: temperatura ambiente	111
Tabla 31. Tabla de atributos de las entidades: temperatura del mar.....	112
Tabla 32. Tabla de atributos de las entidades: VAM y VPM.....	112
Tabla 33. Tabla de atributos de las entidades: VDM.	112
Tabla 34. Tabla de atributos de las entidades: viento.....	113
Tabla 35. Tabla de atributos de las entidades: oxígeno disuelto.	113
Tabla 36. Tabla de atributos de las entidades: concentración de clorofila.	113
Tabla 37. Modelos utilizados para determinar la correlación cruzada lineal y no lineal.	138
Tabla 38. Valores propios calculados a partir del ACP de las variables ambientales.....	143

Tabla 39. Correlación de cada variable con cada componente principal. Se muestran sólo aquellas correlaciones mayores o igual a 0.6.	143
Tabla 40. Estaciones utilizadas para cada modelo regional de RNA.	144
Tabla 41. Matriz de correlación entre variables ambientales.	148
Tabla 42. Valores calculados a partir del ACP de las variables ambientales.	148
Tabla 43. Correlación entre variables ambientales con los principales factores.	148
Tabla 44. Estructura de la planilla de datos de ingreso al modelo de RNA Región de Aysén, donde AR_AL_CAT es la abundancia relativa de <i>A. catenella</i> y entre paréntesis se muestra el desfase de las variables ambientales predictoras, por ejemplo el oxígeno entra al modelo desfasado en 5 meses.	150
Tabla 45. Resultado de la validación externa para el modelo de la región de Aysén.	151
Tabla 46. Análisis de sensibilidad del modelo de la región de Aysén. Entre paréntesis se muestra el desfase (meses) de las variables ambientales predictoras.	152
Tabla 47. Matriz de correlación entre variables ambientales Los Lagos.	164
Tabla 48. Valores calculados a partir del ACP de las variables ambientales.	164
Tabla 49. Correlación entre variables ambientales con los principales factores.	165
Tabla 50. Estructura de la planilla de datos de ingreso al modelo de RNA Los Lagos, donde AR_AL_CAT es la abundancia relativa de <i>A. catenella</i> y entre paréntesis se muestra el desfase en meses de las variables ambientales predictoras.	167
Tabla 51. Configuración de la planilla de datos de ingreso al modelo de RNA la región -de Los Lagos.	167
Tabla 52. Resultado de la validación externa para el modelo de la región de Los Lagos.	168
Tabla 53. Análisis de sensibilidad del modelo de la región de Los Lagos.	169
Tabla 54. Fechas (meses) de muestreos donde se registran eventos de marea roja.	205
Tabla 55. Imágenes LANDSAT 8 adquiridas, fecha de imagen, porcentaje de cobertura nubosa, zona de estudio y nombre archivo de imagen.	206
Tabla 56. Modelos de corrección atmosférica y constantes de los parámetros vapor de agua y temperatura aire-superficie.	225
Tabla 57. Tabla Resumen Productos Cartográficos.	250

1. INTRODUCCION

Las floraciones de algas nocivas (FAN), comúnmente llamadas “Mareas Rojas” son fenómenos naturales causados por organismos fitoplanctónicos microscópicos, que en condiciones ambientales favorables para su desarrollo se multiplican explosivamente y se concentran en determinadas localidades, donde han sido causantes de la paralización de actividades de pesca extractiva y de acuicultura, con su consecuente daño económico y en la salud de la población humana.

En Chile se ha identificado la presencia de toxinas responsables del Veneno Paralizante, Veneno Diarreico y Veneno Amnésico, junto a las especies precursoras de estos, como son *Alexandrium catenella*, *Dinophysis acuta*, *D. acuminata*, *Pseudonitzschia australis* y *P. pseudodelicatissima*.

Alexandrium catenella se ha detectado a partir de 1972 en Magallanes; y hasta 1998 su presencia se extendió hasta el extremo sur de Chiloé. En los últimos años la presencia de esta especie ha sido reiterativa en estas tres regiones, principalmente en Magallanes y Aysén. Debido a esta tendencia de expansión en su distribución geográfica hacia el norte y a los efectos negativos de los FANs de *A. catenella* se ha considerado esta especie causante de plaga hidrobiológica, de acuerdo a lo definido en el Reglamento sobre Plagas Hidrobiológicas (REPLA) D.S N°345/2005 y sus modificaciones.

Dentro de los mandatos establecidos por el REPLA con objeto de prevenir, controlar y mitigar las plagas hidrobiológicas en el país, se establece el seguimiento a través del Programa de Manejo y Monitoreo de las Mareas Rojas, a través del cual se vigilan las abundancias de las especies que producen los FANs constituyéndose como una actividad permanente de vigilancia y control con el fin de proteger de las actividades de pesca y acuicultura, minimizando y controlando la dispersión hacia nuevas áreas. Junto a este programa, se destacan 2 estudios que se desarrollan de manera permanente en Chile: el Programa de Sanidad de Moluscos Bivalvos (PSMB) realizado por SERNAPESCA y el Programa de Monitoreo de Fitoplancton que realiza INTESAL.

La planificación de actividades de monitoreo y el posterior análisis del comportamiento de los FANs, inherentemente tienen un componente espacial, por lo cual la implementación de sistemas automatizados de seguimiento y modelamiento geoespacial de esta plaga aprovechando las

capacidades de procesamiento y análisis espacio-temporales que ofrecen las tecnologías de información geográfica, se constituye como una herramienta de gran potencial en la gestión adecuada del territorio, a través del proceso de toma de decisiones con respuestas precisas y oportunas, con el fin de contribuir a la protección del patrimonio sanitario y ambiental nacional.

Al respecto, avances tecnológicos de monitoreo y seguimiento de los FANs se han ido desarrollando en diferentes zonas del mundo que se ven afectadas por este fenómeno. Tal es el caso de México, con el Sistema Satelital de Monitoreo Oceánico automático (SATMO) desarrollado para proporcionar un seguimiento continuo del océano de diferentes variables y entre estas los florecimientos algales nocivos y en Galicia con el proyecto PURGADEMAR, con el cual se pretende generar un sistema de observación y alerta temprana de proliferación de microalgas nocivas en zonas de producción acuícola.

En este contexto, la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura para el estudio, evaluación y toma de decisión en las modificaciones del Reglamento sobre Plagas Hidrobiológicas referente a los FAN de *Alexandrium catenella* que se presentan en nuestro país, trabaja con la información proporcionada por el programa de Manejo y Monitoreo de las Mareas Rojas ejecutado por IFOP, el cual tiene como principal objetivo la prevención mediante un sistema de muestreo, detección y cuantificación mensual especies precursoras de las distintas toxinas (VPM veneno paralizante de los mariscos, VDM veneno diarreico de los mariscos, VAM veneno amnésico de los mariscos y la cuantificación de toxinas desde especies filtradoras sujetas a explotación.

Este programa se extiende desde Cochamó en la X^a Región de Los Lagos hasta Caleta Eugenia en la XII^a Región de Magallanes, disponiendo un total de 206 estaciones distribuidas en áreas representativas de cada región. Estas estaciones se encuentran divididas por subprograma, los cuales responden a requerimientos especiales de frecuencia temporal de muestreo.

Cabe señalar que además de registrar en sus estaciones especies de microalgas nocivas y cuantificación de toxinas, registra variables oceanográficas (temperatura, salinidad, densidad, transparencia y oxígeno) y meteorológicas (temperatura del aire, presión atmosférica, nubosidad y velocidad del viento).

Considerando los antecedentes expuestos, el presente proyecto pretende generar un sistema automatizado de visualización geoespacial de la información en el cual se puedan modelar las variables biológicas, oceanográficas y meteorológicas que aporta el Programa de monitoreo ejecutado por IFOP y cuyos resultados tengan una representación compatible con el Sistema de Información Geográfica de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura y su visualizador de mapas. Con un enfoque que busca en primera instancia analizar el comportamiento y dispersión espacio-temporal de manera continua y oportuna de los FANs y a su vez la divulgación de los resultados a para el público en general.

JUSTIFICACIÓN

La necesidad de diseñar e implementar un sistema de automatización y visualización del programa de manejo y monitoreo de las mareas rojas se fundamenta en dos ejes principales:

La Subsecretaría de Pesca y Acuicultura para el estudio, evaluación y la toma de decisiones respecto a las modificaciones del Reglamento sobre Plagas Hidrobiológicas concerniente a los FAN de *Alexandrium catenella* adquiere información del programa de Manejo y Monitoreo de las Mareas Rojas ejecutado por IFOP, el cual con sus 206 estaciones de muestreo además de cuantificar las abundancias y frecuencias de las especies precursoras de las distintas algas nocivas, proporciona datos relevantes de variables biológicas, oceanográficas y meteorológicas, las cuales tienen un alto potencial para realización de estudios espacio-temporales, análisis de tendencias, estadísticas etc., por lo que se hace indispensable contar con las herramientas y las competencias necesarias para canalizar y automatizar de manera apropiada los datos que entrega el programa de Marea Roja, con el fin de aportar nuevos conocimientos y generar análisis acabados para la gestión y manejo de los recursos hidrobiológicos, lo que se traduce en un apoyo de alto valor para la elaboración de medidas que apuntan a minimizar los impactos de los afloramientos algales nocivos para las actividades de pesca extractiva y de acuicultura, con su consecuente daño socioeconómico y en la salud de la población humana.

En este contexto es donde se hace relevante sistematizar las grandes cantidades de información que se obtienen del programa, las cuales al poseer un componente espacial permite la factibilidad técnica de

modelar y realizar análisis geospaciales y espacio-temporales de los FANs aprovechando las herramientas que proporcionan las técnicas y tecnologías de información geográfica, además que la visualización espacial de estos fenómenos presenta una herramienta de gran potencial para la gestión adecuada del territorio, capaz de otorgar respuestas precisas y oportunas para la protección de los recursos hidrobiológicos y prevención de emergencias sanitarias para la población humana.

La correcta espacialización de los fenómenos de afloramientos algales nocivos permitiría obtener un alto alcance de difusión gracias al visualizador de mapas que actualmente posee la Subsecretaria de Pesca y Acuicultura en su sitio Web, siendo la difusión de esta información referente a la abundancia, localización, características y escenarios prospectivos de los FANs el segundo eje de fundamentación del proyecto.

Una adecuada divulgación continúa de los estados de abundancia de los algales nocivos, permite que tanto los actores públicos, privados como la población en general, tenga acceso a información actualizada de manera expedita sobre los estados de los FANs y así tomar los resguardos que sean requeridos de forma oportuna. Sumado a que de esta forma se puede dar cumplimiento a la Ley N° 20.285 de transparencia y acceso a la información pública la que plantea la necesidad de instalar herramientas que potencien el acceso a la información.

1.1. Objetivo general

Diseñar y establecer un sistema automatizado para la visualización espacio-temporal del seguimiento de Florecimientos de Algas Nocivas (Marea Roja), utilizando como fuente principal los datos provenientes del Programa de Manejo y Monitoreo de las Mareas Rojas ejecutado por el IFOP, que sea compatible con el Sistema de Información Geográfica implementado por la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura.

1.2. Objetivos específicos

- 1. Diseñar e implementar un modelo de sistematización de información compatible con el Sistema de Información Geográfica implementado en la SUBPESCA, orientado al seguimiento automatizado de ocurrencia de un FAN, considerando los rangos de corte de abundancia relativa establecidos en el REPLA.*
- 2. Diseñar e implementar un modelo metodológico de análisis geoespacial que relacione las variables biológicas, oceanográficas y meteorológicas recogidas por el Programa de Marea Roja que permita prospectar la ocurrencia de FAN y estimar el área de influencia de estos.*
- 3. Complementar y contrarrestar la información de las variables oceanográficas de las estaciones de muestreo a través del uso de imágenes multiespectrales.*
- 4. Proporcionar extensiones compatibles con el actual Sistema de Información Geográfica y otras herramientas tecnológicas para el desarrollo práctico del modelo solicitado.*
- 5. Asesorar en la creación de productos cartográficos relacionados con la temática de estudio para su publicación como servicio de mapa en el Visualizador Institucional.*
- 6. Instalar las capacidades técnicas en los profesionales que serán los responsables de administrar y procesar el sistema de automatización solicitado.*

2. ANTECEDENTES

Una de las actividades de mayor crecimiento en los ecosistemas marinos costeros es la acuicultura. La acuicultura de peces es uno de los sectores productores de alimentos de más rápido crecimiento, suministrando aproximadamente el 47% de los alimentos de pescado en el mundo (FAO, 2009). Sin embargo, esta fuerte expansión de la industria de la acuicultura de peces ha traído importantes impactos ambientales en los ecosistemas marinos litorales, como el enriquecimiento orgánicos de los sedimentos y eutrofización (Holmer et al., 2005), contaminación química de productos farmacéuticos, orgánicos, bactericidas y metales (Cabello, 2006), y cambios en la biodiversidad y estructura de las comunidades de fauna bentónica (Tomassetti et al., 2009). A modo de ejemplo, la expansión descontrolada de la acuicultura del salmón en Chile en las últimas dos décadas había dado lugar en 2006 a una serie de efectos ambientales negativos tales como: (i) pérdida significativa de la biodiversidad bentónica, (ii) cambios localizados en las características físico-químicas de los sedimentos, (iii) contaminación química de productos farmacéuticos emergentes, (iv) aumento de la frecuencia y duración de las floraciones de dinoflagelados, (v) impacto potencial de escapes de peces cultivados en las especies nativas, y (vi) incremento de dos a cinco veces en la abundancia de animales marinos omnívoros y aves marinas carroñeras en las zonas de cultivo salmón (Buschmann et al., 2006; Cabello, 2006).

Un conjunto de herramientas se han desarrollado en planes de seguimiento y vigilancia de floraciones de algas nocivas, dentro de las cuales se encuentran los indicadores, modelos y procedimientos que pueden ser aplicados a la gestión territorial. El uso de indicadores y modelos aumenta en gran medida la capacidad de los científicos, reguladores, productores y consultores ambientales para evaluar cuidadosamente el impacto potencial de las nuevas operaciones de acuicultura, para caracterizar y evaluar cualquier impacto real, y para definir las áreas donde el impacto de la acuicultura marina podría reducirse al mínimo.

2.1. Monitoreo de algas nocivas

Uno de los mayores problemas actualmente en las zonas costeras dice relación con el monitoreo de la contaminación marina que tiene un origen antropogénico. Todos los países costeros son afectados por

Floraciones de Algas Nocivas (FAN). Comparado con hace décadas, ahora hay muchas más especies de algas tóxicas, más tipos de toxinas, una mayor cantidad de zonas costeras afectadas, muchos más recursos pesqueros afectados y con más altas pérdidas económicas.

Razones por el aumento de la frecuencia de eventos FAN incluyen:

- Dispersión natural de especies por corrientes y tormentas.
- Dispersión especies por actividades humanas: transporte, descarga de agua de lastre y siembra de mariscos.
- Mejores instrumentos químicos y comunicación entre científicos=> Mejor detección de FAN y toxinas.
- Estimulación de FAN como resultado de la eutrofización vinculada a las presiones en zonas costeras y ecosistemas marinos por: aumento población humana y animal, escorrentía agrícola y polución de nutrientes.

2.2. Impactos negativos de las FAN

Una serie de efectos negativos en el ecosistema tienen las FAN, entre ellos se destacan:

- ✚ Efectos en la Acuicultura costera de peces y mariscos
- ✚ Pesquerías y vida silvestre
- ✚ Alteración de la biodiversidad de la zona costera
- ✚ Salud humana => Plantas Desalinizadoras
- ✚ Recreación y Turismo

2.3. Eutrofización (enriquecimiento de nutrientes en ecosistemas)

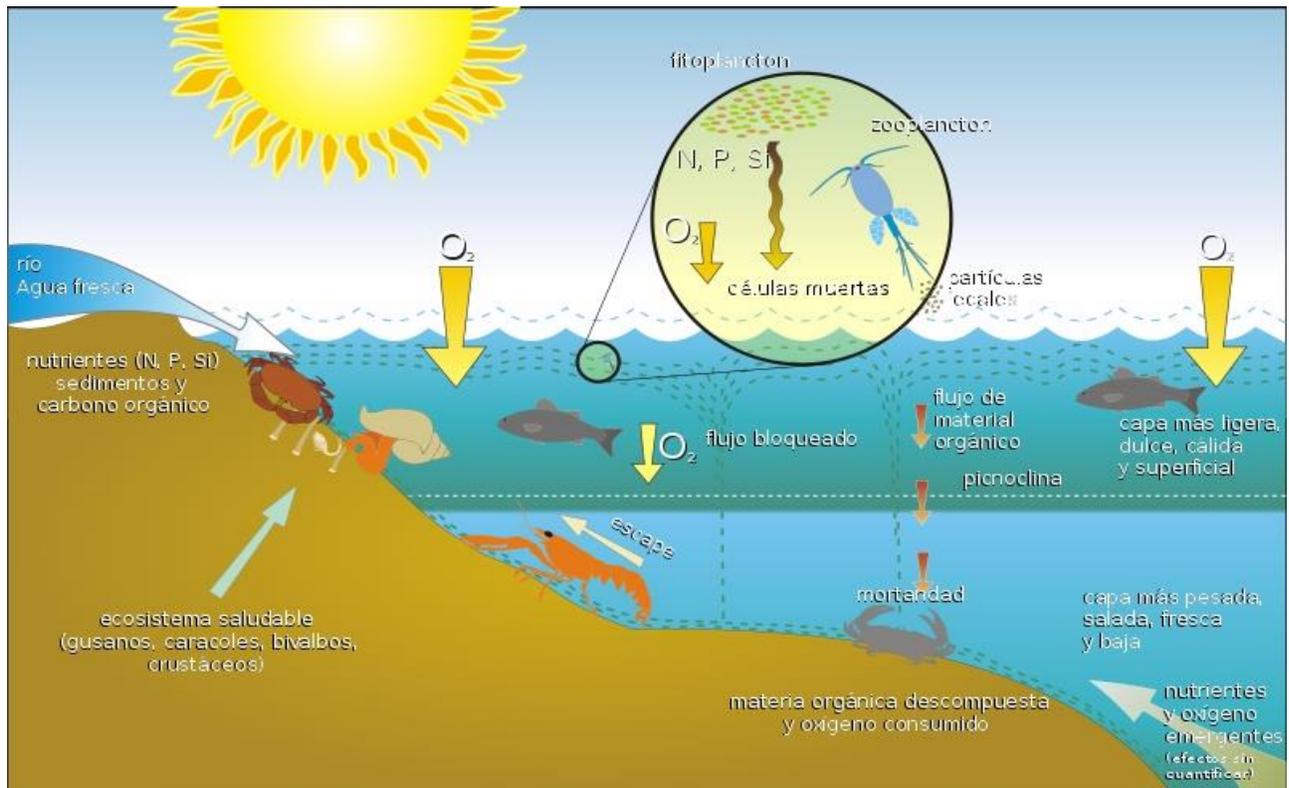


Figura 1. Diagrama que sintetiza el proceso de eutrofización.

En ecología el término eutrofización o eutrofización (del griego eú = bien, y trophé = alimentación) define el enriquecimiento de un ecosistema con nutrientes a un ritmo tal que no puede ser compensado por sus formas de eliminación natural (Figura 1).

El uso más extendido se refiere específicamente al aporte más o menos masivo de nutrientes inorgánicos en un ecosistema acuático.

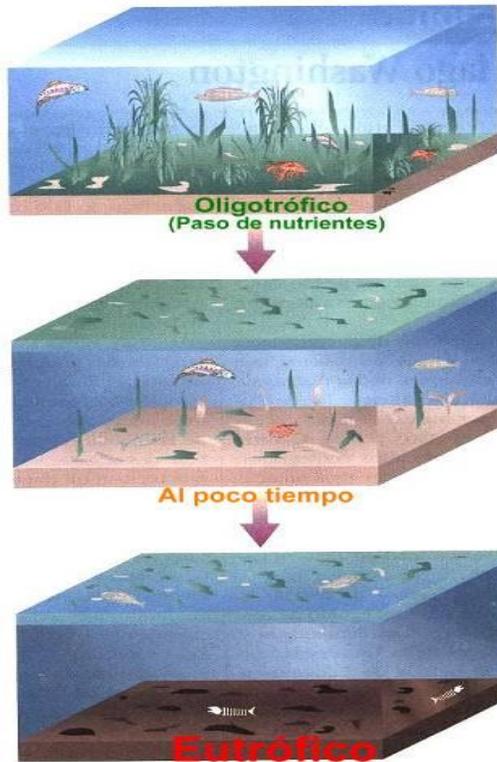
Eutrofizado (o eutrofizado) es, entonces, aquel ecosistema o ambiente caracterizado por una anormal abundancia de nutrientes.

La alta concentración de nutrientes deviene en la producción de un exceso de materia orgánica que requiere alta demanda de oxígeno para su descomposición, hasta hacer desaparecer este último. Algunos de los efectos que ocurren con la eutrofización se observan en la Figura 2.

<p>Cambios biológicos</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Aumenta considerablemente el fitoplancton. Las algas verdeazules se desarrollan espectacularmente mientras que las de otros tipos desaparecen. • Aumenta la actividad bacteriana. • Los animales acuáticos enferman y mueren.
<p>Cambios físicos</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Los restos de plantas y animales muertos se acumulan en los fondos, frenando la circulación del agua. • El agua se torna parda y maloliente. Cambia de color: rojo, verde, amarillo o pardo.
<p>Cambios químicos</p>	<ul style="list-style-type: none"> • El oxígeno disuelto baja de alrededor de 9 mg/l a 4 mg/l lo cual afecta negativamente y de inmediato a los organismos. Cuando el nivel baja a 2 mg/l todos los animales han muerto. Hay una significativa elevación de la demanda biológica de oxígeno (DBO). • La concentración de compuestos nitrogenados, fosfatados se incrementa, así como la de otros elementos químicos.

Figura 2. Cambios biológicos, físicos y químicos que ocurren con la eutrofización

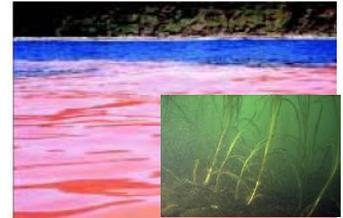
En ecosistemas acuáticos, con la eutrofización empiezan a proliferar algas unicelulares, en general algas verdes. En los océanos, la eutrofización local, a veces por causas naturales, puede provocar una marea roja o marea blanca: la explosión demográfica de una sola especie de alga, que en muchos casos provoca la intoxicación de la fauna mayor (Figura 3).



Agua clara.
La luz penetra.
Prospera la vegetación acuática sumergida.



Agua turbia.
La vegetación acuática sumergida queda en la oscuridad.



Agotamiento de oxígeno
Muerte de los vertebrados por asfixia.



Figura 3. Cambios en un medio ambiente marino desde oligotrófico hasta eutrófico.

Para mitigar efectos negativos de FAN: Servicios Operacionales para su detección y monitoreo utilizando Imágenes Satelitales y modelos SIG.

2.4. Detección y monitoreo de FAN con imágenes satelitales multiespectrales

Avances tecnológicos se han ido desarrollando para el monitoreo y seguimiento de los FAN (Figura 4). En general, los objetivos de estos servicios de monitoreo se pueden resumir en los siguientes:

- ✓ Mejorar la detección de cambios en las condiciones del agua => Sistema Alerta Temprana
- ✓ Monitoreo Ambiental y predicciones con el uso de modelos
- ✓ Monitoreo sinóptico de observación marina en condiciones libre de nubes
- ✓ Comprender mejor las causas y efectos de las FAN
- ✓ Conservación del medio ambiente
- ✓ Ahorrar en bienes/valores y acciones de mitigación



Figura 4. Ejemplo: Servicio de monitoreo de FAN y calidad de agua para el Mar del Norte y Región Skagerak.

La concentración de clorofila que es un proxy de la biomasa fitoplanctónica, junto con las composiciones RGB (Red-Green-Blue) de la Radianza y reflectancia de bandas espectrales y las temperatura superficial del mar son parámetros geofísicos derivados de imágenes satelitales (Figura 5).

Parámetros geofísicos Básicos:

- Concentración de clorofila (Cloa):
biomasas fitoplanctonica
- Composiciones color RGB de Radianza water-leaving normalizada: Reducir falsas alarmas
- Temperatura superficial del mar (TSM):
masas de agua y patrones de circulación

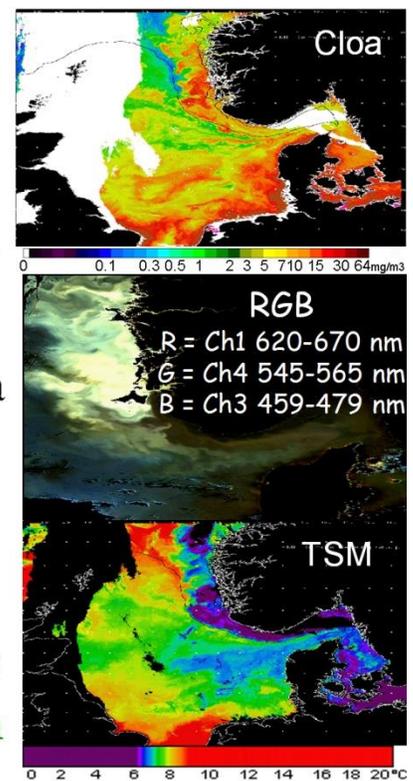


Figura 5. Parámetros derivados de imágenes satelitales (SeaWiFS, MODIS) de color del mar.

3. METODOLOGÍA

3.1. Objetivo específico 1. Diseñar e implementar un modelo de sistematización de información compatible con el Sistema de Información Geográfica implementado en la SUBPESCA, orientado al seguimiento automatizado de ocurrencia de un FAN, considerando los rangos de corte de abundancia relativa establecidos en el REPLA.

3.1.1. Área de Estudio

El área de estudio se localiza entre la Xª Región de Los Lagos y la XIª Región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo, específicamente entre los paralelos 41° 26' y 44° 35', pasando por el límite establecido en el paralelo 43°22' para el área plaga de *A. catenella* (R. Ex. N°2826/2012).

En la Figura 6 se grafica lo anteriormente expuesto, utilizando como referencia geodésica el Datum WGS-84.

El área de estudio considera un total de 88 estaciones (Anexo 3 de las Bases Técnicas), todas pertenecientes al Programa de Manejo y Monitoreo de las Mareas Rojas. De estas, 17 corresponden al Subprograma de Vigilancia y 6 al Subprograma de Raúl Marín Balmaceda; en ambos casos se realiza un muestreo cada 10 días para estimación de abundancias relativas de especies nocivas.

Respecto al Subprograma Regular (65 estaciones para el área de estudio) este se muestrea con una frecuencia mensual aproximadamente (Tabla 1).

Tabla 1. Resumen de estaciones incluidas en el área de estudio.

Subprograma	Región	N° Estaciones	Frecuencia regular	Frecuencia Invernal (junio-agosto)
Regular	X	65	Mensual (aprox.)	45 días
Vigilancia	X y XI	17	10 días	30 días
R. Marín Balmaceda	XI	6	10 días	30 días

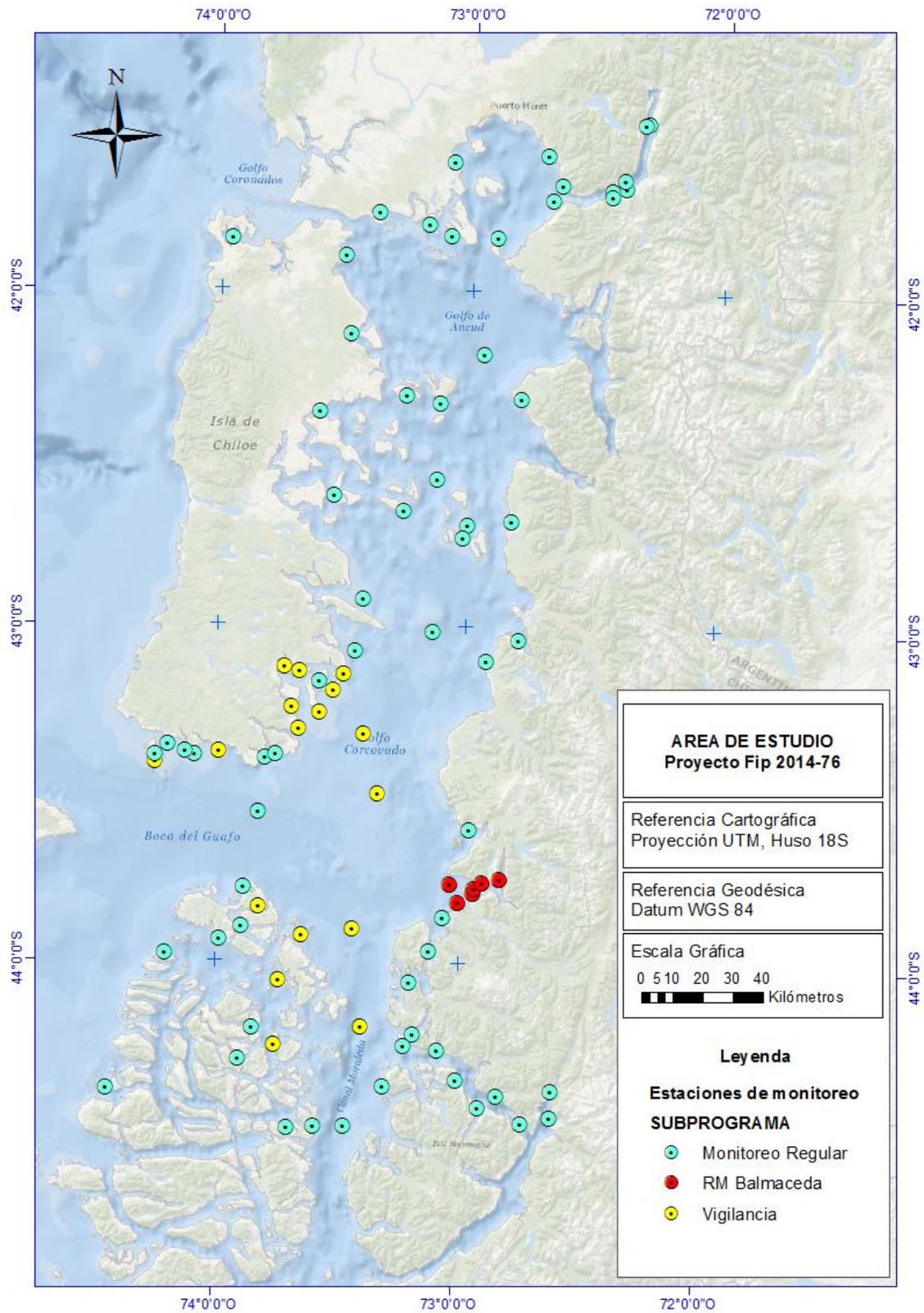


Figura 6. Área de estudio proyecto Fip 2014-76. Fuente: Elaboración Propia, 2015

La sistematización de información, en el contexto de este Proyecto, se entiende como la organización y ordenamiento de variables con el fin de hacer seguimiento y explicar los cambios sucedidos y factores que intervienen en un determinado fenómeno. La información del Programa de Manejo y Monitoreo de las Mareas Rojas es sistematizada, espacializada e importada a ArcGIS, se generan imágenes (matrices de datos) interpoladas a partir de los datos de vectores (shape files) de puntos.

Para analizar y resolver problemas espaciales, es posible utilizar métodos que permiten la automatización de tareas o ejecución de cadenas de comando. Generalmente, se requiere de la ejecución de múltiples herramientas, las cuales pueden ser ejecutadas de maneras independientes o encadenadas formando un modelo, el cual se construye mediante la conexión de una serie de procesos, el cual por su parte, está compuesto por una herramienta y sus variables de entrada y salida unidas por conectores (Figura 7).

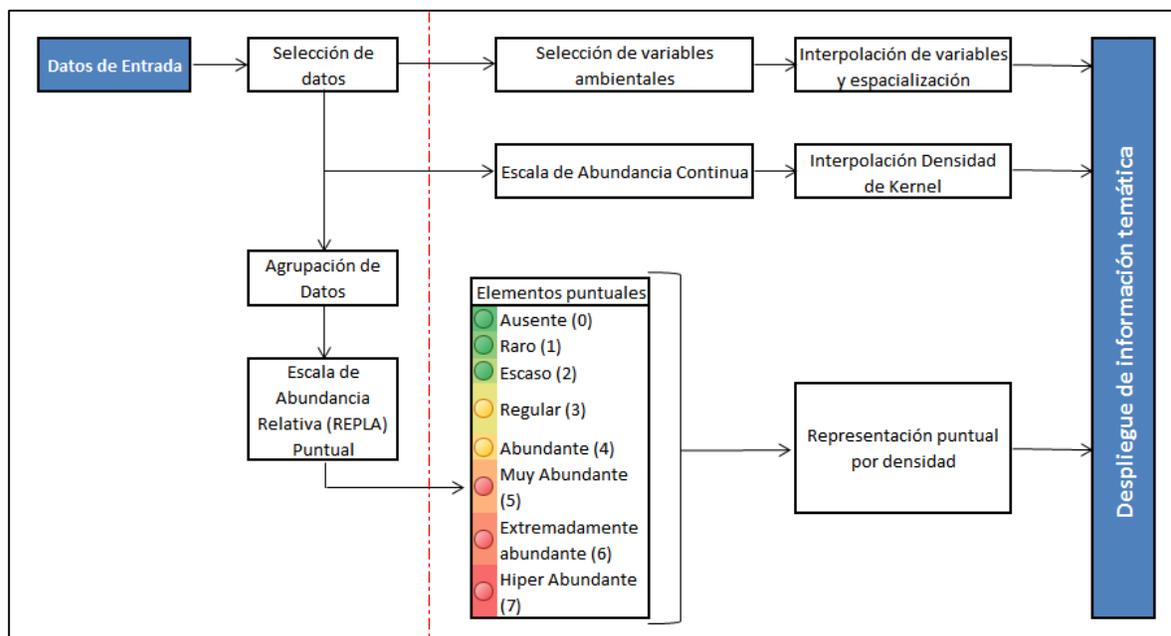


Figura 7. Modelo de sistematización de información espacial (Fuente: Elaboración Propia, 2014, para propuesta técnica del presente proyecto FIP2014-76).

- La metodología propuesta para la sistematización de la información es a través del software ArcGis, en el cual los modelos son creados y editados en el módulo Model Builder, el cual puede ser

utilizado a través de ArcToolBox desde ArcMap o ArcCatalog como también mediante la generación de Scripts en lenguaje de programación Phyton.

ArcToolBox está compuesto por un repositorio de cajas de herramientas (toolboxes), que a su vez contienen herramientas (tools) y subconjuntos de herramientas (toolsets).

A través de esta metodología se elabora un toolbox con un modelo orientado al seguimiento automatizado de ocurrencia de fenómenos de floraciones de algas nocivas (FAN), considerando los rangos de corte de abundancia relativa establecidos en el Reglamento de Plagas (REPLA) para la especie *Alexandrium catenella*, los cuales se señalan en la Tabla 2.

Tabla 2. Escala de abundancia relativa para *Alexandrium catenella*.

	ESCALA	<i>A. catenella</i>
AUSENTE	0	0
RARO	1	1-2
ESCASO	2	3-10
REGULAR	3	11-42
ABUNDANTE	4	43-170
MUY ABUNDANTE	5	171-682
EXTREMADAMENTE ABUNDANTE	6	683-2730
HIPER ABUNDANTE	7	2731-10922

Fuente: Lembeye, 2009

3.2. Objetivo específico 2. Diseñar e implementar un modelo metodológico de análisis geoespacial que relacione las variables biológicas, oceanográficas y meteorológicas recogidas por el Programa de Marea Roja que permita prospectar la ocurrencia de FAN y estimar el área de influencia de estos.

Cabe destacar que la aplicación de herramientas estadísticas y matemáticas para la modelación ecosistémica de recursos acuáticos es parte del quehacer del grupo de trabajo del proyecto, ver Yáñez et al. (2010) para análisis temporal con redes neuronales y Silva et al. (2014a) para análisis espacio-temporales con modelos generalizados (generalized additive models GAM y general lineal modelos GLM) y Silva et al. (2014b) con modelos probabilísticos multicriterio y fuzzy.

A partir de las bases de datos generadas en el Objetivo 1 se modelarán las relaciones entre la presencia de especies de microalgas nocivas y concentración de toxinas y las variables ambientales predictoras (fecha, posición espacial, oceanográficas y meteorológicas) mediante análisis multivariados temporales (series de tiempo) y espacio-temporales (series de tiempo y probabilísticos). Se utilizan los paquetes estadísticos STATISTICA v8 (StatSoft, 2007), CORN (correlaciones no-lineales) y SPSS 15 (International Business Machines Corporation, Massachusetts, USA) y las extensiones de Spatial Analyst de ArcGIS 10 para los análisis y modelación.

Las fluctuaciones (de baja y alta frecuencia) de las series de tiempo espacio-temporales se analizarán con el objeto de determinar señales anuales, tendencias y anomalías que serán de utilidad para la modelación. Lo anterior será determinado utilizando técnicas estadísticas de análisis multivariados en el dominio del tiempo (análisis de correlación, correlación cruzada lineal, no lineal y componentes principales). Estas técnicas permitirán establecer relaciones temporales entre las distintas variables ambientales y los indicadores biológicos (ocurrencia y concentración de toxinas) de las algas nocivas, identificando variables ambientales claves en relación a la variabilidad de las FAN. Además, con la base datos se estiman las distribuciones de probabilidad o curvas de evidencia, determinando los rangos de variables ambientales claves.

La modelación temporal del pronóstico de ocurrencia de FAN se basa en las relaciones históricas y en la aplicación de técnicas estadísticas no lineales (redes neuronales artificiales, modelos aditivos generalizados (GAM)) a las bases de datos de FAN. La modelación retrospectiva de los pronósticos

de FAN se lleva a cabo en computadores de alto rendimiento (CPU Core i7-3960X 3.3 GHz, DD 2T + DD 3 TB, RAM DDR 64 GB) y con la aplicación de algoritmos matemáticos con el programa STATISTICA. La modelación espacio-temporal del pronóstico de FAN se basa en las relaciones históricas y en la aplicación de técnicas estadísticas (multicriterio) de análisis en ArcGIS a la base de datos geoespacial.

Esta modelación retrospectiva permitirá calibrar y validar los modelos descritos a continuación:

➤ **Redes Neuronales Artificiales (RNAs).** Modelos matemáticos que copian la estructura de los sistemas neuronales biológicos con el fin de alcanzar una funcionalidad similar. De la multitud de modelos y variantes de RNAs que existen, en este proyecto se utilizarán redes neuronales supervisadas unidireccionales (Back Propagation, Levenberg-Marquardt), con retroalimentación (redes recurrentes o modelo de Elman), redes probabilísticas (PNN) y mapas autoorganizados o modelo de Kohonen.

➤ **Modelos generalizados.** Un enfoque de modelación generalizada es usada para desarrollar modelo ecosistémico multivariado para predecir ocurrencia de FAN y/o concentración de toxinas (u otra variable dependiente) con las variables ambientales. El modelo lineal general (GLM) es una generalización del modelo de regresión lineal simple, donde las variables predictoras (X_i) están relacionados linealmente a una variable de respuesta (Y):

$$Y = \alpha + \sum_{i=1}^n \beta_i X_i + \varepsilon$$

donde α y β_i son constantes y ε es el error. En un GLM, la X_i predictores puede ser continua como en la regresión, o categórica como en el análisis de la varianza (ANOVA, ANalysis Of VAriance, según terminología inglesa). Un parámetro se calcula para cada término en el modelo, de modo que una variable lineal continuo requerirá un parámetro y una variable categórica requerirá un parámetro para cada nivel. Cada parámetro que se estima requiere un grado de libertad. El término "general" se refiere a la estructura de error: modelos lineales "generales" requieren una estructura de error normal, mientras que los modelos lineales "generalizados" no tienen esa restricción y la estructura de error se puede especificar explícitamente (McCullagh y Nelder, 1989).

El modelo GAM extiende el GLM en (1), permitiendo que las funciones lineales de los predictores puedan ser sustituidas por funciones suaves arbitrarias. Por lo tanto, la forma general del modelo lineal se convierte en:

$$Y = \alpha + \sum_{i=1}^n f_i(X_i) + \varepsilon$$

La f_i son generalmente desconocidos y se estiman utilizando suavizadores de dispersión. Los suavizadores no asumen una dependencia fija de una respuesta en un predictor, y por lo tanto pueden describir cualquier forma no-lineal. Por lo tanto, un GAM entrega la relación estimada entre los términos ajustados individuales y cada uno de los predictores correspondientes (Hastie y Tibshirani, 1990). Al igual que en los GLM, los GAM requieren un número equivalente de parámetros a definir. Para los GAM, el número equivalente de parámetros provistos por el modelo se define en términos de la cantidad estimada de grados de libertad. Se requerirán más grados de libertad para una línea con una mayor flexibilidad.

Se utilizará un enfoque de modelado generalizado de dos pasos para predecir la abundancia de especies de algas nocivas a partir de variables ambientales medidas fácilmente. En el primer paso, se identificaron las relaciones entre la abundancia y el conjunto de predictores suponiendo que no hay una forma *a priori* utilizando Modelos Aditivos Generalizados (GAMs) y la base de datos generada con el objetivo 1. Regresión no lineal se utiliza debido a la compleja interacción de factores biológicos (por ejemplo, especies de abundancia relativa y distribución) y físicos (por ejemplo, temperatura, clorofila, oxígeno, entre otros) que controlan la forma de las relaciones. Los predictores escogidos son conocidas, ya sea en un punto determinado en el espacio y tiempo en el océano (mes, estación de muestreo, latitud y longitud) o se puede medir desde muestreos (temperatura, salinidad, oxígeno).

3.3. Objetivo específico 3. Complementar y contrarrestar la información de las variables oceanográficas de las estaciones de muestreo a través del uso de imágenes multiespectrales.

La teledetección por satélite ha demostrado ser una fuente rentable de valiosa información para numerosas aplicaciones, entre las que cabe citar la planificación urbana, vigilancia del medio ambiente, gestión de cultivos, prospección petrolífera, exploración minera, desarrollo de mercados, localización de bienes raíces y muchas otras.

El valor de las imágenes de satélite y la información extraída de ellas son evidentes. Ofrecen una visión global de objetos y detalles de la superficie del océano y facilitan la comprensión de las relaciones entre ellos.

Además de estas ventajas evidentes, las imágenes de satélite muestran, literalmente, mucho más de lo que el ojo humano puede observar, al desvelar detalles ocultos que de otra forma estarían fuera de su alcance. Algunas imágenes, por ejemplo, muestran las enfermedades de la vegetación, la existencia de minerales en afloramientos rocosos o la contaminación de los ríos. Algunos satélites "ven" a través de las nubes y la niebla que oculta parte de la superficie terrestre.

El valor práctico y la multiplicidad de aplicaciones de las imágenes continúan aumentando a medida que se lanzan nuevos satélites, que se suman a los que ya están en órbita. Al haber más satélites se dispone de imágenes en una cantidad creciente de tamaños de escena, resoluciones espectrales, frecuencias de paso y detalles espaciales. A la vez que estos nuevos sensores espaciales hacen que las imágenes sean más útiles que nunca, ofrecen a los usuarios actuales mayores dificultades a la hora de escoger las más adecuadas.

En la actualidad existen muchos satélites en órbita dedicados cada uno a captar imágenes de tipo muy específico. Una variedad mayor de imágenes es benéfica para el usuario final porque aumenta la probabilidad de que puedo obtener la información concreta que necesita para llevar a término su proyecto.

3.3.1. Obtención de imágenes satelitales

Para el desarrollo de este objetivo, se contempla el análisis de variables oceanográficas como la temperatura superficial del mar y clorofila a satelital, obtenidas a través del procesamiento de imágenes satelitales.

3.3.1.1. Satélite Aqua sensor Modis

El sensor MODIS (Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer) está a bordo de dos satélites (Terra y Aqua) que proporcionan imágenes de la superficie entera del globo cada 1 a 2 días. Estas imágenes contienen información de alta sensibilidad radiométrica en 36 bandas espectrales y a tres diferentes resoluciones: 250m, 500m y 1000m. El área de cobertura es de 10o x 10o divididos en “tiles” o cuadros con una cobertura global.

Los 36 canales espectrales del instrumento MODIS fueron seleccionados para apoyar la observación de las nubes, la tierra y los océanos. Los canales tradicionales utilizados para la observación del color del océano son las 9 bandas en el régimen espectral 412-869 nm, con una resolución espacial de 1.000 metros en el nadir. Estas bandas de océano fueron diseñadas con alta sensibilidad en el rango dinámico de reflectancia típicos sobre los océanos abiertos, incluyendo las contribuciones de la superficie y la atmósfera. Sobre las aguas costeras e interiores muy turbias, es posible que se exceda este rango dinámico, de tal manera que las bandas se saturan y la señal verdadera es desconocida. Otras bandas en MODIS fueron diseñadas específicamente para las observaciones terrestres y de nube, tanto con una mayor resolución espacial y sensibilidad reducida en un rango dinámico más amplio. Estas bandas tierra / nube solapan el rango espectral de las bandas del océano y se extienden en el infrarrojo de onda corta (SWIR), desde 469 nm a 2130 nm. El código de procesamiento de océano desarrollado por la OBPG, el Nivel-1 Multi-Sensor de Nivel-2 Código (msl12), se ha ampliado para apoyar estas bandas adicionales. El propósito principal de este esfuerzo es proporcionar un mecanismo para explorar el valor potencial de la mayor información espectral, así como los límites más altos de resolución y saturación de las bandas de la tierra / la nube, para la aplicación a las aguas costeras e interiores (Tabla 3).

Tabla 3. Productos del sensor MODIS.

Producto	Descripción
chlor_a	chlorophyll-a based on standard MODIS OC3 algorithm (443,488,551)
K_490	diffuse attenuation at 490nm
nLw_412	normalized water-leaving radiance at 412nm
nLw_443	normalized water-leaving radiance at 443nm
nLw_469	normalized water-leaving radiance at 469nm
nLw_488	normalized water-leaving radiance at 488nm
nLw_531	normalized water-leaving radiance at 531nm
nLw_551	normalized water-leaving radiance at 551nm
nLw_555	normalized water-leaving radiance at 555nm
nLw_645	normalized water-leaving radiance at 645nm
nLw_667	normalized water-leaving radiance at 667nm
nLw_678	normalized water-leaving radiance at 678nm
sst	sea-surface temperature from 11-12um channels
tau_869	aerosol optical thickness at 869nm
angstrom_531	aerosol angstrom exponent (531,869)
eps_78	aerosol model epsilon (748,869)

Como se ha dicho, el propósito de facilitar el acceso a las bandas de mayor resolución es fomentar y apoyar el desarrollo de nuevos algoritmos o aplicaciones para la comunidad científica. En la actualidad, las bandas espectrales adicionales en el visible se pueden procesar para radianzas o reflectancias de teledetección.

3.3.1.2. Satélites LANDSAT

La serie de satélites Landsat corresponde a un programa completo de adquisición de datos mediante teledetección, que tiene hasta el momento 8 satélites lanzados desde 1972, con la reciente incorporación del *Landsat Data Continuity Mission (LDCM)* o Landsat 8. El volumen de datos recogidos por esta serie de satélites lo hace una de las fuentes más abundantes en la actualidad.

La serie de satélites se puede clasificar en cuatro grupos de acuerdo a las características del sensor y la plataforma Chander et al, 2009): en el primer grupo se encuentran los satélites Landsat 1, Landsat 2 y Landsat 3, portadores del *Multispectral Scanner* (MSS) y del *Return Beam Vidicon* (RBV). Su resolución espacial era de aproximadamente 79 metros contando con cuatro bandas que abarcaban el espectro visible y el infrarrojo cercano (NIR). A partir de la serie Landsat 3 el sensor MSS añadió una quinta banda en el rango del infrarrojo termal.

El segundo grupo incluye los satélites Landsat 4 y Landsat 5, que además de llevar el sensor MSS, incorporaron el instrumento *Thematic Mapper* (TM). Este segundo grupo o generación agregó notables mejoras con la incorporación del sensor TM, debido al aumento en la calidad de los datos, agilidad y rapidez en la transmisión y adquisición de los mismos (Chander et al, 2009; Weng, 2011). Contando con 7 bandas espectrales, incluida una banda en el infrarrojo térmico, el sensor TM se convirtió en el instrumento principal para la adquisición y manejo de la información a pesar de contar con el sensor MSS que buscaba dar conexión entre una serie y la otra. Con resoluciones espaciales de 30 metros para 6 de sus bandas y 120 metros para la banda termal (actualmente resmuestreada a 30 metros), no solo mejoró la calidad de la información sino que incrementó las posibilidades de desarrollo de investigación.

El tercer grupo corresponde a las plataformas Landsat 6 y Landsat 7 con los sensores Enhanced Thematic Mapper (ETM) y Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+), el cual presentó un avance significativo en torno a la mejora de la resolución espacial, añadiendo una banda pancromática de 15 metros de resolución además de la incorporación de dos bandas térmicas con 60 metros de resolución espacial (remuestreadas posteriormente a 30 metros), una en alta ganancia y otra en baja ganancia (Tabla 4).

A pesar de que el lanzamiento del satélite Landsat 6 fue fallido, la incorporación del sensor ETM+, mejoró aún más la receptividad del instrumento y sus posibilidades en la comunidad científica. No obstante eso, en Mayo del Año 2003, solo unos años después de su puesta en funcionamiento, el sensor presentó una falla en el *Scan Line Corrector* (SLC), lo que generó una pérdida promedio en la captura de información de un 22% del territorio (Figura 8) (LANDSAT, 2013).

Tabla 4. Características de los sensores MSS, TM y ETM+; utilizados en las misiones Landsat desde el primero hasta el séptimo.

Multispectral scanner (MSS)	Landsat 1-3	Landsat 4-5	Longitud de onda (micrómetros)	Resolución (metros)
	Banda 4	Banda 1	0.5-0.6	60
	Band 5	Band 2	0.6-0.7	60
	Band 6	Banda 3	0.7-0.8	60
	Banda 7	Banda 4	0.8-1.1	60
Thematic Mapper (TM)	Landsat 4-5	Longitud de onda (micrómetros)		Resolución (metros)
	Banda 1	0,45-0,52		30
	Band 2	0,52-0,60		30
	Banda 3	0,63-0,69		30
	Banda 4	0,76-0,90		30
	Band 5	1,55-1,75		30
	Band 6	10,40-12,50		120 * (30)
	Banda 7	2,08-2,35		30
Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM +)	Landsat 7	Longitud de onda (micrómetros)		Resolución (metros)
	Banda 1	0,45-0,52		30
	Band 2	0,52-0,60		30
	Banda 3	0,63-0,69		30
	Banda 4	0,77 a 0,90		30
	Band 5	1,55-1,75		30
	Band 6	10,40-12,50		60 * (30)
	Banda 7	2,09-2,35		30
	Band 8	Desde 0,52 hasta 0,90		15

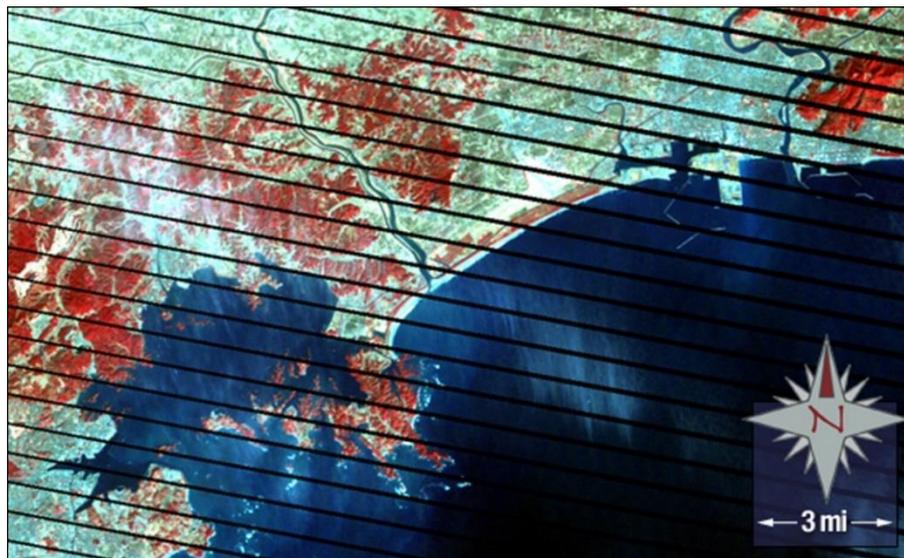


Figura 8. Imagen Landsat 7 ETM+ con el bandeado característico tras la falla del Scan Line Corrector (SLC).

Finalmente la nueva generación del Proyecto viene representada por el LDCM o Landsat 8; el cual plantea un avance en la captura de la información muy importante. Provisto de dos sensores nuevos: el *Operational Land Imager*(OLI) y el *Thermal infrared Sensor* (TIRS); con 8 bandas en el sensor multiespectral con resolución de 30 metros, una banda pancromática de 15 metros de resolución y dos bandas térmicas con 100 metros de resolución (remuestreadas a 30 metros, posteriormente) (Tabla 5).

Tabla 5. Características del sensor Landsat 8 “Operacional Tierra Imager” (OLI) y el sensor de infrarrojo térmico (TIRS).

Landsat 8 Operacional Tierra Imager (OLI) y Thermal Infrared Sensor (TIRS) Lanzado 11 de febrero 2013	Bandas	Longitud de onda (micrómetros)	Resolución (metros)
	Band 1 - aerosol Costera	0,43 a 0,45	30
	Banda 2 – Azul	Desde 0,45 hasta 0,51	30
	Band 3 – Verde	0,53-0,59	30
	Band 4 – Rojo	0,64-0,67	30
	Band 5 - Infrarrojo Cercano (NIR)	Desde 0,85 hasta 0,88	30
	Band 6 - SWIR 1	1,57-1,65	30
	Banda 7 - SWIR 2	02.11 a 02.29	30
	Band 8 - Pancromático	0,50-0,68	15
	Band 9 – Cirrus	1,36-1,38	30
	Band 10 - Infrarrojo térmico (TIRS) 1	10,60-11,19	100
	Band 11 - Thermal Infrared (TIRS) 2	11,50-12,51	100

Las imágenes constan de nueve bandas espectrales con una resolución espacial de 30 metros para las bandas del 1 al 7 y 9. La nueva banda 1 (ultra-azul) es útil para estudios costeros y de aerosoles. La nueva banda 9 es útil para la detección de cirros. La resolución de la banda 8 (pancromática) es de 15 metros. Bandas térmicas 10 y 11 son útiles para proporcionar temperaturas de la superficie más precisas y se recogen a 100 metros. Tamaño aproximado de escena es de 170 km al norte-sur por 183 kilómetros de este a oeste (106 km por 114 km).

3.3.2. Procedimiento para descargar imágenes

Configuraciones previas:

- 1.- El USGS Global Visualization Viewer (<http://glovis.usgs.gov>), requiere de un explorador Web de preferencia Microsoft Internet Explorer.
- 2.- Es necesario tener instalada la versión más reciente de Java plug-in (<http://java.com/en/download/index.jsp>).

3.- Abrir la página http://lpdaac.usgs.gov/data_access/glovis. En el menú izquierdo en Data Access seleccionar GloVis, luego Seleccionar la colección MODIS Aqua / Terra (Tablas 6 y 7). Indicar el tipo coordenadas en grados de Latitud y Longitud de un punto en la zona de interés, o dar clic con el cursor en el Global Locator Map.

4.- Se despliega en una ventana adicional el USGS Global Visualization Viewer (en caso contrario revisar instalación de Java plug-in). Dando clic en Collection, se puede seleccionar MODIS Aqua / Terra y las imágenes correspondientes y descripciones a fin de descargar la temática que se requiera. Una vez seleccionada el área y tipo de imagen se da clic en Add (se agrega la imagen en la parte superior). Una vez agregada la imagen se da clic en Order (para solicitar la imagen) Se despliega una ventana con la información de la imagen a ordenar, y se da clic en Go to Check out (estas imágenes no tienen costo alguno). Se presenta un formulario con datos solicitados, una vez llenos los campos requeridos dar clic en Submit Order.

Una vez que la orden ha sido satisfactoria se proporciona un Order ID vía e-mail, se recibirá la confirmación de la solicitud (Order ID) y las indicaciones para realizar la descarga.

Tabla 6. Imágenes disponibles MODIS Aqua.

Modis Aqua	Descripción de datos
MYD09A1	MODIS/Aqua Surface Reflectance 8 Day L3 Global 500m SIN Grid
MYD11A1 Day	MODIS/Aqua Surface Temperature/Emissivity Daily L3 Global 1km SIN Grid Day
MYD11A1 Night	MODIS/Aqua Surface Temperature/Emissivity Daily L3 Global 1km SIN Grid Night
MYD11B1 Day	MODIS/Aqua Surface Temperature/Emissivity Daily L3 Global 5km SIN Grid Day
MYD11B1 Night	MODIS/Aqua Surface Temperature/Emissivity Daily L3 Global 5km SIN Grid Night
MYD13A1 EVI	MODIS/Aqua Vegetation Indices 16-Day L3 Global 500m SIN Grid EVI
MYD13A1 NDVI	MODIS/Aqua Vegetation Indices 16-Day L3 Global 500m SIN Grid NDVI
MYD13A2 EVI	MODIS/Aqua Vegetation Indices 16-Day L3 Global 1km SIN Grid EVI
MYD13A2 NDVI	MODIS/Aqua Vegetation Indices 16-Day L3 Global 1km SIN Grid NDVI
MYD14A1	MODIS/Aqua Thermal Anomalies/Fire Daily L3 Global 1km SIN Grid
MYD14A2	MODIS/Aqua Thermal Anomalies/Fire 8-Day L3 Global 1km SIN Grid
MYD15A2 FPAR	MODIS/Aqua Leaf Area Index/FPAR 8-Day L4 Global 1km SIN Grid FPAR
MYD15A2 LAI	MODIS/Aqua Leaf Area Index/LAI 8-Day L4 Global 1km SIN Grid LAI
MCD43B1	MODIS/Terra+Aqua BRDF/Albedo Model-1 16-Day L3 Global 1km SIN Grid
MCD43B3	MODIS/Terra+Aqua Albedo 16-Day L3 Global 1km SIN Grid
MCD43B4	MODIS/Terra+Aqua Nadir BRDF-Adjusted Reflectance 16-Day L3 Global 1km SIN Grid

Tabla 7. Imágenes disponibles MODIS Terra.

Modis Terra	Data Description
MOD09A1	MODIS/Terra Surface Reflectance 8-Day L3 Global 500m SIN Grid
MOD11A1 Day	MODIS/Terra Surface Temperature/Emissivity Daily L3 Global 1km SIN Grid Day
MOD11A1 Night	MODIS/Terra Surface Temperature/Emissivity Daily L3 Global 1km SIN Grid Night
MOD11B1 Day	MODIS/Terra Surface Temperature/Emissivity Daily L3 Global 5km SIN Grid Day
MOD11B1 Night	MODIS/Terra Surface Temperature/Emissivity Daily L3 Global 5km SIN Grid Night
MOD13A1 EVI	MODIS/Terra Vegetation Indices 16-Day L3 Global 500m SIN Grid EVI
MOD13A1 NDVI	MODIS/Terra Vegetation Indices 16-Day L3 Global 500m SIN Grid NDVI
MOD13A2 EVI	MODIS/Terra Vegetation Indices 16-Day L3 Global 1km SIN Grid EVI
MOD13A2 NDVI	MODIS/Terra Vegetation Indices 16-Day L3 Global 1km SIN Grid NDVI
MOD14A1	MODIS/Terra Thermal Anomalies/Fire Daily L3 Global 1km SIN Grid
MOD14A2	MODIS/Terra Thermal Anomalies/Fire 8-Day L3 Global 1km SIN Grid
MOD15A2 FPAR	MODIS/Terra Leaf Area Index/FPAR 8-Day L4 Global 1km SIN Grid FPAR
MOD15A2 LAI	MODIS/Terra Leaf Area Index/LAI 8-Day L4 Global 1km SIN Grid LAI
MOD43B1	MODIS/Terra BRDF/Albedo Model-1 16-Day L3 Global 1km SIN Grid
MOD43B3	MODIS/Terra Albedo 16-Day L3 Global 1km SIN Grid
	MODIS/Terra Nadir BRDF-Adjusted Reflectance 16-Day L3 Global 1km SIN Grid

3.3.3. Procesamiento de las imágenes satelitales.

Los datos para la elaboración de imágenes de clorofila *a* y temperatura superficial del mar son procesados y provistos por NASA/Goddard Space Flight Center, la información está disponible gratuitamente en la página <http://oceancolor.gsfc.nasa.gov>.

La información a procesar para esta investigación considera diferentes niveles de proceso de las imágenes satelitales:

- Nivel L0_LAC: Nivel 0 de datos, sin procesar y datos de carga útil en resolución completa, para aquellos caso en que se necesita una representación gráfica de mayor resolución.
- L2_LAC: El nivel 2 de datos consta de las variables geofísicas (clorofila, temperatura, entre otros) en la misma resolución que la fuente de datos de nivel 1. Esta información es entregada diariamente. Estos datos constituyen la base para el monitoreo diario, donde la resolución entregada será de 250 metros.
- L3_LAC: El nivel 3 de datos se compone de los datos acumulados de todos los productos de nivel 2, para el instrumento y la resolución se especifica, correspondiente a un período de un día, 8 días, un mes, o un año calendario. Los datos se almacenan en una representación de una red global, en resoluciones de 4 y 9 km². Esta información se utilizará en aquellos casos en que la nubosidad no permita obtener imágenes diarias L2.

La información es procesada por NASA/Goddard Space Flight Center, entregando calibrados espectral y atmosféricamente los productos clorofila *a* y SST. El procesamiento de esta información es posible realizarla a través de software de libre disposición como es el caso de SEADAS.

Dado que la información se proporciona corregida, sólo se hace referencia a la temporalidad de los datos, los cuales se pueden obtener a partir del mes de julio del año 2002.

Para efectos de corregir geoméricamente los datos, se utiliza el software ENVI 5.1 a través de su complemento “**ENVI Plugin for Ocean Color (EPOC)**“, siendo una conversión de archivos HDF y la georreferenciación de utilidad para los conjuntos de datos que se distribuyen actualmente a través del sitio web OceanColor (<http://oceancolor.gsfc.nasa.gov>) o creados utilizando el Sistema de Análisis de Datos SeaWiFS (SEADAS, <http://seadas.gsfc.nasa.gov>). Nivel 1A, Nivel 2 y Nivel 3 conjuntos de datos SMI son compatibles con cinco sensores: MODIS de Aqua, Terra MODIS, SeaWiFS, CZCS y PTU. El plugin funciona en todos los sistemas operativos que se pueden ejecutar IDL y ENVI.

Una vez obtenida las imágenes, se realiza la extracción de la zona en estudio, para lo cual se construye un polígono de área de influencia que incluya las zonas monitoreadas por IFOP.

3.3.4. Uso de Herramientas de Spatial Analyst de Arcgis 10.2 para la comparación de información satelital y de estaciones de muestreo

La extensión ArcGIS Spatial Analyst proporciona un amplio conjunto de herramientas de análisis y modelado espacial tanto para datos raster (basados en celda) como de entidad (vector).

Las capacidades de Spatial Analyst se separan en categorías o grupos de funcionalidades relacionadas. Si conoce las categorías podrá identificar qué herramienta en particular utilizar. Existen varias formas de acceder a las funcionalidades de Spatial Analyst. Con el geoprocesamiento, las operaciones de la caja de herramientas de Spatial Analyst se pueden realizar mediante un cuadro de diálogo Herramienta, Phyton (ya sea en una interfaz de línea de comandos interactiva o con una secuencia de comandos), o un Modelo.

Las operaciones tradicionales y los flujos de trabajo que utilizan Álgebra de mapas también se pueden realizar en el entorno de Python. También existe una Calculadora raster disponible para introducir expresiones de Álgebra de mapas simples que generan un raster de salida.

3.3.4.1. Extracción de valores en zona de estudio

Se extraen los valores de celda basados en un conjunto de entidades de punto y registra los valores en la tabla de atributos de una clase de entidad de salida.

Uso

- Todos los campos de la clase de entidad de punto de entrada se incluirán en la clase de entidad de punto de salida.
- La clase de entidad de salida tendrá un nuevo campo agregado llamado RASTERVALU.
- Cuando se utiliza Extraer valores según puntos en un raster multibanda, el campo RASTERVALU incluirá valores desde la última banda del raster de entrada. Para extraer valores desde varios raster en un dataset raster multibanda, utilice la herramienta Extraer valores múltiples a puntos.
- Para el campo RASTERVALU de la tabla de atributos, las celdas NoData en el raster de valor recibirán un valor de -9999.
- La opción de interpolación determina cómo se obtendrán los valores desde el raster. La opción predeterminada es utilizar el valor en el centro de la celda que se está mostrando. La opción de interpolación utilizará la interpolación bilineal para interpolar un valor para el centro de la celda.
- Si el raster de entrada es del tipo punto flotante, el dataset de puntos de salida resultante sólo incluirá atributos de los datos de entidad de entrada y el valor de la celda, como determina la opción de interpolación.
- Cuando agrega los atributos desde el raster de entrada, si el dataset de entidad de punto de salida es un shapefile, no puede haber ningún campo en el raster de entrada con un nombre que tenga más de 10 caracteres de longitud. Si existen, se debe cambiar el nombre de estos campos antes de ejecutar la herramienta.

En la Tabla 8 se enumera todos los conjuntos de herramientas disponibles y cuenta con una descripción de las capacidades que ofrecen las herramientas de cada uno de los conjuntos.

Tabla 8. Herramientas de Spatial Analyst para la extracción de valores de variables oceanográficas.

Parámetro	Explicación	Tipo de datos
in_point_features	Las entidades de puntos de entrada que definen las ubicaciones desde donde desea extraer los valores de celda raster.	Feature Layer
in_raster	El dataset raster cuyos valores se extraerán. El ráster puede ser de tipo entero o punto flotante.	Raster Layer
out_point_features	El dataset de entidades de puntos de salida incluye los valores de raster extraídos.	Feature Class
interpolate_values (Opcional)	Especifica si se utilizará la interpolación o no. <ul style="list-style-type: none"> • NINGUNO — No se aplicará ninguna interpolación; se utilizará el valor del centro de la celda. • INTERPOLAR — Se calculará el valor de la celda a partir de las celdas adyacentes con valores válidos mediante la interpolación bilineal. Los valores NoData se ignorarán en la interpolación a menos que todas las celdas adyacentes sean NoData. 	Boolean
add_attributes (Opcional)	Determina si los atributos de raster se escriben en el dataset de entidades de puntos de salida. <ul style="list-style-type: none"> • VALUE_ONLY — Sólo se agrega el valor del raster de entrada a los atributos de puntos. Esta es la opción predeterminada. • ALL — Todos los campos del raster de entrada (excepto Cuenta) se agregarán a los atributos de puntos. 	Boolean

3.3.4.2. Análisis por zona

Las herramientas zonales de geoprocésamiento permiten realizar un análisis cuya salida es el resultado de cálculos realizados en todas las celdas que pertenecen a cada zona de entrada. Una zona se puede definir como un área simple de un valor en particular, pero también puede estar compuesta por varios elementos o regiones desconectados, todos con el mismo valor. Las zonas se pueden definir mediante datasets de entidades o raster. Los raster deben ser de tipo entero y las entidades deben tener un campo de atributo entero o de cadena de caracteres.

Algunas herramientas zonales cuantifican ciertas propiedades de la geometría o la forma de la entrada de zona y no necesitan ninguna otra entrada. Otras herramientas zonales utilizan la entrada de la zona para definir las ubicaciones para las cuales se calcularán otros parámetros, como estadísticas, áreas o frecuencias de valor. También existe una herramienta

zonal que se utiliza para rellenar zonas especificadas con el valor mínimo que se encuentra en el límite de la zona.

Como se observa en la Tabla 9, las aplicaciones para herramientas zonales permiten elaborar informes comparativos con la información base de IFOP.

Tabla 9. Las aplicaciones para herramientas zonales.

Categoría de aplicación de herramienta zonal	Herramientas
Herramientas que funcionan en las formas de la zona.	Geometría por zonas Geometría por zonas como tabla
Herramientas que funcionan en los atributos de la zona.	Estadísticas zonales Estadísticas por Zonas como tabla
Herramientas que determinan el área de las clases dentro de las zonas.	Área tabulada
Herramientas que determinan la distribución de frecuencia de los valores de un raster de entrada dentro de las zonas de otro.	Histograma de zona
Herramientas que rellenan zonas especificadas.	Relleno zonal

Posteriormente para su representación gráfica e incorporación de datos vectoriales (línea de costa, contornos, toponimia), se exportaron las imágenes directamente desde ENVI a la plataforma de trabajo del software ARCGIS 10.2 (Figura 9).

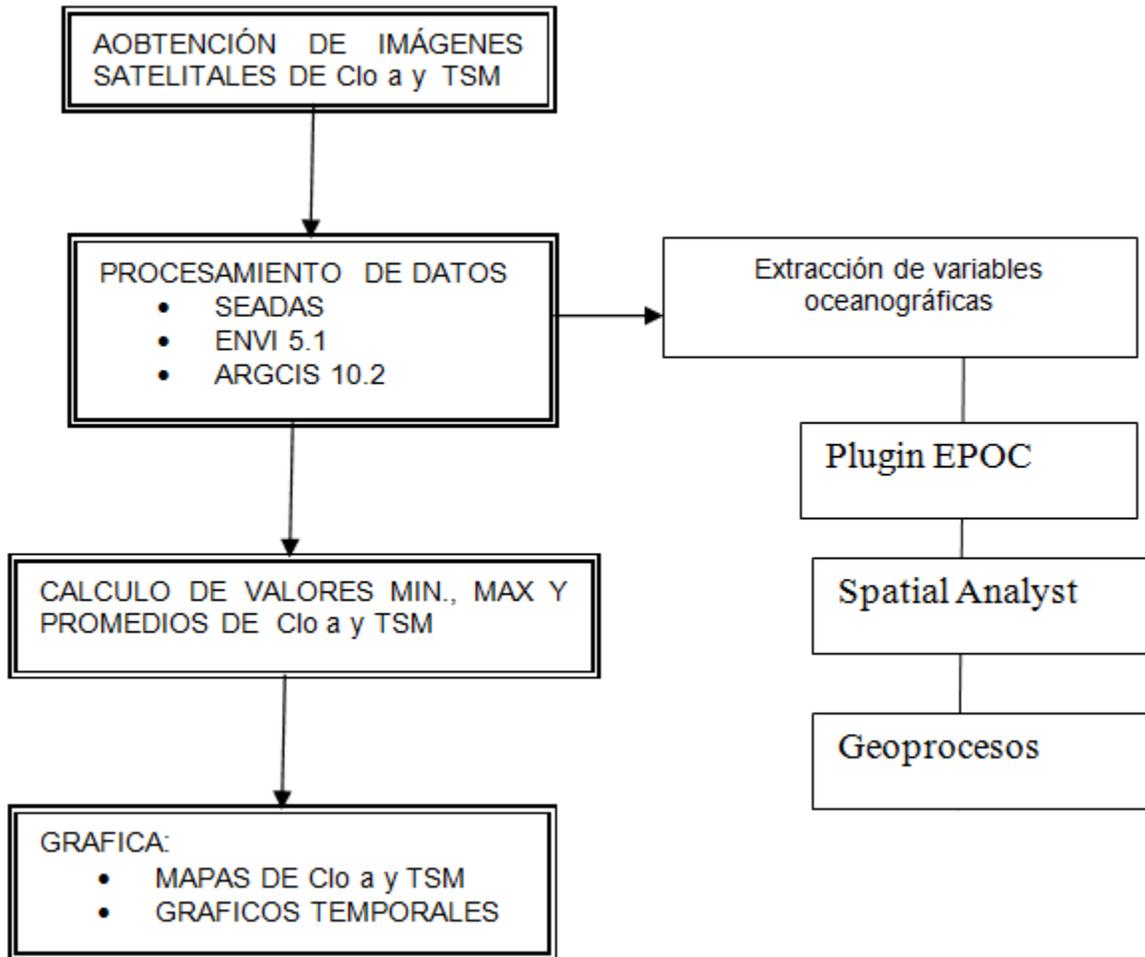


Figura 9. Esquema Metodológico para la comparación de información de variables oceanográficas.

3.4. Objetivo específico 4. Proporcionar extensiones compatibles con el actual Sistema de Información Geográfica y otras herramientas tecnológicas para el desarrollo práctico del modelo solicitado.

Para desarrollar este objetivo se trabajó con ESRI Chile, proveedor del Sistema de Información Geográfica (SIG) ArcGIS y el programa de procesamiento de imágenes satelitales ENVI 5.1 en Chile, en una propuesta técnico y económica para la adquisición de las extensiones y versiones solicitadas y que son compatibles con el hardware y software SIG disponibles en el departamento de ordenamiento territorial de la SUBPESCA.

Además se trabajará con software de licencia libre como SEADAS 7.1.

3.5. Objetivo específico 5. Asesorar en la creación de productos cartográficos relacionados con la temática de estudio para su publicación como servicio de mapa en el Visualizador Institucional.

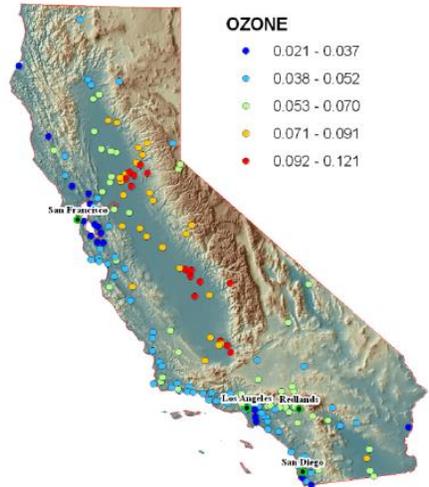
Del desarrollo de los objetivos 1, 2 y 3 se contará con una serie de información que podrá ser utilizada para generar productos cartográficos que puedan ser publicados en forma rutinaria en el Visualizador de Mapas de SUBPESCA. Metodologías para crear productos cartográficos han sido revisadas en el curso de capacitación. Además han sido elaboradas dos propuestas de plantillas de salida de estos productos, en formato acordado con la Unidad de Ordenamiento Territorial de la SUBPESCA, así como también su escala, formato y fuentes.

Respecto de los productos cartográficos estos están bajo protocolo de la Consultora Geoinfo, quienes están en proceso de modificación del servidor, por lo tanto en este momento no está funcionando. Todo lo que se publique en el WMS de la SUBPESCA lo hace el Sr. Lino Arancibia, administrador del servidor corporativo y visualizador de la Institución.

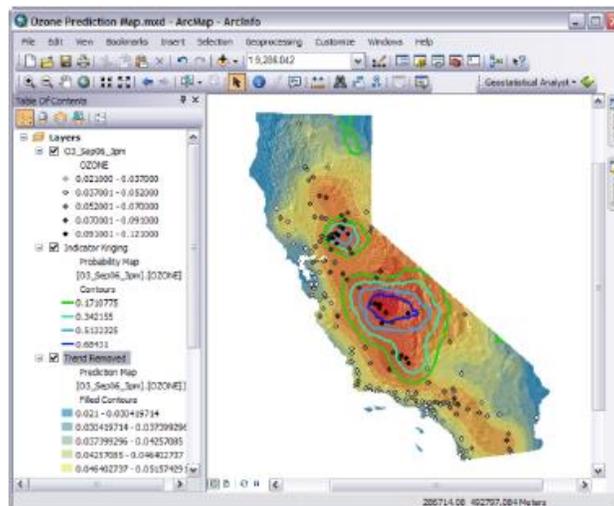
A continuación se detallan algunos productos cartográficos que pueden generarse y servir como capas de información geoespacial para el Visualizador de Mapas, todos georreferenciados en Coordenadas UTM-18S (o latitud / longitud) y Datum WGS-84.

Objetivo1. Para las variables (especies de algas nocivas, concentración toxinas, temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto, temperatura del aire, presión atmosférica, velocidad del viento, otras) medidas en distintas fechas (día/mes/año) en las estaciones de muestreo del Programa de Manejo y Monitoreo de las Mareas Rojas, además de las generadas en el objetivo 1 como la abundancia relativa REPLA, se generarán cartografía con:

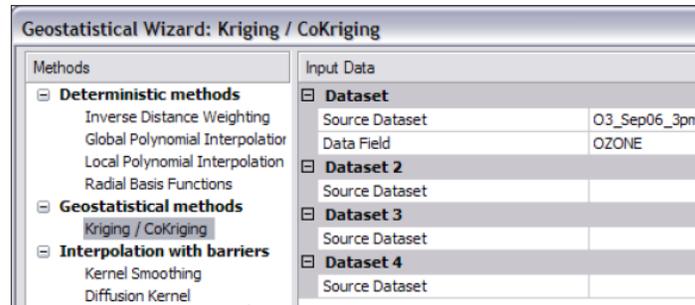
- Vectores de puntos en ArcGIS 10. Los vectores de las mediciones por variables en formato shape de ArcGIS 10 serán exportados a formato KML, KMZ u otro compatible y requerido para ser incorporados al Visualizador de SUBPESCA.



- Imágenes interpoladas. Los datos de vectores puntuales de las mediciones por variables en formato shape podrán ser interpolados con técnicas geoestadísticas para representarlos como imágenes en formato ArcGIS 10 las que serán exportadas a formato GeoTIFF, JPG u otro compatible y requerido para ser incorporados al Visualizador de SUBPESCA. Además, es posible generar vectores de isolíneas o contornos a partir de las imágenes interpoladas y luego superponerlos a estas.



El software ArcGIS 10 dispone de la extensión Geostatistical Analyst Tools con algoritmos de interpolación para la elaboración de mallas o imágenes, métodos determinísticos y geoestadísticos como Kriging que es el más utilizado:



Básicamente, estos algoritmos interpolan valores de cierta variable, por ejemplo la profundidad del mar, a partir de mediciones efectuadas a cierta distancia del punto (nodo) donde se interpola el valor. El proceso de interpolación consiste generalmente en efectuar promedios de ponderados, en que cada algoritmo tiene su propia función matemática o sistema lógico para el cálculo de los pesos. Entonces, se requiere de varios ensayos, cada uno con distintas combinaciones entre los parámetros de los algoritmos, para la determinación de la malla final.

Objetivo 2. Con los modelos calibrados y validados se generarán pronósticos de abundancia relativa de algas nocivas en formato de vector de puntos por estación de muestreo y como mapas interpolados en formato ArcGIS 10 las que serán exportadas a formato KMZ (o KML) o GeoTIFF (JPG u otro), respectivamente, compatibles y requeridos para ser incorporados al Visualizador de SUBPESCA.

Objetivo 3. Los productos de imágenes satelitales generados en este objetivo como concentración de clorofila *a* y temperatura superficial del mar serán exportadas a formato GeoTIFF, JPG u otro compatible y requerido para ser incorporados al visualizador de mapas de SUBPESCA.

3.6. Objetivo específico 6. Instalar las capacidades técnicas en los profesionales que serán los responsables de administrar y procesar el sistema de automatización solicitado.

Se propone realizar el curso de capacitación "**ANÁLISIS ESPACIAL DE DATOS GEOGRÁFICOS PARA EL MONITOREO DE RECURSOS NATURALES DEL MEDIO AMBIENTE MARINO**". Visto el caso que las dependencias de la Subsecretaría de Pesca no cuentan con los requerimientos computacionales (hardware y software) para la ejecución del curso, se propone el uso de los laboratorios y equipos informáticos disponibles en las dependencias de la Escuela de Ciencias del Mar, Sala Multimedia, de la Facultad de Recursos Naturales.

El curso será certificado por la Dirección de Cooperación Técnica dependiente de la Dirección General de Vinculación con el Medio de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Se adjunta certificado de muestra otorgado por la Universidad en anterior actividad de extensión de académica.

Adicionalmente y para cumplir con los requerimiento de las bases del proyecto, se propone el uso complementario del Aula Virtual de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso (<http://aulavirtualpucv.cl/>) para potenciar las prácticas educativas y los procesos de enseñanza y aprendizaje con uso de tecnologías TICs con el objetivo de incorporar espacios virtuales como apoyo al curso de capacitación y como una garantía de soporte por 3 meses después de terminado el proyecto.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Objetivo específico 1. Diseñar e implementar un modelo de sistematización de información compatible con el Sistema de Información Geográfica implementado en la SUBPESCA, orientado al seguimiento automatizado de ocurrencia de un FAN, considerando los rangos de corte de abundancia relativa establecidos en el REPLA.

4.1.1. Entrega de datos

Los datos fueron proporcionadas por la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura el día 29 de Diciembre de 2014 (Ver Acta 2a Reunión en ANEXO 1. ACTAS DE ACUERDO REUNIONES). Los datos proporcionados abarcan un período de años comprendido desde el 2006 al 2013 y disponen de la información de abundancia relativa para las especies *Alexandrium catenella*, *Alexandrium ostenfeldii*, *Alexandrium cf. Tamarense*, *Dinophysisacuminata*, *Dinophysisacuta*, *Protoceratiumreticulatum*, *Pseudo-nitzschia cf. Australis*, *P. cf. Pseudodelicatissima* para las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes. Adicionalmente las planillas Excel están compuestas por información de carácter cuantitativo distribuida en registros: biológicos, toxinas, fisicoquímicos, nutrientes, meteorológicos y oceanográficos (Tabla 10).

Junto a esta información en formato Excel (*.xls y *.xlsx) se proporcionó una capa vectorial de puntos presente en el Geodatabase de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura correspondiente a las estaciones de muestreo del Programa de Marea Roja.

Para iniciar el proceso de elaboración de lo que se denominará desde ahora “Modelo REPLA”, entendido como un conjunto de modelos generados para trabajar ciertas variables de interés indicadas por parte de los profesionales de Subpesca. Las variables corresponden a: abundancia relativa para *Alexandrium catenella*¹, temperatura ambiente, temperatura del

¹ Adicionalmente la Subpesca solicitó si se podían incorporar modelos de Abundancia Relativa para las especies *Dinophysis acuminata* y *Dinophysis acuta*.

mar, clorofila, salinidad, viento (dirección y velocidad), oxígeno agregado y toxinas (VDM, VAM, VPM).

Tabla 10. Resumen Tabla de Datos Programa Marea Roja

Año	Biológicos					Toxinas			Fisicoquímicos					
	Ab. Relativa	Densidad total 0-10/10-20	Fitoplancton Total cualitativo	Zooplancton (ind/m ³)	Quiste	VDM (posit. o neg.)	VPM (µg STX eq/100 g)	VAM (µg/g)	T° Agua (°C) perfil	Salinidad (psu) perfil	Sigma t perfil	Oxígeno (mg/L) perfil	Clorofila (mg/m ³) 0-10 y 10-20	Disco Secci (m)
2006-07	x	X	x	x		x	x	x	x	X	x		x	
2007-08	x	X	x	x		x	x	x	x	X	x		x	x
2008-09	x	X	x	x		x	x	x	x	X	x	X	x	x
2010	x	X	x	x	x	x	x	x	x	X	x	X	x	x
2011	x					x	x	x	x	X		X	x	x
2012	x	X	x			x	x	x	x	X	x	X	x	x
2013	x	X	x			x	x	x	x	X	x	X	x	x

Año	Nutrientes				Meteorológico						Oceanográficos	
	Fosfato (mg/L)	Silicato (mg/L)	Nitrato (mg/L)	Nitrito (mg/L)	T° Ambiental (°C)	T° Ambiental (°C continuo)	Viento Dir.	Viento Vel. (m/s)	Nubosidad (octavos)	Presión (mba)	CTD	ADCP
2006-07	x	x	x	x	x		x	x	X	x		
2007-08	x	x	x	x	x		x	x	X	x		
2008-09	x	x	x	x	x		x	x	X	x		
2010	x	x	x	x	x	x	x	x	X	x		
2011					x		x	X	X	x		
2012					x	x	x	X	X	x	x	x
2013					x	x	x	X	X	x	x	x

Fuente: Subpesca, 2014

4.1.2. Revisión de información

Antes de iniciar la elaboración de los modelos, el equipo de trabajo comenzó una revisión de las planillas Excel entregadas por el mandante. La revisión inicial se realizó sobre la capa espacial (vector de puntos *.shp) sobre el cual se planteó sería el soporte en el que se sustentarían los modelos.

La revisión de la capa vectorial, que contenía 306 estaciones, arrojó que varias de las estaciones tenían irregularidades, como por ejemplo repetición de estaciones, desplazamiento o información descriptiva diferente para la misma estación. De esta revisión se encontraron 177 estaciones repetidas de las cuales 127 se encontraban desplazadas entre sí (ANEXO 2. ESTACIONES SUBPESCA).

A partir de esta revisión se optó por generar una nueva capa vectorial de puntos utilizando la información de las estaciones acumuladas al año 2014 (ANEXO 3. ESTACIONES ACUMULADAS 2014) disponible en la información histórica entregada por parte de la Subpesca. La capa generada dispone de 226 estaciones, de las cuales 206 se encuentran activas de acuerdo a la información de base considerada (ANEXO 4. ESTACIONES 2014).

La capa vectorial generada tiene una extensión espacial que abarca las 3 regiones que se encuentran monitoreadas por el programa. Sin embargo para el desarrollo de los modelos se trabaja con 88, localizadas en las regiones de Los Lagos y Aysén de acuerdo a lo dispuesto en las bases técnicas. De esta forma, se elabora un shape con estas 88 estaciones para los procesos posteriores de trabajo y se establece la necesidad de reajustar las tablas de información para permitir el trabajo geoespacial a partir de los modelos y evaluar los resultados de la generación de estos datos.

De esta forma, se hará entrega de dos capas vectoriales: una conteniendo todas las estaciones del programa de Marea Roja para las regiones de Los Lagos, Aysén y

Magallanes y otra con las 88 estaciones consideradas dentro del proyecto FIP 2014-76, estipuladas en las bases técnicas.

4.1.3. Estructuración y normalización de las planillas Excel

La normalización de las tablas consta de la anulación de los formatos y extracción de la información de interés², en este caso la totalidad de los datos para el dinoflagelado *Alexandrium catenella*, además de las variables mencionadas anteriormente. Cabe señalar, que las planillas Excel no normalizadas entregadas tienen en su mayoría estructuras y nomenclaturas distintas (por ejemplo, a veces se indica fecha al día, otra como mes, otra con el número de crucero), están muy dispersas en varias hojas de cálculo, existiendo complejidad en ordenar y confeccionar las planillas Excel Normalizadas integradas por variables biológicas y ambientales.

La Figura 10 muestra ejemplos de las distintas configuraciones de las planillas Excel No Normalizadas originales y en la Figura 11 se observa el diagrama de flujo del proceso de estructuración de los datos y como se integra la información para generar las planillas Excel Normalizadas para los diferentes modelos.

² El rango temporal y la normalización de las bases depende de los modelos a los cuales estarán asociados; de esta forma existe un formato establecido para los modelos de espacialización y visualización REPLA (2006-2014) y un formato diferente utilizado en los análisis multivariados y en el análisis de redes neuronales (2008-2014).

Estación	Localidad	Fecha	Alexandrium catenella
L01	Meti	11-sep-08	0
L02	Yates	9-sep-08	0
LOGN1	Sotomó	9-sep-08	0
LOGN2	Cochandó	9-sep-08	0
LOGN3	Marmel	9-sep-08	0
LOGN4	Pocoahuen	9-sep-08	0
L03	Ciá La Arena	SM	SM
LOGN1	Porerillos	9-sep-08	0
L04	Calbuco Paso Quenu	11-sep-08	0
L05	Queñimihue	10-sep-08	0
L06	Hualpue	10-sep-08	0
LOGN1	I. Caicura	9-sep-08	0
L07	C. Calcahué	12-sep-08	0

Cruceros	16-ene-11
Prof (m)	0
0	11.4
5	11.4
10	11.2
20	10.6
30	10.5
40	10.5
50	10.4

Cruceros	16-ene-11
Prof (m)	0
0	32.1
5	32.1
10	32.2
20	32.6
30	32.6
40	32.9
50	32.9

Cruceros	16-ene-11
Prof (m)	0
0	32.1
5	32.1
10	32.2
20	32.6
30	32.6
40	32.9
50	32.9

EST.	LOCALIDAD	Crucero 1	Crucero 2	Crucero 3
L01	Meti	16-mar-12	12-abr-12	5-may-12
L02	Yates	16-mar-12	11-abr-12	4-may-12
LOGN1	Sotomó	16-mar-12	11-abr-12	4-may-12
LOGN2	Cochandó	16-mar-12	11-abr-12	3-may-12
LOGN3	Marmel	16-mar-12	11-abr-12	4-may-12
LOGN4	Pocoahuen	16-mar-12	11-abr-12	3-may-12
L03	Ciá La Arena	16-mar-12	12-abr-12	5-may-12
LOGN1	Porerillos	16-mar-12	11-abr-12	4-may-12
L04	Calbuco Paso Quenu	16-mar-12	10-abr-12	7-may-12
LOGN2	B. Sotomó	16-mar-12	12-abr-12	7-may-12
LOGN3	Chayahué	16-mar-12	10-abr-12	7-may-12
LOGN4	I. Pulapel	16-mar-12	10-abr-12	7-may-12
L05	Arceú Queraltahue	13-mar-12	9-abr-12	8-may-12
L06	Hualpue	13-mar-12	9-abr-12	8-may-12
LOGN1	I. Caicura	10-mar-12	12-abr-12	5-may-12
LOGN2	Paso Haco	10-mar-12	11-abr-12	4-may-12
L07	C. Calcahué	6-mar-12	29-mar-12	26-abr-12
L08	I. Mechuzque	7-mar-12	28-mar-12	26-abr-12
L09	I. Burachauquez	7-mar-12	28-mar-12	26-abr-12
LOGN1	I. Burachauquez 2	7-mar-12	28-mar-12	26-abr-12
L10	Aycaura	7-mar-12	28-mar-12	27-abr-12
L11	Talcahué 2	6-mar-12	30-mar-12	27-abr-12
L12	B. Pumalín	7-mar-12	30-mar-12	27-abr-12
L13	C. Dalcahue	6-mar-12	29-mar-12	26-abr-12

Figura 10. Ejemplo de diversas configuraciones de las planillas Excel no normalizadas.

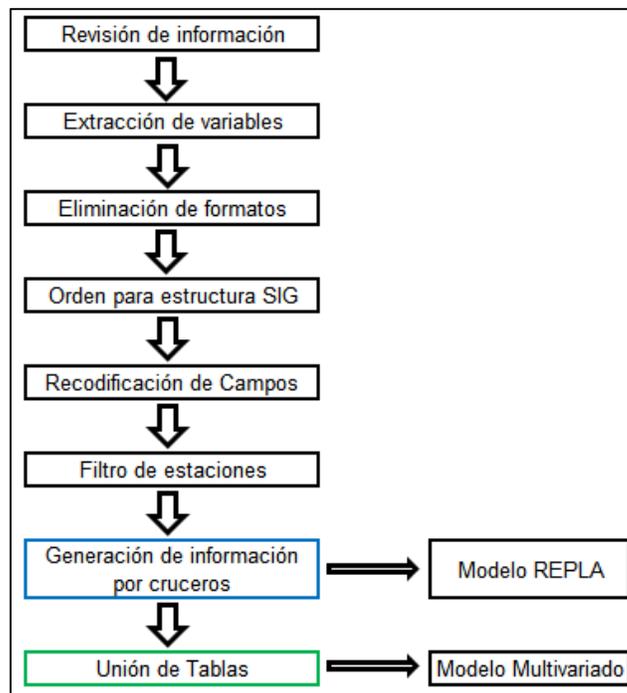


Figura 11. Diagrama de flujo del proceso de estructuración de los datos y como se integra la información para generar una planilla Excel Normalizada.

En la Tabla 11 se muestra los campos de las variables de las planillas Excel Normalizadas, con su respectiva codificación. En el caso del modelo REPLA, se considera la adhesión de nuevos campos, y modificación en base a esta estructura para poder generar las salidas de los modelos con la simbología apropiada.

Tabla 11. Variables consideradas para normalización de datos Modelo REPLA y modelo de relaciones biológico-ambientales.

Tipo	Variable	Definición	Unidades
Respuesta	AR_AL_CAT	Abundancia relativa <i>Alexandrium catenella</i>	escala 0 a 9
Respuesta	DINO_ACUM	Abundancia relativa <i>Dinophysis acuminata</i>	escala 0 a 9
Respuesta	DINO_ACUT	Abundancia relativa <i>Dinophysis acuta</i>	escala 0 a 9
Respuesta	Dens_AC_0-10	Densidad <i>Alexandrium catenella</i> entre 0 - 10 m	Nº Cel/L
Respuesta	Dens_AC_10-20	Densidad <i>Alexandrium catenella</i> entre 10 - 20 m	Nº Cel/L
Respuesta	Dens_ACUM_0-10	Densidad <i>Dinophysis acuminata</i> entre 0 - 10 m	Nº Cel/L
Respuesta	Dens_ACUM_10-20	Densidad <i>Dinophysis acuminata</i> entre 10 - 20 m	Nº Cel/L
Respuesta	Dens_ACUT_0-10	Densidad <i>Dinophysis acuta</i> entre 0 - 10 m	Nº Cel/L
Respuesta	Dens_ACUT_10-20	Densidad <i>Dinophysis acuta</i> entre 10 - 20 m	Nº Cel/L
Respuesta	VDM	Veneno diarreico de los mariscos	positivo o negativo
Respuesta	VPM	Veneno paralizante de los mariscos	µg STX eq/100 g
Respuesta	VAM	Veneno amnésico de los mariscos	µg/g
Predictora	Ox_0	Oxígeno disuelto superficial	mg/L
Predictora	Ox_5	Oxígeno disuelto superficial	mg/L
Predictora	Ox_10	Oxígeno disuelto superficial	mg/L
Predictora	Ox_20	Oxígeno disuelto superficial	mg/L
Predictora	Ox_30	Oxígeno disuelto superficial	mg/L
Predictora	Ox_40	Oxígeno disuelto superficial	mg/L
Predictora	T_C	Temperatura ambiente	°C
Predictora	T_0	Temperatura superficial del mar	°C
Predictora	T_5	Temperatura del mar a 5 m	°C
Predictora	T_10	Temperatura del mar a 10 m	°C
Predictora	T_20	Temperatura del mar a 20 m	°C
Predictora	T_30	Temperatura del mar a 30 m	°C
Predictora	T_40	Temperatura del mar a 40 m	°C
Predictora	S_0	Salinidad superficial del mar	Psu
Predictora	S_5	Salinidad del mar a 5 m	Psu
Predictora	S_10	Salinidad del mar a 10 m	Psu
Predictora	S_20	Salinidad del mar a 20 m	Psu
Predictora	S_30	Salinidad del mar a 30 m	Psu
Predictora	C_0-10	Concentración de clorofila entre 0 a 10 m	mg/m ³
Predictora	C_10-20	Concentración de clorofila entre 10 a 20 m	mg/m ³
Predictora	V_MS	Velocidad del viento	m/s
Predictora	DIRECCION	Dirección del viento	N, NW, W...

Bajo esta selección se elaboran plantillas Excel de acuerdo a cada una de las variables seleccionadas para su espacialización y análisis, considerando la presentación de los datos originales entregados por la SUBPESCA, tomando como extensión espacial las 88 estaciones establecidas en los términos de referencia. Para esto se separan las variables presentes en las tablas Excel originales que son independientes y están ordenadas en columnas, y unir las con la información que las identifica, como código de estación, nombre de estación, latitud, longitud, fecha, variable por estrato³ (Figura 12).

³ El caso de la Latitud y Longitud es incorporado solo en las tablas para el modelo multivariado, dado que estos campos formarán parte de las variables a analizar (distribución, zonas de influencia, etc.) En el caso de las tablas para el modelo REPLA no se considera la inclusión de estos en las tablas debido a que esa información está presente en el feature base de estaciones

Estación A08 Repollal - E. Las Islas										
Temperatura (°C)										
Cruceros	5-mar-11	6-abr-11	1-may-11	13-jun-11	8-ago-11	9-oct-11	8-nov-11	8-dic-11	8-ene-12	23-ene-12
Prof (m)										
0	14.2	11.3	9.5	7.6	7.7	10.4	11.8	17.2	15.7	15.8
5	13.1	11.4	10.7	9.4	8.2	10.5	11.0	11.6	12.8	14.5
10	12.4	11.5	11.0	10.2	9.2	9.9	10.6	11.2	12.5	13.1
20	12.2	11.5	11.0	10.3	9.6	9.9	10.5	11.0	11.7	12.5
30	12.2	11.5	11.0	10.4	9.6	9.9	10.4	11.1	11.7	12.3
40	12.2	11.6	11.1	10.4	9.6	9.9	10.3	11.0	11.5	12.3
50	12.0	11.8	11.2	10.4	9.6	9.7	10.2	10.7	11.6	12.1

Salinidad (psu)										
Cruceros	5-mar-11	6-abr-11	1-may-11	13-jun-11	8-ago-11	9-oct-11	8-nov-11	8-dic-11	8-ene-12	23-ene-12
Prof (m)										
0	24.6	14.9	14.0	2.9	22.5	15.0	19.9	14.2	25.3	25.7
5	27.6	24.5	26.2	20.3	24.0	18.3	27.5	28.5	29.5	27.4
10	29.9	28.5	28.7	29.3	28.6	28.2	29.2	29.6	29.8	29.7
20	30.2	29.8	29.9	29.8	30.2	29.7	29.8	30.2	30.5	30.6
30	30.8	30.6	30.1	30.1	30.6	30.2	30.1	30.6	30.9	30.9
40	30.9	30.9	30.6	30.7	30.7	30.5	30.4	30.7	31.0	31.1
50	31.1	31.1	30.9	30.9	30.8	30.7	30.7	30.8	31.2	31.3

Sigma-t (kg/m ³)										
Cruceros	5-mar-11	6-abr-11	1-may-11	13-jun-11	8-ago-11	9-oct-11	8-nov-11	8-dic-11	8-ene-12	23-ene-12
Prof (m)										
0	7.1	11.2	10.7	2.2	17.5	11.3	14.9	9.5	18.4	18.6
5	4.3	18.6	20.0	15.6	18.6	13.9	21.0	21.6	22.2	20.3
10	1.6	21.7	21.9	22.5	22.1	21.7	22.4	22.8	22.5	22.3
20	1.4	22.7	22.9	22.9	23.3	22.9	22.9	23.2	23.2	23.2
30	1.2	23.4	23.1	23.2	23.7	23.4	23.2	23.5	23.6	23.5
40	1.1	23.6	23.5	23.7	23.8	23.6	23.5	23.6	23.8	23.7
50	0.6	23.9	23.8	23.9	24.0	23.9	23.8	23.8	24.0	23.9

Oxígeno (mg/l)										
Cruceros	5-mar-11	6-abr-11	1-may-11	13-jun-11	8-ago-11	9-oct-11	8-nov-11	8-dic-11	8-ene-12	23-ene-12
Prof (m)										
0	11.5	9.6	7.7	10.0	9.3	9.9	11.7	10.7	10.0	9.4
5	11.6	9.0	7.0	7.1	9.2	9.7	11.2	10.9	10.5	9.8
10	9.9	8.1	6.7	6.7	8.8	9.2	10.3	10.0	10.4	9.4
20	9.1	7.5	6.2	6.2	8.1	8.7	9.3	9.2	9.2	8.0
30	9.0	7.2	6.1	6.0	7.7	8.5	9.0	9.1	8.2	7.7
40	9.0	6.8	5.9	5.8	7.5	8.4	8.7	8.8	7.3	7.5
50	8.7	6.1	5.7	5.7	7.7	8.2	8.5	8.4	7.5	7.6

Figura 12. Presentación de tablas originales.

Una vez separadas las variables se ordenan en columnas, para facilitar su manipulación (Figura 13). Esto permite el posterior trabajo en ArcGIS y los software de análisis estadístico para los modelos multivariados.

E	F	G	H	I	J	K	L	M
	Prof (m)	Prof (m)	Prof (m)	Prof (m)	Prof (m)	Prof (m)	Prof (m)	Prof (m)
Estación A08	Cruceros	0	5	10	20	30	40	50
Estación A08	5-mar-11	14.2	13.1	12.4	12.2	12.2	12.2	12.0
Estación A08	6-abr-11	11.3	11.4	11.5	11.5	11.5	11.6	11.8
Estación A08	1-may-11	9.5	10.7	11.0	11.0	11.0	11.1	11.2
Estación A08	13-jun-11	7.6	9.4	10.2	10.3	10.4	10.4	10.4
Estación A08	8-ago-11	7.7	8.2	9.2	9.6	9.6	9.6	9.6
Estación A08	9-oct-11	10.4	10.5	9.9	9.9	9.9	9.8	9.7
Estación A08	8-nov-11	11.8	11.0	10.6	10.5	10.4	10.3	10.2
Estación A08	8-dic-11	17.2	11.6	11.2	11.0	11.1	11.0	10.7
Estación A08	8-ene-12	15.7	12.8	12.5	11.7	11.7	11.5	11.6
Estación A08	23-ene-12	15.8	14.5	13.1	12.5	12.3	12.3	12.1

Figura 13. Variables en columnas.

Después de tener las variables ordenadas en columnas, en hojas independientes, se filtran las 88 estaciones correspondientes a las requeridas en el proyecto (Figura 14).

REGIO	CODIGO_EST	NOMBRE	FCH_CRUI	MES
		Bahia Low	23-oct-07	OCT
		Bahia Low	25-nov-07	NOV
		Bahia Low	21-ene-08	ENE
		Bahia Low	1-mar-08	MAR
		Bahia Low	4-abr-08	ABR
		Bahia Low	12-may-08	MAY
		Bahia Low	18-jun-08	JUN
		Bahia Low	18-jul-08	JUL
		Bahia Low	18-ago-08	AGO
		Bahia Low	11-sep-08	SEP
		Bahia Low	7-dic-08	DIC
		Bahia Low	8-feb-09	FEB
		Bahia Low	21-mar-09	MAR
		Bahia Low	29-abr-09	ABR
		Bahia Low	29-may-09	MAY
		Bahia Low	25-jul-09	JUL
		Bahia Low	7-sep-09	SEP
		Bahia Low	17-oct-09	OCT
		Bahia Low	7-nov-09	NOV
		Bahia Low	9-feb-10	FEB
		Bahia Low	31-mar-10	MAR
XI	A01	Isla Virginia - Bahia Low		
XI	A01	Isla Virginia - Bahia Low		
XI	A01	Isla Virginia - Bahia Low		

Figura 14. Filtrado de estaciones.

La unión de tablas es el último paso para generar las planillas Excel normalizadas e integradas para su uso en los modelos de análisis multivariado; para el caso de los modelos REPLA solo se necesita que esta información esté asociada a las estaciones y correspondan a los cruceros establecidos⁴, de esta forma esta información queda como un archivo un crucero. A continuación se muestra el paso a paso de esta unión:

4.1.4. Revisión de tablas normalizadas

Se abre en Excel el archivo **Base-normalizada-marearaja-2008-2014.xlsx**. El archivo contiene las hojas de cálculo o Tablas (extraídas en la etapa anterior) con datos biológicos (abundancias relativa y densidad), químicos (toxinas VDM, VAM; y VPM), oceanográficos (clorofila *a*, oxígeno disuelto, temperatura y salinidad) de la columna de agua y meteorológicos (velocidad de viento) provenientes del Programa de Monitoreo de Marea Roja de IFOP, período 2008-2014.

Se revisa y valida cada tabla, sus campos de variables y número de registros (Figura 15). Para ello, se toman una serie de registros de forma aleatoria y se comprueba con la planilla Excel no normalizada original si está correcta la extracción de datos.

⁴ Esto de acuerdo a lo solicitado por los profesionales de SUBPESCA en las reuniones de coordinación.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
		FCH_CRUC	YEAR	MES	MES	CODIGO_EST	NOMBRE	AR_AL_CAT	AR_DI_ACUM	AR_DI_ACUT
1		29-04-09	2009	ABR	4	A01	I. Virginia-B. Low	0	1	0
2		29-04-09	2009	ABR	4	A02	Repollal-C. Puquitín	0	0	0
3		30-04-09	2009	ABR	4	A03	Pto. Barrientos	0	0	0
4		19-04-09	2009	ABR	4	A06	Laja Brazo Pillán 1	0	0	0
5		19-04-09	2009	ABR	4	A07	Canal	0	0	0
6		19-04-09	2009	ABR	4	A08	Repollal-E. Las Islas	0	1	0
7		19-04-09	2009	ABR	4	A09	Sto. Domingo	0	0	0
8		19-04-09	2009	ABR	4	A10	Añihué	0	1	0
9		19-04-09	2009	ABR	4	A11	Melimoyu	0	0	0
10		18-04-09	2009	ABR	4	A12	S. Gaia	0	1	1
11		18-04-09	2009	ABR	4	A13	I. Toto	0	2	1
12		18-04-09	2009	ABR	4	A14	S. Miller	0	1	1
13		18-04-09	2009	ABR	4	A15	I. Manuel	0	2	1
14		18-04-09	2009	ABR	4	A16	I. Gama Zañartu-C. Yacaf	0	2	1
15		18-04-09	2009	ABR	4	A17	I. Bobadilla-S. Soto	0	1	1
16		30-04-09	2009	ABR	4	A33	I. Concoto	0	1	0
17		02-04-09	2009	ABR	4	L03	Cta. La Arena	0	1	0
18		01-04-09	2009	ABR	4	L05	Quetalmahue	0	0	0
19		01-04-09	2009	ABR	4	L06	Hueihue	0	1	0
20		02-04-09	2009	ABR	4	L06N1	I. Caicura	0	4	0
21		30-04-09	2009	ABR	4	L07	C. Caucahué	0	1	0
22		30-04-09	2009	ABR	4	L08	I. Mechuque	0	1	0
23		30-04-09	2009	ABR	4	L09	I. Butachauques	0	1	0
24		29-04-09	2009	ABR	4	L10	Ayacara	0	1	0
25		29-04-09	2009	ABR	4	L10N2	I. Talcán 2	0	0	0
26		29-04-09	2009	ABR	4	L10N3	B. Pumalín	0	0	0
27		30-04-09	2009	ABR	4	L11	C. Dalcahue	0	0	0
28		28-04-09	2009	ABR	4	L12	I. Quehui	0	0	0
29		28-04-09	2009	ABR	4	L13	I. Puelmo	0	0	0

Figura 15. Presentación de una planilla Excel Normalizada para modelos Multivariados.

De esta forma se asegura la integridad de la información y se corrobora que no haya habido un error en los trasposos de información de las planillas Excel originales a las nuevas planillas.

Para el modelo REPLA, como se mencionó, se contempla el uso de las planillas de Excel como insumo principal de los modelos incorporados en el modelo REPLA basado en lo solicitado por los profesionales de SUBPESCA de acuerdo a las entregas de información de los datos por parte de IFOP; considerando que la información recibida con mejor temporalidad corresponde a las abundancias (mensualmente) y de forma posterior (una vez al año) la información correspondiente las otras variables (meteorológicas, oceanográficas, etc.)⁵.

Por esta razón, los profesionales de SUBPESCA solicitaron establecer un formato para los archivos Excel que fuera compatible con los modelos y con los ingresos a ArcGis⁶, además de que los modelos funcionen con tablas de datos almacenadas en un

⁵ Estas planillas Excel son la base de la planilla integrada (2008-2014) sobre la que se realizan los análisis multivariados debido a los software sobre los cuales se realiza el modelamiento multivariado en software como Statistica 7 y Excel, principalmente.

⁶ Estos esquemas y modelos de plantilla se especificarán en la descripción de cada modelo.

Geodatabase. Con este formato ellos establecieron la realización de una solicitud a IFOP para enviar la información manteniendo esta estructura de datos y almacenamiento, considerando que la información descargable en el visualizador web de IFOP corresponde a una planilla de Excel con las abundancias relativas registradas en los cruceros.

Este proceso se establece como el más adecuado en una primera etapa dado que no existe la posibilidad de generar una vinculación de llenado de estas tablas mediante intranet u otro medio, debido a que esta solicitud sobrepasa los requerimientos del proyecto y considera el trabajo con otra institución que no se encuentra directamente vinculada con el mismo⁷. Además implicaría capacitar a un grupo de profesionales de IFOP en relación al trabajo con estos datos, su relleno y con respecto al funcionamiento operativo de los modelos, lo que no está contemplado en los términos técnicos.

4.1.5. Observaciones sobre las planillas Excel originales no normalizadas

Una serie de observaciones se detectaron en las planillas Excel originales no normalizadas entregadas por SUBPESCA y elaboradas en el marco del Programa de Monitoreo de Marea Roja del IFOP. Además de la complejidad de la estructura, dispersión y formato de las tablas originales, no todas las variables ni los años cuentan con la información completa y clara. Para explicar esto, se crea una lista de observaciones que se detalla a continuación por variables y fecha.

Observaciones por variables.

Viento

2013:

- Dirección del viento para cruceros de vigilancia viene con valores numéricos, en comparación a los otros años donde viene como información descriptiva (N, S, E, etc.).

2011:

⁷ Si bien se trabaja con la información enviada por IFOP, esta institución no ha sido participe directa durante el desarrollo del proyecto en ninguna de sus etapas operativas.

- Aysén no dispone de todas las estaciones, varias de ellas fueron medidas en un solo crucero especial en enero, pero no fueron consideradas el resto del año.
- Aysén cuenta con menos cruceros que Los Lagos.

Datos meteorológicos

2012:

- Aysén presenta tabla de información meteorológica con estaciones de baja y alta frecuencia. Las estaciones de alta frecuencia no disponen de datos para los cruceros del año 2012.

Toxina VDM

2010:

- Los Lagos. Aparece pendiente (no se sabe que es). Además aparecen valores numéricos para los valores positivos, mientras que en el resto de las planillas solo aparecen los signos (+ ó -).

Abundancia absoluta

2012:

- Los Lagos: 6 cruceros sin información.

2010:

- Los Lagos: 8 cruceros sin información (de un total de 9).

2006-07:

- Aysén: 3 cruceros sin información.
- Los Lagos: 7 cruceros sin información (de un total de 10).

Salinidad

2008-09:

- Algunos datos en amarillo_ C4; C5.

Observaciones por fechas

2013:

- Cruceros toxinas son menos que el resto de los cruceros, no se encuentra disponible la información del crucero Regular para la región de Los Lagos.
- Para las toxinas del año 2013 en el programa vigilancia y RMB no están los 30 cruceros.

2011:

- Aysén tiene menos cruceros que Los Lagos. Hay fechas pero no datos por lo cual el mes se dejó en blanco.

2008-09:

- Se usaron las fechas registradas en las tablas de Abundancia Relativa de las especies. Para algunas estaciones que no contaban con registro de fechas se utilizó el rango.

2006-07:

- Sin fechas.

- VAM-VPM tienen los mismos cruceros (rango de fechas). Se le puso mes cualquier crucero que no fuera de dos meses.

- A las estaciones que en un crucero no tienen fecha y vienen codificadas como S/M se les mantuvo la codificación.

- En algunas variables existe crucero y fecha para la estación pero la variable no es medida (toxinas principalmente).

- Crucero 8 referencia de fechas => problema en el registro, aparecen 2 fechas con años diferentes.

- En todo el periodo existen ausencias intermitentes de fechas para varias estaciones.

4.1.6. Elaboración y cambio de Toolbox

Como se ha mencionado con anterioridad, la elaboración del Toolbox REPLA consiste en integrar dentro de su estructura modelos de espacialización de los datos de las diversas variables independientes entre sí; esto para cumplir el objetivo de generar visualización de las diferentes variables (de forma puntual o continua). Para esto se considera una estructura propia para los datos de entrada de cada variable y que cada modelo opere sobre la referencia espacial de las estaciones de monitoreo generadas en el proceso de revisión de datos, correspondiente a las 88 estaciones dispuestas para el proyecto.

Luego de la exploración de la información se definió la generación de interpolaciones de datos para un grupo, mientras que otros constan de representación puntual de acuerdo a lo establecido en los TTR y a lo estipulado en las reuniones de coordinación. Durante estas reuniones, y luego de la exploración de los datos para la generación de superficies interpoladas, el esquema conceptual del Modelo REPLA ha variado de acuerdo a las

necesidades expresadas por los profesionales de SUBPESCA. De forma adicional y en función al ajuste del Geodatabase del organismo⁸ se construye un modelo conceptual de cómo se integraría la información proporcionada por el programa y como llegar a una representación espacial adecuada de las mismas (Figura 16).

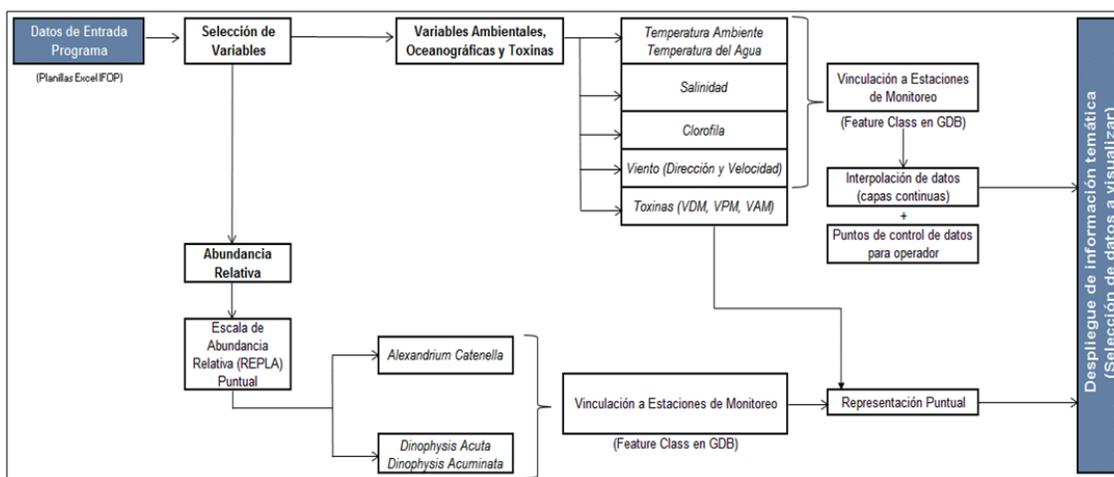


Figura 16. Modelo conceptual de automatización. Fuente: Elaboración Propia, 2015

En el modelo se establecen las tablas de entrada de datos como insumo principal para el funcionamiento de los diferentes modelos; por lo cual dependiendo de qué variable quiera ser espacializada el profesional a cargo del modelo deberá seleccionar la tabla de entrada apropiada y especificar (de acuerdo al modelo) los parámetros adicionales necesarios.

El modelo contempla la entrada de los datos mediante una planilla Excel en formato *.xls⁹ de acuerdo a lo solicitado por los profesionales de SUBPESCA, sin embargo estos pueden funcionar con tablas provenientes de un Geodatabase, lo que permite controlar la precisión y escala de los archivos de salida. Estos datos deben ser ingresados de acuerdo a la variable y al modelo específico a trabajar, lo que establece que el profesional deberá ingresar la tabla requerida para el modelo utilizado. De esta forma la herramienta dispondrá de funciones que generan a partir de los datos de las variables dos posibles archivos de salida: vectorial y/o raster.

⁸ En proceso de renovación

⁹ Formato funcional en la estructura de trabajo de ArGis

En el caso de las salidas vectoriales la más importante de acuerdo a lo establecido en las reuniones de coordinación corresponde a la representación puntual de las abundancias relativas registradas por IFOP, siendo la primera información recibida por los profesionales de SUBPESCA¹⁰. Adicionalmente, luego de intentos exploratorios, se estimó que la variable toxinas (VDM, VPM, VAM) debían ser representadas de forma vectorial (punto) dada la alta presencia de períodos sin datos numéricos lo que impide la correcta generación de una capa de interpolación adecuada. Se buscó generar múltiples zonas de interpolación pero la variabilidad de datos mencionada anteriormente generó la imposibilidad de esto; estableciendo la final representación vectorial.

A partir de todos los antecedentes se plantea estructurar el Toolbox utilizando además subconjuntos (Toolset) que permitan una identificación más clara de las variables y mantengan un orden en la herramienta (Figura 17).

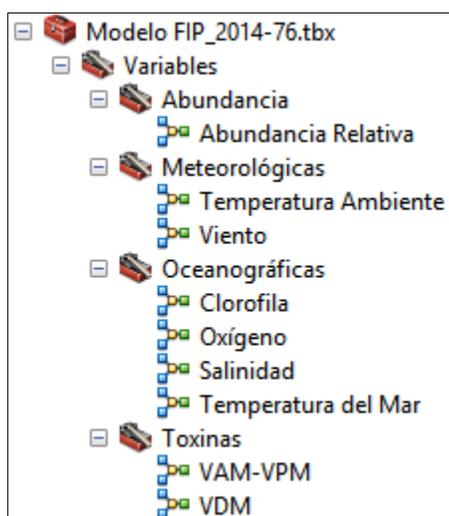


Figura 17. Estructura Toolbox Modelo FIP 2014-76

De esta forma, se genera un modelo inicial que involucra la salida vectorial (feature class) para la especie *Alexandrium catenella*, sin embargo como se mencionó anteriormente también se incluyen salidas para *Dinophysis acuminata* y *Dinophysis acuta* utilizando los

¹⁰ Temporalidad mensual, asociada a los cruceros de monitoreo establecidos por el programa.

cortes de abundancia del REPLA establecidos también para las dos últimas (Ver Tabla 12).

Tabla 12. Escala de abundancia relativa para *Dinophysis acuminata* y *Dinophysis acuta*

	ESCALA	Dinophysis acuta /Dinophysis acuminata
AUSENTE	0	0
RARO	1	1 - 5
ESCASO	2	6 - 15
REGULAR	3	16 - 35
ABUNDANTE	4	36 - 75
MUY ABUNDANTE	5	76 - 155
EXTREMADAMENTE ABUNDANTE	6	156 - 315
HIPER ABUNDANTE	7	316 - 635
ULTRA ABUNDANTE	8	636 - 1275
MEGA ABUNDANTE	9	1276 - 2555

Fuente: Modificado de Guzmán et al., 2012.

El resto de las variables consideradas para los modelos constan principalmente de la interpolación de los datos para la generación de capas de información continuas a lo largo del área de estudio. La variable viento (dirección y velocidad) además de constar de una capa interpolada para la velocidad, se compone de una salida de tipo vectorial que indica la dirección del viento registrada en cada estación.

Estos modelos de interpolación fueron ajustados de genéricamente para responder de forma adecuada a la alta variabilidad de los registros disponibles, por esta razón el método de interpolación seleccionado corresponde al método Kriging debido a su alto potencial predictivo como método geoestadístico y a la posibilidad de analizar la distribución espacial de los errores (Goovaerts, 1997a, b). El método fue aplicado a todas las variables excepto a la velocidad del viento dado que para este método se consideró el uso del

Inverse Distance Weighth (IDW), principalmente para ponderar la influencia local de las mediciones y no alterar los resultados con datos muy lejanos.

Cabe destacar que se entregarán modelos generados para versiones superiores de ArcGis (10.2) considerando el método Kriging e IDW como se mencionó, sin embargo adicionalmente se generan modelos para la plataforma de ArcGis 10.0. Las simbologías solicitadas para las modelos como las funcionalidades de interpolación se entregarán en la compatibilidad correspondiente asegurando la funcionalidad de los modelos. Estos archivos de simbología (*.lyr) serán entregados en una carpeta asociada al modelo, dado que a diferencia de tablas u otros archivos con dimensión espacial (shapefile, raster) u otros archivos de simbología (representation) no pueden ser alojados en un GDB. Se entregarán los archivos *.lyr dado que la aplicación automática de simbología a las salidas de los modelos se realizará en Model Builder y esta estructura trabaja solo con este tipo de archivos.

Los modelos generados inicialmente fueron probados de acuerdo a lo establecido en la carta Gantt entregada en la propuesta técnica y en conformidad al proceso de marcha blanca establecido por los TTR. De esta forma se encontró la falta de una licencia para la herramienta *Feature to Point* (Data Management Tools/Feature); esto generó que se reevaluaran las herramientas de acuerdo a las herramientas con licencias disponibles en los equipos de los funcionarios.

Luego de evaluarse diferentes herramientas que mantuvieran la funcionalidad de los modelos, se ajustó el uso de la herramienta *Feature Class to Feature Class* (Conversion Tools/To Geodatabase) para reemplazar la herramienta *Feature to Point* utilizada en todos los modelos. Posteriormente se realizó una nueva prueba de los modelos¹¹ en los equipos de los funcionarios de la subsecretaria evaluando la calidad de la interpolación y la mantención de la integridad de los modelos de interpolación, además de corroborar que las salidas simbolizadas funcionarán de forma óptima de acuerdo a lo solicitado por los profesionales de SUBPESCA.

¹¹ Modelos presentados en el Primer Informe de Avance entregado el 9 de Marzo de 2015.

Otra prueba operativa de los modelos fue realizada el día lunes 10 de agosto (Ver Acta 7a Reunión en ANEXO 1. ACTAS DE ACUERDO REUNIONES) en la cual se detectaron algunos conflictos con el almacenamiento de la información y la estructura y versión de la base de datos institucional. Los principales conflictos fueron:

- Cambio de información en campos numéricos, valores “null” pasan a 0.
- Cambio en la precisión de campos numéricos, short y long integer
- Al ingresar los feature class de prueba del modelo se observa un error en el llamado de los datos apareciendo solo valores “Null” en la información de la tabla unida al feature class de Estaciones. Esto sucede a pesar de haber creado correctamente la estructura para el almacenamiento de la información.
- Campos de tipo float cambian a double pero mantienen la precisión.

Adicionalmente se realizaron pruebas de los modelos en File Geodatabase¹² y no se evidenciaron estos problemas, por lo que se procedió a consultar directamente a ESRI para ver posibles soluciones (Ver ANEXO 10. RESPUESTA DE ESRI A PREGUNTA SOBRE ArcSDE SUBPESCA), ante lo cual se respondió que era el comportamiento del tipo de base de datos de la institución por lo que una posible solución era una actualización del sistema (Desktop, Server y Base de datos)¹³.

4.1.7. Áreas de interpolación

Debido a la distribución espacial de las estaciones de monitoreo, la distancia entre ellas y la necesidad de generar una zona adecuada para definir las interpolaciones, minimizando los errores, se consideró la realización de un polígono que permitiera definir esta zona.

Para la creación de este nuevo polígono se utilizaron las 88 estaciones definidas en los TTR, considerando como parámetro principal la distancia entre las mismas. Tomando en consideración la distribución de las estaciones se generaron a partir de ellas polígonos de

¹² Esto con la finalidad de corroborar que no existiera un error en la estructura de los modelos.

¹³ Todo esto detallado en el anexo ya citado.

Thiessen, tomando en consideración estas zonas como áreas de influencia para cada uno de los puntos ingresados (Figura 18).

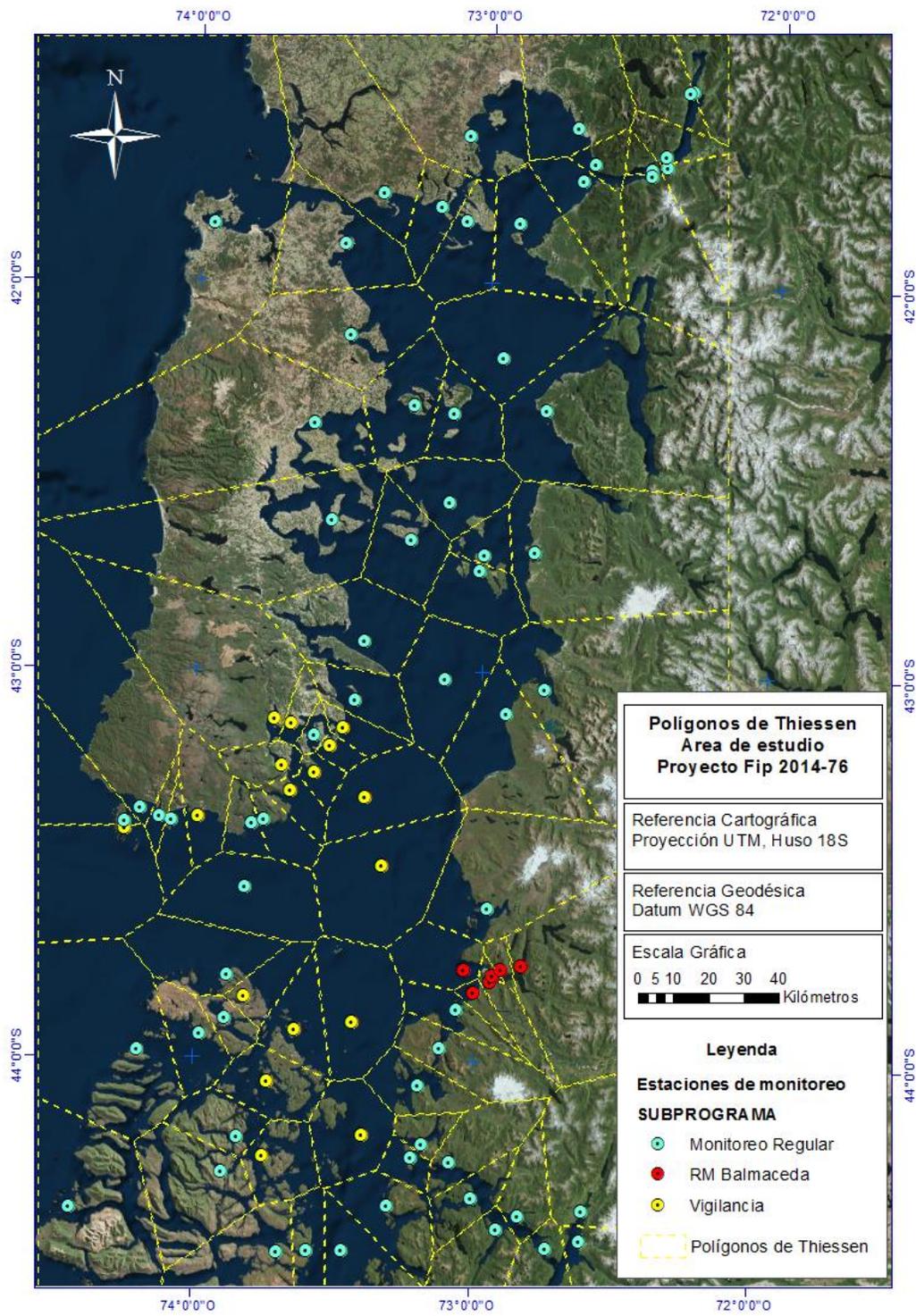


Figura 18. Polígonos de Thiessen del área de estudio. Fuente: Elaboración propia, 2015.

Esta metodología considera que cada dato dentro de uno de los polígonos queda asociado de mejor forma al punto más cercano correspondiente a ese polígono, siendo este un método básico de interpolación sin ponderación de error (Kravchenko, 2003). No obstante lo anterior, la finalidad es estimar un área de extensión máxima de la influencia de las estaciones para poder redefinir una área donde el error del modelo de interpolación se minimice y las áreas de extrapolación sean reducidas al mínimo.

Generada esta red de polígonos, se ajustan a los límites oficiales pertenecientes al Instituto Geográfico Militar escala 1:50.000 y se eliminan la mayor cantidad de zonas donde podrían generarse extrapolaciones de datos. Este resultado denominado *Máscara* en formato *.shp y feature class es la extensión espacial final sobre la que se realizarán las interpolaciones de las variables que lo requieran (Figura 20).

Se realizó una revisión de una línea de costa empleada por la Unidad de Ordenamiento Territorial de SUBPESCA con el fin de evaluar su uso en los modelos de interpolación generados para el Toolbox; de esta forma se procedió a la creación de una nueva máscara de interpolación siguiendo como base la presentada en la Figura 20.

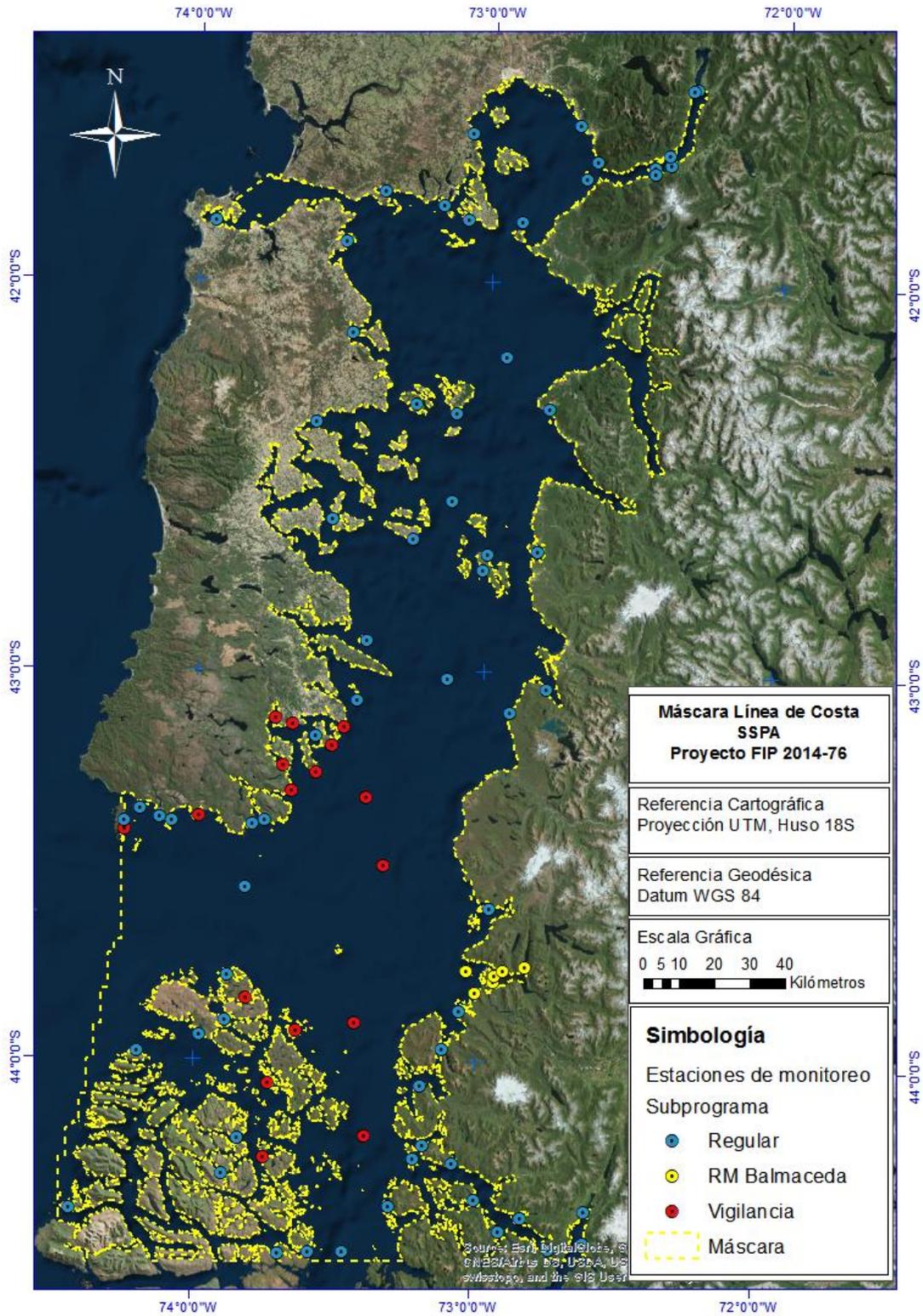


Figura 19. Máscara de Interpolación -Línea de Costa SSPA

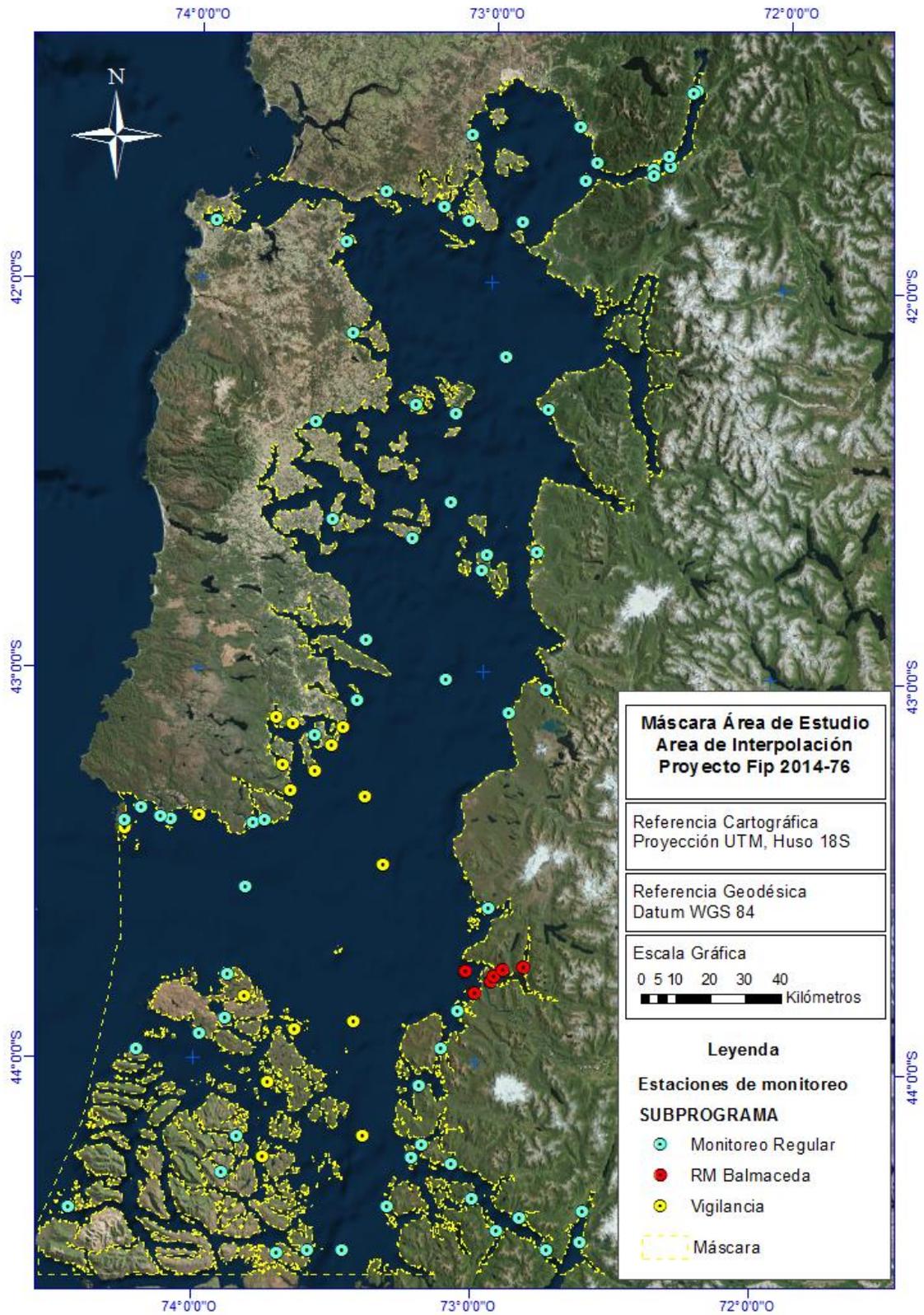


Figura 20. Máscara área de estudio. Fuente: Elaboración Propia, 2015

El uso de la línea de la subsecretaría de pesca se estipula debido a las inconsistencias espaciales de la base cartográfica utilizada con anterioridad correspondiente al IGM (Figura 21).



Figura 21. Ejemplos de errores en base cartográfica IGM 1:50.000

4.1.8. Modelo de abundancia relativa

El modelo inicial contempla el trabajo con los datos directamente recibidos por SUBPESCA en planillas Excel. Para que su integración sea completa se contempló un reajuste de la información y un acondicionamiento para poder integrar los datos al modelo SIG. Como fue mencionado, por solicitud de los profesionales de SUBPESCA, además de la especie *Alexandrium catenella*, el modelo incorpora información y despliegue de la misma para las especies *Dinophysis acuminata* y *Dinophysis acuta*. De esta forma se procedió a separar cada crucero en una planilla de Excel, lo que permite que se pueda ejecutar el modelo de conversión por grupos¹⁴ y a su vez permite mantener la estructura óptima de funcionamiento en SIG.

Para que el modelo funcione correctamente las bases de datos Excel deben cumplir ciertos criterios:

¹⁴ Modelo que se detalla más adelante

1. El nombre del archivo debe ser “AR_C1_Año” en el caso de que la hoja corresponda al crucero 1 o “AR_C10_2009” en el caso del crucero 10 del año 2009. De acuerdo a solicitud de SUBPESCA lo ideal es que en el caso de las abundancias relativas éstas sean contenidas en un archivo por crucero, para mantener concordancia con la información proporcionada por IFOP.
2. La extensión del archivo debe ser *.xls para integrarse correctamente a la plataforma de ArcGis.
3. En el caso de los campos que almacenan la escala no contengan datos no deben rellenarse con información textual ni ninguna otra por que altera el resultado de salida.
4. Para el caso del nombre de los campos (Tabla 13) el campo de *Alexandrium catenella* se codifica como “AR_AL_CAT”; el campo de *Dinophysis acuminata* se codifica como “DINO_ACUM” y el campo de *Dinophysis acuta* se codifica como “DINO_ACUT”.

Los datos de entrada deben contener las 3 especies de interés con los criterios mencionados, de esta manera al ingresar al modelo y seleccionar la capa de base (Estaciones de Monitoreo¹⁵) se realiza una vinculación de ambas a partir de los códigos de cada una de las estaciones. Este campo se encuentra codificado como “CODIGO_EST”. Mediante esta vinculación a la base de datos espacial se generan 3 salidas, cada una correspondiente a la abundancia relativa de las 3 especies trabajadas para luego sacar la unión dejando la cobertura espacial sin sobre carga de información.

La estructura del modelo en la plataforma ModelBuilder resultante se aprecia en la Figura 22.

¹⁵ Capa que se encontrará alojada en el Geodatabase de la subsecretaría, como en la base de datos que se entregará con la información organizada por año en un Geodatabase de Archivos

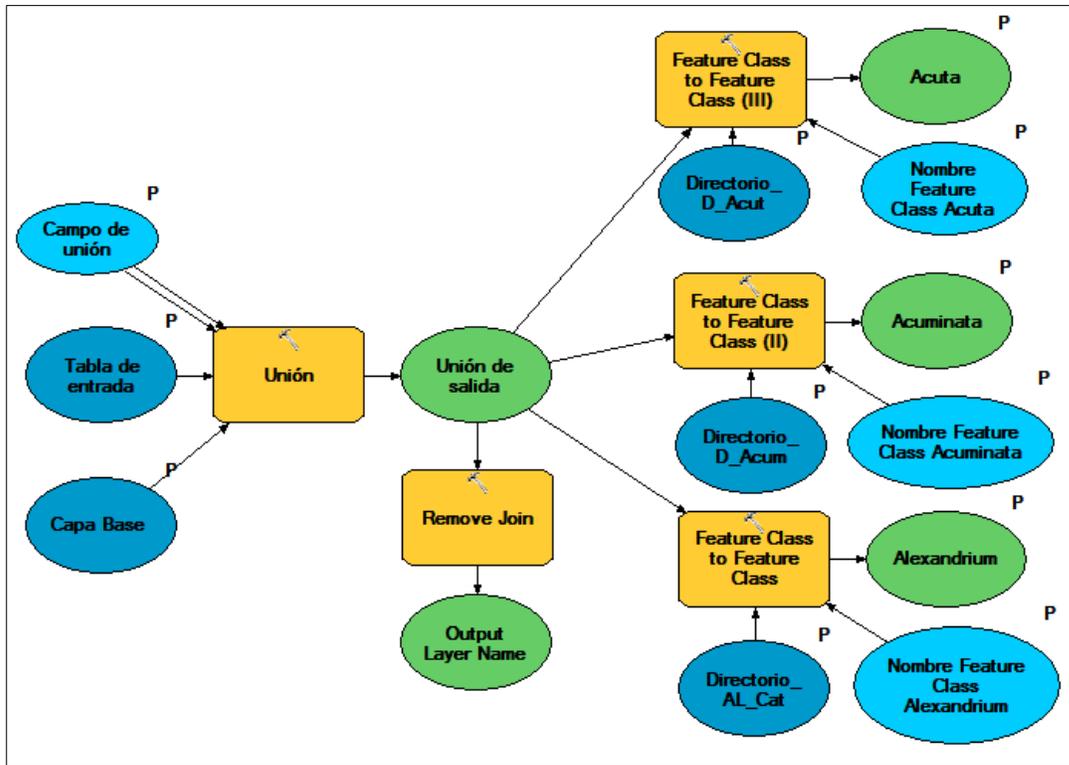


Figura 22. Modelo Abundancia Relativa. Fuente: Elaboración Propia, 2015

Al correr el modelo desde el toolbox de ArcMap se deben considerar solo dos input: (i) el feature class de base de las estaciones de monitoreo y (ii) la hoja de datos en Excel¹⁶. Posteriormente se deben establecer los outputs para cada especie y se pueden configurar los campos de salida de las variables y estructurar la precisión, escala y longitud de los campos según corresponda; los resultados se despliegan automáticamente en el display de ArcMap (Figura 23) para poder seleccionar la capa de información de interés. Esta variable será puesta en el visualizador de mapas de SUBPESCA, de acuerdo a lo establecido por los profesionales de la institución en las reuniones de coordinación, con una periodicidad de carácter mensual (Ver Acta 6a Reunión en ANEXO 1. ACTAS DE ACUERDO REUNIONES).

¹⁶ O las tablas almacenadas en la geodatabase.

No obstante este proceso de subida no puede ser automatizado ya que el protocolo interno de la institución establece que esta subida se realiza a través de un proyecto (*.mxd) el cual es entregado al funcionario a cargo de administrar el servidor Lino Arancibia.

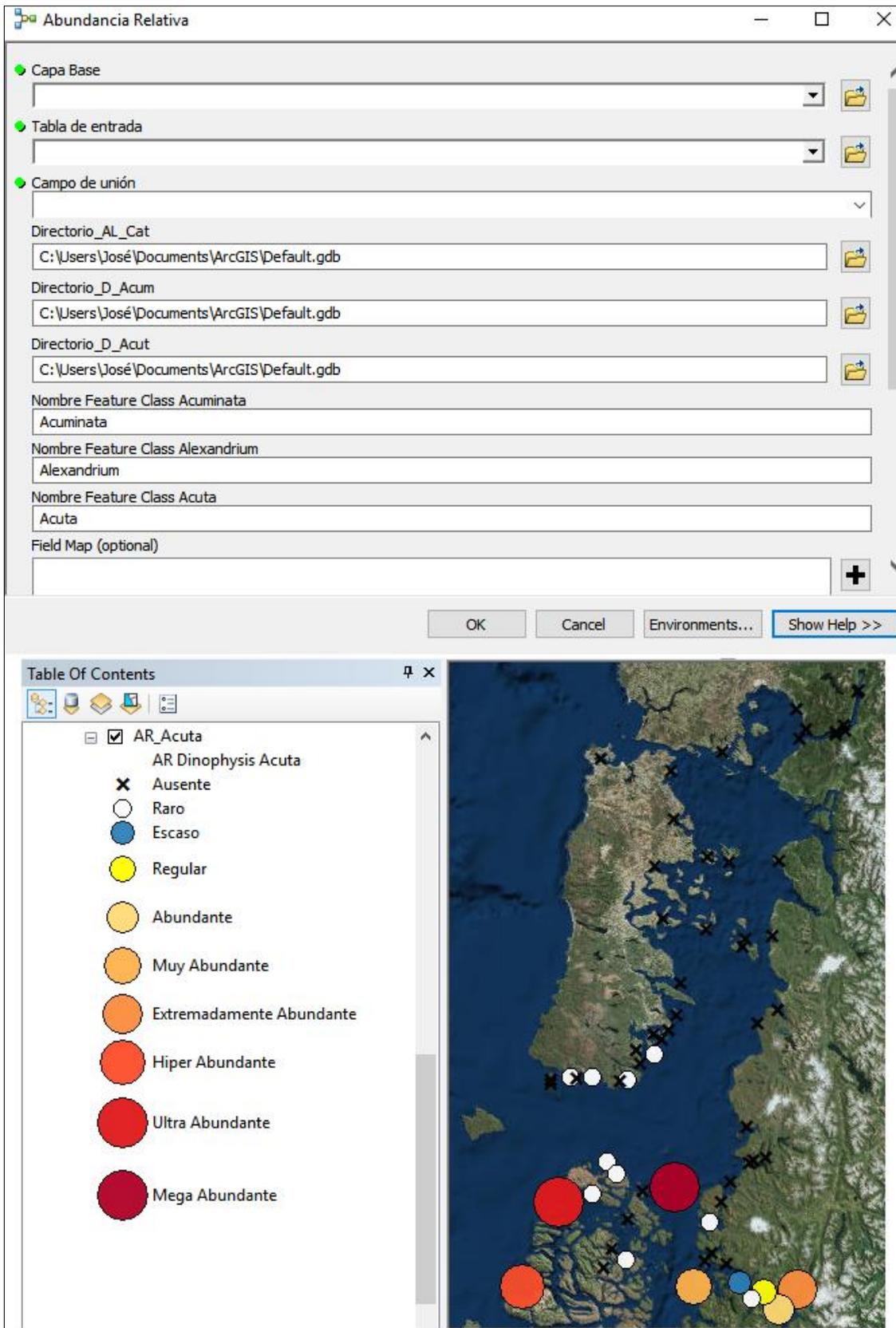


Figura 23. Herramienta y despliegue Abundancia Relativa en ArcMap

La simbología desarrollada fue modificada considerando la corrección del Pre-Informe Final y el trabajo conjunto con los profesionales a cargo del trabajo con los modelos y la visualización de los datos generados por los mismos. Como requerimiento se solicitó que la transición de colores de la paleta fuera continua, estableciendo un quiebre en la paleta (cambio de tonos) a partir de la clase “Regular”. Además se establecieron tamaños proporcionales para que hubiera una distinción entre las clases sin que se perdiera la información inicial de los rangos más bajos.

Como se mencionó anteriormente, se modificó la rampa de colores de la misma forma para las 3 capas espaciales generadas por el modelo para optimizar y complementar el contraste visual entre una clase y otra (Tabla 13).

Tabla 13. Simbología modelo de Abundancia Relativa.

	ESCALA	Dinophysis acuta / Dinophysis acuminata	Alexandrium catenella	Tamaño	R	G	B	PALETA
AUSENTE	0	0	0	10	0	0	0	
RARO	1	1 - 5	1 - 2	10	255	255	255	
ESCASO	2	6 - 15	3 - 10	12,5	44	128	184	
REGULAR	3	16 - 35	11 - 42	15	255	255	0	
ABUNDANTE	4	36 - 75	43 - 170	17,5	255	218	117	
MUY ABUNDANTE	5	76 - 155	171 - 682	20	255	178	77	
EXTREMADAMENTE ABUNDANTE	6	156 - 315	683 - 2730	22,5	252	141	61	
HIPER ABUNDANTE	7	316 - 635	2731 - 10922	25	252	78	43	
ULTRA ABUNDANTE	8	636 - 1275	10923 - 43690	27,5	227	25	28	
MEGA ABUNDANTE	9	1276 - 2555	43691 - 174762	28,5	176	0	38	

Calculo derivado del número de células promedio bajo un cubre objeto de 18x18 mm en 3 alícuotas de 0,1 ml cada una

Fuente: Elaboración Propia, 2015

4.1.9. Modelos de Interpolación

El método interpolación seleccionado para los modelos de variables que requerían de este procedimiento (exceptuando el modelo de viento) Kriging principalmente por su alto potencial de disminuir al mínimo la variación de errores, la consideración de las

características espaciales de continuidad y autocorrelación, la capacidad para desagrupar y por ser un estimador local que tiene la cualidad de ser el mejor estimador lineal insesgado (Savelieva et al., 2008; Chiles y Delfiner, 2009; Reyes, 2010) aunque también tiene una alta precisión global (Olaya, 2012).

Para la elaboración del kriging se consideró la alta variabilidad de los datos sobre todo con respecto a la ausencia de los mismos debido a falta de registro o a la no existencia de la estación en el año respectivo. De esta forma se busca no condicionar los resultados y mantener un estándar adecuado a la disposición de la información. Debido a esto se seleccionó el método de Kriging Ordinario principalmente porque supone que la tendencia es constante pero desconocida, adaptándose a su vez a fluctuaciones locales que pueden estar presentes en la media de los datos dentro de una vecindad; donde esta media puede ser considerada estacionaria (Savelieva et al., 2008; Caballero, 2011).

Adicionalmente se consideró la posibilidad de analizar la distribución de los errores en la predicción y a partir del módulo de Geoestadística modificar los parámetros del semivariograma del modelo de interpolación (Mueller et al., 2004).

En la selección del variograma se consideró el uso del modelo esférico principalmente porque es un modelo que trabaja sobre fenómenos con carácter continuo, pero que no resultan derivables. Estableciendo de esta forma, que los fenómenos y su representación pueden presentar quiebres en el tiempo (Funes, 2004). Se considera que para el desarrollo de las interpolaciones se emplee por lo menos un conjunto de 50 datos para que se tenga un semivariograma válido y con el menor error posible (Olaya, 2012), y se recomienda no trabajar con una cantidad de datos menor considerando la extensión del área y el número de estaciones.

A nivel técnico se consideró el uso de estos modelos, principalmente porque son las herramientas disponibles en el set de ArcGis que pueden ser incorporadas directamente en el desarrollo de modelos. En una primera instancia se realizaron modelaciones con la gama presente en las herramientas de Geoestadística de ArcGis, utilizando diferentes

modelos de variograma y Kriging. No obstante estos no podían ser incorporados de forma directa a la estructura de modelos por ser parte solo de Geostatistical Wizard.

Debido a esta situación, se optó por elegir un modelo adecuado tanto para los datos y la representación espacial, y que a su vez fuera completamente compatible con la herramienta disponible para el software de SUBPESCA. De esta forma, utilizando los diferentes modelos de tablas para cada variable y mediante el módulo Geoestadístico de ArcGis se desarrollaron ajustes a los semivariograma de los diferentes modelos considerando los elementos de asociación local (autocorrelación) y una medida del error del 100% para considerar cualquier variabilidad. Se ignoró el uso de la anisotropía para mantener un modelo adaptable y ajustable que no fuera de gran carga para el hardware disponible. Además luego de una evaluación adecuada de los modelos y considerando el tipo de licencia disponible la incorporación de la anisotropía resultaba poco relevante al emplearse el módulo kriging correspondiente a Spatial Analyst tools, dado que este no cuenta con herramientas de detección de anisotropía como si cuenta el módulo Geostatistical Wizard.

4.1.9.1. Modelo de temperatura ambiente

El modelo de temperatura es un modelo permisivo que puede trabajar con cualquier modelo de tabla que se vincule a ArcMap, siempre que se especifique de forma correcta el campo de interpolación. El modelo contempla la vinculación de los datos en Excel o base de datos desde un geodatabase y la capa espacial base a partir del código de las estaciones, por lo que el modelo de tabla a ingresar debe contener el código de estación codificado para todas las tablas como “CODIGO_EST” y el campo de interés a interpolar. Los modelos de tabla se presentan en la Tabla 14.

Tabla 14. Ejemplo de tabla de datos modificada para temperatura ambiente.

REGION	CODIGO_EST	NOMBRE	FCH_CAPT	MES	T_A
X	L01	Metri	3 - 20 may 06	MAYO	9,98
X	L02	Yates	3 - 20 may 06	MAYO	9,83
X	L02N1	Sotomó	3 - 20 may 06	MAYO	10,07
X	L02N2	Cochamó	3 - 20 may 06	MAYO	10,93

X	L02N3	Marimeli	3 - 20 may 06	MAYO	10,33
X	L02N4	Pocoihuen	3 - 20 may 06	MAYO	
X	L03	Cta. La Arena	3 - 20 may 06	MAYO	11,22
X	L03N1	Potrerillos	3 - 20 may 06	MAYO	10,32
X	L04	Calbuco Paso Quenu	3 - 20 may 06	MAYO	11,08

Fuente: Elaboración Propia, 2015.

En el caso de la información correspondiente a la temperatura ambiente los campos utilizados quedan codificados de la siguiente forma:

- FCH_CAPT: corresponde al día de captura de la información o al rango de días entre los que esta fue tomada, dependiendo de la información disponible
- T_C: corresponde a información de temperatura en grados Celsius.

Adicionalmente se incorpora el mes y se mantiene el código de estación para que esta información también pueda ser visualizada. En la Figura 24 se aprecia parte del modelamiento de semivariograma mediante el módulo de Geostatistical Wizard.

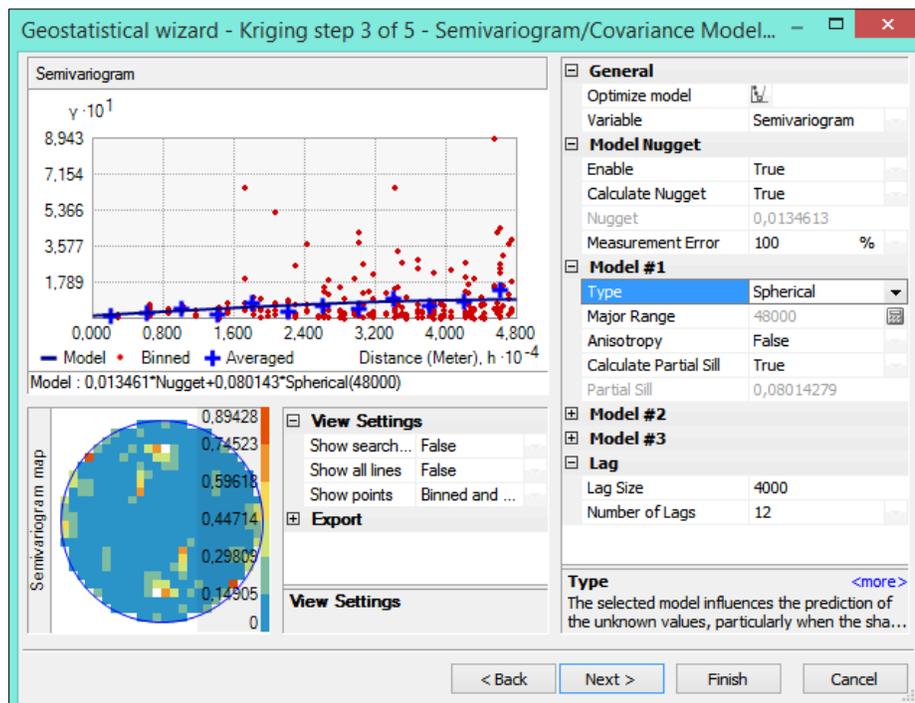


Figura 24. Elaboración de Semivariograma - Modelo de Interpolación de Temperaturas. Fuente: Elaboración Propia, 2015.

Realizado el ajuste, los parámetros del modelo quedan dispuestos como aparece en la Tabla 15 y se hacen operativos a través de la modelación en ModelBuilder donde utilizando las herramientas de interpolación se incorporan los parámetros obtenidos en el módulo de Geoestadística, dejando abierta la posibilidad de modificar estos parámetros ante cualquier posible modificación de área de estudio o un cambio en el número de estaciones a incorporar al modelo.

Tabla 15. Parámetros de Semivariograma - Modelo de Temperatura Ambiente

	Parámetros Semivariograma
Modelo	Esférico
Major Range	48000 m
Lag	4000 m
Nugget	0,013
Partial Sill	0,080
Error Medio Cuadrático (RMS)	1,037
Error Promedio Estandarizado	0,829

Fuente: Elaboración Propia, 2015

La distribución del error de predicción para el modelo es de carácter referencial (Figura 25¹⁷) puesto que esta se verá modificada de acuerdo al número de estaciones y datos pero manteniendo una constante: *los lugares con mayor presencia de datos tendrán la tendencia a agrupar los errores más bajos mientras que la zona central y algunos extremos que presentan baja correlación espacial contendrán los valores más altos.* Se establece de esta forma ver la posibilidad de incorporar de forma opcional en la herramienta la salida de la capa raster de predicción de varianzas para que el profesional a cargo de la información evalúe si la interpolación es adecuada, considerando a su vez el mapa referencial de distribución de los errores.

Una posibilidad adicional es la incorporación de una herramienta de validación cruzada que emplee la información de las estaciones de monitoreo empleadas en la interpolación

¹⁷ Esta distribución de error es aplicable de igual forma a la temperatura del mar, dado que tienen un comportamiento estadístico similar

y la capa resultante del mismo proceso para generar una salida con los errores considerados por estación, esto con el fin de tener un control mayor de los datos.

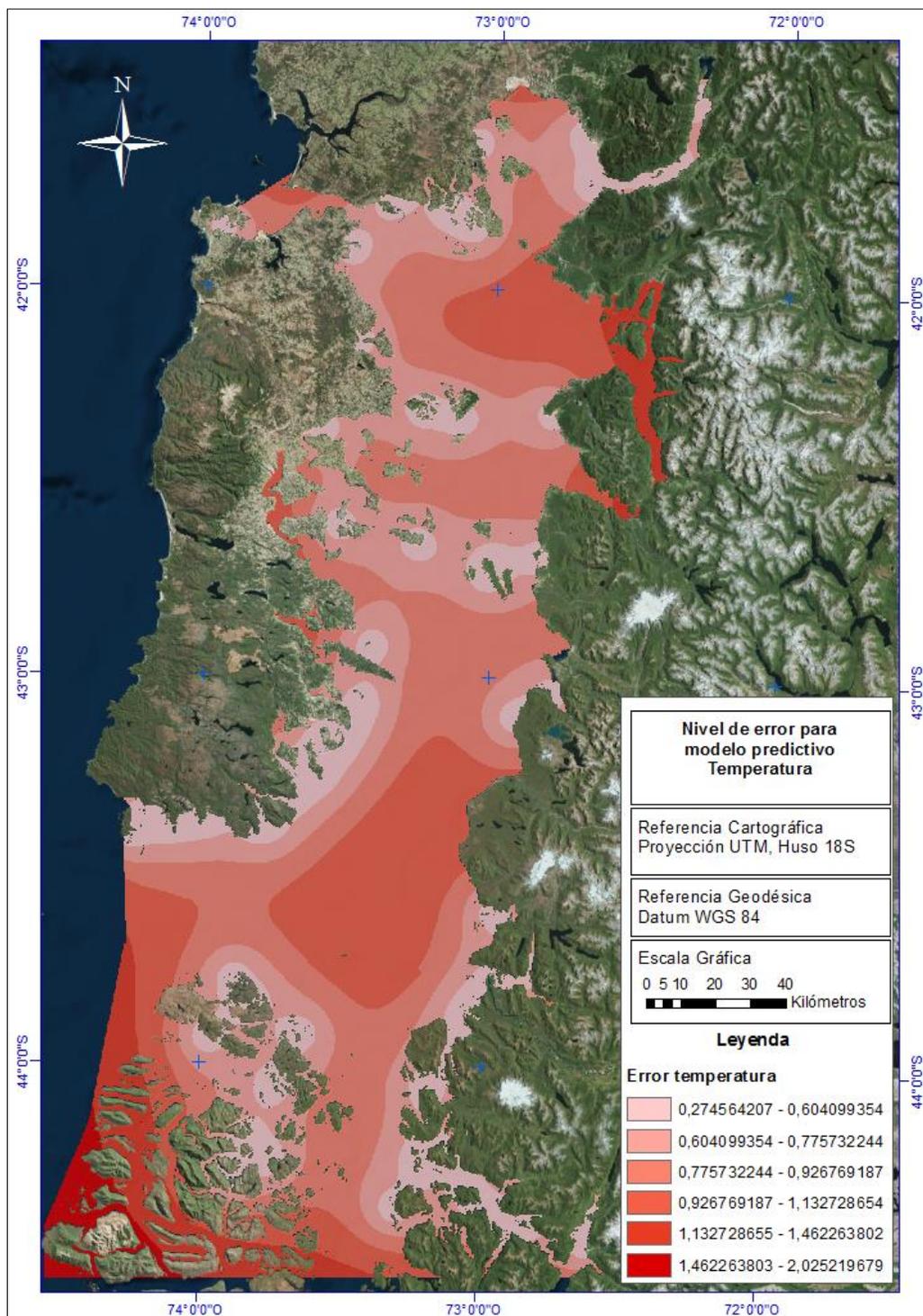


Figura 25. Nivel de error Modelo Predictivo Temperatura. Fuente: Elaboración Propia, 2015.

La estructura del modelo añadido al Toolbox (Figura 26) funciona con dos inputs que consisten en la capa espacial de estaciones y la tabla de datos en Excel o tabal proveniente de un geodatabase, la que debe ser seleccionada por el usuario y de la que se debe seleccionar el “Campo Z” que corresponde al campo de interpolación de temperatura. Las salidas del modelo corresponden a una capa raster clasificada en intervalos graduales establecidos de acuerdo a los máximos y mínimos registrados en los datos; esta paleta será de carácter estática y será única para las salidas de temperatura por lo cual los valores máximos y mínimos estarán fijos y cualquier dato anómalo que se presente no será visualizado en la simbología.

Esta selección de simbología fija se utilizó tomando en consideración, que la SUBPESCA no dispone de las licencias necesarias para la carga de capas raster (con simbologías y otros elementos) en su visualizador de mapas (Ver Acta 5a Reunión en ANEXO 1. ACTAS DE ACUERDO REUNIONES). De esta forma la paleta permitirá utilizar ese modelo y configurar su visualización en otras plataformas web y en otros lenguajes (HTML por ejemplo) haciendo que la información raster sea convertida a *.kmz y desplegada en una aplicación de ArcGis online vinculada a la página institucional.

Adicionalmente hay una salida vectorial de puntos que permite al operario del modelo tener un control de la cantidad de estaciones que cuentan o no con datos registrados para determinar y conocer las zonas de extrapolación; este parámetro se incorporó a petición de los funcionarios de la subsecretaria para establecer un control de la información y los análisis a realizar, junto con aprobar o desestimar una capa interpolada con poca información espacial y con alto porcentaje de error. Esta capa no quedará a disposición de usuarios externos y no será publicada.

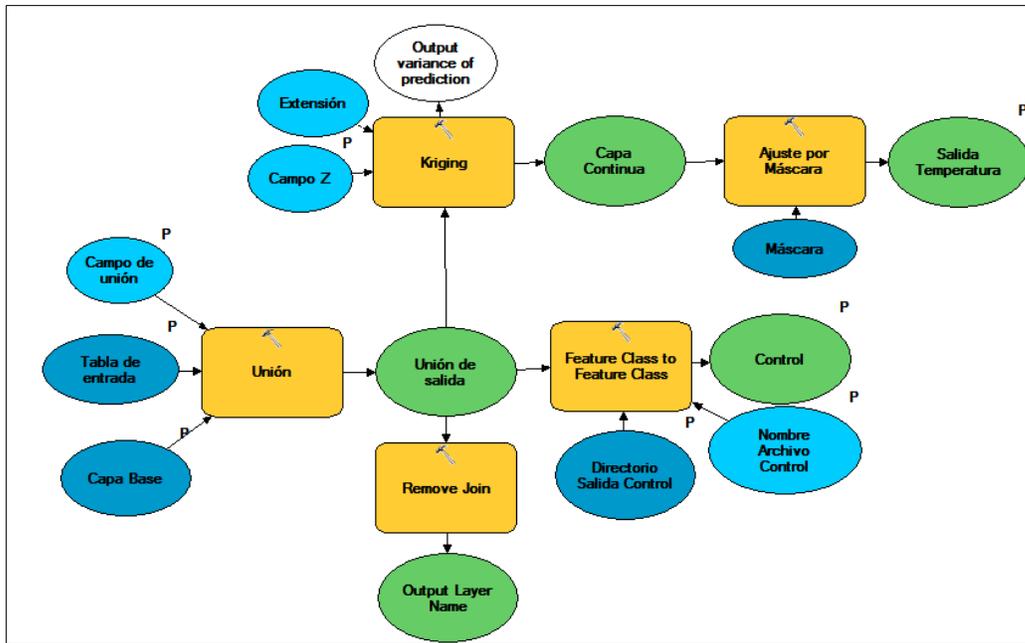


Figura 26. Modelo de Interpolación de Temperaturas. Fuente: Elaboración Propia, 2015

Al ejecutar la herramienta e ingresar correctamente los input (Figura 27) los dos archivos de salida se despliegan automáticamente en la interfaz de ArcMap. En este caso se establece que la información de interpolación no podrá ser desplegada en el WMS de la institución, por lo que se está gestando la posibilidad de que los funcionarios puedan cargar esta información en un visualizador externo (ArcGis Online), utilizando la cuenta disponible para la institución incorporando el link del sitio en la página web de SUBPESCA. No obstante esto, los funcionarios que quedan a cargo del modelo estipularán los datos considerados para visualización externa.

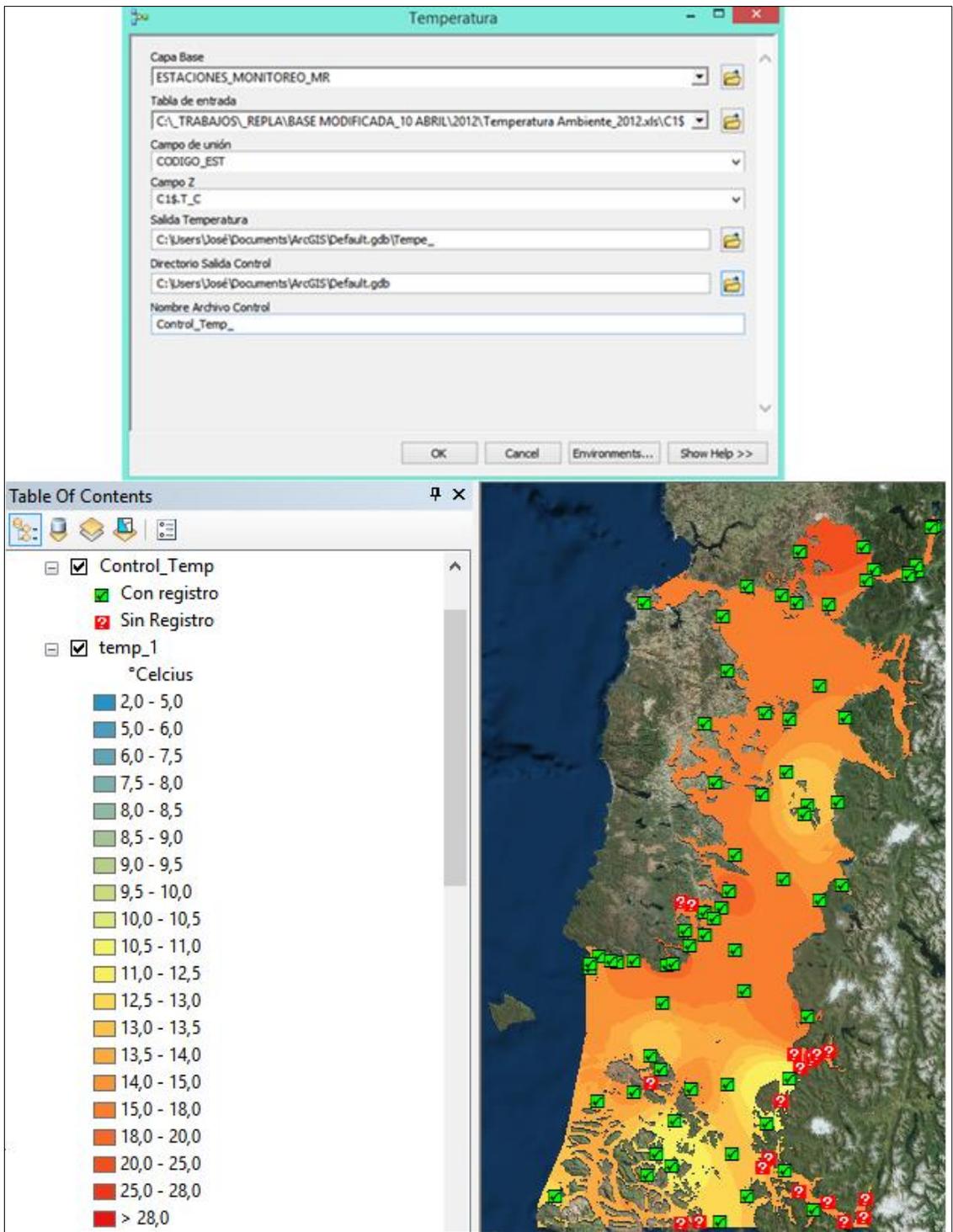


Figura 27. Herramienta y despliegue de Temperatura en ArcMap. Fuente: Elaboración Propia, 2015

4.1.9.2 Modelo de Temperatura del Mar

Con el fin de generar una separación entre los parámetros de temperatura (mar y ambiente) se desarrolló un modelo separado adicional para esta variable. De igual manera esta responde al mismo modelo de predicción de error que el modelo anterior (Figura 25. Nivel de error Modelo Predictivo Temperatura) pero se cambiaron algunos aspectos del modelamiento variográfico para ajustarse de mejor forma a los datos.

De esta forma los parámetros variográficos para este modelo quedan expresados en la Tabla 16:

Tabla 16. Parámetros de Semivariograma - Modelo de Temperatura del Mar

	Parámetros Semivariograma
Modelo	Esférico
Major Range	54000 m
Lag	4000 m
Nugget	0,047
Partial Sill	0,086
Error Medio Cuadrático (RMS)	0,747
Error Promedio Estandarizado	0,754

Fuente: Elaboración Propia, 2015

Al igual que el modelo de temperatura ambiente, se contempla el ingreso de una tabla normalizada para el funcionamiento del modelo; esta contempla los mismos campos base que la tabla del modelo de temperatura ambiente pero incorpora una codificación de acuerdo al punto de la columna de agua donde el dato haya sido tomado.

De esta forma para la profundidad 5 el campo queda codificado “T_5” manteniendo los códigos de campo de base como “CODIGO_EST”, “REGION”, “NOMBRE” y “MES” (Tabla 17)

Tabla 17. Ejemplo de tabla de datos modificada para temperatura del mar*

REGION	CODIGO_EST	NOMBRE	FCH_CAPT	MES	T_0	T_5	T_10	T_20	T_30	T_40
X	L01	Metri	16-feb.-10	FEBRERO	15,819	14,993	13,377	12,498	11,644	
X	L02	Yates	13-feb.-10	FEBRERO	15,029	14,01	12,48	11,25	11,059	
X	L02N1	Sotomó	13-feb.-10	FEBRERO	15,082	13,347	11,754	11,476	11,214	
X	L02N2	Cochamó	12-feb.-10	FEBRERO	16,064	13,361	11,964	11,159	11,028	11,026
X	L02N3	Marimeli	13-feb.-10	FEBRERO	15,368	13,945	11,648	11,433		

*La información y número de perfiles varían de acuerdo al año de la tabla

Fuente: Elaboración Propia, 2015

La estructura del modelo añadido al Toolbox (Figura 28) funciona de forma similar al modelo anterior, es decir, con dos inputs que consisten en la capa espacial de estaciones y la tabla de datos en Excel o tabla proveniente de un geodatabase, la que debe ser seleccionada por el usuario y de la que se debe seleccionar el “Campo Z” que corresponde al campo de interpolación de temperatura. Las salidas del modelo corresponden a una capa raster clasificada en intervalos graduales establecidos de acuerdo a los máximos y mínimos registrados en los datos. Como en el caso anterior esta paleta será de carácter estática y será única para las salidas de temperatura del mar por lo cual los valores máximos y mínimos estarán fijos y cualquier dato anómalo que se presente no será visualizado en la simbología.

Adicionalmente hay una salida vectorial de puntos que permite al operario del modelo tener un control de la cantidad de estaciones que cuentan o no con datos registrados para determinar y conocer las zonas de extrapolación. Esta capa no quedará a disposición de usuarios externos y no será publicada.

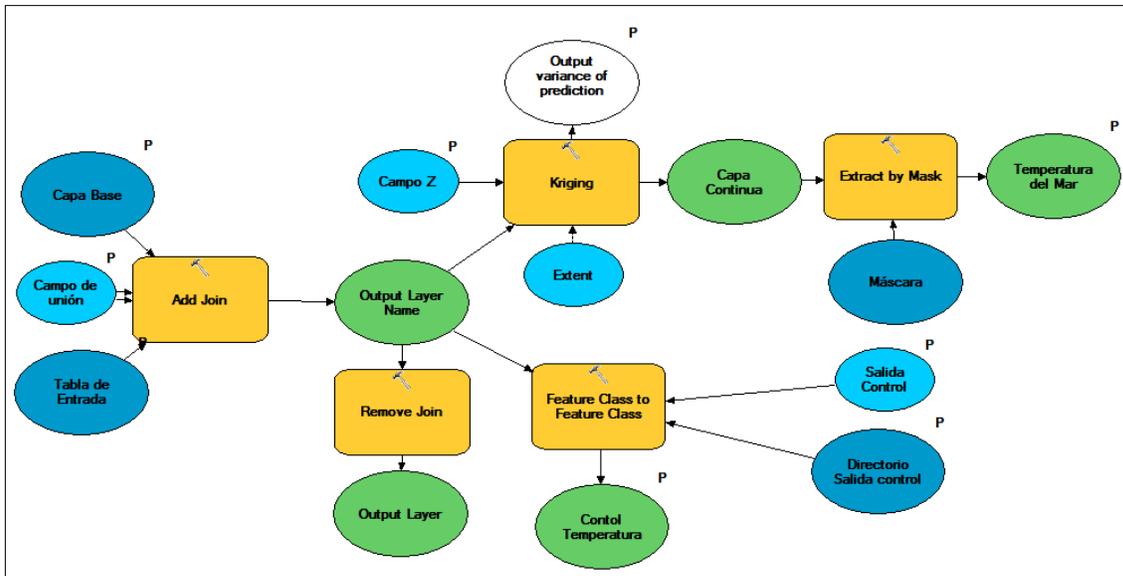


Figura 28. Estructura Modelo de Temperatura del Mar. Fuente: Elaboración Propia, 2015

Al ejecutar la herramienta e ingresar correctamente los input (Figura 29) los dos archivos de salida se despliegan automáticamente en la interfaz de ArcMap. Al igual que en el resto de los modelos, al no contarse con la licencia adecuada del servidor, los archivos raster no pueden ser cargados al servidor de mapas, pero serán cargados en formato *.kmz a una aplicación de ArcGis Online.

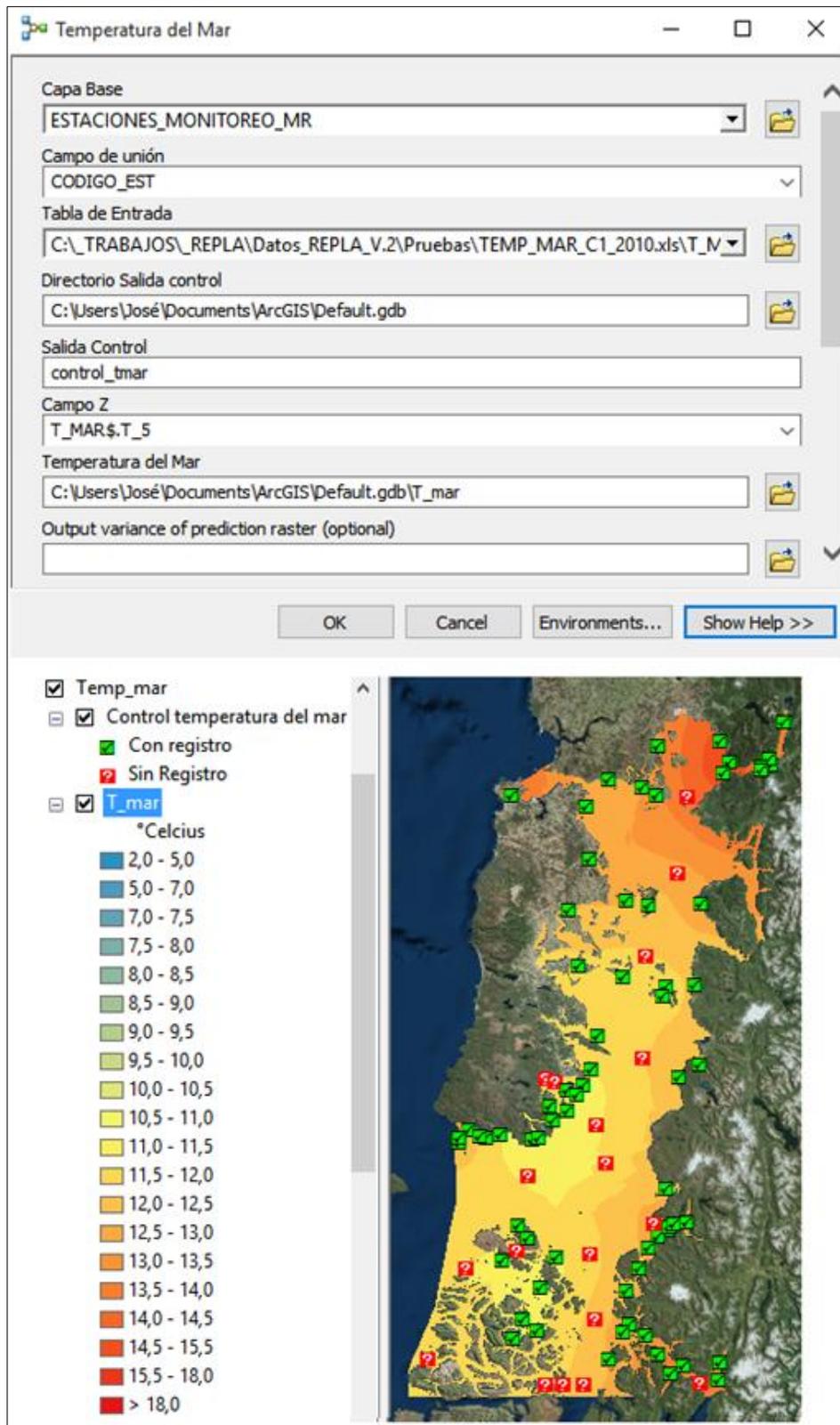


Figura 29. Herramienta y despliegue modelo de Temperatura del Mar. Fuente: Elaboración Propia, 2015

4.1.9.3 Modelo de vientos

Para la elaboración del modelo de vientos se dispone de dos tipos de información a desplegar, la primera correspondiente a la dirección y la segunda a la velocidad registrada por las estaciones, por lo que el modelo se compone de dos salidas de información una vectorial (feature class) y una capa raster.

Para el caso del despliegue de información vectorial consistente en la representación de la dirección del viento es necesario que se cumplan los siguientes requisitos de la base de datos Excel:

1. El nombre del archivo debe contener el nombre “Viento_” donde además se indicará el número del crucero, de ser el crucero uno el nombre del archivo debe ser “Viento_C1”.
2. El nombre del campo que indique la dirección del viento deberá codificarse como “DIRECCION” (Ver Tabla 18)
3. Los campos comunes mantienen la codificación y el campo que almacena los registros de velocidad del viento se codifica como “V_MS” que corresponde a la velocidad expresada en metros por segundo.

Tabla 18. Ejemplo de tabla de datos modificada para dirección y velocidad de viento.

REGION	CODIGO_EST	NOMBRE	FCH_CRUC	MES	DIRECCION	V_MS
X	L01	Metri	08 mar-01 abr 10		NW	1,54
X	L02	Yates	08 mar-01 abr 10		S	1,74
X	L02N1	Sotomó	08 mar-01 abr 10		S	4,72
X	L02N2	Cochamó	08 mar-01 abr 10		SW	6,1
X	L02N3	Marimeli	08 mar-01 abr 10		S	6,02
X	L02N4	Pocoihuen	08 mar-01 abr 10		SW	5,2
X	L03	Cta. La Arena	08 mar-01 abr 10		Calma	0
X	L03N1	Potrerosillos	08 mar-01 abr 10		S	2,66
X	L04	Calbuco Paso Quenu	08 mar-01 abr 10		SW	0,82

Fuente: Elaboración Propia, 2015

Para el modelo de velocidad y dirección se seleccionó el método de interpolación IDW, debido a que no es una variable de tipo biológica o condicionada de forma exclusiva por

procesos locales de micro escala, y puede ser una representación de un fenómeno de escala mayor producto de variaciones en la presión por ejemplo. Esto sumado a las grandes distancias entre algunas estaciones y vacíos existentes en la información, las pruebas de interpolación mostraron que IDW ajusta de mejor forma los datos y fue validado por los funcionarios de SUBPESCA a nivel de ponderación de error como a nivel de resultado espacial durante la reunión de coordinación para presentar el modelo (Ver Acta 4a Reunión en ANEXO 1. ACTAS DE ACUERDO REUNIONES).

De esta forma el parámetro que condiciona la influencia de un punto sobre el otro (Power) quedó fija como parámetro del modelo con un valor de 2,41, estableciendo un error medio cuadrático de aproximadamente 2,10. El error fue considerado aceptable por los funcionarios de SUBPESCA tomando en consideración la cantidad de cruceros sin datos de viento y la variabilidad de los mismos. No obstante, a diferencia de otros modelos, no se puede generar una visualización de la distribución del error pero se establece, basado en el tipo de ponderación del modelo de interpolación, que a mayor cantidad de datos disponibles más precisa será la interpolación (Olaya, 2012). De igual manera los errores principales se concentran en zonas similares asociadas a los extremos del área de estudio donde existe mayor obstaculización y menor densidad de datos.

La estructura del modelo (Figura 30) trabaja con el ingreso de los datos Excel o tablas provenientes desde un geodatabase y la capa espacial de estaciones (feature class), donde adicionalmente se debe seleccionar el Campo Z para la interpolación de la velocidad. Las salidas generadas corresponden a una capa vectorial con la información de la dirección y una capa raster con la velocidad del viento registrada para todas las estaciones mostrada a razón de 1 m/s en la simbología, esto está sujeto a modificación con el fin de generar una paleta estandarizada y fija al igual que en el modelo de temperatura.

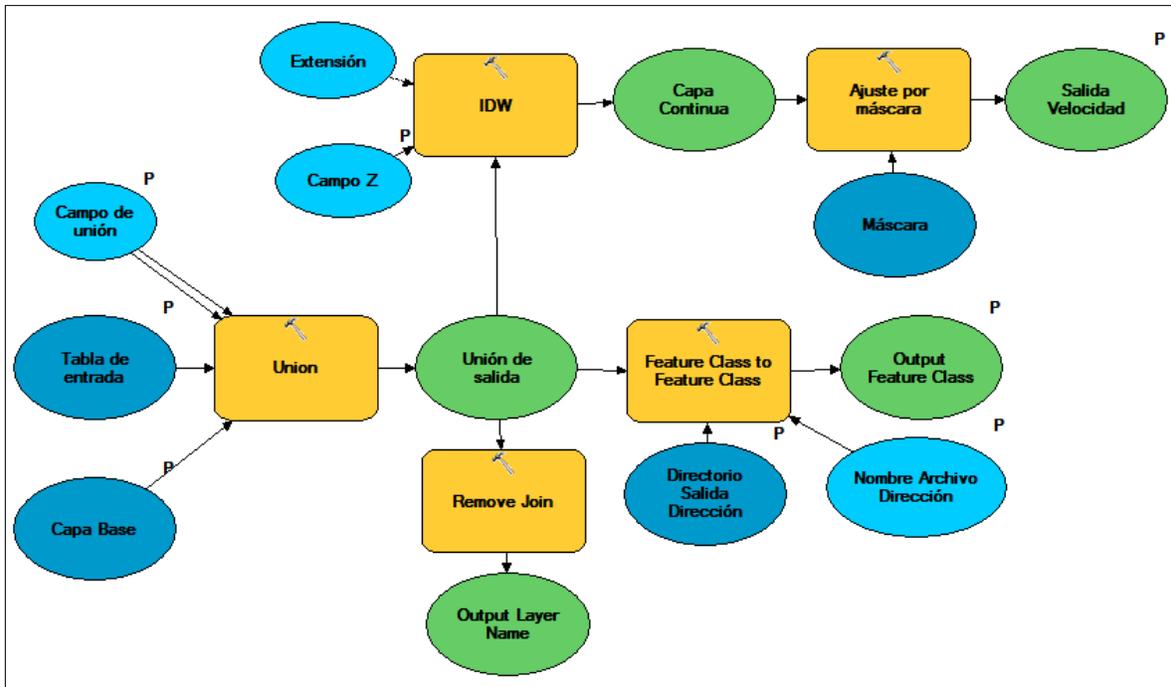


Figura 30. Modelo de dirección y velocidad del viento. Fuente: Elaboración Propia, 2015.

Al ejecutar la herramienta se debe establecer el parámetro a interpolar correctamente y direccionar las salidas al directorio deseado, al finalizar la ejecución la información se despliega de forma automática dentro de la interfaz de ArcMap (Figura 31). Al igual que en los demás modelos la información una vez utilizada por la herramienta es removida de la capa base evitando la sobrecarga de información sobre la misma para mantenerla de forma íntegra.

De acuerdo a las observaciones al Informe de Avance 2 uno de los cambios solicitado fue sacar la magnitud de la simbología para evitar las distorsiones, por lo que se dejó este campo de la simbología fijo.

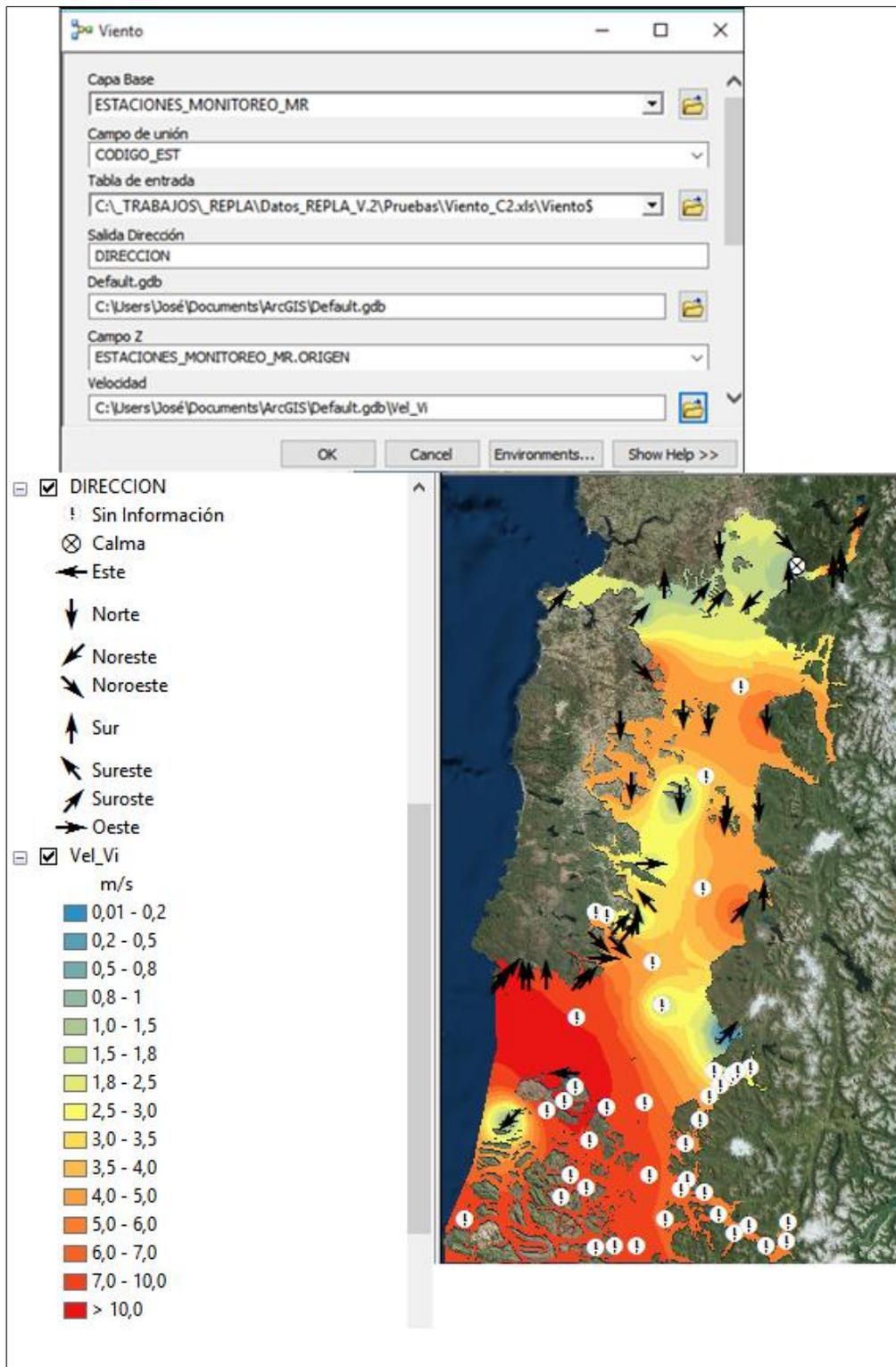


Figura 31. Herramienta y despliegue de Velocidad y Dirección del Viento en ArcMap. Fuente: Elaboración Propia, 2015

4.1.9.4. Modelo de clorofila

Para la elaboración del modelo de interpolación de las concentraciones de clorofila se utilizó el método de interpolación Kriging Ordinario, como se explicó con anterioridad para poder evaluar la distribución de los errores.

Al igual que los modelos anteriores, la operatividad de este consta del ingreso de los datos en formato Excel (Tabla 19) o una tabla de datos proveniente de un geodatabase seleccionada por el operario del modelo, donde el campo de interés es la concentración de clorofila expresada en miligramos por metro cúbico ($\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$), codificado de acuerdo al prefijo “CL_” donde si la profundidad va de 0 a 10 metros el campo queda como “CL_0-10”. Existe un cambio en el protocolo de las planillas originales donde los datos comienzan a ser tomados en un perfil (0, 5, 10, etc.), lo que implica que los nombres de campo en este caso quedarían definidos como “CL_0” para la parte superficial o “CL_5” para la profundidad de 5 metros. Este cambio establece el uso de dos modelos de similar estructura que tendrán como cambio principal la simbología de la capa vectorial de control¹⁸. Además, debido a que la clorofila tiene una distribución anormal se consideró incorporar el logaritmo en base 10, para que la interpolación se haga con la matriz lo más normalizada posible, evitando de esta forma errores propios de una distribución no normal.

Tabla 19. Ejemplo de tabla de datos modificada para clorofila.

REGION	CODIGO_EST	NOMBRE	FCH_CRUC	MES	C_0-10	log10CL_0-10	C_10-20	log10CL_10-20
X	L01	Metri	02-23 feb 10	FEBRERO	0,001	-3,000	4,344	0,638
X	L02	Yates	02-23 feb 10	FEBRERO	1,949	0,290	0,328	-0,484
X	L02N1	Sotomó	02-23 feb 10	FEBRERO	0,870	-0,061	0,412	-0,385
X	L02N2	Cochamó	02-23 feb 10	FEBRERO	5,000	0,699	0,190	-0,720
X	L02N3	Marimeli	02-23 feb 10	FEBRERO	1,046	0,020	0,356	-0,448
X	L02N4	Pocoihuen	02-23 feb 10	FEBRERO	0,954	-0,021	0,253	-0,597

Fuente: Elaboración propia, 2015.

A pesar de la codificación (para tener un estándar para todos los datos), el usuario del modelo puede ingresar cualquier hoja de Excel o tabla de datos y fijar claramente el

¹⁸ Cabe destacar que en el manejo de feature class o capas shape es importante el nombre del campo en la asignación y funcionamiento óptimo de la simbología, razón por la cual se generará este modelo extra para las variables que tengan cambios en la toma de los datos.

campo que desee interpolar. Esto se debe a que el modelo (Figura 32) utiliza dos input, correspondientes a los datos Excel y a la capa espacial, luego el usuario direcciona las salidas. En el caso de este modelo, se contempla una transformación inversa de la interpolación del logaritmo de la clorofila para generar una salida de clorofila al final del modelo. Como se expuso con anterioridad, esto se hace para evitar errores estadísticos producto de la anormalidad de los datos.

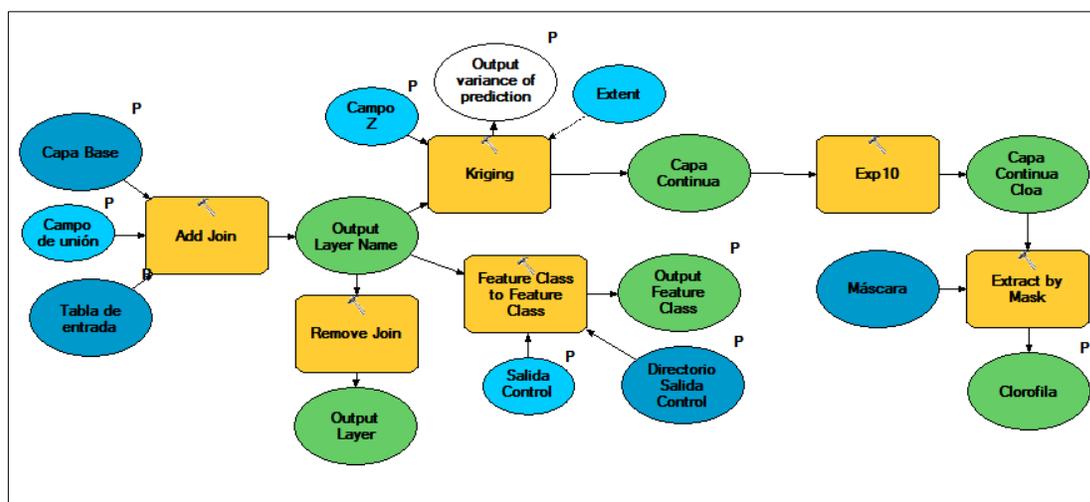


Figura 32. Modelo de clorofila. Fuente: Elaboración propia, 2015.

Estructuralmente el modelo es similar a los anteriores, la diferencia se encuentra en los parámetros de configuración de los métodos de interpolación. Usando el módulo de Geoestadística de ArcGis se trabajó la configuración del semivariograma (Tabla 20 y Figura 33) utilizando la información de base entregada por SUBPESCA, incorporando estos parámetros posteriormente al modelo de clorofila desarrollado en Model Builder.

Tabla 20. Parámetros de semivariograma - modelo de clorofila.

	Parámetros Semivariograma
Modelo	Esférico
Major Range	60000 m
Lag	5000 m
Nugget	0,08
Partial Sill	0,79
Error Medio Cuadrático (RMS)	1,29
Error Promedio Estandarizado	2,05

Fuente: Elaboración Propia, 2015

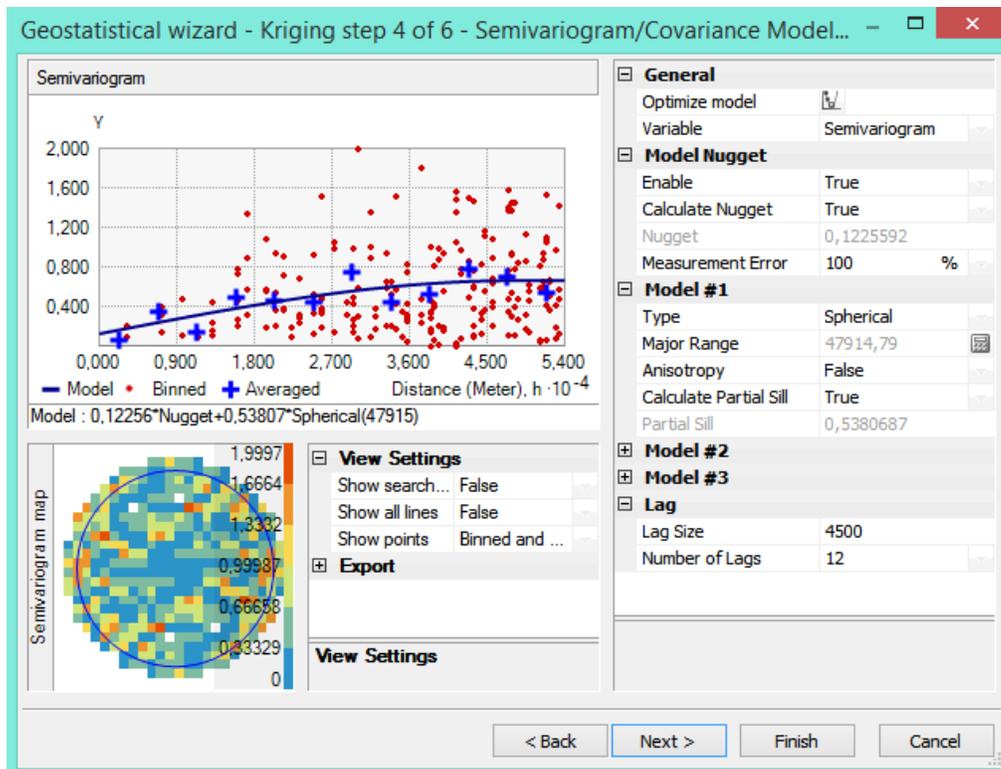


Figura 33. Elaboración de semivariograma - modelo de interpolación de clorofila. Fuente: Elaboración propia, 2015.

La distribución espacial del error referencial (Figura 34) está condicionada por la ausencia de datos en varias de las zonas por lo que con mayor cantidad de datos disponibles la disminución de estas zonas será considerable al momento de interpolar cuando se disponga de una cantidad de datos aceptables (>50), haciendo de la predicción de los valores intermedios un proceso más preciso. Además se debe considerar que la distribución de los datos es lognormal lo que aumenta la probabilidad de error.

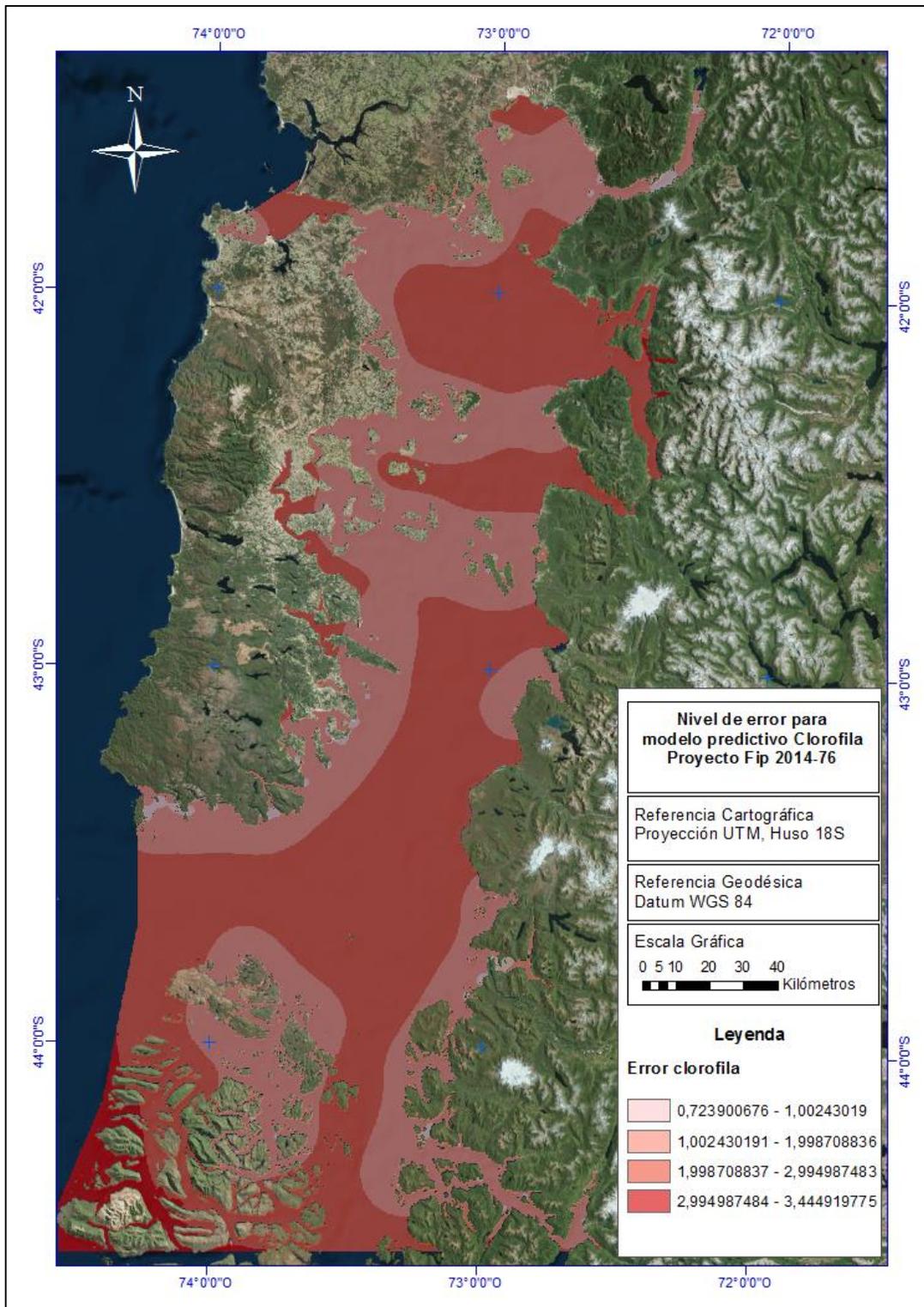


Figura 34. Nivel de error Modelo Predictivo Clorofila. Fuente: Elaboración Propia, 2015.

Finalmente la ejecución del modelo genera dos salidas espaciales, una vectorial para control de los datos por parte del usuario del modelo y la capa interpolada con los valores de concentración de clorofila, con una paleta de colores fija al igual que en las salidas de los otros modelos de interpolación (Figura 35). La simbología de concentración de clorofila contempla una mayor cantidad de clases en los valores más bajos (debido a una mayor presencia de valores bajos en estas clases) disminuyendo las clases hacia los valores más altos, debido principalmente a la variabilidad en la distribución de las concentraciones de clorofila registradas en el área de estudio. Los datos presentan un alto sesgo de los valores a concentraciones que no superan los $1,5 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ y registrando también concentraciones que llegan incluso a valores de $15 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$. Por esta razón la paleta de colores fija permitirá que valores anómalos no sean visualizados, no obstante esto puede generar vacíos de información en los datos.

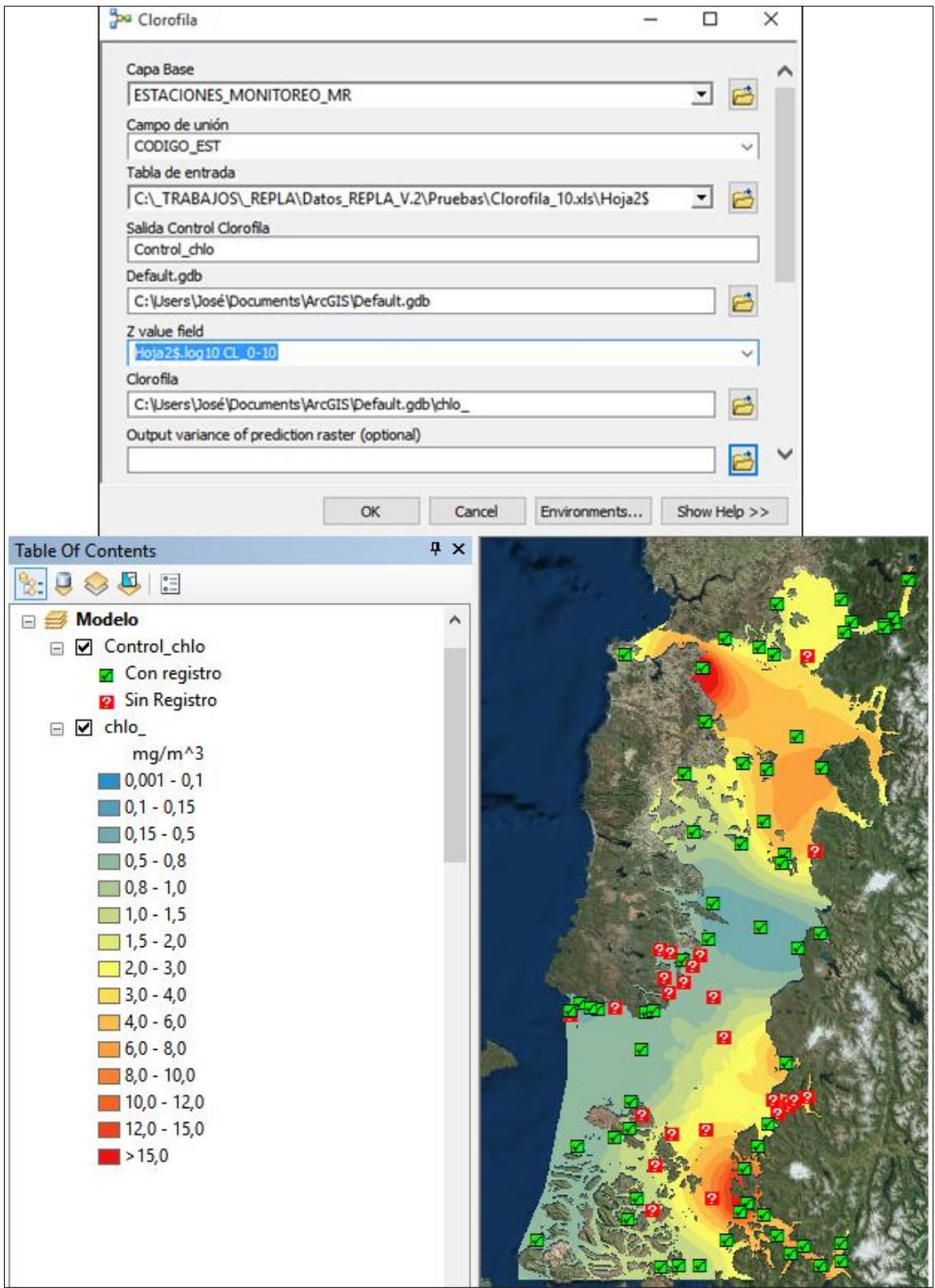


Figura 35. Herramienta y despliegue de Concentraciones de Clorofila en ArcMap. Fuente: Elaboración Propia, 2015.

4.1.9.5 Modelo de salinidad

El modelo de salinidad se construyó a partir de Model Builder y el módulo de Geoestadística de ArcMap, utilizando como base el método Kriging Ordinario para la interpolación de los datos. Para la estimación de los parámetros del semivariograma del modelo se utilizó el módulo de geoestadística (Figura 36), permitiendo la configuración de los parámetros obtenidos (Tabla 21) en el modelo de interpolación de la salinidad medida en unidades prácticas de salinidad (PSU) incorporado en la estructura del modelo generado en ModelBuilder.

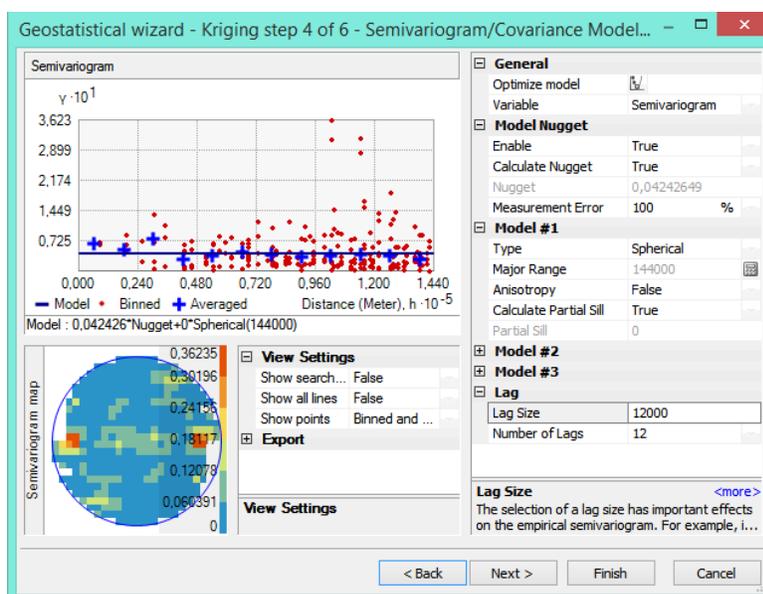


Figura 36. Elaboración de Semivariograma - Modelo de Interpolación de Salinidad. Fuente: Elaboración Propia, 2015

Tabla 21. Parámetros de semivariograma - modelo de salinidad

	Parámetros Semivariograma
Modelo	Esférico
Major Range	48000 m
Lag	4000 m
Nugget	10,84776
Partial Sill	0
Error Medio Cuadrático (RMS)	3,555616
Error Promedio Estandarizado	3,446624

Fuente: Elaboración Propia, 2015

La distribución del error (Figura 37) establece en las zonas con menos densidad de datos un error más amplio y localizado generalmente en los extremos, que es donde también hay mayor variabilidad en los valores de salinidad debido al aporte de agua dulce proveniente desde el continente. Por esta razón se recomienda tener especial cuidado con los valores de salinidad interpolados en la zona del Seno de Reloncaví o zonas de alto aporte de aguas continentales y que coincidan con una poca representatividad de estaciones de muestreo y datos.

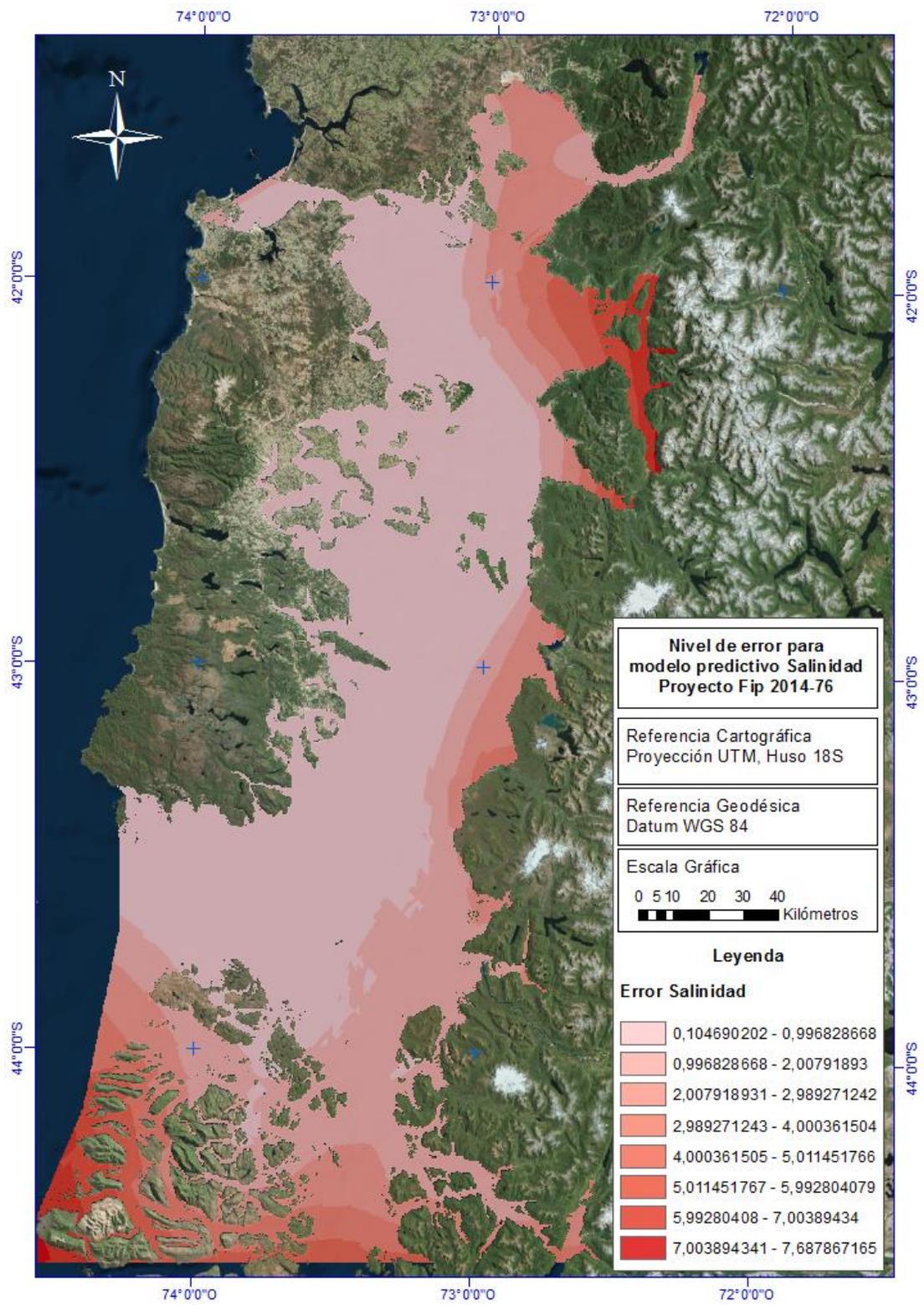


Figura 37. Nivel de error del modelo predictivo de temperatura. Fuente: Elaboración propia, 2015

El modelo opera con una planilla de Excel o con una tabla de datos proveniente de un geodatabase con los datos correspondientes a la variable y la capa de estaciones de monitoreo. La tabla al igual que en varios de los modelos fue estandarizada para mantener un orden en la información (Tabla 22) y esta debe ser seleccionada por el operario del modelo. De igual forma se puede ingresar otra tabla que contenga la información siempre que se tenga claro el campo que contiene la información de interés y se especifique esto al momento de la ejecución de la herramienta. Para el análisis del error se debe considerar que la mayor variabilidad se dará donde haya menor volumen de datos y a su vez, puede presentarse una variabilidad de los datos en zonas cercanas a la costa con un alto aporte de aguas continentales y que pueden ocasionar valores más bajos de los esperados.

Tabla 22. Ejemplo de tabla de datos modificada para salinidad.

REGIO N	CODIGO_ES T	NOMBRE	FCH_CRU C	MES	S_0	S_5	S_10	S_20	S_30
X	L01	Metri	7-dic.-08	DICIEMB RE	27,05	28,52	31,21	32,07	32,54
X	L02	Yates	7-dic.-08	DICIEMB RE	15,02	14,01	12,48	11,25	11,05
X	L02N1	Sotomó	7-dic.-08	DICIEMB RE	15,08	13,34	11,75	11,47	11,21
X	L02N2	Cochamó	7-dic.-08	DICIEMB RE	7,06	28,99	31,93	32,6	32,74
X	L02N3	Marimeli	7-dic.-08	DICIEMB RE	8,61	16,7	32,24	32,42	
X	L02N4	Pocoihuen	7-dic.-08	DICIEMB RE	5,4	30,38	31,7	32,67	32,79
X	L03	Cta. La Arena	7-dic.-08	DICIEMB RE	26,68	28,44	31,79	32,23	32,48
X	L03N1	Potrerosillos	7-dic.-08	DICIEMB RE	4,88	17,31	31,19	32,13	32,6
X	L04	Calbuco Paso Quenu	7-dic.-08	DICIEMB RE	30,86	31,93	32,21	32,53	32,66

Fuente: Elaboración Propia, 2015

Al igual que la propuesta de tabla de concentraciones de clorofila, la codificación del campo de interés (perfil de profundidades para medir) se realiza a partir del prefijo asociado a la variable, en este caso “S_” en donde se incorpora el valor de la profundidad de la medición. En ese sentido si la medición se realizó a los 20 metros el código del campo queda como “S_20”, esto no impide el uso de otra base de datos siempre que se tenga conocimiento del campo a interpolar. Adicionalmente, se dejará un modelo que

opere bajo la lógica de un cambio de toma de datos, es decir, no en perfil sino como un integrado (0-10 ó 10-20) en caso de que exista alguna modificación en este aspecto.

El modelo generado en Model Builder tiene una estructura similar a los presentados anteriormente, generando dos salidas, una de vectores para el control de la información del usuario y la capa interpolada con los datos introducidos. La información vinculada es sacada de la capa de estaciones luego de finalizado el proceso (Figura 38).

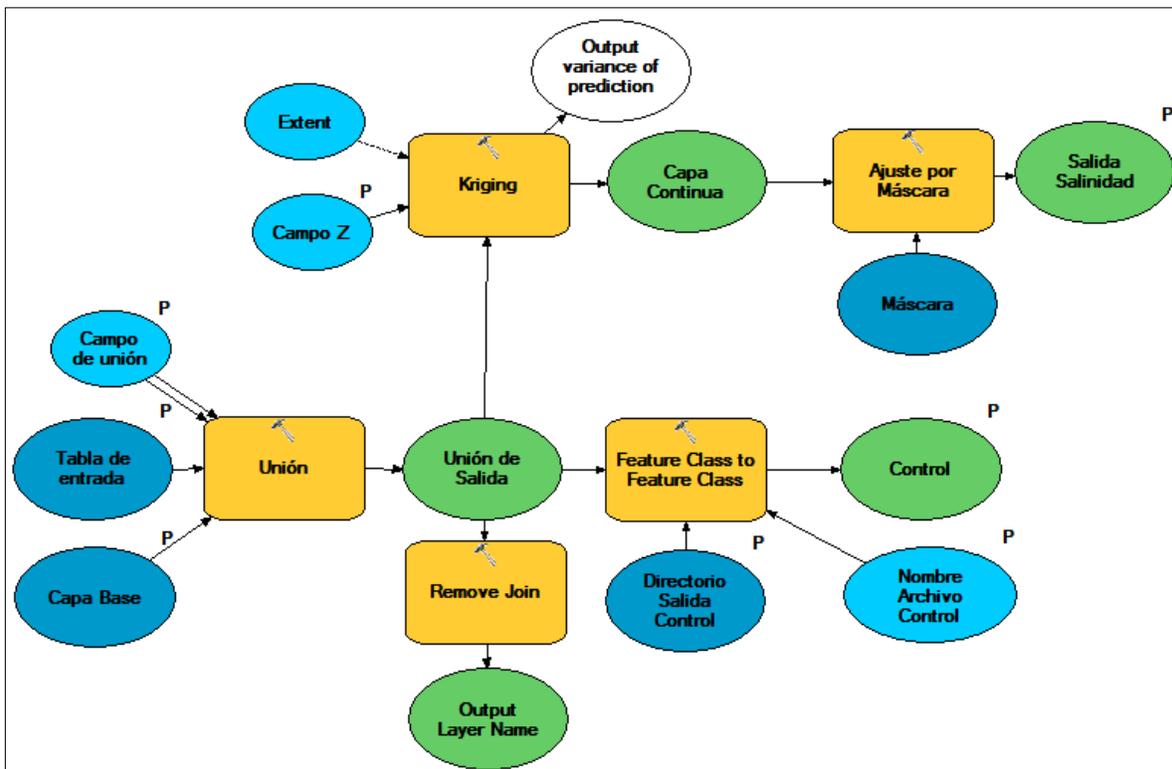


Figura 38. Modelo de salinidad. Fuente: Elaboración propia, 2015.

Al ejecutar la herramienta ambas salidas se despliegan automáticamente en la interfaz de trabajo (Figura 39). En este caso la simbología para la capa continua se establecen más rangos donde hay mayor cantidad de valores para no generar un alto número de clases que dificulte la interpretación, además se consideró la distribución y amplitud de la información registrada. Nuevamente se establece que la simbología será fija para facilitar el proceso externo de visualización expuesto con anterioridad.

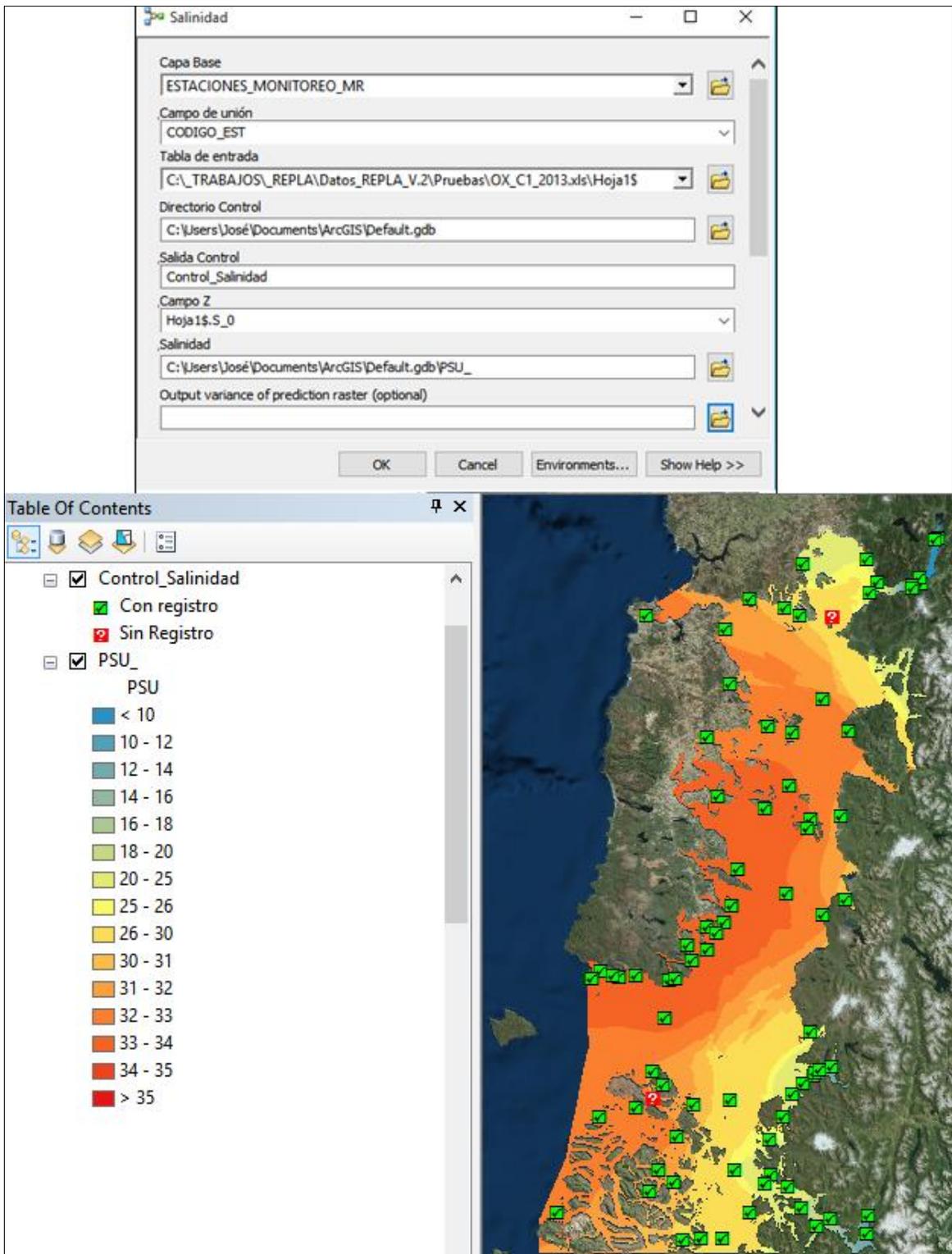


Figura 39. Herramienta y despliegue de Salinidad en ArcMap. Fuente: Elaboración Propia, 2015

4.1.9.6. Modelo de Toxinas

El modelo de toxinas se dividió en 3 submodelos de acuerdo a la información VDM, VAM y VPM. Para el primer parámetro el modelo contempla una salida vectorial similar a lo realizado en el modelo de abundancia relativa y luego se evaluó la información disponible para las toxinas VAM y VPM; contemplando la disponibilidad de información, la extensión espacial y la variabilidad. De esta forma se buscaron alternativas de generación de diferentes máscaras de interpolación, límites y otros métodos alternativos que mantuvieran una consistencia espacial y un bajo error estadístico, considerando además las licencias de software disponibles en la subsecretaría. Posteriormente se estableció que el modelo no podía ser un modelo de interpolación y se generó un modelo considerando la representación vectorial de las toxinas mencionadas. Además se consideran solo las especies centinelas para la elaboración de los modelos de representación vectorial de acuerdo a lo acordado junto con los profesionales de SUBPESCA.

Para el correcto funcionamiento del modelo vectorial de VDM las tablas deben cumplir los siguientes requisitos:

1. El nombre del archivo Excel que contiene la información debe incorporar en el nombre el prefijo “Toxinas_” seguido por el identificador de la toxina “VDM” y el crucero de captura de la información. En el caso de ser el crucero 3 el nombre del archivo será “Toxinas_VDMC3”.
2. La codificación del campo que alberga la información se codificará como “VDM” y además se adicionará un campo denominado “COD” donde se almacenará la información de forma textual, es decir “POSITIVO”, “NEGATIVO” o “SIN MUESTRA” (Tabla 23).
3. En el caso de la codificación de atributos para la toxina VDM en la información proporcionada solo se hace referencia a la ausencia o presencia de la toxina pero

no a cantidades que registren un patrón de corte. De esta forma, se mantiene la información original.

Tabla 23. Ejemplo de tabla de datos modificada para VDM en especies Centinelas.

REGION	CODIGO_EST	NOMBRE	FCH_CRUC	MES	VDM	COD
X	L01	Metri	11 mar – 2 abr 09		-	NEGATIVO
X	L02	Yates	11 mar – 2 abr 09		-	NEGATIVO
X	L02N1	Sotomó	11 mar – 2 abr 09		-	NEGATIVO
X	L02N2	Cochamó	11 mar – 2 abr 09		-	NEGATIVO
X	L02N3	Marimeli	11 mar – 2 abr 09		+	POSITIVO

Fuente: Elaboración Propia, 2015

El modelo funciona con una tabla como la descrita con anterioridad y genera una capa de salida vectorial que representa la información registrada en la base de datos relativa a la presencia de VDM en especies centinelas dentro del área de estudio (Figura 40).

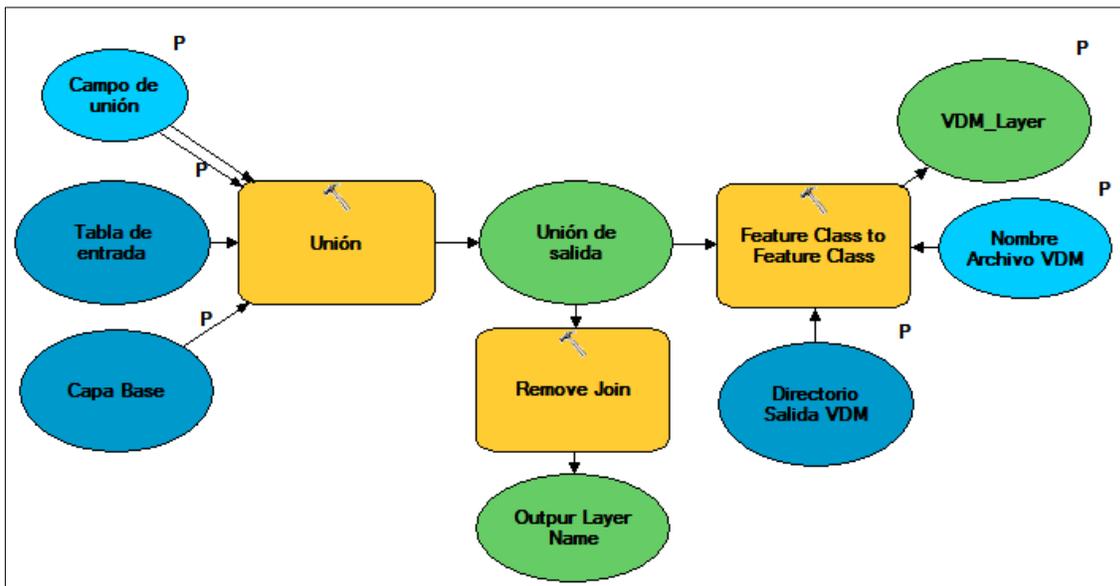


Figura 40. Modelo de Toxinas VDM para especies Centinelas.

La información resultante se despliega de forma automática en la interfaz de trabajo, con la simbología ingresada al modelo de trabajo (Figura 41).

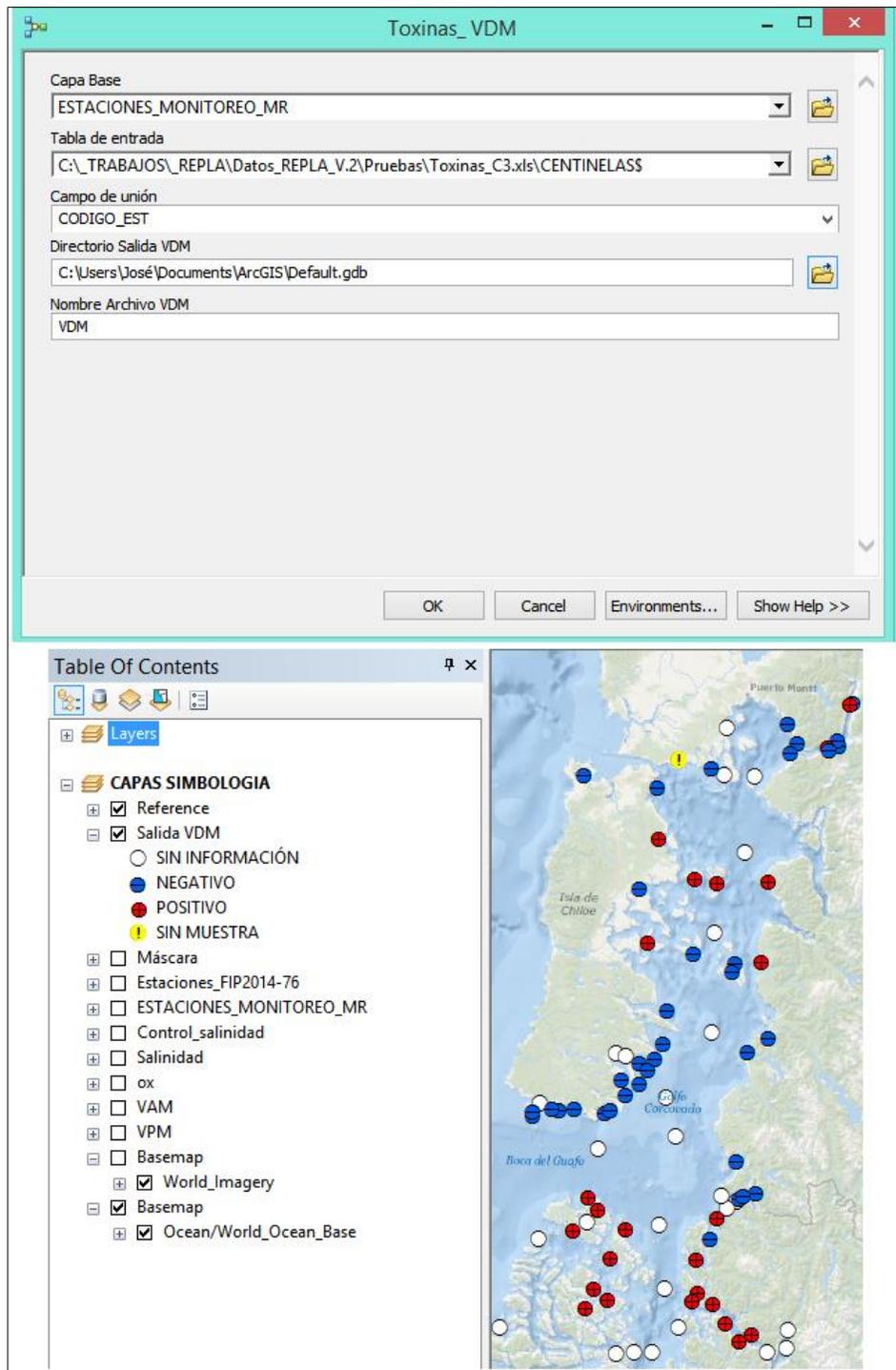


Figura 41. Herramienta y despliegue de Toxinas VDM para especies Centinelas en ArcMap. Fuente: Elaboración Propia, 2015

Esta simbología, y los cortes establecidos también para las toxinas VAM y VPM fueron proporcionados por Daniela Guajardo Profesional de la Unidad Gestión Sanitaria y

Plagas; y que forma parte de los profesionales que trabajarán con los modelos desarrollados en este proyecto. Estos rangos de corte (Tabla 24) fueron establecidos a partir del Reglamento Sanitario de Alimentos. Dto. MINSAL 977/96 y sus modificaciones.

Tabla 24. Categorías establecidas para toxinas VAM-VPM-VDM

Rangos / Toxinas	Ausente	Presente	Sobre el límite
VPM	0 o No detectado (ND)	<80µg saxi/100gr o trazas	≥80µg saxi/100gr
VDM	Negativo a bioensayo	No aplica	Positivo a bioensayo
VAM	0 o No detectado (ND)	<20 µg/g o trazas	≥20 µg/g

Para el correcto funcionamiento del modelo vectorial de VAM-VPM las tablas deben cumplir los siguientes requisitos:

1. El nombre del archivo Excel que contiene la información debe incorporar en el nombre el prefijo “Toxinas_” seguido por el identificador de la toxina “VAM_VDM” y el crucero de captura de la información. En el caso de ser el crucero 3 el nombre del archivo será “Toxinas_VAM_VDM_C3”.
2. La codificación del campo que alberga la información se codificará como “VAM”, “VPM_R1” y “VPM_R2” considerando que la toxina VPM se toma en dos réplicas de acuerdo a la información disponible del programa de Marea Roja. Para hacer efectiva la aplicación de la simbología se agregó para ambas toxinas un campo “COD_VAM”, “COD_VPM_R1”y “COD_VPM_R2”donde se almacenará la información de los registros de forma textual (Tabla 25), de acuerdo a lo solicitado en las reuniones de coordinación.

La herramienta desarrollada para estas toxinas opera de la misma forma que la generada para la toxina VDM, utiliza una tabla de datos en Excel o una tabla de datos proveniente desde una geodatabase y genera dos salidas simbolizadas (Figura 42 y 43).

Tabla 25. Modelo Tabla modificada para VAM-VPM en especies Centinelas

CODIGO_EST	NOMBRE	RECURSO	FCH_CRUC	MES	VAM	COD_VAM	VPM_R1	VPM_R2	COD_VPM_R1	COD_VPM_R2
L01	Metri	Cholga	6-feb.-13	FEBRERO	ND	AUSENTE	ND	ND	AUSENTE	AUSENTE
L02	Yates	Chorito	7-feb.-13	FEBRERO	ND	AUSENTE	ND	ND	AUSENTE	AUSENTE
L02N1	Sotomó	Chorito	7-feb.-13	FEBRERO	ND	AUSENTE	ND	ND	AUSENTE	AUSENTE
L02N2	Cochamó	Chorito	7-feb.-13	FEBRERO	ND	AUSENTE	ND	ND	AUSENTE	AUSENTE
L02N3	Marimeli	Chorito	7-feb.-13	FEBRERO	ND	AUSENTE	ND	ND	AUSENTE	AUSENTE
L02N4	Pocoihuen	Chorito	7-feb.-13	FEBRERO	ND	AUSENTE	ND	ND	AUSENTE	AUSENTE
L03	Cta. La Arena	Chorito	6-feb.-13	FEBRERO	ND	AUSENTE	ND	ND	AUSENTE	AUSENTE

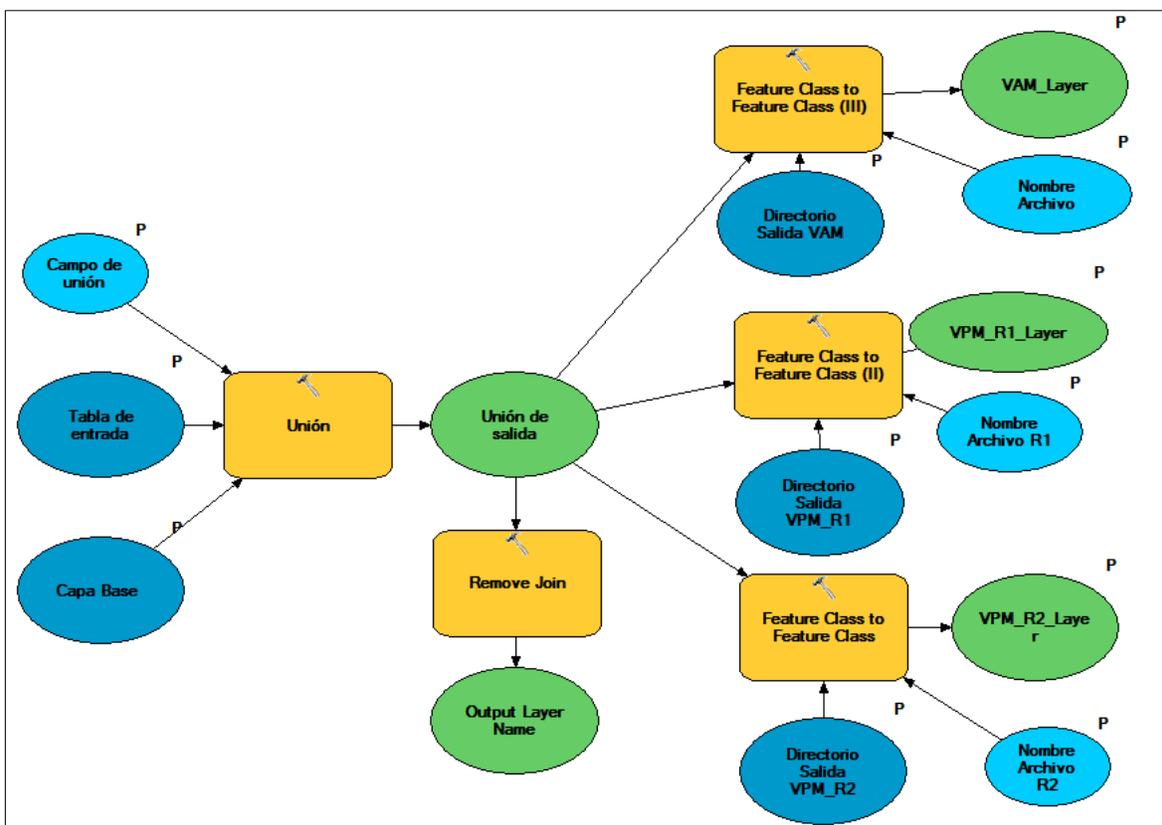


Figura 42. Modelo de Toxinas VAM-VPM para especies Centinelas

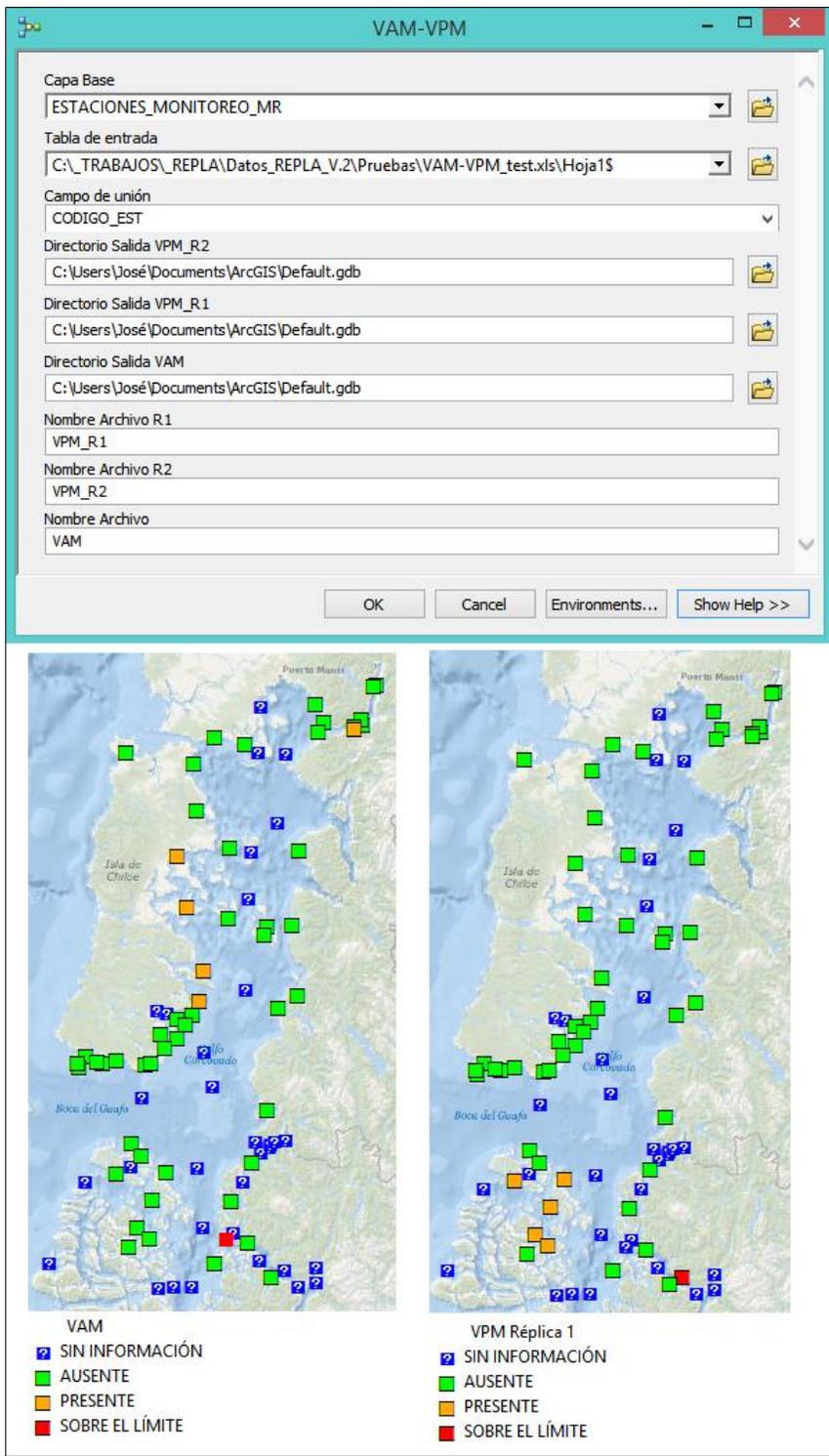


Figura 43. Herramienta y despliegue de Toxinas VAM-VPM para especies Centinelas en ArcMap.
Fuente: Elaboración Propia, 2015.

4.1.9.7. Modelo de oxígeno disuelto

La generación de un modelo de interpolación de oxígeno disuelto no correspondía a una solicitud formal de los profesionales de la subsecretaría; sin embargo se estimó conveniente la realización del mismo debido a que esta información sería también utilizada dentro de los modelos relacionales. Para esto se seleccionó el método de Kriging ordinario para mantener una integridad estadística con respecto al resto de las variables.

El modelo contempla la vinculación de los datos en Excel o base de datos desde un geodatabase y la capa espacial base a partir del código de las estaciones, por lo que el modelo de tabla a ingresar debe contener el código de estación codificado para todas las tablas como “CODIGO_EST” y el campo de interés a interpolar. Para las tablas de datos correspondientes al oxígeno disuelto se contempló una estructura similar a las tablas que son tomadas a nivel de perfil (Tabla 26).

Tabla 26. Modelo de tabla de datos modificada para Oxígeno disuelto

CODIGO_EST	NOMBRE	FCH_CRUC	MES	AÑO	OX_0	OX_5	OX_10	OX_20
A01	Isla Virginia - Bahía Low	29-abr.-09	ABR	2009	5,9	5,7	5,6	5,6
A02	Repollal - Canal Puquitín	30-abr.-09	ABR	2009	5,6	5,3	5,2	5,1
A03	Puerto Barrientos	30-abr.-09	ABR	2009	5,7	5,6	5,4	5,3
A06	Laja Brazo Pillán 1	19-abr.-09	ABR	2009	7,6	6,5	5,3	4,5
A07	Canal	19-abr.-09	ABR	2009	8,1	7,0	5,9	5,8
A08	Repollal - Estero Las Islas	19-abr.-09	ABR	2009	8,0	6,7	5,9	5,4
A09	Santo Domingo	19-abr.-09	ABR	2009	7,2	6,8	6,3	6,0
A10	Añihué	19-abr.-09	ABR	2009	6,9	6,7	6,7	6,5
A11	Melimoyu	19-abr.-09	ABR	2009	7,6	7,2	6,4	5,8
A12	Seno Gala	18-abr.-09	ABR	2009	9,1	9,3	8,2	6,3

Fuente: Elaboración Propia, 2015

Al igual que en otros modelos donde existen ciertos cambios en la toma de datos (de forma integrada o como perfil) se considera pertinente incluir un modelo que opere bajo la lógica de este cambio, por lo que habrá un modelo para perfil y otro para integrado.

En el caso de la información los campos utilizados quedan codificados de la siguiente forma:

- FCH_CAPT: corresponde al día de captura de la información o al rango de días entre los que esta fue tomada, dependiendo de la información disponible
- OX_: corresponde a información de Oxígeno en mg/L; dependiendo del estrato o profundidad a la que se haya tomado el dato se asignará el número correspondiente. Por ejemplo para una profundidad de 5 metros el campo se estructura como "OX_5".

Para la elaboración del modelo se consideró la alta variabilidad de los datos sobre todo con respecto a la ausencia de datos debido a falta de registro o a la no existencia de la estación en el año respectivo, además de que el oxígeno es una variable que no está presente en todos los años comenzando recién a ser medida a partir del año 2008.

Utilizando los modelos de tablas presentados anteriormente y mediante el módulo Geoestadístico de ArcGis se desarrolló un ajuste al semivariograma del modelo de interpolación considerando los elementos de asociación local (autocorrelación) y una medida del error del 100% para considerar cualquier variabilidad (Figura 44).

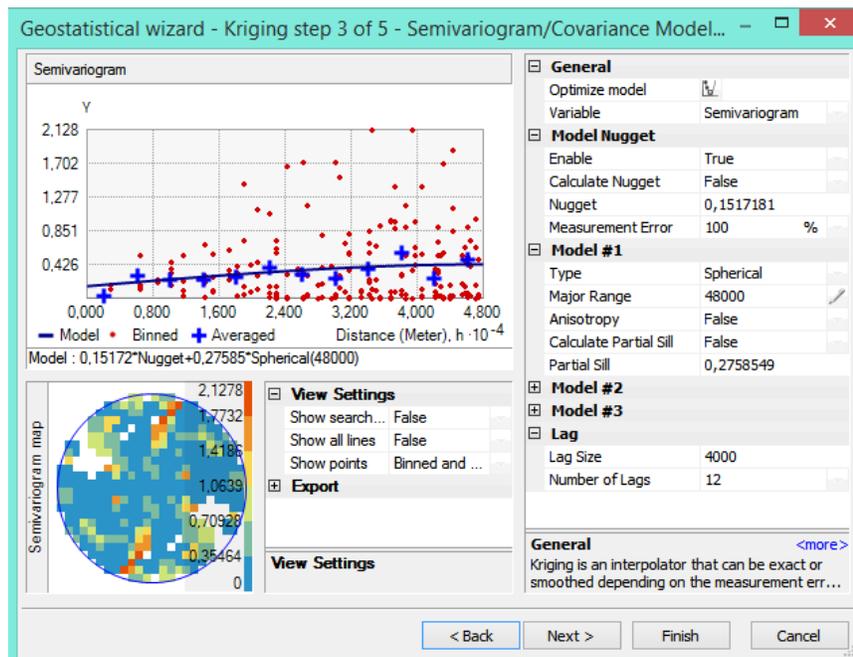


Figura 44. Elaboración de Semivariograma - Modelo de Interpolación de Salinidad. Fuente: Elaboración Propia, 2015.

Realizado el ajuste, los parámetros del modelo quedan dispuestos como aparece en la Tabla 27 y se hacen operativos a través de la modelación en ModelBuilder, donde utilizando las herramientas de interpolación se incorporan los parámetros obtenidos, dejando abierta la posibilidad de modificar estos parámetros ante cualquier posible modificación de área de estudio, un cambio en el número de estaciones a incorporar al modelo o modificación en la estructura de la variable.

Tabla 27. Parámetros de Semivariograma - Modelo de Oxígeno disuelto

	Parámetros Semivariograma
Modelo	Esférico
Major Range	48000 m
Lag	4000 m
Nugget	0,152
Partial Sill	0,276
Error Medio Cuadrático (RMS)	0,983
Error Promedio Estandarizado	0,569

Fuente: Elaboración Propia, 2015

La distribución del error de predicción para el modelo es de carácter referencial (Figura 45) puesto que esta se verá modificada de acuerdo al número de estaciones y datos pero manteniendo una constante de los otros modelos: *los lugares con mayor presencia de datos tendrán la tendencia a agrupar los errores más bajos mientras que la zona central y algunos extremos que presentan baja correlación espacial contendrán los valores más altos*. Al igual que en el resto de los modelos esta variabilidad del error disminuirá con un mayor conjunto de datos (>50).

En el caso de la distribución del error del oxígeno disuelto se puede apreciar que es más alto en zonas principalmente donde no hay datos de cruce, sin embargo por la distribución altamente normal de la variable los errores tienen una tendencia a ser bastante bajos.

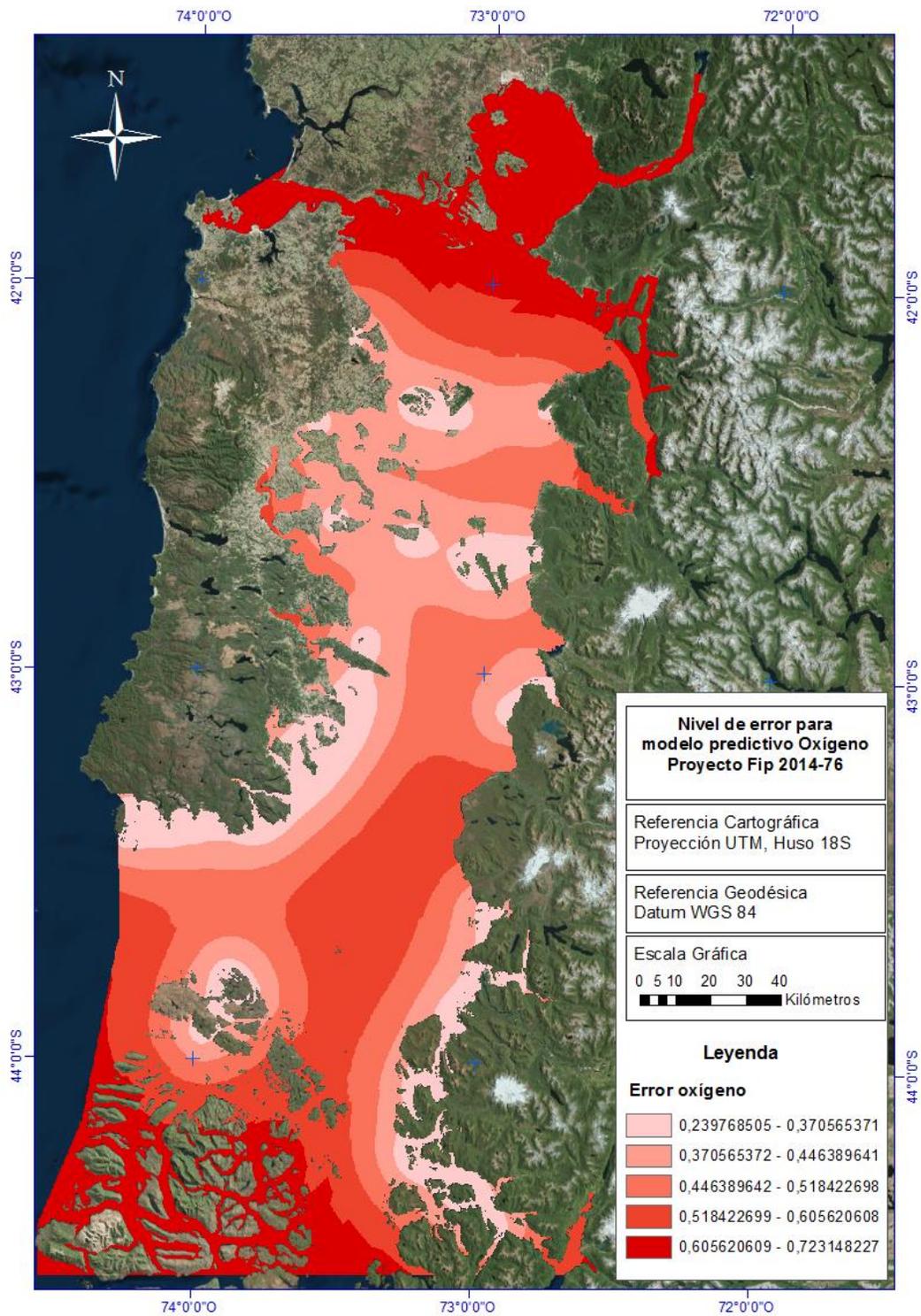


Figura 45. Nivel de error Modelo Predictivo de Oxígeno disuelto. Fuente: Elaboración Propia, 2015.

La estructura del modelo añadido al Toolbox (Figura 46) funciona con dos inputs que consisten en la capa espacial de estaciones y la tabla de datos en Excel o tabla proveniente de un geodatabase, de la que se debe seleccionar el “Campo Z” que corresponde al campo de interpolación de oxígeno disuelto. Las salidas del modelo corresponden a una capa raster clasificada considerando la variabilidad de los datos y su amplitud, estableciendo más clases donde hay mayor frecuencia de datos y menos clases en los rangos que no presentan esta condición. De esta forma se genera una visualización adecuada. La paleta será fija, como se expuso también para el resto de los modelos.

Adicionalmente hay una salida vectorial de puntos que permite al operario del modelo tener un control de la cantidad de estaciones que cuentan o no con datos registrados para determinar y conocer las zonas de extrapolación; este parámetro se incorporó a petición de los funcionarios de la subsecretaría para establecer un control de la información y los análisis a realizar, junto con aprobar o desestimar una capa interpolada con poca información espacial y con alto porcentaje de error al igual que en el resto de los modelos de interpolación, de igual manera se contempla probar la incorporación de un método de validación cruzada para tener mayor control sobre los datos como en el resto de los modelos.

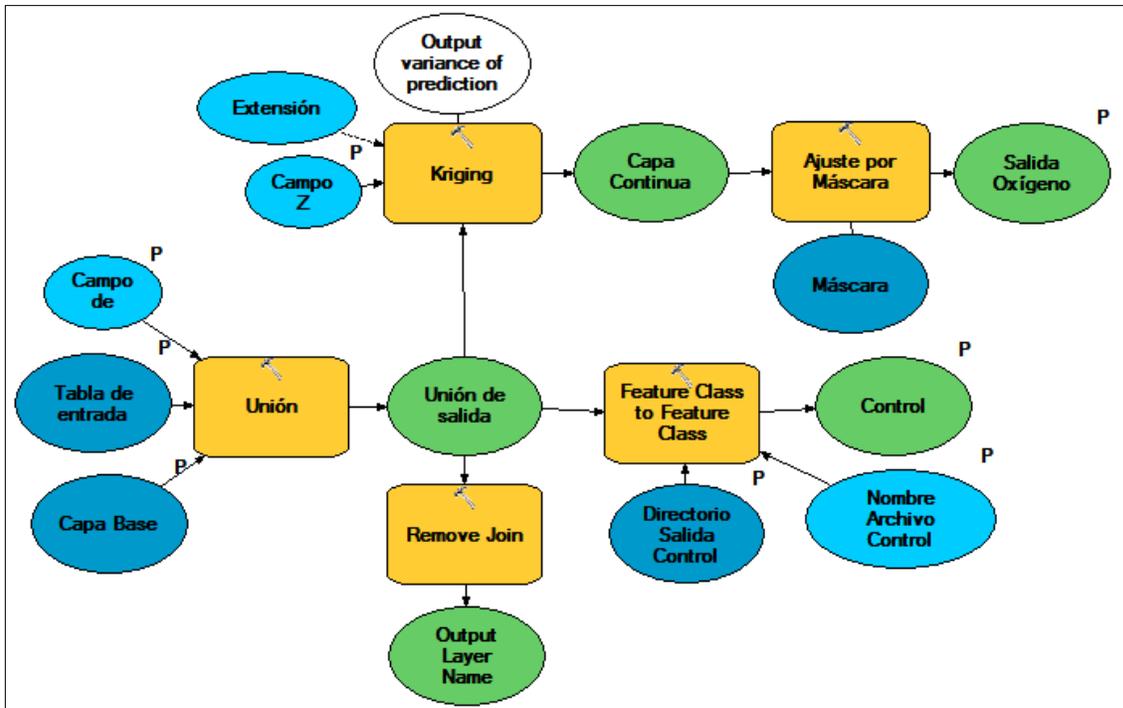


Figura 46. Modelo de Interpolación de Oxígeno disuelto. Fuente: Elaboración Propia, 2015.

Al ejecutar la herramienta e ingresar correctamente los input (Figura 47) los dos archivos de salida se despliegan automáticamente en la interfaz de ArcMap.

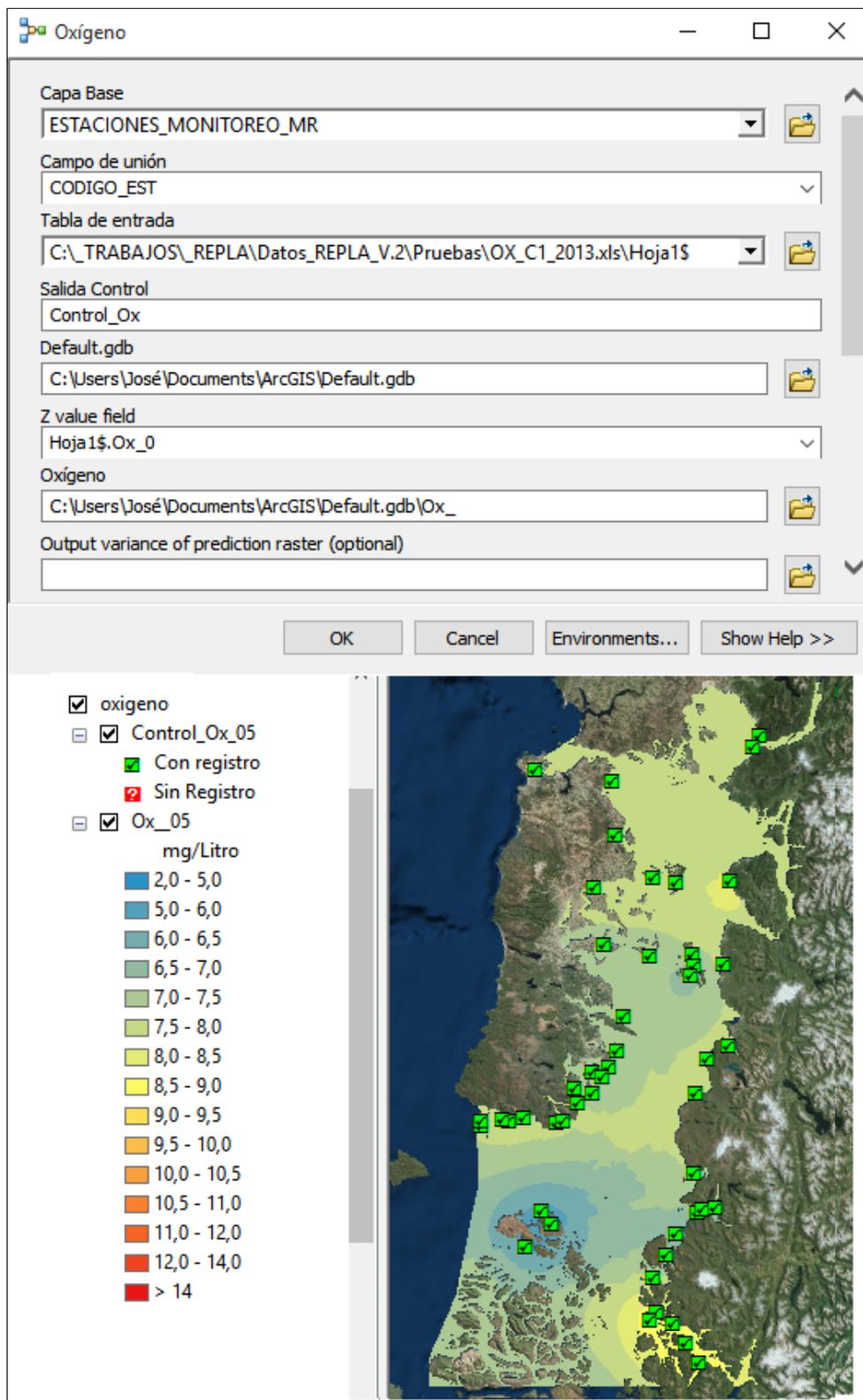


Figura 47. Herramienta y despliegue de Oxígeno disuelto en ArcMap. Fuente: Elaboración Propia, 2015

4.1.10. Observaciones Generales

- La resolución espacial de las capas de información raster generadas tienen un tamaño de celda de 250 metros; esto para coincidir con la mejor resolución disponible de imágenes satelitales MODIS lo que deja abierta la opción de generar una fusión de los datos disponibles entre las estaciones y la información satelital¹⁹. Además esta resolución permite la funcionalidad de las herramientas sin sobrecargar el sistema. En el caso de los procesos de visualización externa de las capas vectoriales, se está trabajando en conjunto con los profesionales de SUBPESCA en la adecuación de estos estándares y la realización de pruebas internas (Ver ACTA 9a Reunión en ANEXO 1. ACTAS DE ACUERDO REUNIONES).
- La información que se genera a partir del uso de los modelos y los productos cartográficos resultantes, queda a cargo de los profesionales de SUBPESCA, que establecieron que generarán esta información para realizar los análisis de su interés y ellos evaluarán cual será la posterior información que se hará pública y la periodicidad de la misma. En esto último la periodicidad responde a la frecuencia en que se recibe la información desde IFOP y al tipo de dato recibido.
- El conjunto de datos geográficos que se genere a partir de los modelos contará con metadatos geográficos, los cuales cumplirán las especificaciones de la Norma Chilena Nch-ISO 19.115:2011 para su descripción y la Norma Chilena Nch-ISO 19.139:2011 para la implementación del esquema XML del modelo de metadatos geográfico descrito. En este ámbito se establece que se documentará toda la información espacial generada por el proyecto, que de momento corresponde a:
 - Estaciones de Monitoreo proyecto FIP 2014-76
 - Estaciones de Monitoreo Programa Marea Roja, correspondientes a la revisión inicial de datos.
 - Resultados del análisis exploratorio de imágenes satelitales en las zonas solicitadas en los TTR (información raster y vectorial generada)
 - Máscara de interpolación generada para la zona de estudio

¹⁹ Vinculando esto a las capacitaciones estipuladas en los TTR.

- Toolbox correspondiente a la herramienta generada de nombre “Modelo REPLA” con sus submodelos
- Geodatabase de Archivos donde se establecerá la base de datos de la información modificada y depurada generada para las variables seleccionadas en el período 2006-2014 para la zona de estudio establecida en los TTR.
- Los archivos de metadatos serán incorporados en dos formatos: *.xml. Adicionalmente se documentarán proyectos SIG que puedan ser solicitados anexando además los diccionarios de los campos según se requiera.

4.1.11. Migración de la información

Se construyen diferentes geodatabase de archivos para la migración de los datos, una consolidada y otra exploratoria respecto de la información satelital. Esta opción se toma debido al gran volumen de datos existente considerando las tablas de datos para el modelo REPLA, las diferentes salidas del mismo modelo, información generada por el modelo predictivo y finalmente la información exploratoria de los procesos satelitales.

Debido a esto y también al protocolo de trabajo de la Geodatabase corporativa de SUBPESCA, se estipuló por parte de los profesionales de SUBPESCA encargados del proyecto, y a pedido de Lino Arancibia²⁰, que por un tema de operatividad las tablas no fueran almacenadas dentro de su base ArcSDE. Por esta razón, la información correspondiente a las tablas históricas del Programa de Marea Roja (2006-2014) será entregada en GDB de archivos (diferentes para cada año del programa) donde estén las variables consideradas para este proyecto referidas a la extensión espacial de las 88 estaciones (Ver Actas de 5a, 6a y 7a Reuniones en ANEXO 1. ACTAS DE ACUERDO REUNIONES); adicionalmente también se estipula no entregar las bases en formato *.dfb debido a que no soportan el almacenamiento de valores nulos y modifican los datos originales almacenados.

²⁰ Encargado del Servidor y el WMS de la institución.

En el contexto de este Proyecto el tipo de geodatabase presente en la Subsecretaria de Pesca y Acuicultura corresponde a multiusuario, permitiendo almacenar información geográfica siguiendo el modelo de datos de la geodatabase, pudiendo ser consultada y editada por varios usuarios de forma simultánea, sin límite de tamaño. Además funciona bajo Microsoft SQL Server, Oracle o IBM DB2. No obstante esto, existe solamente un administrador del servidor con privilegios que no forma parte del equipo directo de trabajo del proyecto por parte de SUBPESCA, adicionalmente es la persona encargada del visualizador de mapas y de la información que se sube a esta plataforma, por lo que la información que se desplegará (con periodicidad mensual) deberá ser subida inicialmente por él. Mientras que la información que se suba a la plataforma de ArcGis Online será administrada directamente por los profesionales del proyecto pertenecientes a SUBPESCA

El diseño de esta geodatabase (Figura 48) contempla el modelado donde se incorporan los requerimientos y funciones, la identificación de las representaciones de entidades (entendida como objetos con propiedades comunes) clasificando estas según la forma de representarlas, el ajuste al modelo de geodatabase determinando la representación apropiada de la geodatabase para las entidades. Debido a que las tablas de datos incorporadas en los GDB no pueden ser almacenadas en un feature dataset serán almacenadas inicialmente por año para facilitar la búsqueda de la información de interés.

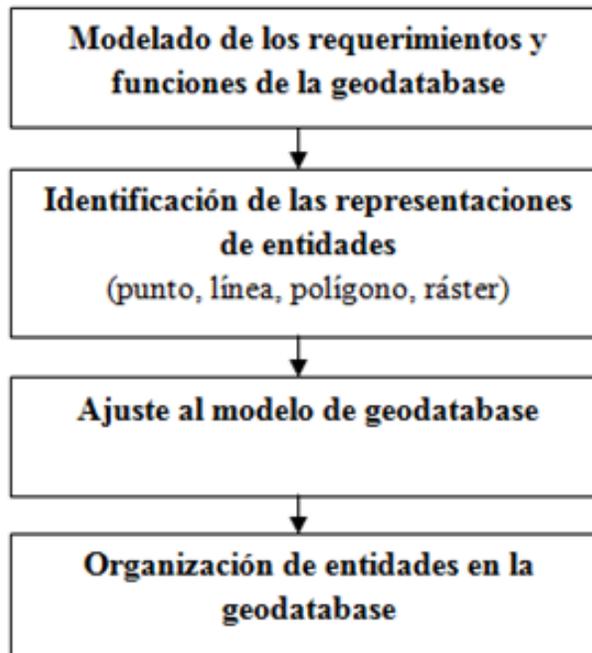


Figura 48. Modelo conceptual generación GDB de archivos.

4.1.11.1. Geodatabase consolidada

Contempla la información histórica del Programa de Marea Roja, que viene originalmente en formato de planilla Excel (*.xls-*.xlsx) y viene referida desde entidades puntuales, en este caso estaciones de monitoreo que contienen toda la información. Para su construcción se contemplan exclusivamente las variables seleccionadas por los profesionales de SUBPESCA y el equipo a cargo de la ejecución del proyecto, de esta forma la extensión espacial de esta información comprende la extensión de las 88 estaciones de monitoreo de los TTR. La precisión del tipo de dato se establece en las tablas que se presentan a continuación (Tablas 28 a 36).

Tabla 28. Tabla de atributos de las entidades: abundancias relativas

ABUNDANCIAS						
CAMPOS	TIPO DE DATO	FORMATO	LONGITUD	PRECISIÓN	ESCALA	VALORES NULOS
REGION	Punto	Texto	10			SI
CODIGO_EST	Punto	Texto	10			SI
NOMBRE	Punto	Texto	100			SI
FCH_CRUC	Punto	Fecha				SI
MES	Punto	Texto	15			SI
AR_AL_CAT	Punto	Short Integer		5	0	SI
DINO_ACUM	Punto	Short Integer		5	0	SI
DINO_ACUT	Punto	Short Integer		5	0	SI

Tabla 29. Tabla de atributos de las entidades: salinidad

SALINIDAD						
CAMPOS	TIPO DE DATO	FORMATO	LONGITUD	PRECISIÓN	ESCALA	VALORES NULOS
REGION	Punto	Texto	10			SI
CODIGO_EST	Punto	Texto	10			SI
NOMBRE	Punto	Texto	100			SI
FCH_CRUC	Punto	Fecha				SI
MES	Punto	Texto	15			SI
S_0*	Punto	Double		4	2	SI

Tabla 30. Tabla de atributos de las entidades: temperatura ambiente

TEMPERATURA AMBIENTE						
CAMPOS	TIPO DE DATO	FORMATO	LONGITUD	PRECISIÓN	ESCALA	VALORES NULOS
REGION	Punto	Texto	10			SI
CODIGO_EST	Punto	Texto	10			SI
NOMBRE	Punto	Texto	100			SI
FCH_CRUC	Punto	Fecha				SI
MES	Punto	Texto	15			SI
T_C	Punto	Double		4	2	SI

Tabla 31. Tabla de atributos de las entidades: temperatura del mar

TEMPERATURA MAR						
CAMPOS	TIPO DE DATO	FORMATO	LONGITUD	PRECISIÓN	ESCALA	VALORES NULOS
REGION	Punto	Texto	10			SI
CODIGO_EST	Punto	Texto	10			SI
NOMBRE	Punto	Texto	100			SI
FCH_CRUC	Punto	Fecha				SI
MES	Punto	Texto	15			SI
T_0	Punto	Double		4	2	SI
T_5	Punto	Double		4	2	SI
T_10	Punto	Double		4	2	SI
T_20	Punto	Double		4	2	SI
T_30	Punto	Double		4	2	SI
T_40	Punto	Double		4	2	SI

Tabla 32. Tabla de atributos de las entidades: VAM y VPM.

TOXINAS VAM-VPM						
CAMPOS	TIPO DE DATO	FORMATO	LONGITUD	PRECISIÓN	ESCALA	VALORES NULOS
REGION	Punto	Texto	15			SI
CODIGO_EST	Punto	Texto	10			SI
NOMBRE	Punto	Texto	100			SI
FCH_CRUC	Punto	Fecha				SI
MES	Punto	Texto	15			SI
VAM	Punto	Double		10	2	SI
COD_VAM	Punto	Texto	25			SI
VPM_R1	Punto	Double		10	2	SI
VPM_R2	Punto	Double		10	2	SI
COD_VPM	Punto	Texto	25			SI

Tabla 33. Tabla de atributos de las entidades: VDM.

TOXINAS VDM						
CAMPOS	TIPO DE DATO	FORMATO	LONGITUD	PRECISIÓN	ESCALA	VALORES NULOS
REGION	Punto	Texto	10			SI
CODIGO_EST	Punto	Texto	10			SI
NOMBRE	Punto	Texto	100			SI
FCH_CRUC	Punto	Fecha				SI
MES	Punto	Texto	15			SI
VDM	Punto	Texto	10			SI
COD	Punto	Texto	20			SI

Tabla 34. Tabla de atributos de las entidades: viento

VIENTO						
CAMPOS	TIPO DE DATO	FORMATO	LONGITUD	PRECISIÓN	ESCALA	VALORES NULOS
REGION	Punto	Texto	10			SI
CODIGO_EST	Punto	Texto	10			SI
NOMBRE	Punto	Texto	100			SI
FCH_CRUC	Punto	Fecha				SI
MES	Punto	Texto	15			SI
DIRECCION	Punto	Texto	6			SI
V_MS	Punto	Double		5	2	SI

Tabla 35. Tabla de atributos de las entidades: oxígeno disuelto.

OXIGENO DISUELTO						
CAMPOS	TIPO DE DATO	FORMATO	LONGITUD	PRECISIÓN	ESCALA	VALORES NULOS
REGION	Punto	Texto	10			SI
CODIGO_EST	Punto	Texto	10			SI
NOMBRE	Punto	Texto	100			SI
FCH_CRUC	Punto	Fecha				SI
MES	Punto	Texto	15			SI
OX_0*	Punto	Double		8	4	SI

Tabla 36. Tabla de atributos de las entidades: concentración de clorofila.

CONCENTRACIÓN DE CLOROFILA						
CAMPOS	TIPO DE DATO	FORMATO	LONGITUD	PRECISIÓN	ESCALA	VALORES NULOS
REGION	Punto	Texto	10			SI
CODIGO_EST	Punto	Texto	10			SI
NOMBRE	Punto	Texto	100			SI
FCH_CRUC	Punto	Fecha				SI
MES	Punto	Texto	15			SI
CL_0-10	Punto	Double		8	4	SI
LOG10CL_0-10	Punto	Double		8	4	SI
CL_10-20	Punto	Double		8	4	SI
LOG10CL_10-20	Punto	Double		8	4	SI
CL_0*	Punto	Double		8	4	SI
LOG10CL_0*	Punto	Double		8	4	SI

Para que la información de las plantillas quede correctamente dispuesta y además sea un proceso automatizado se desarrolló un modelo de conversión e importación a GDB que es operativo tanto para GDB personales, de archivo o corporativas (Figura 49).

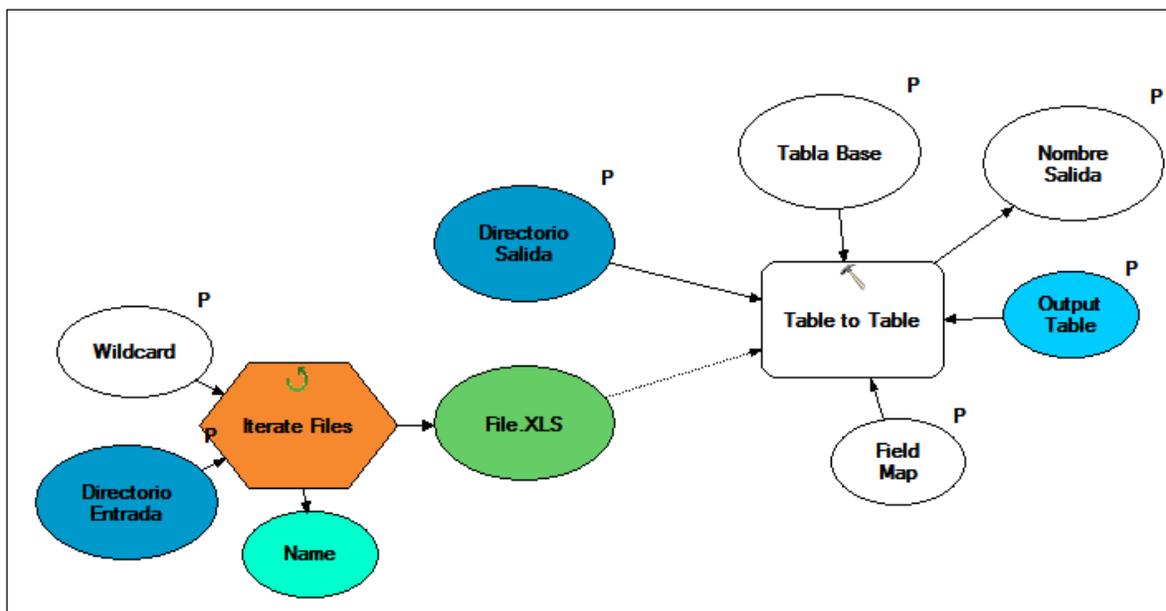


Figura 49. Modelo de conversión y migración de bases de información *.xls.

El modelo contempla la selección del directorio donde estén albergadas las planillas en formato *.xls compatibles con la versión de ArcGis de la institución; y la dirección o selección de nombres de salida. En este caso se mantiene establecida la nomenclatura %Name%, de forma tal que los archivos salgan con su nombre original y sean importados al GDB de esta manera. Además solicita anexar una tabla modelo que es de donde se sacarán los campos originales de los archivos en el directorio para el traspaso al GDB; estas tablas serán confeccionadas de acuerdo a los modelos expuestos anteriormente y los profesionales de SUBPESCA solicitarán a IFOP el llenado de estas utilizando la codificación y estructura solicitada²¹. Igualmente si se especifican nuevos campos estos pueden ser modificados por los profesionales utilizando la sección Field Map y ajustando las salidas.

²¹ Se reitera que otra forma de llenado queda descartada por los profesionales de Subpesca y que forma materia de otros procesos conjuntos futuros con IFOP

Finalmente el modelo realizará el proceso para todos los archivos que encuentre en el directorio, no obstante se puede especificar que se dejen ciertos archivos fuera utilizando la sección Wildcard, utilizando los prefijos definidos para cada una de las variables por ejemplo “AR_”, “CL_”, etc. El resultado debe ser la importación exitosa de las bases al geodatabase deseado (Figura 50).

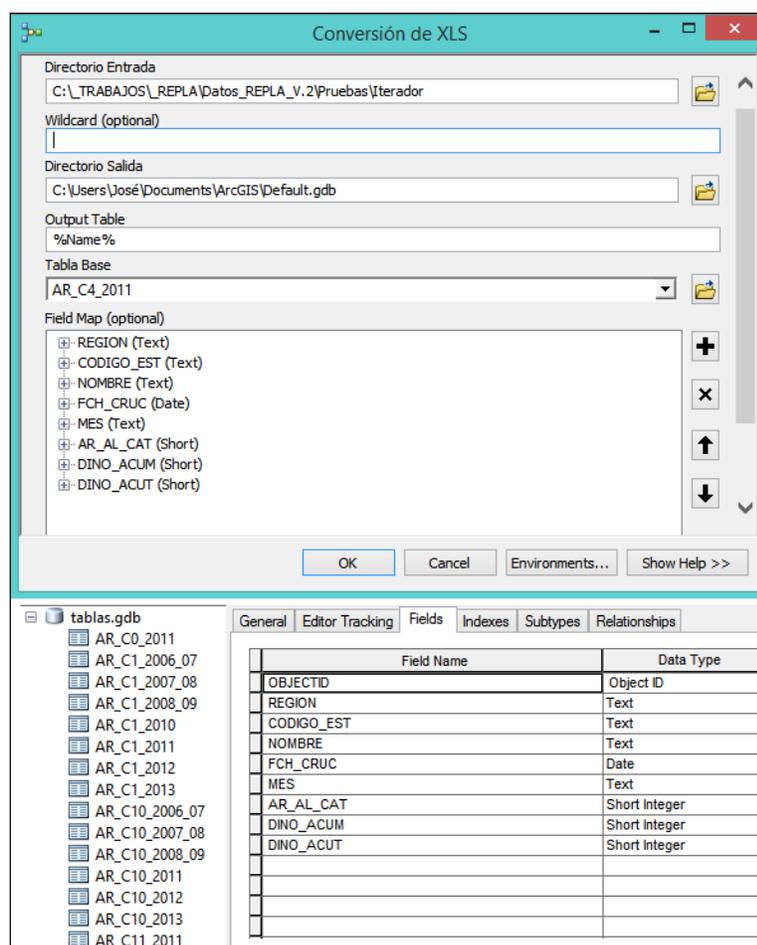


Figura 50. Herramienta de importación automática a GDB.

A pesar del desarrollo del modelo automatizado, se hizo una revisión aleatoria de las salidas del modelo y se encontró ciertas inconsistencias en un número de las tablas de salida, como la repetición de valores de la tabla usada de base, adhesión de filas inexistentes en la plantilla original y corte de valores dejando ciertas estaciones. Se revisaron las posibilidades de error y se encontró un error en el código de base del script

de ArcGis. Por esta razón se considera que no se puede automatizar este proceso en la plataforma y la migración debe hacerse con las herramientas existentes para el trabajo con GDB de ArcGis. De todas formas se contempla la entrega de estas GDB por parte del equipo de trabajo pero realizando el proceso de forma manual

Por otra parte la conexión al WMS, como se estipuló anteriormente, se realiza de acuerdo a un protocolo interno que conlleva el traspaso de un proyecto *.mxd al administrador del servidor; el proyecto debe contener las capas espaciales de interés que deben ser de carácter vectorial ya que no se cuenta con licencias necesarias para la subida de archivos raster. En el caso de la información de interés que será almacenada en el servidor se contemplan los feature class de Abundancias, Toxinas y las 88 estaciones del proyecto, para su alojamiento se contempla que se construya un Feature dataset en el servidor institucional donde esta información será alojada; estos features ya han sido generados y se han realizado pruebas para en el servidor para revisar los resultados del WMS (ANEXO 6). La conexión de estos dataset y las bases de datos almacenadas en los GDB de archivos se realizarán a partir de los modelos que pueden ser conectados en sus salidas a estos feature dataset.

De igual forma Camila Lagunas y Daniela Guajardo, establecieron que se trabajará sobre la información en el GDB de archivos y las salidas y capas que se generen se trabajarán fuera del servidor, importando solamente la información ya mencionada y con una periodicidad mensual aproximadamente.

4.1.11.2. Geodatabase con información exploratoria

La Geodatabase con información exploratoria provista desde imágenes satelitales, con la información obtenida de los modelos geoespaciales (generalizados GAM/GLM). Se desarrollará de acuerdo a la información generada y se evaluará la posibilidad de generar dominios (lo que dependerá del tipo de información). Esta GDB contempla principalmente la información exploratoria dado que se pretende que los modelos multivariados puedan automatizarse y generar un toolbox similar a los expuestos para el modelo REPLA.

4.2. Objetivo específico 2. Diseñar e implementar un modelo metodológico de análisis geoespacial que relacione las variables biológicas, oceanográficas y meteorológicas recogidas por el Programa de Marea Roja que permita prospectar la ocurrencia de FAN y estimar el área de influencia de estos.

Los modelos de pronóstico de ocurrencia desarrollados para el proyecto son basados en modelos que relacionan la abundancia de especies de algas nocivas tóxicas y concentración de toxinas con variables ambientales predictoras como temperatura, salinidad, concentración de clorofila, oxígeno disuelto del agua y velocidad del viento. Basado en estudios anteriores de efectos de variables ambientales sobre la abundancia de algas nocivas como *Alexandrium catenella* (especie objetivo de este proyecto) en el sur de Chile (Aguilera-Belmonte et al., 2013; Diaz et al., 2014), se elabora un diagrama conceptual que detalla los mayores factores que determinan la ocurrencia de Floraciones de Algas Nocivas (FAN) y características de las zonas marinas (estuarios, fiordos, canales, islas) de la X-XI Regiones (Figura 51).

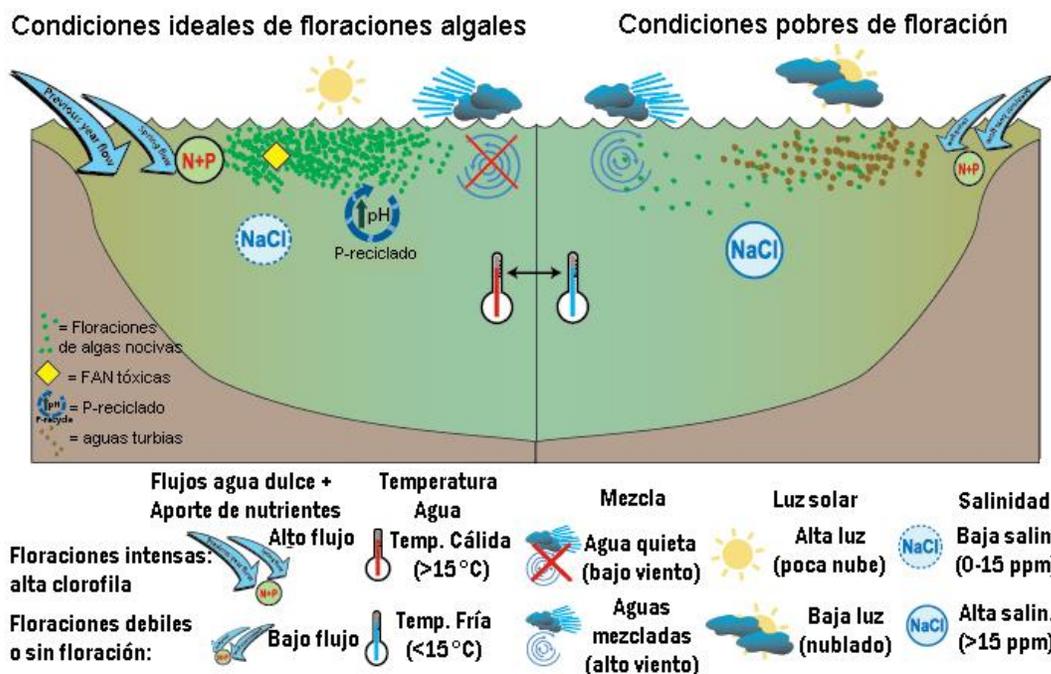


Figura 51. Diagrama conceptual detallando los mayores factores que determinan la ocurrencia de Floraciones de Algas Nocivas (FAN) y características de las zonas marinas (estuarios, fiordos, canales, islas) de la X-XI Regiones.

Las variables ambientales que determinan la ocurrencia de floraciones algales son el flujo y aporte de nutrientes (N y P) y agua dulce, la temperatura del agua, el viento y mezcla del agua, la cantidad de luz solar, la salinidad y el oxígeno.

Basado en el modelo conceptual se desarrolla un modelo de análisis geoespacial que relaciona las variables biológicas (abundancias), ambientales (oceanográficas y meteorológicas) y geográficas (latitud y longitud) recogidas por el Programa de Marea Roja. Este modelo geoespacial consta de varias etapas las cuales se esquematizan en el diagrama de flujo de la Figura 52.

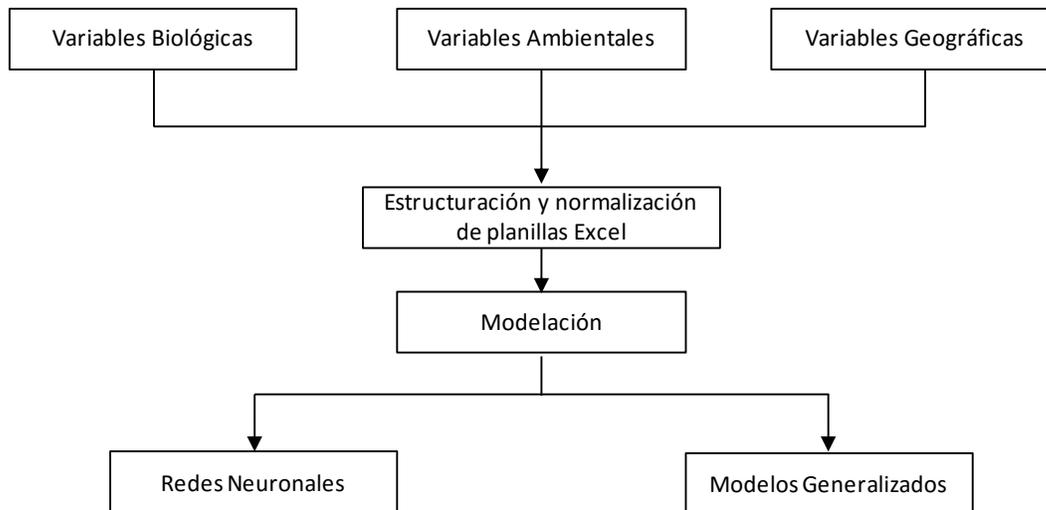


Figura 52. Diagrama de flujo proceso de modelación.

Se utilizan las planillas Excel normalizadas de datos que componen la información del Programa de Monitoreo de Marea Roja (diciembre 2008- febrero 2014), ver capítulo 4.1.1. y 4.1.2 para más detalle sobre la organización, estructuración y normalización de los datos. Las planillas Excel normalizadas son integradas mediante procesos de concatenación, búsqueda y depuración, los cuales son automatizados con la elaboración y aplicación de Macros programadas en lenguaje Visual Basic. A continuación se detallan las etapas de integración de las tablas de datos, la modelación, los métodos y modelos matemáticos utilizados y desarrollados.

Cabe señalar, que con el propósito de definir y reducir indicadores que den cuenta de la distribución de las especies de algas nocivas (*Alexandrium catenella*, *Dinophysis acuminata* y *Dinophysis acuta*) y que sean útiles para la modelación, se procedió a promediarlas por estrato de profundidad: 0-10 m, 10-20 m las variables biológicas y ambientales (Tabla 11) que vienen por profundidad (0, 5, 10, 20, 30, 40 y 50 m).

4.2.1. Concatenación

Para integrar las distintas variables en una sola planilla Excel Normalizada se deben concatenar. Esta función de Excel concatena dos o más cadenas de valor en una cadena de texto.

Sintaxis CONCATENAR (texto1; texto2;...)

Texto1, texto2... son de 2 a 255 elementos de texto que se unirán en un elemento de texto único. Los elementos de texto pueden ser cadenas de texto, números o referencias a celdas únicas.

Primero se debe generar el código de cruce o unión entre las tablas. En primer lugar se genera una nueva columna **Id** donde vamos a generar el identificador **Id** o código con la concatenación (Figura 53).

A	B	C
Id	FCH_CRUC	YEAR
	29-04-09	2009
	29-04-09	2009
	30-04-09	2009

Figura 53. Id de concatenación.

Luego se escribe en la celda la función de concatenación A2 =CONCATENAR(como se muestra en la Figura 54.

A	B	C
Id	FCH_CRUC	YEAR
+CONCATENAR(2009	A
CONCATENAR(texto1,[texto2],...)		
	30-04-09	2009

Figura 54. Función Concatenar.

Luego se selecciona el botón insertar función para que emerja la Ventana de Diálogo de la función CONCATENAR (Figura 55).

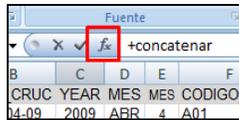


Figura 55. Función concatenar.

En la ventana de Argumentos de Función, se selecciona el primer registro de fecha de crucero (FCH_CRUC) para Texto1 y código de estación (CODIGO_EST) para Texto2, luego seleccione Aceptar (Figura 56).

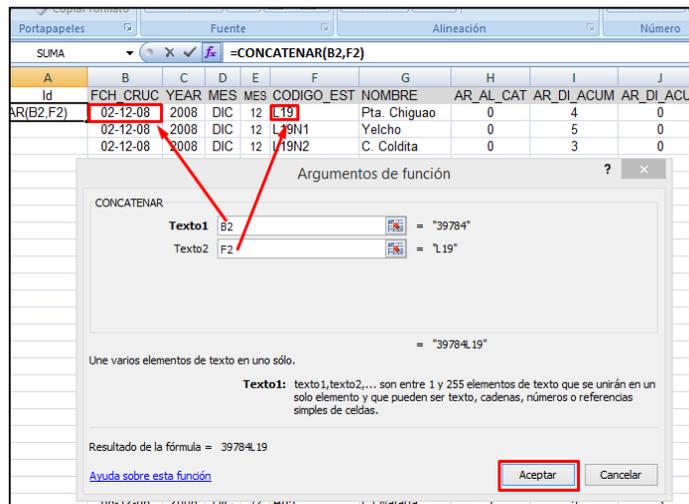


Figura 56. Generación de código para concatenado.

Aparecerá un identificador o código FECHA CRUCERO-CODIGO ESTACION, ejemplo 39784L19 (CODIGO DE FECHA 39784-ESTACION L19) como se muestra en la Figura 57.

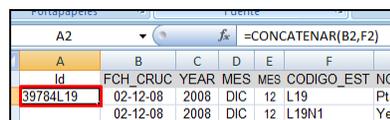


Figura 57. Código de concatenación.

Luego se copia la función de la celda A2 y se pega entre las celdas A3 y hasta el final de los registros; por ejemplo 3708 registros para la tabla de Abundancia Relativa (Figura 58).

A2 fx =CONCATENAR(B2,F2)									
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Id	FCH_CRUC	YEAR	MES	MES	CODIGO_EST	NOMBRE	AR_AL_CAT	AR_DI_ACUM	AR_DI_ACUT
39784L19	02-12-08	2008	DIC	12	L19	Pta. Chiguao	0	4	0
39784L19N1	02-12-08	2008	DIC	12	L19N1	Yelcho	0	5	0
39784L19N2	02-12-08	2008	DIC	12	L19N2	C. Coldita	0	3	0
39784L20	02-12-08	2008	DIC	12	L20	I. Laitec	0	5	0
39784L20N1	02-12-08	2008	DIC	12	L20N1	Bco. Velahue	0	5	1
39784L23	02-12-08	2008	DIC	12	L23	I. Sn. Pedro	0	5	0
39785L17	03-12-08	2008	DIC	12	L17	Auchemó	0	4	0
39785L17N1	03-12-08	2008	DIC	12	L17N1	E. Palvidad	0	3	0
39785L25	03-12-08	2008	DIC	12	L25	B. Tic Toc	0	5	0
39786L16	04-12-08	2008	DIC	12	L16	I. Acui	0	3	0
39786L16N1	04-12-08	2008	DIC	12	L16N1	I. Chaullín	0	4	0
39787L22	05-12-08	2008	DIC	12	L22	B. Asasao	0	5	0
39787L22N1	05-12-08	2008	DIC	12	L22N1	Ens. Quilanlar	0	6	1
39787L22N2	05-12-08	2008	DIC	12	L22N2	Inio	0	4	1
39787L23N1	05-12-08	2008	DIC	12	L23N1	C. Guamblad	0	0	0
39787L23N2	05-12-08	2008	DIC	12	L23N2	I. Sn. Pedro 2	0	4	0
39787L24	05-12-08	2008	DIC	12	L24	I. Guapiguilán	0	4	0

Figura 58. Tabla con celda Id concatenada entre FECHA CRUCERO y CODIGO ESTACION.

Se debe generar el código Id de concatenación para todas las tablas de las planillas Excel, de este modo se tiene un código de unión común para poder integrar en una sola tabla todas la variables.

4.2.1.1. Automatización de la concatenación

Las macros de Excel son una acción o conjunto de acciones utilizados para automatizar tareas. Las macros se graban en el lenguaje de programación de Visual Basic (VB) para Aplicaciones. Para la automatización del proceso de concatenación de celdas en las diversas Tablas de la planilla Excel normalizada (**Base-normalizada-marearaja-2008-2014.xlsx**) se elabora la macro **concatenarfechayestacion** (incluida en la planilla normalizada).

A continuación se presenta la MACRO de concatenación **concatenarfechayestacion** en lenguaje de programación Visual Basic:

```
Sub concatenarfechayestacion()
'
' concatenarfechayestacion Macro
'
' Sheets("abund relat").Select
' Application.CutCopyMode = False
' ActiveCell.FormulaR1C1 = "="+CONCATENATE(RC[1],RC[4])"
' Selection.Copy
' Range("A2:A65536").Select
' Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select
```

```

Range("A2:A65536").Select
ActiveSheet.Paste
Sheets("abund absol").Select
Application.CutCopyMode = False
ActiveCell.FormulaR1C1 = "="+CONCATENATE(RC[1],RC[4])"
Selection.Copy
Range("A2:A65536").Select
Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select
Range("A2:A65536").Select
ActiveSheet.Paste
Sheets("clorofila").Select
Application.CutCopyMode = False
ActiveCell.FormulaR1C1 = "="+CONCATENATE(RC[1],RC[4])"
Selection.Copy
Range("A2:A65536").Select
Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select
Range("A2:A65536").Select
ActiveSheet.Paste
Sheets("oxígeno").Select
Application.CutCopyMode = False
ActiveCell.FormulaR1C1 = "="+CONCATENATE(RC[1],RC[4])"
Selection.Copy
Range("A2:A65536").Select
Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select
Range("A2:A65536").Select
ActiveSheet.Paste
Sheets("temperatura").Select
Application.CutCopyMode = False
ActiveCell.FormulaR1C1 = "="+CONCATENATE(RC[1],RC[4])"
Selection.Copy
Range("A2:A65536").Select
Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select
Range("A2:A65536").Select
ActiveSheet.Paste
Sheets("salinidad").Select
Application.CutCopyMode = False
ActiveCell.FormulaR1C1 = "="+CONCATENATE(RC[1],RC[4])"
Selection.Copy
Range("A2:A65536").Select
Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select
Range("A2:A65536").Select
ActiveSheet.Paste
Sheets("vientos").Select
Application.CutCopyMode = False
ActiveCell.FormulaR1C1 = "="+CONCATENATE(RC[1],RC[4])"
Selection.Copy
Range("A2:A65536").Select
Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select
Range("A2:A65536").Select
ActiveSheet.Paste
Sheets("integrada").Select

```

```

Application.CutCopyMode = False
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=+CONCATENATE(RC[1],RC[4])"
Selection.Copy
Range("A2:A65536").Select
Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select
Range("A2:A65536").Select
ActiveSheet.Paste
End Sub

```

Como resultado, la macro genera un código (identificador) único entre la fecha de cruceo (en formato de número secuencial de Excel²²) y el código de estación de muestreo. Para ejecutar la macro, primero se debe posicionar en la Tabla Abundancia Relativa (Abund relat) y en la celda "A2" o primera fila de la columna Id (identificador), luego seleccione el icono Macros  de 1*--a pestaña Programador, seleccione **concatenarfechayestacion** como nombre de la macro a ejecutar y finalmente elija Ejecutar (Figura 59).

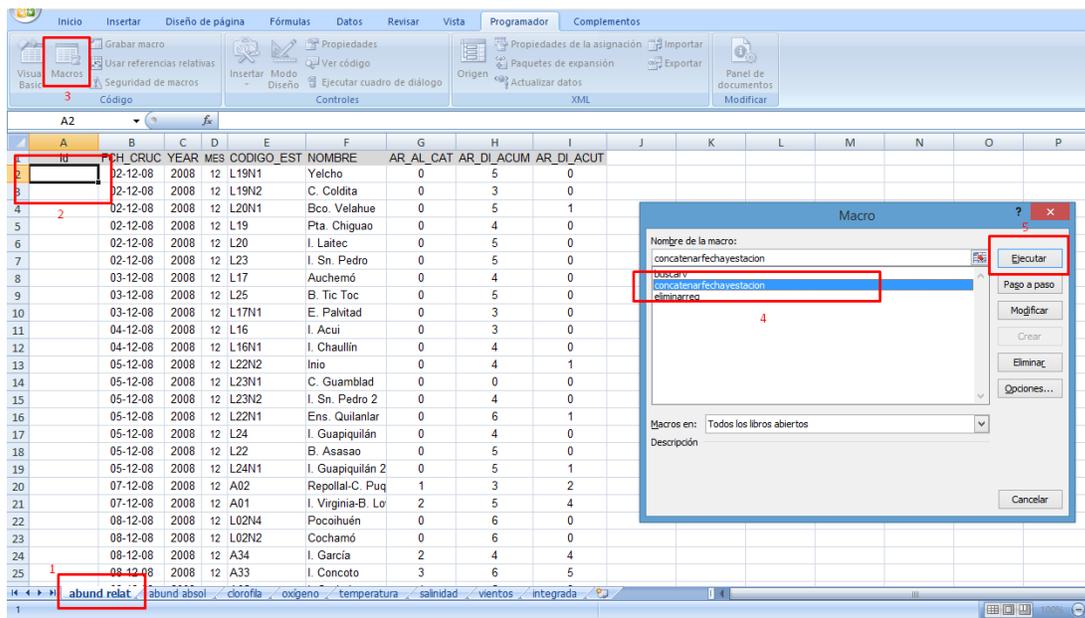


Figura 59. Secuencia de trabajo para la ejecución de la macro concatenarfechayestacion de la planilla normalizada Base-normalizada-marearaja-2008-2014.xlsx, donde 1: seleccionar la Tabla de abundancias relativas (Abund relat), 2: posicionar en la celda A2 (primer registro de la columna Id), 3: en la pestaña Programador seleccione el ícono Macros, 4: seleccionar la macro concatenarfechayestacion en la ventana de macros y 5: finalmente seleccionar Ejecutar.

²² Microsoft Office Excel almacena las fechas como números secuenciales denominados valores de serie. Por ejemplo, en Microsoft Office Excel para Windows, la fecha 1 de enero de 1900 es el número de serie 1.

Una vez ejecutada la macro **concatenarfechayestacion** se llena de forma automática los registros de la columna Id (identificador) de todas las tablas, con un código único entre la fecha de crucero y el código de estación de muestreo (Figura 60).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	id	FCH_CRUC	YEAR	MES	CODIGO_EST	NOMBRE	AR_AL_CAT	AR_DI_ACUM	AR_DI_ACUT	abund_Absol	clorofila	oxigeno	temperatura
2	39784L19N1	02-12-08	2008	12	L19N1	Yelcho	0	5	0				
3	39784L19N2	02-12-08	2008	12	L19N2	C. Coldita	0	3	0				
4	39784L20N1	02-12-08	2008	12	L20N1	Bco. Velahue	0	5	1				
5	39784L19	02-12-08	2008	12	L19	Pta. Chiguao	0	4	0				
6	39784L20	02-12-08	2008	12	L20	I. Laitec	0	5	0				
7	39784L23	02-12-08	2008	12	L23	I. Sn. Pedro	0	5	0				
8	39785L17	03-12-08	2008	12	L17	Auchemó	0	4	0				
9	39785L25	03-12-08	2008	12	L25	B. Tic Toc	0	5	0				
10	39785L17N1	03-12-08	2008	12	L17N1	E. Palvitad	0	3	0				
11	39786L16	04-12-08	2008	12	L16	I. Acui	0	3	0				
12	39786L16N1	04-12-08	2008	12	L16N1	I. Chaullín	0	4	0				
13	39787L22N2	05-12-08	2008	12	L22N2	Inio	0	4	1				
14	39787L23N1	05-12-08	2008	12	L23N1	C. Guamblad	0	0	0				
15	39787L23N2	05-12-08	2008	12	L23N2	I. Sn. Pedro 2	0	4	0				
16	39787L22N1	05-12-08	2008	12	L22N1	Ens. Quilanlar	0	6	1				
17	39787L24	05-12-08	2008	12	L24	I. Guapiquilán	0	4	0				
18	39787L22	05-12-08	2008	12	L22	B. Asasao	0	5	0				
19	39787L24N1	05-12-08	2008	12	L24N1	I. Guapiquilán 2	0	5	1				
20	39789A02	07-12-08	2008	12	A02	Repollal-C. Puq	1	3	2				
21	39789A01	07-12-08	2008	12	A01	I. Virginia-B. Lor	2	5	4				
22	39790L02N4	08-12-08	2008	12	L02N4	Pocoihuén	0	6	0				
23	39790L02N2	08-12-08	2008	12	L02N2	Cochamó	0	6	0				
24	39790A34	08-12-08	2008	12	A34	I. García	2	4	4				
25	39790A33	08-12-08	2008	12	A33	I. Concoto	3	6	5				

Figura 60. Resultado de la ejecución de la macro **concatenarfechayestacion** donde se han llenado con un código único las columnas Id (identificador) de la Tablas de la planilla normalizada Base-normalizada-marearoja-2008-2014.xlsx.

4.2.1.2. Integración de tablas

Se utiliza la función de búsqueda **BUSCARV** para unir 2 tablas por medio de un código de unión que es común para ambas, en este caso la Fecha de Crucero-Código Estación.

BUSCARV: Busca un valor específico en la primer columna de una matriz de tabla y devuelve, en la misma fila, un valor de otra columna de dicha matriz de tabla.

La **V** de **BUSCARV** significa vertical. Se utiliza **BUSCARV** en lugar de **BUSCARH** si los valores de comparación se encuentran en una columna situada a la izquierda de los datos que se desea buscar.

Primero se escribe el nombre del campo o variable que vamos a integrar a la Tabla; por ejemplo en la tabla de abundancia relativa incluimos la variable clorofila **Cloro P_0-10** como se muestra en la Figura 61.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Id	FCH_CRUC	YEAR	MES	MES	CODIGO_EST	NOMBRE	AR_AL_CAT	AR_DI_ACUM	AR_DI_ACUT	cloro P_0-10
39784L19	02-12-08	2008	DIC	12	L19	Pta. Chiguao	0	4	0	
39784L19N1	02-12-08	2008	DIC	12	L19N1	Yelcho	0	5	0	
39784L19N2	02-12-08	2008	DIC	12	L19N2	C. Coldita	0	3	0	

Figura 61. Unión de tabla clorofila.

El **Valor_buscado** es el valor que se va a buscar en la primera columna de la matriz o rango de celdas objetivo. Cabe señalar, que una matriz es utilizada para crear fórmulas sencillas que producen varios resultados o que funcionan en un grupo de argumentos que se organizan en filas y columnas. Un rango de matriz comparte una fórmula común; una constante de matriz es un grupo de constantes utilizadas como un argumento.

El Valor_buscado puede ser un valor o una referencia. Si el valor buscado es inferior al menor de los valores de la primera columna de matriz_buscar_en, BUSCARV devuelve al valor de error #N/A.

El Valor_buscado para este caso es el Id (Fecha de Crucero-Código Estación) de la Tabla donde van a traer los datos; por ejemplo el Id de la tabla de abundancia relativa (Figura 62).

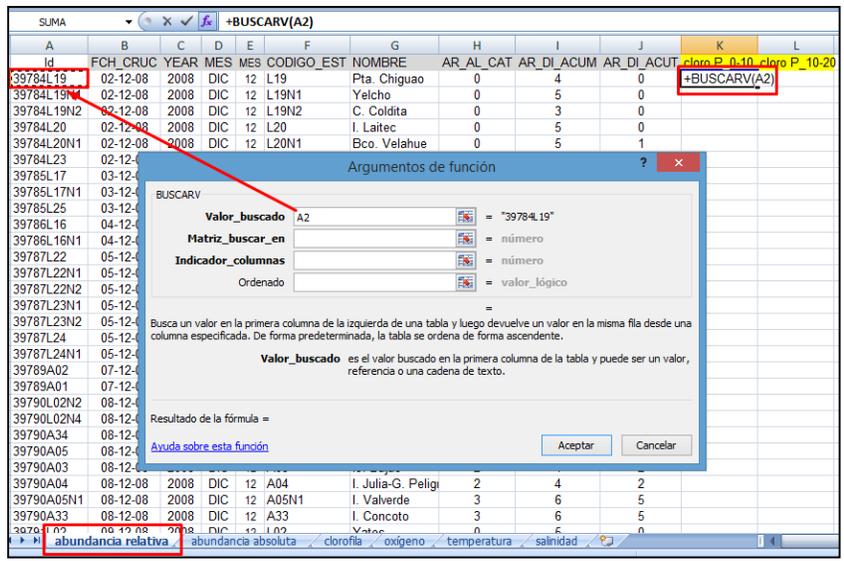


Figura 62. Función BUSCARV, unión de tabla clorofila.

Luego se debe ingresar la **Matriz_buscar_en** compuesta de dos o más columnas de datos y se obtiene de la matriz donde vamos a extraer los datos. Se debe usar una referencia a un rango o un nombre de rango. Los valores de la primera columna de Matriz_buscar_en son los valores que busca el Valor_buscado. Estos valores pueden ser texto, números o valores lógicos. Las mayúsculas y minúsculas del texto son equivalentes. Para el caso de la unión de tablas de abundancia-ambiente, la Matriz_buscar_en corresponde por ejemplo a la Tabla de clorofila se debe seleccionar toda la matriz (clorofila!A1:H5127, Figura 63).

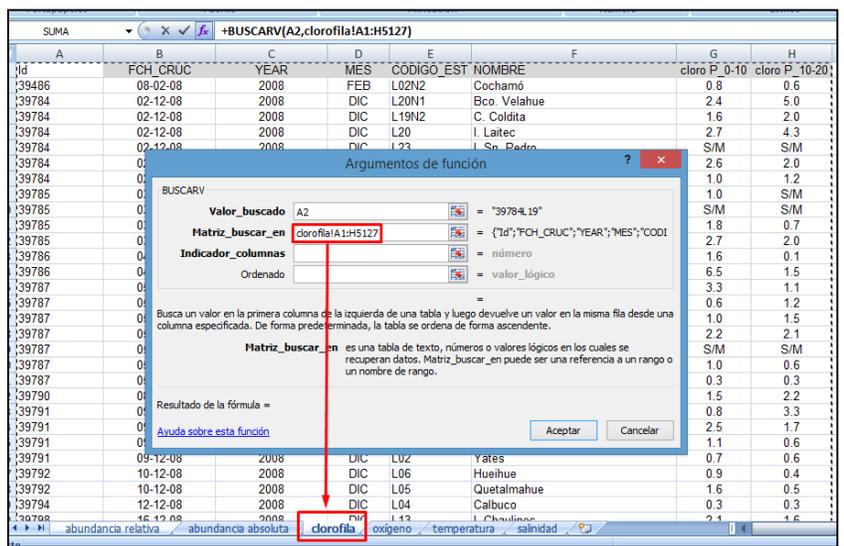


Figura 63. Función BUSCARV, unión de tabla clorofila, selección de rango de matriz de datos.

Posteriormente, se ingresa el argumento **Indicador_columnas** que corresponde al Número de columna de **Matriz_buscar_en** desde la cual debe devolverse o extraer el valor coincidente. Si el argumento **Indicador_columnas** es igual a 1, la función devuelve el valor de la primera columna del argumento **Matriz_buscar_en**; si el argumento **Indicador_columnas** es igual a 2, devuelve el valor de la segunda columna de **Matriz_buscar_en** y así sucesivamente. Si el **Indicador_columnas** es:

Inferior a 1, **BUSCARV** devuelve al valor de error **#VALUE!**

Superior al número de columnas de **Matriz_buscar_en**, **BUSCARV** devuelve el valor de error **#REF!**

Para el caso de la unión de tablas del ejemplo, el **Indicador_columnas** igual a 7 (Figura 60), corresponde al número de la columna en la **Matriz_buscar_en** que representa los datos que queremos unir a la tabla base, en este caso la columna 7 de la tabla de clorofila corresponde a la variable **Cloro P_0-10** (Figura 64).

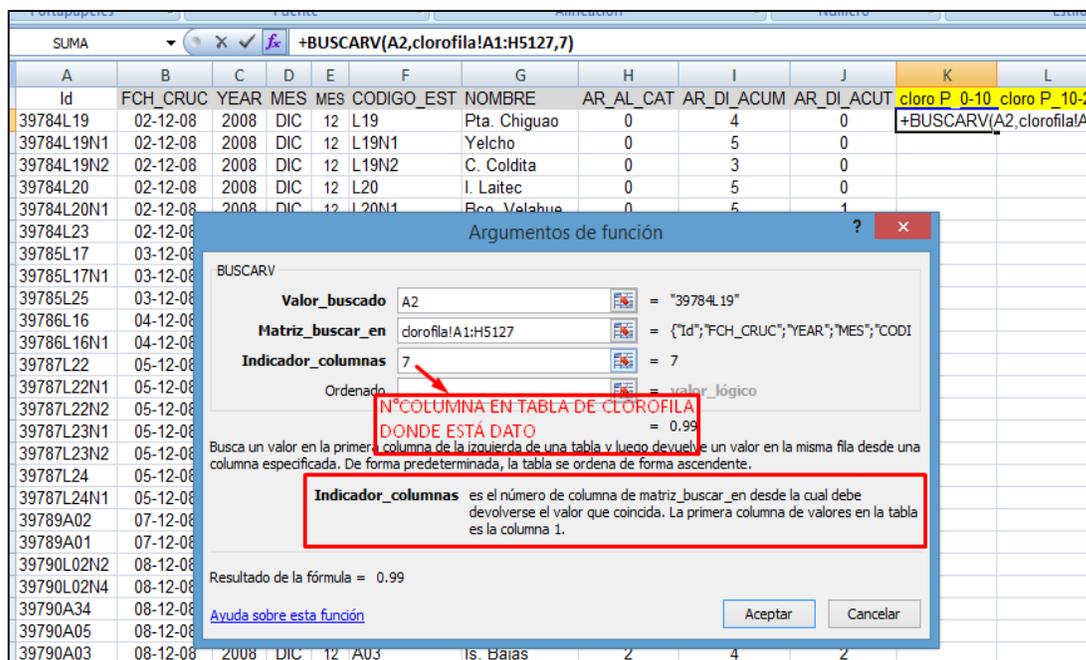


Figura 64. Función **BUSCARV**, indicador de columnas.

Luego se debe ingresar el argumento **Ordenado** que corresponde al valor lógico que especifica si BUSCARV va a buscar una coincidencia exacta o aproximada:

Si se omite o es VERDADERO, se devolverá una coincidencia exacta o aproximada. Si no localiza ninguna coincidencia exacta, devolverá el siguiente valor más alto inferior a valor_buscado. Los valores de la primera columna de Matriz_buscar_en deben estar clasificados según un criterio de ordenación ascendente; en caso contrario, es posible que BUSCARV no devuelva el valor correcto.

Si es FALSO, BUSCARV sólo buscará una coincidencia exacta. En este caso, no es necesario ordenar los valores de la primera columna de Matriz_buscar_en. Si hay dos o más valores en la primera columna de Matriz_buscar_en, se utilizará el primer valor encontrado. Si no se encuentra una coincidencia exacta se devolverá el valor de error #N/A; en este caso se utiliza el valor FALSO (Figura 65).

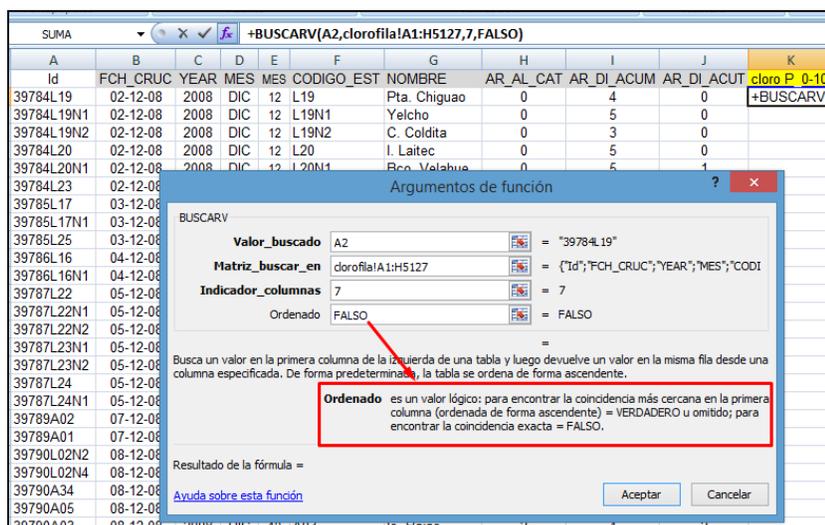


Figura 65. Función BUSCARV, Ordenado: Falso.

Un aspecto importante antes de seguir, es **Fijar las celdas** de la **Matriz_buscar_en** ya que al copiar y pegar la fórmula para todos los registros el rango de la matriz va a variar entregando resultados erróneos. Se debe Fijar las celdas de la matriz posicionándose en

la opción de Matriz_buscar_en y seleccionando la tecla F4 hasta que queden los signos \$ tal como se muestra en la Figura 66 para el caso de estudio o ejemplo.

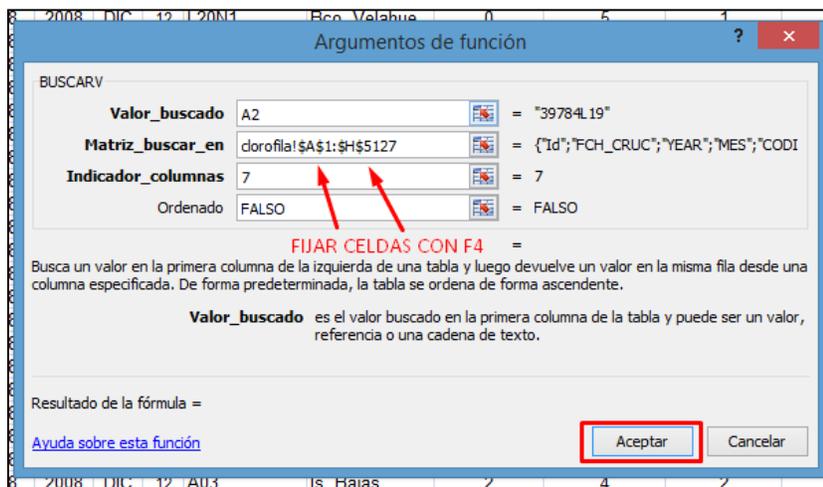


Figura 66. Función BUSCARV, fijar celdas.

Como resultado para el ejemplo de planilla Excel normalizada de abundancias relativas y ambiente, aparece el valor de clorofila (promedio 0 a 10 m) correspondiente al primer valor con esa fecha-código estación (Figura 67). Luego se debe copiar y pegar la fórmula hasta el último registro de la Tabla.

K2										
=+BUSCARV(A2,clorofila!\$A\$1:\$H\$5127,7,FALSO)										
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Id	FCH_CRUC	YEAR	MES	MES	CODIGO_EST	NOMBRE	AR_AL_CAT	AR_DI_ACUM	AR_DI_ACUT	cloro P 0-10
39784L19	02-12-08	2008	DIC	12	L19	Pta. Chiguao	0	4	0	2.57
39784L19N1	02-12-08	2008	DIC	12	L19N1	Yelcho	0	5	0	
39784L19N2	02-12-08	2008	DIC	12	L19N2	C. Coldita	0	3	0	
39784L20	02-12-08	2008	DIC	12	L20	I. Laitec	0	5	0	
39784L20N1	02-12-08	2008	DIC	12	L20N1	Bco. Velahue	0	5	1	
39784L23	02-12-08	2008	DIC	12	L23	I. Sn. Pedro	0	5	0	

Figura 67. Fórmula de unión de tablas BUSCARV para la extracción de valores de clorofila.

Se debe repetir el procedimiento para incluir en la Tabla de abundancia relativa los siguientes campos de Tablas:

- Campo Ox0-10, Hoja: oxígeno.
- Campo T0-10, Hoja: temperatura.

- Campo S0-10, Hoja: salinidad.
- Campo Viento, Hoja: viento

4.2.1.3. Automatización de la integración de tablas

Para la automatización del proceso de integración de las diversas Tablas de la planilla Excel normalizada (**Base-normalizada-marearaja-2008-2014.xlsx**) se elabora la macro **integrartablas** (incluida en la planilla normalizada).

A continuación se presenta la MACRO de integración de tablas **integrartablas** en lenguaje de programación Visual Basic:

```
Sub integrartablas()
'
' integrartablas Macro
'
ActiveCell.FormulaR1C1 = "="+VLOOKUP(RC[-6],'abund relat'!C1:C9,7,FALSE)"
Selection.Copy
Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select
ActiveSheet.Paste
Range("H2").Select
Application.CutCopyMode = False
ActiveCell.FormulaR1C1 = "="+VLOOKUP(RC[-7],'abund relat'!C1:C9,8,FALSE)"
Selection.Copy
Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select
ActiveSheet.Paste
Application.CutCopyMode = False
Range("I2").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "="+VLOOKUP(RC[-8],'abund relat'!C1:C9,9,FALSE)"
Selection.Copy
Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select
ActiveSheet.Paste
Application.CutCopyMode = False
Range("J2").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "="+VLOOKUP(RC[-9],'abund absol'!C1:C8,7,FALSE)"
Selection.Copy
Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select
ActiveSheet.Paste
Application.CutCopyMode = False
Range("K2").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "="+VLOOKUP(RC[-10],clorofila!C1:C8,7,FALSE)"
Selection.Copy
Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select
ActiveSheet.Paste
Application.CutCopyMode = False
```

```

Selection.End(xlUp).Select
Range("L2").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "="+VLOOKUP(RC[-11],oxígeno!C1:C16,7,FALSE)"
Selection.Copy
Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select
ActiveSheet.Paste
Application.CutCopyMode = False
Range("M2").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "="+VLOOKUP(RC[-12],temperatura!C1:C16,7,FALSE)"
Selection.Copy
Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select
ActiveSheet.Paste
Application.CutCopyMode = False
Range("N2").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "="+VLOOKUP(integrada!RC[-13],salinidad!C1:C16,7,FALSE)"
Selection.Copy
Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select
ActiveSheet.Paste
Application.CutCopyMode = False
Range("O2").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "="+VLOOKUP(RC[-14],vientos!C1:C8,8,FALSE)"
Range("O2").Select
Selection.Copy
Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select
ActiveSheet.Paste
Application.CutCopyMode = False
Range("H7").Select
Cells.Select
Range("C1").Activate
Selection.Copy
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
End Sub

```

Como resultado, la macro permite desde la Tabla Integrada buscar y traer desde columnas de otras Tablas (abundancias relativas, abundancia absoluta, clorofila, oxígeno, temperatura, salinidad y vientos) los valores coincidentes con un criterio, que en este caso es el código único (Id) de fecha y estación de muestreo (creado con macro de concatenación). En la Figura 68 se muestran los pasos a seguir para ejecutar la macro, primero se debe posicionar en la Tabla de integración (integrada) y en la celda "G2" o primera celda de la columna AR_AL_CAT (abundancia relativa de *Alexandrium catenella*), luego seleccione el icono Macros  de la pestaña Programador, seleccione **integrartablas** como nombre de la macro a ejecutar y finalmente elija Ejecutar.

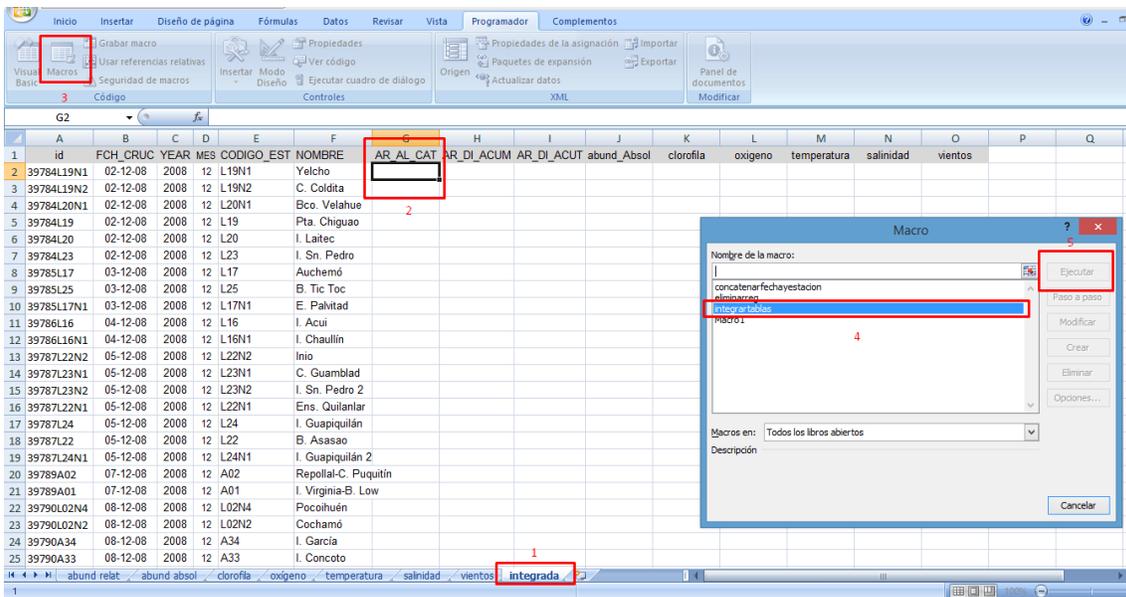


Figura 68. Secuencia de trabajo para la ejecución de la macro integrartablas de la planilla normalizada Base-normalizada-marearoja-2008-2014.xlsx, donde 1: seleccionar la Tabla donde se realiza la integración (integrada), 2: posicionar en la celda G2 (primer registro de la columna de abundancia relativa de *A. catenella* [AR_AL_CAT]), 3: en la pestaña Programador seleccione el ícono Macros, 4: seleccionar la macro integrartablas en la ventana de macros y 5: finalmente seleccionar Ejecutar.

Una vez ejecutada la macro **integrartablas** se llena de forma automática los registros de las columnas AR_AL_CAT, AR_DI_ACUM, AR_DI_ACUT, abund absol, clorofila, oxígeno, temperatura, salinidad y vientos de las tablas, considerando como código de unión al Id de la fecha de cruceo y estación de muestreo (Figura 69).

id	FCH_CRUC	YEAR	MES	CODIGO	EST	NOMBRE	AR_AL_CAT	AR_DI_ACUM	AR_DI_ACUT	abund_Absol	clorofila	oxigeno	temperatura	salinidad	vientos
2	39784L19N1	02-12-08	2008	12	L19N1	Yelcho	0	5	0	0	0.99	0	0	0	3.88
3	39784L19N2	02-12-08	2008	12	L19N2	C. Coldita	0	5	0	0	1.579	0	0	0	2.88
4	39784L20N1	02-12-08	2008	12	L20N1	Bco. Velahue	0	5	1	0	2.392	0	0	0	3.88
5	39784L19	02-12-08	2008	12	L19	Pta. Chiguao	0	4	0	0	2.57	0	0	0	2.88
6	39784L20	02-12-08	2008	12	L20	I. Laitec	0	5	0	0	2.717	0	0	0	4.5
7	39784L23	02-12-08	2008	12	L23	I. Sn. Pedro	0	5	0	0	1.5/M	0	0	0	3.26
8	39785L17	03-12-08	2008	12	L17	Auchemó	0	4	0	0	0	1	0	0	2.58
9	39785L25	03-12-08	2008	12	L25	B. Tic Toc	0	5	0	0	1.84214286	0	0	0	2.16
10	39785L17N1	03-12-08	2008	12	L17N1	E. Palmitad	0	3	0	0	2.72	0	0	0	2.02
11	39786L16	04-12-08	2008	12	L16	I. Acui	0	3	0	0	1.55	0	0	0	2.2
12	39786L16N1	04-12-08	2008	12	L16N1	I. Chaullín	0	4	0	0	6.49333333	0	0	0	1.38
13	39787L22N2	05-12-08	2008	12	L22N2	Inio	0	4	1	0	0.27666667	0	0	0	2.38
14	39787L23N1	05-12-08	2008	12	L23N1	C. Guambiad	0	0	0	0	0.593	0	0	0	0.68
15	39787L23N2	05-12-08	2008	12	L23N2	I. Sn. Pedro 2	0	4	0	0	0.95666667	0	0	0	1.04
16	39787L22N1	05-12-08	2008	12	L22N1	Ens. Quilanar	0	6	1	0	1.027	0	0	0	1.96
17	39787L24	05-12-08	2008	12	L24	I. Guapiquilán	0	4	0	0	2.24	0	0	0	4.06
18	39787L22	05-12-08	2008	12	L22	B. Asasao	0	5	0	0	3.33	0	0	0	1.76
19	39787L24N1	05-12-08	2008	12	L24N1	I. Guapiquilán 2	0	5	1	0	0.5/M	0	0	0	2.56
20	39789A02	07-12-08	2008	12	A02	Repollal-C. Puquín	1	3	2	0	#N/A	0	17.4333333	27	2
21	39789A03	07-12-08	2008	12	A03	I. Virginia-B. Lo	2	5	4	0	#N/A	0	12	30.8333333	9.7
22	39790L02N4	08-12-08	2008	12	L02N4	Pocoahuén	0	6	0	0	1.49666667	0	0	0	0.04
23	39790L02N2	08-12-08	2008	12	L02N2	Cochamó	0	6	0	0	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	2.24
24	39790A34	08-12-08	2008	12	A34	I. Garcia	2	4	4	0	#N/A	#N/A	10.5333333	30.6666667	4.2
25	39790A33	08-12-08	2008	12	A33	I. Concocto	3	6	5	0	#N/A	#N/A	10.4333333	31	CALMA

Figura 69. Resultado de la ejecución de la macro integrartablas donde se han llenado las columnas AR_AL_CAT, AR_DI_ACUM, AR_DI_ACUT, abund absol, clorofila, oxígeno, temperatura, salinidad y vientos de la Tablas de la planilla normalizada Base-normalizada-marearoja-2008-2014.xlsx.

4.2.1.4. Depuración de la tabla integrada

Posteriormente se revisan y eliminan los datos anómalos (Figura 70).

ID	FCH	CRUC	YEAR	MES	CODIGO	EST	NOMBRE	AR	AL	CAT	AR	DL	ACUM	AR	DL	ACUT	Cloro P_0-10	Ox0-10	T0-10	S0-10	
1	39784L19	02-12-08	2008	DIC	12	L19	Pla Chiguao	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	#N/A	
2	39784L19N1	02-12-08	2008	DIC	12	L19N1	Yelcho	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	39784L19N2	02-12-08	2008	DIC	12	L19N2	C. Coldita	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	39784L20	02-12-08	2008	DIC	12	L20	I. Laitec	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	39784L20N1	02-12-08	2008	DIC	12	L20N1	Bco. Yelcho	0	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	39784L23	02-12-08	2008	DIC	12	L23	I. Sin. Pedro	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	39785L17	03-12-08	2008	DIC	12	L17	Auchemó	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	39785L17N1	03-12-08	2008	DIC	12	L17N1	E. Pakitad	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	39785L25	03-12-08	2008	DIC	12	L25	B. Tic Tec	0	5	0	0	0	0	0	0	0	1.84214286	0	0	0	0
10	39786L16	04-12-08	2008	DIC	12	L16	I. Acui	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	39786L16N1	04-12-08	2008	DIC	12	L16N1	I. Chauñin	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	39787L22	05-12-08	2008	DIC	12	L22	B. Asasao	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	39787L22N1	05-12-08	2008	DIC	12	L22N1	Eme. Quilantar	0	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	39787L22N2	05-12-08	2008	DIC	12	L22N2	Inio	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0.27666667	0	0	0	0
15	39787L23N1	05-12-08	2008	DIC	12	L23N1	C. Guambiad	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	39787L23N2	05-12-08	2008	DIC	12	L23N2	I. Sin. Pedro 2	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0.95666667	0	0	0	0
17	39787L24	05-12-08	2008	DIC	12	L24	I. Guapiquillán	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	39787L24N1	05-12-08	2008	DIC	12	L24N1	I. Guapiquillán 2	0	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	39789A02	07-12-08	2008	DIC	12	A02	Repotat-C. Puq	1	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	39789A01	07-12-08	2008	DIC	12	A01	I. Virginia-B. Lr	2	5	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	39790L02N2	08-12-08	2008	DIC	12	L02N2	Cochamó	0	6	0	0	0	0	0	0	0	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
22	39790L02N4	08-12-08	2008	DIC	12	L02N4	Piccolhuén	0	6	0	0	0	0	0	0	0	1.49666667	0	0	0	0
23	39790A34	08-12-08	2008	DIC	12	A34	I. Garcia	2	4	4	0	0	0	0	0	0	#N/A	#N/A	10.53333333	30.66666667	0
24	39790A05	08-12-08	2008	DIC	12	A05	I. Onalada	1	5	3	0	0	0	0	0	0	#N/A	#N/A	0	12.2	31.66666667
25	39790A03	08-12-08	2008	DIC	12	A03	Is. Bajas	2	4	2	0	0	0	0	0	0	#N/A	#N/A	0	11.16666667	30.33333333
26	39790A04	08-12-08	2008	DIC	12	A04	I. Julia-G. Peligr	2	4	2	0	0	0	0	0	0	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
27	39790A05N1	08-12-08	2008	DIC	12	A05N1	I. Valiente	3	6	5	0	0	0	0	0	0	#N/A	#N/A	10.5	30.66666667	0
28	39790A33	08-12-08	2008	DIC	12	A33	I. Concoto	3	6	5	0	0	0	0	0	0	#N/A	#N/A	10.43333333	31	0
29	39791L02	09-12-08	2008	DIC	12	L02	Yates	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0.71333333	#N/A	0	0	0
30	39791L02N1	09-12-08	2008	DIC	12	L02N1	Sotomó	0	4	0	0	0	0	0	0	0	1.10666667	0	0	0	0
31	39791L02N3	09-12-08	2008	DIC	12	L02N3	Manrivi	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0.79666667	0	0	0	0
32	39791L03N1	09-12-08	2008	DIC	12	L03N1	Potrerillos	0	5	0	0	0	0	0	0	0	2.52333333	0	0	0	0
33	39792L04	10-12-08	2008	DIC	12	L04	Calbuco Paso C	0	4	0	0	0	0	0	0	0	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
34	39792L05	10-12-08	2008	DIC	12	L05	Quintamalhue	0	4	0	0	0	0	0	0	0	1.59666667	0	0	0	0
35	39792L06	10-12-08	2008	DIC	12	L06	Huehue	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0.91333333	0	0	0	0
36	39788A07	16-12-08	2008	DIC	12	A07	Canal	0	1	1	0	0	0	0	0	0	#N/A	#N/A	13.76666667	26.33333333	0
37	39788A09	16-12-08	2008	DIC	12	A09	Sto. Domingo	0	2	1	0	0	0	0	0	0	#N/A	#N/A	14.9	29.3	0

Figura 70. Unión de tablas, datos anómalos.

Se debe copiar y pegar la planilla Excel normalizada con formato de datos/valores en una tabla nueva de planilla Excel, eliminando así el formato de fórmulas. Esta planilla integrada y estructurada es utilizada en la modelación con software estadístico como STATISTICA 7, PAST3, o SPSS.

Una vez copiada como valores se ordenan los datos para eliminar los valores anómalos. Este procedimiento se debe hacer para cada variable ingresada; por ejemplo primero se selecciona toda la tabla y se ordenan los datos por Cloro P_0-10 de menor a mayor (Figura 71).

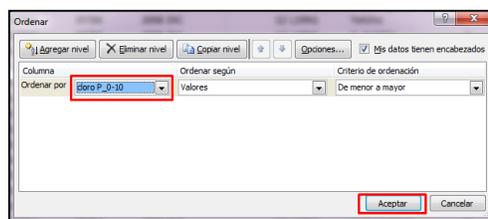


Figura 71. Eliminar datos anómalos, clorofila.

Una vez ordenados los datos se deben eliminar los valores anómalos como el 0, #N/A, #¡DIV/0!, S/M, S/I, ND y CALMA. Se debe repetir el procedimiento para todas las variables ingresadas; por ejemplo ordenar y eliminar datos anómalos para las otras variables Ox0-10, T0-10 y S0-10.

En el caso de las abundancias relativas se deben sacar los valores 0 y sólo considerar el análisis y modelación con valores donde hubo presencia y abundancia de algas, sino es mucha la dispersión de los datos ya que las condiciones ambientales cuando no está la alga son amplias. Se debe repetir realizar este procedimiento para ordenar y eliminar los datos "0" de abundancias relativas de *Alexandrium catenella* (AR_AL_CAT), *Dinophysis acuta* (AR_DI_ACUT) y *Dinophysis acuminata* (AR_DI_ACUM).

4.2.1.5. Automatización de la depuración de la tabla integrada

Para la automatización del proceso de depuración o eliminación de valores anómalos (0, #N/A, #¡DIV/0!, S/M, S/I, ND y CALMA) de los datos ingresados en la Tabla integrada, se elabora la macro **eliminaranomalos** (incluida en la planilla normalizada).

A continuación se presenta la MACRO de integración de tablas **eliminaranomalos** en lenguaje de programación Visual Basic:

```
Sub eliminaranomalos()  
'  
' eliminaranomalos Macro  
' Range("J2:O2").Select  
  Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select  
  Selection.Replace What:="#N/A", Replacement:="", LookAt:=xlPart, _  
    SearchOrder:=xlByRows, MatchCase:=False, SearchFormat:=False, _  
    ReplaceFormat:=False  
  Selection.Replace What:"S/M", Replacement:="", LookAt:=xlPart, _  
    SearchOrder:=xlByRows, MatchCase:=False, SearchFormat:=False, _  
    ReplaceFormat:=False  
  Selection.Replace What:"0", Replacement:="", LookAt:=xlPart, _  
    SearchOrder:=xlByRows, MatchCase:=False, SearchFormat:=False, _  
    ReplaceFormat:=False  
  Selection.Replace What:"S/I", Replacement:="", LookAt:=xlPart, _  
    SearchOrder:=xlByRows, MatchCase:=False, SearchFormat:=False, _  
    ReplaceFormat:=False  
  Selection.Replace What:"CALMA", Replacement:="", LookAt:=xlPart, _  
    SearchOrder:=xlByRows, MatchCase:=False, SearchFormat:=False, _  
    ReplaceFormat:=False  
  Selection.Replace What:"ND", Replacement:="", LookAt:=xlPart, _  
    SearchOrder:=xlByRows, MatchCase:=False, SearchFormat:=False, _  
    ReplaceFormat:=False  
End Sub
```

Como resultado, la macro permite desde la Tabla Integrada buscar y eliminar los valores anómalos 0, #N/A, #¡DIV/0!, S/M, S/I, ND y CALMA. En la Figura 72 se muestran los pasos a seguir para ejecutar la macro, primero se debe posicionar en la Tabla de integración (integrada) y en la celda "J2" o primera celda de la columna abund Absol (abundancia absoluta de *Alexandrium catenella*), luego seleccione el icono Macros de la pestaña Programador, seleccione **eliminaranomalos** como nombre de la macro a ejecutar y finalmente elija Ejecutar.

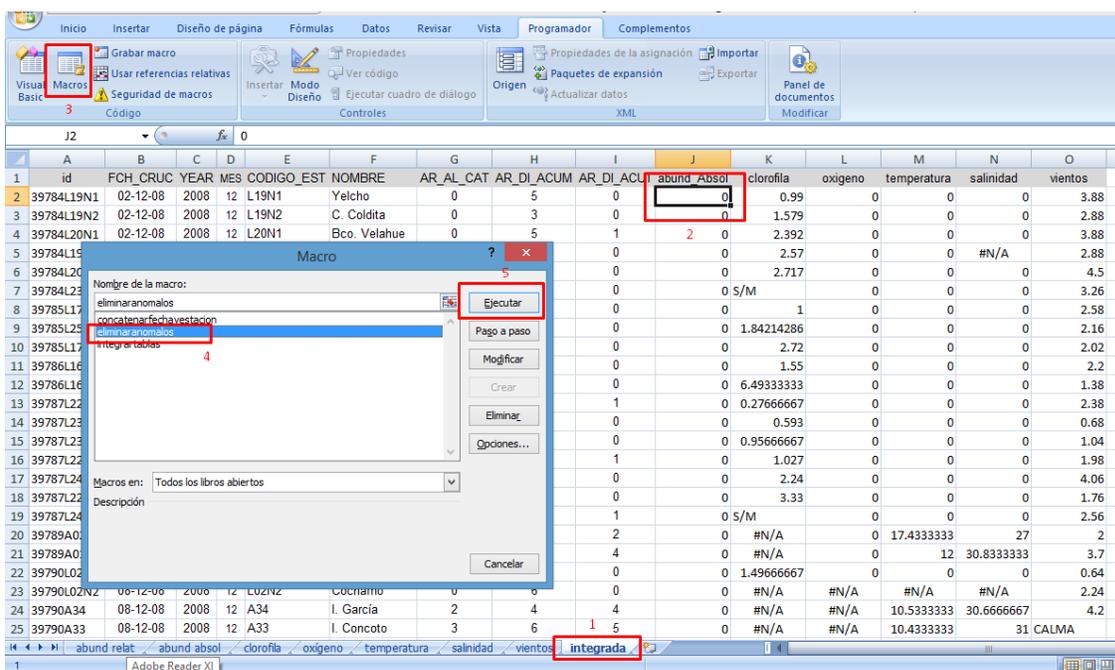


Figura 72. Secuencia de trabajo para la ejecución de la macro eliminaranomalos de la planilla normalizada Base-normalizada-marearaja-2008-2014.xlsx, donde 1: seleccionar la Tabla donde se realiza la depuración (Tabla integrada), 2: posicionar en la celda J2 (primer registro de la columna de abundancia absoluta [abund absol]), 3: en la pestaña Programador seleccione el ícono Macros, 4: seleccionar la macro eliminaranomalos en la ventana de macros y 5: finalmente seleccionar Ejecutar.

Una vez ejecutada la macro **eliminaranomalos** se eliminan de forma automática los datos anómalos en las columnas abund absol, clorofila, oxígeno, temperatura, salinidad y vientos de la Tabla integrada (Figura 73).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	id	FCH_CRUC	YEAR	MES	CODIGO_EST	NOMBRE	AR_AL_CAT	AR_DI_ACUM	AR_DI_ACUT	abund_Absol	clorofila	oxígeno	temperatura	salinidad	vientos
2	39784L19N1	02-12-08	2008	12	L19N1	Yelcho	0	5	0	0.99					3.88
3	39784L19N2	02-12-08	2008	12	L19N2	C. Coldita	0	3	0	1.579					2.88
4	39784L20N1	02-12-08	2008	12	L20N1	Bco. Velahue	0	5	1	2.392					3.88
5	39784L19	02-12-08	2008	12	L19	Pta. Chiguao	0	4	0	2.57					2.88
6	39784L20	02-12-08	2008	12	L20	I. Laitec	0	5	0	2.717					4.5
7	39784L23	02-12-08	2008	12	L23	I. Sn. Pedro	0	5	0						3.26
8	39785L17	03-12-08	2008	12	L17	Auchemó	0	4	0		1				2.58
9	39785L25	03-12-08	2008	12	L25	B. Tic Toc	0	5	0	1.84214286					2.16
10	39785L17N1	03-12-08	2008	12	L17N1	E. Palvitad	0	3	0	2.72					2.2
11	39786L16	04-12-08	2008	12	L16	I. Acui	0	3	0	1.55					2.2
12	39786L16N1	04-12-08	2008	12	L16N1	I. Chaullín	0	4	0	6.49333333					1.38
13	39787L22N2	05-12-08	2008	12	L22N2	lnio	0	4	1	0.27666667					2.38
14	39787L23N1	05-12-08	2008	12	L23N1	C. Guamblad	0	0	0	0.593					0.68
15	39787L23N2	05-12-08	2008	12	L23N2	I. Sn. Pedro 2	0	4	0	0.95666667					1.4
16	39787L22N1	05-12-08	2008	12	L22N1	Ens. Quilanlar	0	6	1	1.27					1.98
17	39787L24	05-12-08	2008	12	L24	I. Guapiquilán	0	4	0	2.24					4.6
18	39787L22	05-12-08	2008	12	L22	B. Asasao	0	5	0	3.33					1.76
19	39787L24N1	05-12-08	2008	12	L24N1	I. Guapiquilán 2	0	5	1						2.56
20	39789A02	07-12-08	2008	12	A02	Repollal-C. Puq	1	3	2				17.4333333	27	2
21	39789A01	07-12-08	2008	12	A01	I. Virginia-B. Lor	2	5	4				12	3.83333333	3.7
22	39790L02N4	08-12-08	2008	12	L02N4	Pocoihuén	0	6	0	1.49666667					0.64
23	39790L02N2	08-12-08	2008	12	L02N2	Cochamsó	0	6	0						2.24
24	39790A34	08-12-08	2008	12	A34	I. García	2	4	4				1.53333333	3.66666667	4.2
25	39790A33	08-12-08	2008	12	A33	I. Concoto	3	6	5				1.43333333	31	

Figura 73. Resultado de la ejecución de la macro eliminaranomalos donde se han eliminado los datos anómalos en las columnas abund absol, clorofila, oxígeno, temperatura, salinidad y vientos de la Tabla integrada de la planilla normalizada Base-normalizada-marearaja-2008-2014.xlsx.

Finalmente y como resultado de la concatenación, integración y depuración de los datos, se obtiene una Tabla planilla Excel con datos geográficos, biológicos y ambientales, lista para ser utilizada en los análisis y modelación que se muestran a continuación.

4.2.2. Modelación con Redes Neuronales Artificiales (RNAs)

La modelación con RNAs consta de varios pasos, que se muestran en el diagrama de flujo de la Figura 74.

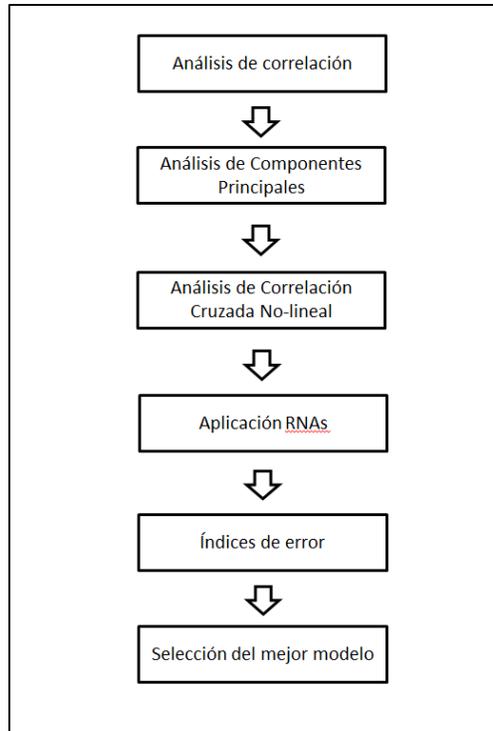


Figura 74. Diagrama de flujo de las etapas en la modelación con RNAs.

4.2.2.1. Análisis previo de los datos a modelar

Cuando existen muchas variables es posible que parte importante sea redundante, en cuyo caso es necesario eliminar el exceso y dejar sólo aquellas que tengan representatividad dentro del conjunto. Esto se consigue con la aplicación de las técnicas multivariantes de reducción de la dimensión.

4.2.2.1.1. Análisis de correlación y componentes principales

Para reducir la dimensión se realiza un análisis de correlación entre las variables, con el objeto de excluir aquellas que se encuentren fuertemente correlacionadas, junto con un análisis de componentes principales (ACP), para así disminuir la dimensión de las variables de ingreso al modelo.

4.2.2.1.2. Análisis de correlación cruzada no-lineal

Una vez seleccionadas las variables, se realiza un análisis de correlación cruzada no lineal utilizando el programa CORN 1.0 (CORrelaciones No-lineales), diseñado por Gutiérrez (com.pers.), que permite calcular correlaciones lineales y no lineales desfasadas en el tiempo para un total de 22 funciones de modelos no lineales (Tabla 37). En éstas funciones matemáticas no lineales el término constante corresponde a β_0 y los parámetros de la función β_1 y β_2 ; mientras que X e Y son las variables independientes y dependientes respectivamente. El programa CORN es un sistema de ayuda para la selección de retrasos en modelos de series de tiempo y para la selección de los desfases se establece un nivel de confianza de 95% ($\alpha = 0,05$).

Tabla 37. Modelos utilizados para determinar la correlación cruzada lineal y no lineal.

Modelo	Ecuación
(1) Lineal	$Y = \beta_0 + \beta_1 X$
(2) Lineal Recíproca	$Y = 1/(\beta_0 + \beta_1 X)$
(3) Hipérbola Rectangular I	$Y = (\beta_0 + \beta_1 X) / (1 + \beta_1 X)$
(4) Hipérbola Rectangular Recíproca I	$Y = (1 + \beta_1 X) / (\beta_0 + \beta_1 X)$
(5) Hipérbola Rectangular II	$Y = X / (\beta_0 X + \beta_1)$
(6) Hipérbola Rectangular Recíproca II	$Y = (\beta_0 X + \beta_1) / X$
(7) Parábola	$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 X^2$
(8) Potencial	$Y = \beta_0 X_1^\beta$
(9) Potencial Modificada	$Y = \beta_0 \beta_1 X_1^X$
(10) Raíz	$Y = \beta_0^{(1/X)}$
(11) Geométrica	$Y = \beta_0 X_1^{\beta X}$
(12) Geométrica Modificada	$Y = \beta_0 X_1^{(\beta X)}$
(13) Exponencial	$Y = \beta_0 \exp(\beta_1 X)$
(14) Exponencial Modificada	$Y = \beta_0 \exp(\beta_1 / X)$
(15) Logarítmica	$Y = \beta_0 + \beta_1 \log(X)$
(16) Logarítmica Recíproca	$Y = 1 / [\beta_0 + \beta_1 \log(X)]$
(17) Hoerl	$Y = \beta_0 \beta_1 X_1^X X_2^\beta$
(18) Hoerl Modificada	$Y = \beta_0 \beta_1^{(1/X)} X_2^\beta$
(19) Normal	$Y = \beta_0 \exp[-(X - \beta_1)^2 / (2\beta_2^2)]$
(20) Logarítmica Normal	$Y = \beta_0 \exp[-(\log(X) - \beta_1)^2 / (2\beta_2^2)]$
(21) Cauchy	$Y = \beta_0 / [1 + ((X - X_0) / \beta_1)^2]$
(22) Beta	$Y = \beta_0 X \beta_1 (1 - X) \beta_2$

4.2.2.1.3. Suavizado de los datos.

Luego de seleccionar las variables se preparan las series de datos a ser utilizadas para calibrar los modelos de RNAs. Es recomendado suavizar las series de datos, para disminuir los ruidos de alta frecuencia y observar en forma más clara su tendencia. Para tal efecto en este caso se utiliza una media móvil de 3 meses centrados.

4.2.2.2. Aplicación de las RNAs.

Las RNAs son modelos matemáticos inspirados en la arquitectura neuronal del cerebro humano. Una neurona o nodo es una unidad no lineal simple. Se utilizan redes unidireccionales organizadas en capas y con aprendizaje supervisado llamado perceptrón multicapa conocido como MLP (debido a su sigla en inglés Multi-Layer Perceptrón). Para determinar el conjunto de pesos de un proceso correctivo-repetitivo se lleva a cabo el llamado "aprendizaje" o "formación". Esta capacitación forma las interconexiones entre las neuronas, utilizando las entradas y salidas (conjunto conocido de formación o de patrones). La fuerza de estas interconexiones se ajusta usando una técnica de convergencia de error por lo que una salida deseada se producirá para una entrada dada. El MLP con aprendizaje Backpropagation (BP) (o alguna de sus variantes) es el modelo neuronal más empleado. En este caso el algoritmo utilizado corresponde al algoritmo de Levenberg-Marquardt cuya cuya fórmula matemática es:

$$\Delta W = -(Z^T Z + \lambda I)^{-1} Z^T \varepsilon$$

donde ε es el vector de errores, Z la matriz de las derivadas parciales de estos errores con respecto a los pesos W , y I es la matriz identidad. El primer término del segundo miembro de la fórmula de Levenberg-Marquardt representa el supuesto lineal y la segunda, la etapa de pendiente de descenso. El parámetro de control λ gobierna la influencia relativa de estos dos enfoques. Cada vez que el algoritmo Levenberg-Marquardt tiene éxito en la reducción del error, disminuye el parámetro de control en un factor de 10, fortaleciendo así la suposición lineal e intenta saltar directamente al

mínimo. Cada vez que falla (para bajar el error), aumenta el parámetro de control en un factor de 10, dando más influencia a la etapa con pendiente de descenso, y haciendo también que el tamaño del error se haga cada vez más pequeño. Para implementar los modelos de RNAs se utiliza el software STATISTICA 7.0.

Durante el desarrollo del modelo, 60% de los datos se utiliza para la etapa de entrenamiento o calibración de la red, un 20% para la etapa de selección y para la etapa de prueba o validación el 20% restante, todos seleccionados aleatoriamente.

Una vez realizada la validación externa con el 20% de los datos se realiza un análisis de sensibilidad. Este análisis considera cada variable de entrada a la red neuronal como si no estuviera disponible en el modelo. Primero se corre la red con un conjunto de casos de prueba y el error que se obtiene es guardado. Luego se utiliza la misma red, pero reemplazando los valores observados con el valor estimado por el procedimiento de sustitución de valores no presentes y nuevamente se guarda el error de la red. Dado que efectivamente se ha removido información que la red utiliza (una de las variables de entrada), existirá un deterioro en el nivel de error. La medida básica de sensibilidad es el cociente (ratio) entre el error de la red sin la variable de entrada y el error original. Si el ratio es menor o igual a uno, el quitar o agregar la variable no tendría efecto, o eventualmente mejoraría el nivel de error de la red.

4.2.2.3. Medidas de precisión aplicadas en la fase de validación del modelo.

El coeficiente de determinación (R^2) describe la proporción de la varianza total que puede ser explicada por el modelo. Las medidas de varianzas representan el porcentaje de error estándar de predicción (%SEP) (Ventura *et al.*, 1995), el coeficiente de eficiencia (E) (Nash & Sutcliffe, 1970; Kitanidis & Bras, 1980) y la varianza relativa media (ARV) (Griño, 1992). Estos estimadores no están influenciados por el rango de variación de sus elementos y son empleados para ver hasta donde el modelo es capaz de explicar el total de la variación de los datos.

Es apropiado cuantificar el error en términos de las unidades de la variable a estimar. Estas medidas de error absolutos incluyen la raíz cuadrada del error cuadrático medio (RMSE) y el error absoluto medio (MAE), dada por:

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (Y_t - \hat{Y}_t)^2}{N}} \quad \text{MAE} = \frac{\sum_{i=1}^N |Y_t - \hat{Y}_t|}{N}$$

donde Y_t corresponde a la abundancia observada en el tiempo t , \hat{Y}_t es la abundancia estimado en el mismo tiempo t y N el número total de observaciones del conjunto de la validación.

El porcentaje del error estándar de predicción (SEP) está definido por:

$$\%SEP = \frac{100}{\bar{Y}} \text{RMSE}$$

donde \bar{Y} es la media de los abundancias observadas en el conjunto de validación. La principal ventaja del %SEP es su adimensionalidad, que permite comparar estimaciones dadas por distintos modelos.

El coeficiente de eficiencia (E) y la varianza media relativa (ARV) representan la proporción de la variación total de los datos observados y considerados por el modelo, y se calcula:

$$E = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N |Y_t - \hat{Y}_t|^2}{\sum_{i=1}^N |Y_t - \bar{Y}|^2} \quad \text{ARV} = 1 - E$$

La sensibilidad de los puntos fuera de rango, debido al cuadrado de su diferencia con la media, se asocia con E o, equivalentemente, con ARV. Un valor de cero para E indica que el valor medio observado \bar{Y} es un buen estimador al igual que el modelo ajustado; mientras que valores negativos indican que la media observada arroja una mejor estimación que el modelo ajustado (Legates & McCabe, 1999). Para aceptar la bondad del ajuste, los valores de R^2 y E deben aproximarse a uno y los valores de %SEP y ARV a cero.

También se utiliza para evaluar el funcionamiento del modelo el índice de persistencia (PI) (Kitanidis & Bras, 1980):

$$PI = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (Y_t - \hat{Y}_t)^2}{\sum_{i=1}^N (Y_t - Y_{t-L})^2}$$

donde Y_{t-L} es la abundancia observada en el tiempo $t-L$ y L el intervalo de tiempo.

Un valor de PI igual a uno indica un ajuste perfecto entre los valores estimados y observados, y un valor cero es equivalente a decir que el modelo no es mejor que un modelo ‘naïve’, el cual da siempre como predicción la observación previa. Un valor negativo de PI significaría que el modelo está alterando la información original, mostrando un funcionamiento peor que un modelo ‘naïve’ (Anctil & Rat, 2005).

4.2.2.4. Modelo de RNA de la abundancia relativa de *A. catenella*

4.2.2.4.1. Identificación de las estaciones más representativas de la abundancia relativa de *Alexandrium catenella*.

Dado que no existen series temporales continuas por estación y éstas tienen muchos vacíos o baches de información, se tuvo que identificar las estaciones más representativas y agruparlas para construir series temporales continuas y robustas. Para de identificar las estaciones más representativas, se realizó un análisis de componentes principales (ACP) de la abundancia relativa de *Alexandrium catenella* de las distintas estaciones de muestreo. Cabe señalar que no todas las estaciones fueron incluidas en este análisis dado que algunas no presentan datos suficientes, por lo que para este análisis fueron utilizadas 33 estaciones de las 88 estaciones totales.

A partir del ACP se generan 7 factores que en su conjunto explican el 92% de la varianza total del conjunto de datos. Se aplica el criterio de Kaiser, el cual señala que los factores seleccionados en un ACP serán los que presenten un valor propio mayor que el promedio de los valores propios generados por todos los factores. De acuerdo a esto, se

seleccionaron los primeros 7 factores que explican un 46.02%, 14.22%, 9.4%, 7.51%, 6.06%, 5.36% y 3.16% de la varianza respectivamente (Tabla 38).

Tabla 38. Valores propios calculados a partir del ACP de las variables ambientales.

Componente	Valor propio	% de la varianza	% acumulado
1	15.19	46.02	46.02
2	4.69	14.22	60.24
3	3.10	9.40	69.64
4	2.48	7.51	77.16
5	2.00	6.06	83.22
6	1.77	5.36	88.57
7	1.04	3.16	91.73

Las estaciones seleccionadas en cada componente son aquellas que presentan un valor de correlación mayor o igual a 0.6 (Tabla 39).

Tabla 39. Correlación de cada variable con cada componente principal. Se muestran sólo aquellas correlaciones mayores o igual a 0.6.

Estación	Componente						
	1	2	3	4	5	6	7
A01		0.78					
A02		0.81					
A03		0.81					
A04		0.82					
A05		0.65	0.60				
A05N1			0.93				
A09						0.67	
A11		0.88					
A12		0.66			0.64		
A13							
A14					0.86		
A15					0.83		
A16					0.94		
A17					0.76		
A33			0.75				
A34			0.81				
L16							0.73
L16N1				0.93			
L17						0.96	
L17N1						0.72	
L19				0.80			
L19N1				0.69			
L19N2							
L20	0.61						
L20N1				0.79			
L22	0.75						
L22N1	0.91						
L22N2	0.91						
L23	0.70						
L23N1							
L23N2	0.67						
L24	0.84						
L24N1	0.93						

Como se puede observar en la Tabla 39 el ACP muestra muy bien la separación de las estaciones por Región, agrupando las estaciones de Los Lagos en los componentes 1 y 4 y las de Aysén en los componentes 2 y 3. Luego de identificar cuáles son las estaciones más representativas, éstas se agruparon por Región (Región de Los Lagos y Región de Aysén) para así generar un modelo local para cada una de estas regiones (Tabla 40).

Tabla 40. Estaciones utilizadas para cada modelo regional de RNA.

Estaciones	
Modelo Aysén	Modelo Los Lagos
A01	L16
A02	L16N1
A03	L17
A04	L17N1
A05	L19
A05N1	L19N1
A11	L20
A12	L20N1
A14	L22
A15	L22N1
A16	L22N2
A17	L23
A33	L23N2
A34	L24
	L24N1
	A09

4.2.2.4.2. Modelo RNA de abundancia relativa de *A. catenella*: Región de Aysén.

Para el modelo RNA de *A. catenella* de Aysén se consideraron series temporales mensuales de abundancia relativa obtenidos de los distintos cruceros del Programa de Monitoreo de Marea Roja, junto con series temporales ambientales desfasadas en el tiempo (escala mensual). Estimados de la abundancia mensual de *Alexandrium catenella* constituyen finalmente la variable respuesta y salida de los modelos.

4.2.2.4.2.1. Series temporales utilizadas en el modelo RNA de la Región de Aysén.

Se construyen series temporales de la abundancia relativa y variables ambientales, promediando los datos de las estaciones de muestreo pertenecientes a los grupos determinadas en el ACP y mostrados en la Tabla 38. El grupo de estaciones de muestreo o área de influencia usadas en el modelo RNA de series temporales se muestra en la Figura 75.

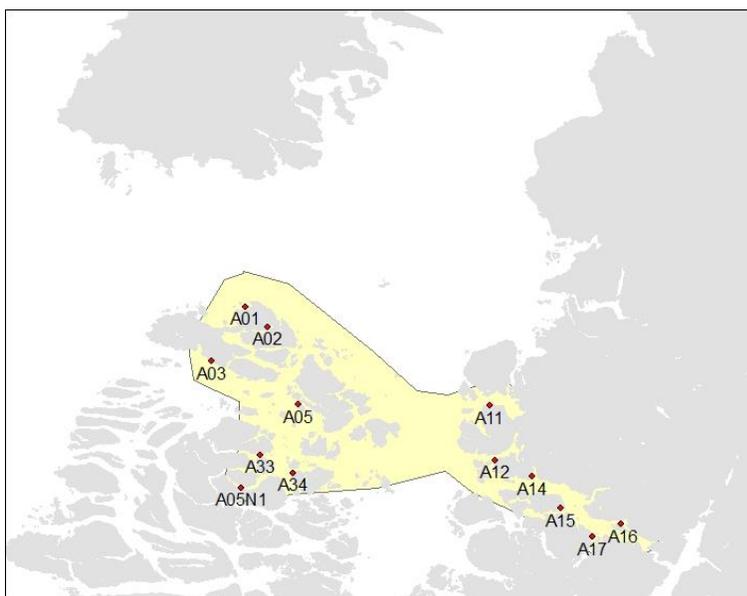


Figura 75. Grupo de estaciones de muestreo o área de influencia usadas en el modelo RNA de *Alexandrium catenella* para Región de Aysén.

Cabe señalar, que con el propósito de definir y reducir indicadores ambientales que den cuenta de la distribución de las especies de algas nocivas (*Alexandrium catenella*) y que sean útiles para la modelación, se procedió a promediarlos por estrato de profundidad, considerando el estrato de 0 a 10 m (0-10) como el más representativo y relacionado a la distribución de las algas tóxicas. Las series temporales de las variables utilizadas en el modelo de la Región de Aysén son abundancia relativa *Alexandrium catenella* (Figura 76), oxígeno0-10 (Figura 77), temperatura0-10 (Figura 78), salinidad0-10 (Figura 79), clorofila0-10 (Figura 80) y magnitud de vientos (Figura 81).

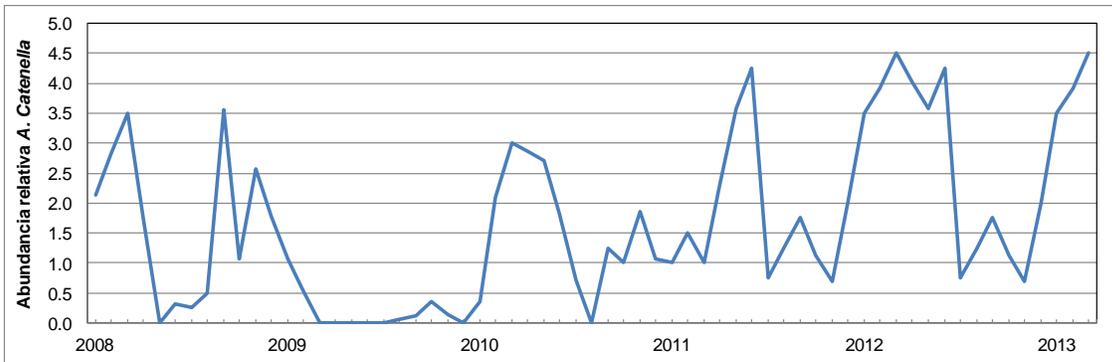


Figura 76. Abundancia relativa de *Alexandrium catenella* promedio del grupo de estaciones de muestreo (Aysén) determinadas con análisis de componentes principales.

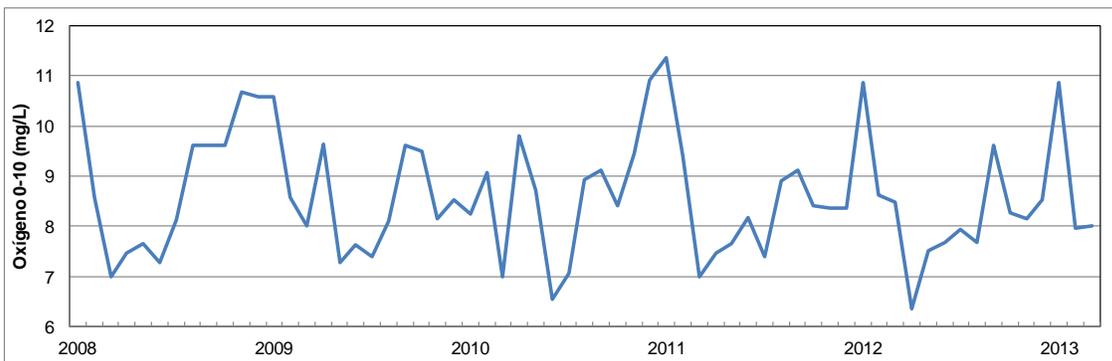


Figura 77. Concentración de oxígeno disuelto 0-10 m promedio del grupo de estaciones de muestreo (Aysén) determinadas con el análisis de componentes principales.

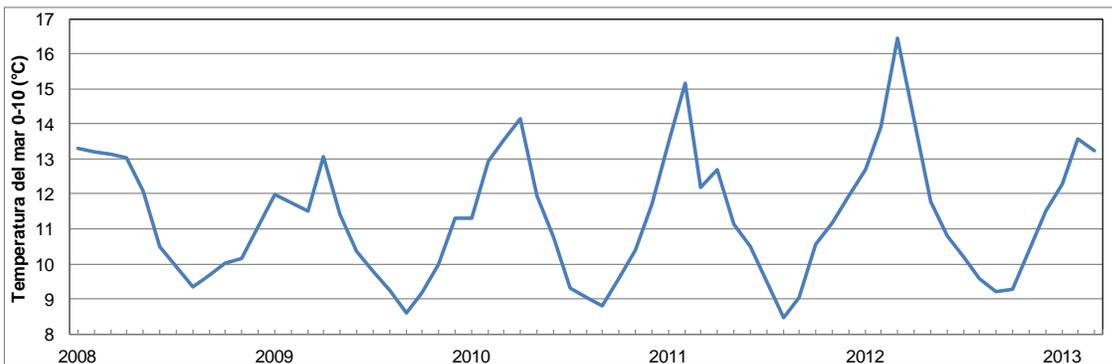


Figura 78. Temperatura del mar 0 - 10 m promedio del grupo de estaciones de muestreo (Aysén) determinadas con el análisis de componentes principales.

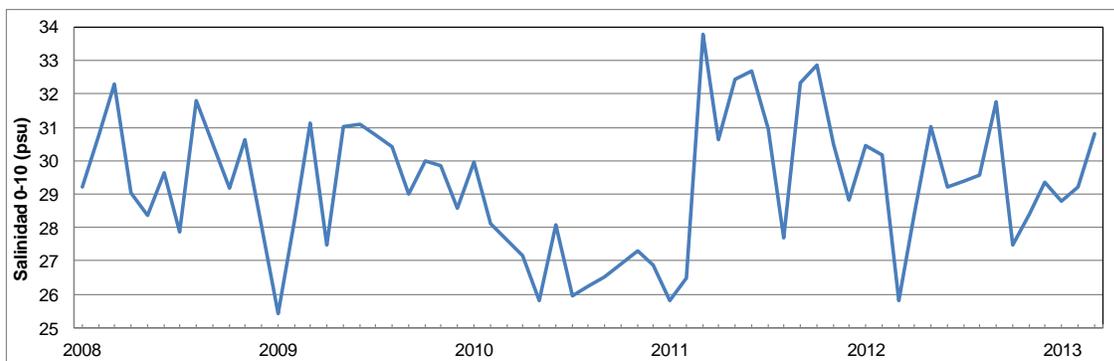


Figura 79. Salinidad del mar 0 - 10 m promedio del grupo de estaciones de muestreo (Aysén) determinadas con el análisis de componentes principales.

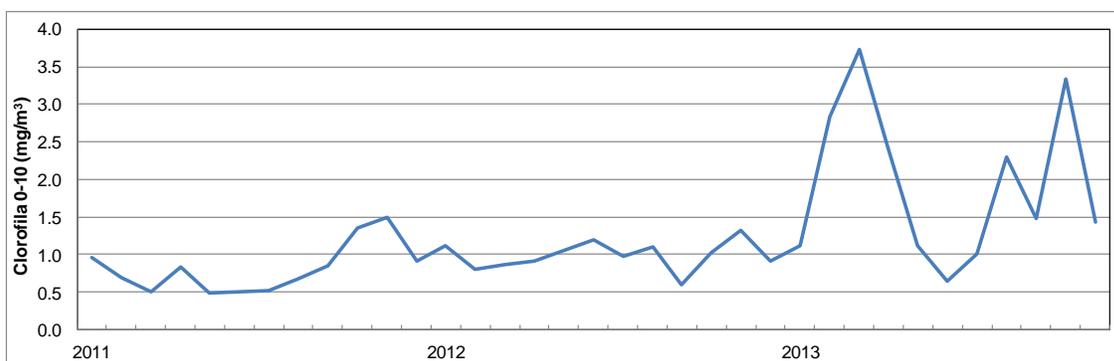


Figura 80. Concentración de clorofila 0 - 10 m promedio del grupo de estaciones de muestreo (Aysén) determinadas con el análisis de componentes principales.

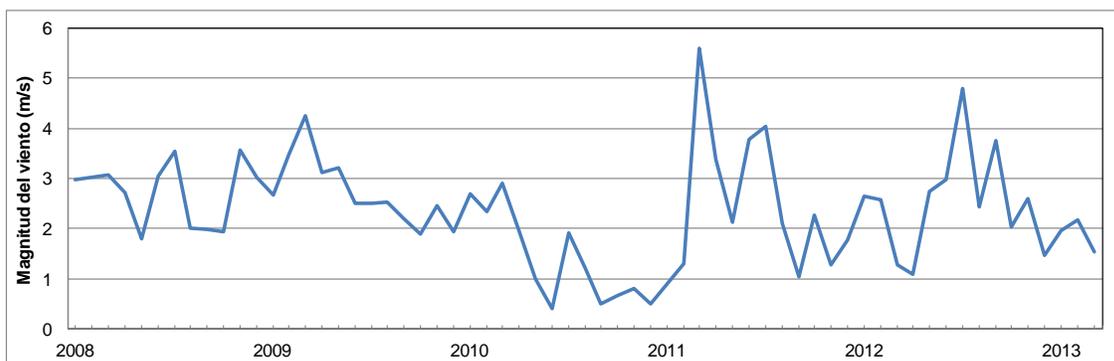


Figura 81. Velocidad del viento promedio del grupo de estaciones de muestreo (Aysén) determinadas con el análisis de componentes principales.

4.2.2.4.2.2. Análisis previo de los datos a modelar: Región de Aysén.

Cuando existen muchas variables es posible que parte importante sea redundante, en cuyo caso es necesario eliminar el exceso y dejar sólo aquellas que tengan representatividad dentro del conjunto. Esto se consigue con la aplicación de las técnicas multivariantes de reducción de la dimensión.

4.2.2.4.2.2.1. Análisis de correlación: Región de Aysén.

En la Tabla 41 no se observan correlaciones significativas (0.7) entre las variables ambientales, por lo que ninguna variable es excluida del modelo en esta etapa.

Tabla 41. Matriz de correlación entre variables ambientales.

	Oxígeno0-10	Temperatura0-10	Salinidad0-10	Viento	Clorofila0-10
Oxígeno0-10	1				
Temperatura0-10	0.14	1			
Salinidad0-10	-0.28	-0.16	1		
Viento	-0.30	-0.09	0.65	1	
Clorofila0-10	0.03	0.13	0.11	0.29	1

4.2.2.4.2.2.2. Análisis de componentes principales (ACP): Región de Aysén.

Con el ACP se generan cinco factores que en su conjunto contienen el 100% de la varianza. De acuerdo con el criterio de Kaiser, se seleccionan los factores 1 y 2 que explican el 39% y 24% respectivamente, es decir el 63% de varianza total (Tabla 42).

Tabla 42. Valores calculados a partir del ACP de las variables ambientales.

	Valor propio	% de la varianza	% acumulado
1	1.95	38.95	38.95
2	1.20	23.98	62.93
3	0.82	16.45	79.38
4	0.71	14.19	93.58
5	0.32	6.42	100

La matriz de correlación de las variables ambientales con cada factor principal muestra los mayores valores de la salinidad0-10, oxígeno0-10 y magnitud de viento con el factor 1; en tanto que la temperatura0-10 y clorofila0-10 son las variables con mayor correlación para la componente 2 (Tabla 43).

Tabla 43. Correlación entre variables ambientales con los principales factores.

	Componentes principales	
	Factor 1	Factor 2
Oxígeno0-10	-0.56	
Temperatura0-10		0.69
Salinidad0-10	0.84	
Viento	0.87	
Clorofila0-10		0.75

4.2.2.4.2.3. Correlaciones cruzadas: Región de Aysén

En la Figura 81 se muestran los resultados de la correlación no lineal entre la abundancia relativa de *Alexandrium catenella* y variables ambientales. El oxígeno 0-10 alcanza el valor más alto de correlación cruzada a través de la función Hipérbola rectangular II con -5 meses (Figura 78). La temperatura 0-10 obtiene su valor máximo de correlación a -1 mes con la función Cauchy. La salinidad 0-10 muestra alta correlación a -3 meses; la variable clorofila 0-10 no es incluida en la modelación debido a presentar su más alta correlación en el mes 0, por lo que esta variable no tendría utilidad predictiva en este caso. La magnitud del viento muestra la más alta correlación en -2 meses (Figura 82).

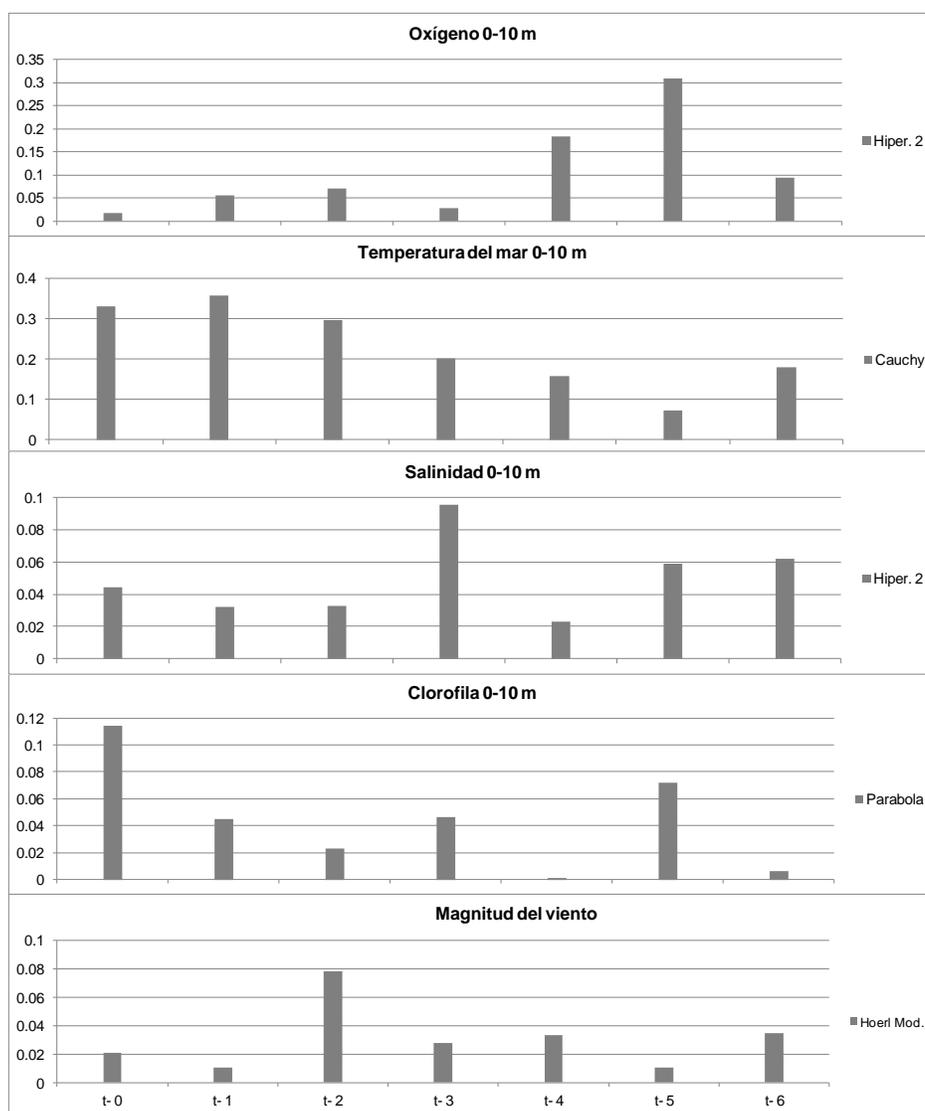


Figura 82. Correlación no lineal entre la abundancia relativa de *Alexandrium catenella* y variables ambientales delo modelo RNA Región de Aysén.

4.2.2.4.2.3. Construcción y validación del modelo de abundancia relativa de *Alexandrium catenella* con redes neuronales artificiales Región de Aysén.

Ya conocidos los desfases de las variables explicativas en función de la variable a explicar (Abundancia relativa), es posible estructurar la planilla de datos de entrada al modelo.

4.2.2.4.2.3.1. Estructura de la planilla de datos: Región de Aysén.

Los modelos de redes neuronales tienen entonces como variables de entrada para la región de Aysén el oxígeno0-10, temperatura0-10, salinidad0-10 y viento, todas estas desfasadas en el tiempo a escala mensual y suavizadas mediante un promedio móvil de tres meses. (Tabla 44).

Tabla 44. Estructura de la planilla de datos de ingreso al modelo de RNA Región de Aysén, donde AR_AL_CAT es la abundancia relativa de *A. catenella* y entre paréntesis se muestra el desfase de las variables ambientales predictoras, por ejemplo el oxígeno entra al modelo desfasado en 5 meses.

AR_AL_CAT	Oxígeno0-10 (-5)	Temperatura0-10 (-1)	Viento (-2)	Salinidad0-10 (-3)
0.35	8.82	10.83	2.52	29.90
1.43	7.68	9.92	2.80	29.01
1.71	7.37	9.65	2.87	28.61
2.40	7.46	9.68	2.51	29.77
1.81	7.68	9.95	1.98	30.06
1.81	8.33	10.42	2.49	30.50
1.13	9.11	11.07	2.84	30.10
0.54	9.61	11.61	3.08	29.27
0.18	9.96	11.75	3.05	28.03
0.00	10.29	12.12	3.46	27.25

4.2.2.4.2.3.2. Medidas de precisión aplicadas en la fase de validación del modelo: Región de Aysén.

En la Tabla 45 se observan los resultados del modelo de la región de Aysén, con 4 nodos en la capa de entrada, de 2 a 8 nodos en la capa oculta y 1 nodo en la capa de salida (abundancia relativa *Alexandrium catenella*). La mejor arquitectura seleccionada en función de los índices de error, corresponde a 4:05:1; es decir, 4 nodos en la capa de entrada, 5 nodos en la capa oculta y 1 nodo en la capa de salida.

La mejor configuración obtuvo una varianza explicada del 87,2% (Tabla 44). El índice de persistencia (PI) de 0,72 indica un buen ajuste entre los valores observados y estimados. Sin embargo, existe un ligero grado de dispersión entre las series observadas y estimadas, lo cual se ve reflejado en el valor de error estándar de predicción el cual alcanza un 29,8%. El error cuadrático medio es de 0.66.

Tabla 45. Resultado de la validación externa para el modelo de la región de Aysén.

Arquitectura	N	Parámetros	R	R ²	rms	sep	e	Arv	PI
4:02:01	2	10	0.876	0.767	0.518	31.363	0.751	0.249	0.888
4:03:01	3	15	0.672	0.452	0.881	109.192	-0.851	1.851	-0.906
4:04:01	4	20	0.852	0.725	0.711	56.802	0.616	0.384	0.769
4:05:01	5	25	0.934	0.872	0.660	29.805	0.684	0.316	0.719
4:06:01	6	30	0.808	0.653	0.664	42.982	0.644	0.356	0.762
4:07:01	7	35	0.877	0.769	0.526	32.463	0.756	0.244	0.866
4:08:01	8	40	0.723	0.523	0.845	45.454	-0.104	1.104	0.488

La Figura 82 muestra la abundancia de *Alexandrium catenella* observada y estimada en la fase de validación del mejor modelo ajustado (4:05:1). En el gráfico de dispersión se observa la validación del modelo con todos los datos de la serie temporal, que pese a que existe subestimación la tendencia de la abundancia relativa es moderadamente bien recogida con un R² de 0.69 (Figura 83).

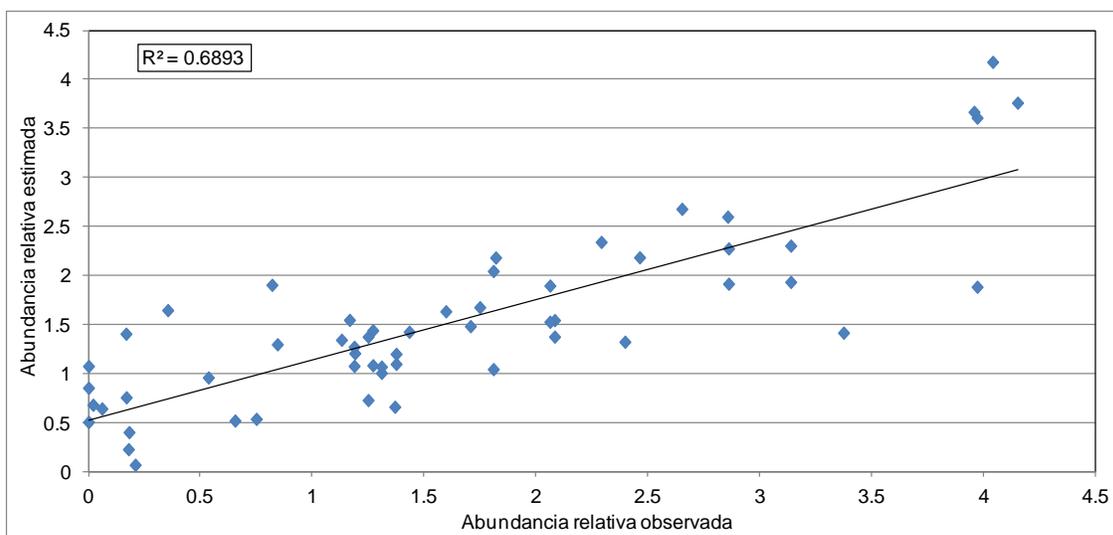


Figura 83. Relación entre la abundancia relativa de *Alexandrium catenella* observada y estimada para la Región de Aysén.

Del análisis se desprende que el mejor modelo seleccionado presenta alta sensibilidad a los cambios en la temperatura0-10, seguida de las variables oxígeno0-10 y magnitud del viento; mientras que salinidad0-10 es la variable que menos influye en el modelo (Tabla 46). Las variables con ratios cercanos a 1 no tendrían efecto en el modelo e incluso lo harían menos eficiente.

Tabla 46. Análisis de sensibilidad del modelo de la región de Aysén. Entre paréntesis se muestra el desfase (meses) de las variables ambientales predictoras.

Variable	Ratio	Ranking
Temperatura0-10 (-1)	2.02	1
Oxígeno0-10 (-5)	1.42	2
Viento (-2)	1.28	3
Salinidad0-10 (-3)	0.97	4

Cabe destacar que el Mandante no dispone de los paquetes estadísticos como STATISTICA 7 para el modelamiento de los datos a futuro (Ver Acta 10a Reunión en ANEXO 1. ACTAS DE ACUERDO REUNIONES), por lo cual si la SUBPESCA pretende modelar debe adquirir software. Se debe señalar que la modelación biológica-ambiental requiere del apoyo de científicos o personal calificado, capacitado (preferible Master o Doctorado en Ciencias del Mar y Ambientales con publicaciones en el tema) y criterios especializados.

4.2.2.4.2.4. Semiautomatización del modelo RNA de abundancia relativa de A. catenella: Región de Aysén

La semiautomatización del modelo RNA de abundancia relativa de *A. catenella* Región de Aysén genera la predicción de la abundancia del próximo mes basado en la series temporales desfasadas de acuerdo al modelo ajustado, importación a STATISTICA de la planilla desfasada, ejecutar predicción de modelo RNA ajustado y tabulación y ploteo de las serie temporal con el mes predicho (Figura 84).

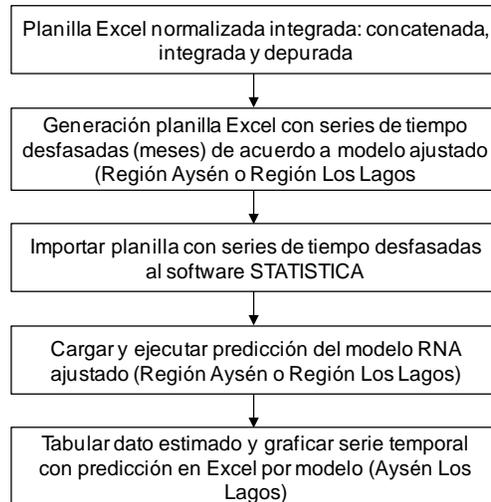


Figura 84. Modelo conceptual de la semiautomatización del modelo RNA de abundancia relativa de *A. catenella*.

En primer lugar, para la ejecución del modelo de la Región de Aysén se debe importar la planilla Excel (Plantilla de Excel 97-2003) con los datos de entrada en el software Statistica 7.0, previa normalización, concatenación, integración y depuración. La configuración de la planilla incluye las variables predictoras o explicativas desfasadas junto con la columna llamada AR-AL-CAT, la cual lleva solo valores 0 (Figura 85); cada 0 representa la posición del mes pronosticado por los datos de la fila que lo acompaña, es decir la información de cada fila es la que alimenta el pronóstico. Para este ejemplo, se quiere pronosticar la abundancia relativa de *A. catenella* de Región de Aysén en noviembre 2012 (mes 0).

	A	B	C	D	E	F	G
1	AÑO	MES	AR-AL-CAT	OXÍGENO(-5)	TEMPERATURA(-1)	VIENTOS(-2)	SALINIDAD(-3)
2	2009	7	0	7.68	9.92	2.80	29.01
3	2009	8	0	7.37	9.65	2.87	28.61
4	2009	9	0	7.46	9.68	2.51	29.77
5	2009	10	0	7.68	9.95	1.98	30.06
6	2009	11	0	8.33	10.42	2.49	30.50
7	2009	12	0	9.11	11.07	2.84	30.10
8	2010	1	0	9.61	11.61	3.08	29.27
9	2010	2	0	9.96	11.75	3.05	28.03
10	2010	3	0	10.29	12.12	3.46	27.25
11	2010	4	0	10.61	11.99	3.61	28.27
12	2010	5	0	9.91	11.61	3.53	28.95
13	2010	6	0	9.05	10.51	2.95	29.86
14	2010	7	0	8.73	9.79	2.74	29.86
15	2010	8	0	8.30	9.21	2.51	30.96
16	2010	9	0	8.17	9.00	2.41	30.76
17	2010	10	0	7.43	9.26	2.20	30.06
18	2010	11	0	7.71	10.16	2.18	29.80
19	2010	12	0	8.37	10.86	2.09	29.61
20	2011	1	0	9.07	11.85	2.36	29.47
21	2011	2	0	9.09	12.60	2.32	29.46
22	2011	3	0	8.72	13.55	2.64	28.88
23	2011	4	0	8.30	13.22	2.39	28.56
24	2011	5	0	8.61	12.29	1.95	27.64
25	2011	6	0	8.10	10.67	1.12	26.88

Figura 85. Presentación de la planilla Excel a utilizar para el pronóstico, región de Aysén.

Para importar la planilla se debe seleccionar Open (Figura 86).

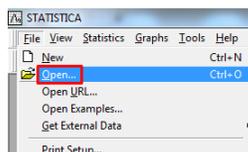


Figura 86. Ejemplo de cómo importar planilla Excel, paso 1.

En la ventana Open seleccionar como tipo de archivo la opción All files (*.*) y abrir (Figura 87).

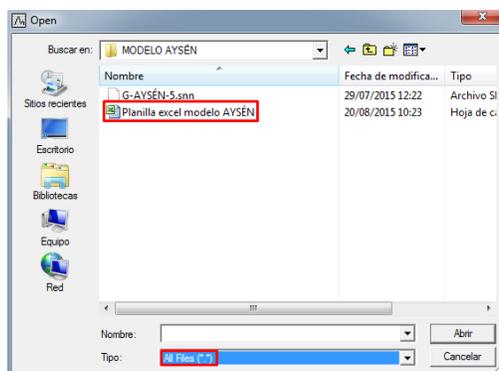


Figura 87. Ejemplo de cómo importar planilla Excel, paso 2.

Luego de seleccionar Import all sheets to a Workbook (Figura 88).

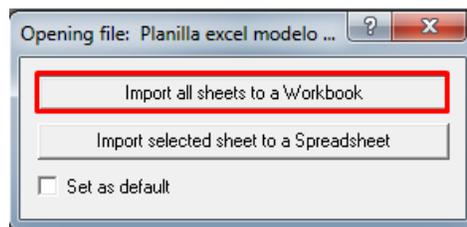


Figura 88. Ejemplo de cómo importar planilla Excel, paso 3.

En la ventana Open Excel Workbook, seleccionar Get variable names from first row y si desea mantener el formato de la celda, seleccionar Import cell formatting (Figura 89).

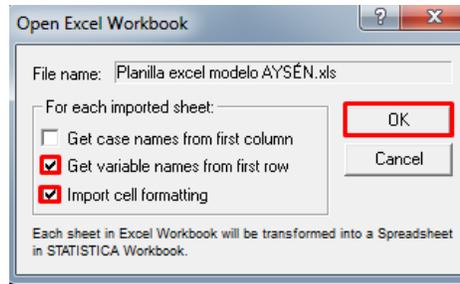


Figura 89. Ejemplo de cómo importar planilla Excel, paso 4.

Ahora que se importó la planilla Excel, seleccionar la pestaña Statistics para luego seleccionar el módulo Neural Networks (Figura 90).

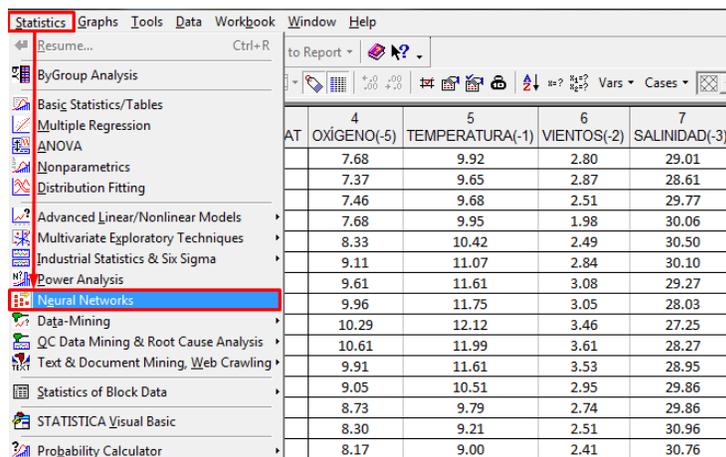


Figura 90. Ejemplo de cómo cargar planilla de datos en el módulo Neural Networks, paso1.

Dentro de este módulo se selecciona Sheet1, que corresponde a la planilla importada, para luego trabajar con ella (Figura 91).

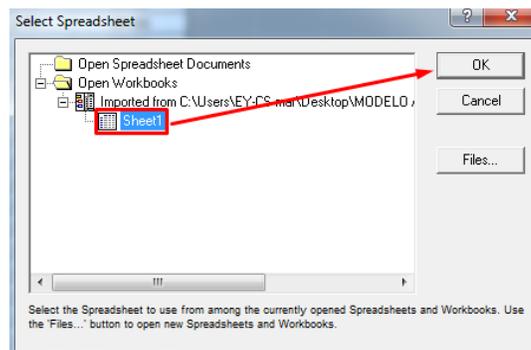


Figura 91. Ejemplo de cómo cargar planilla datos en módulo Neural Networks, paso 2.

Para ejecutar el pronóstico, tenemos que ir en primera instancia a la pestaña Quick, seleccionar el modo Custom Network Designer y seguido de esto las variables a utilizar (Figura 92).

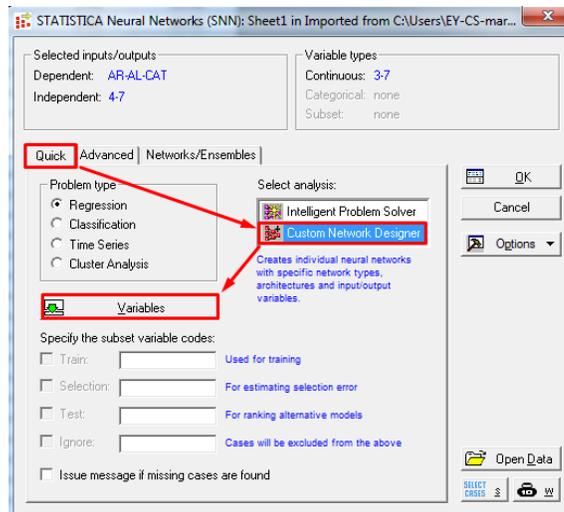


Figura 92. Ejemplo de cómo cargar planilla de datos en el módulo Neural Networks, paso 3.

Seleccionar AR-AL-CAT en Continuous Outputs y las variables explicativas en Continuous Inputs (Figura 93), las variables AÑO y MES, se incluyen en la planilla para identificar a que Mes corresponde el pronóstico (noviembre 2012 para este ejemplo), cabe señalar que se debe actualizar mes a mes para así ir generando la serie de pronósticos mensuales. Dado que la unidad menor de los desfases mensuales es 1, la capacidad de pronóstico del modelo es mensual.

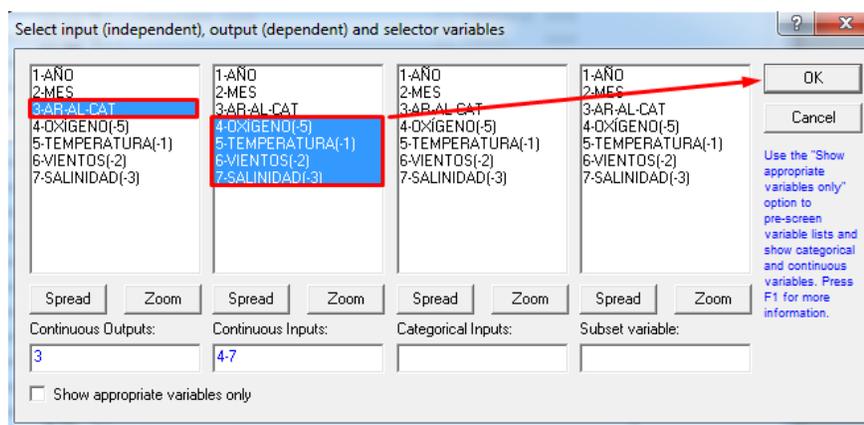


Figura 93. Ejemplo de cómo cargar planilla de datos en el módulo Neural Networks, paso 4.

Luego en la pestaña Advanced seleccionar Run Existing Model, este es el modo que se utiliza para hacer correr el modelo ajustado (Figura 94).

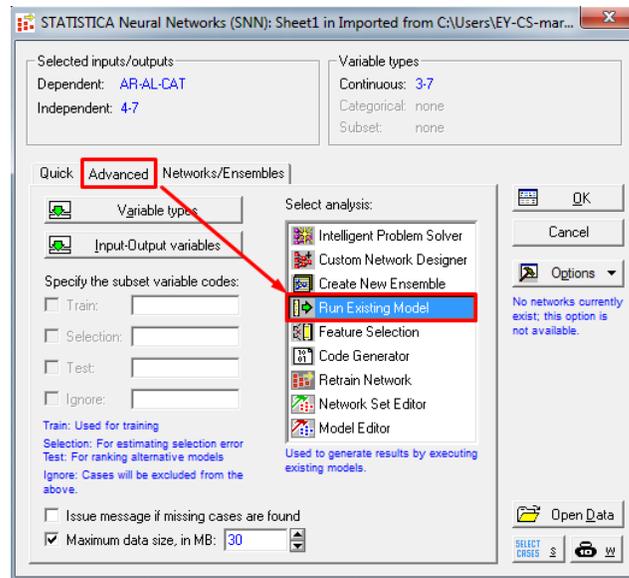


Figura 94. Ejemplo de cómo cargar modelo en el módulo Neural Networks, paso 1.

Una vez seleccionado el modo Run Existing Model seleccionar la pestaña Network/Ensembles y seguido de esto Open (Figura 95).

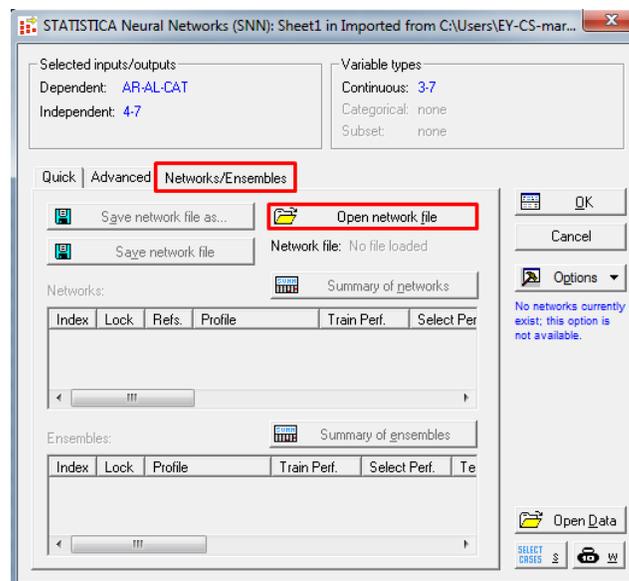


Figura 95. Ejemplo de cómo cargar modelo en el módulo Neural Networks, paso 2.

Abrir el archivo G-AYSÉN-5.snn contenido en la carpeta MODELO AYSÉN (Figura 96), este archivo contiene las 30 iteraciones realizadas para esta configuración, dentro de estas 30 la mejor es la número 23.

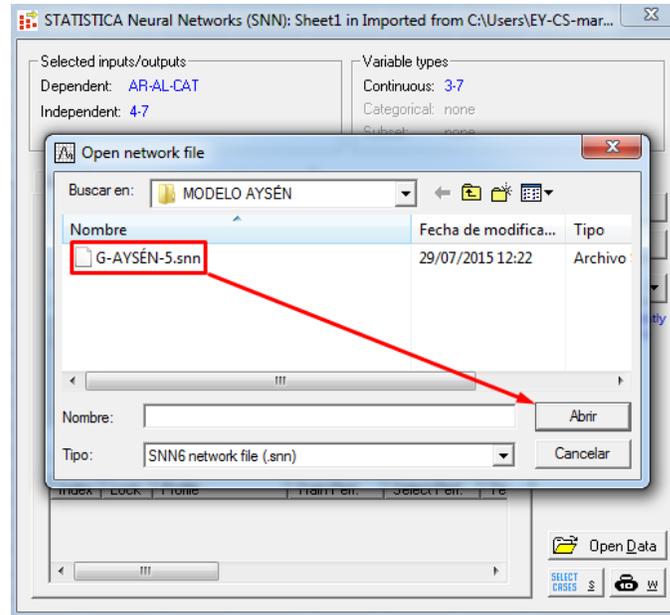


Figura 96. Ejemplo de cómo cargar modelo en el módulo Neural Networks, paso 2.

Una vez cargado el archivo G-AYSÉN-5.snn continuar con OK (Figura 97).

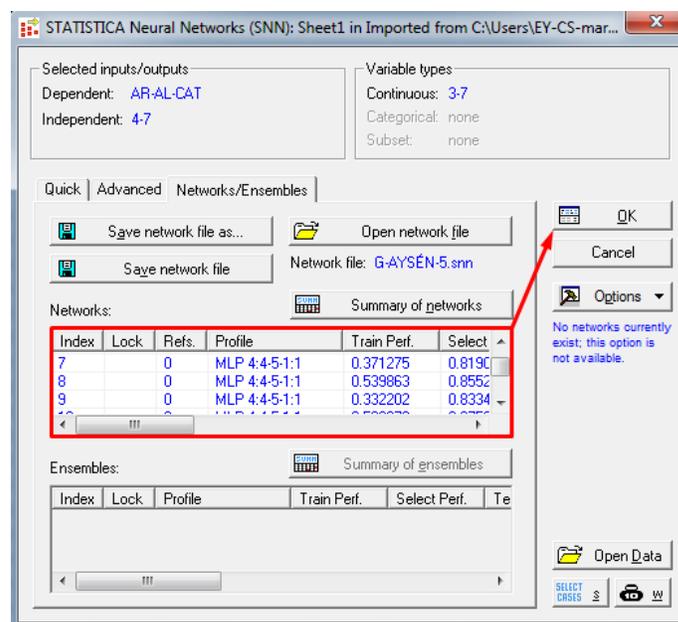


Figura 97. Ejemplo de cómo cargar modelo en el módulo Neural Networks, paso 3.

En la pestaña Select Models se selecciona la configuración 23, que es la que presentó el mejor ajuste del modelo y OK (Figura 98).

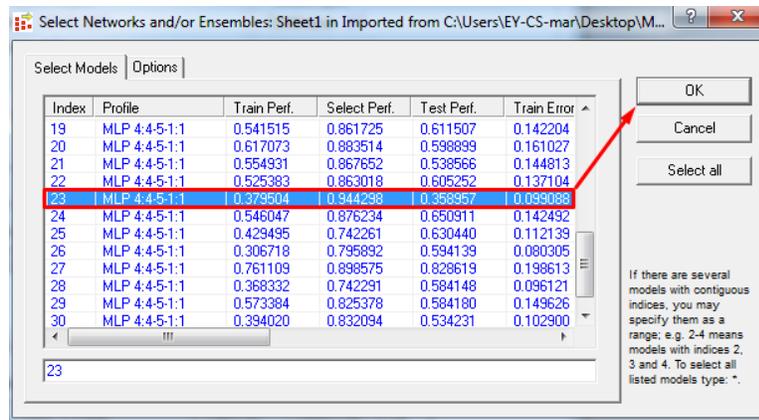


Figura 98. Ejemplo de cómo cargar modelo en el módulo Neural Networks, paso 4.

Luego en la pestaña Quick seleccionar Overall y posteriormente Predictions y OK (Figura 99).

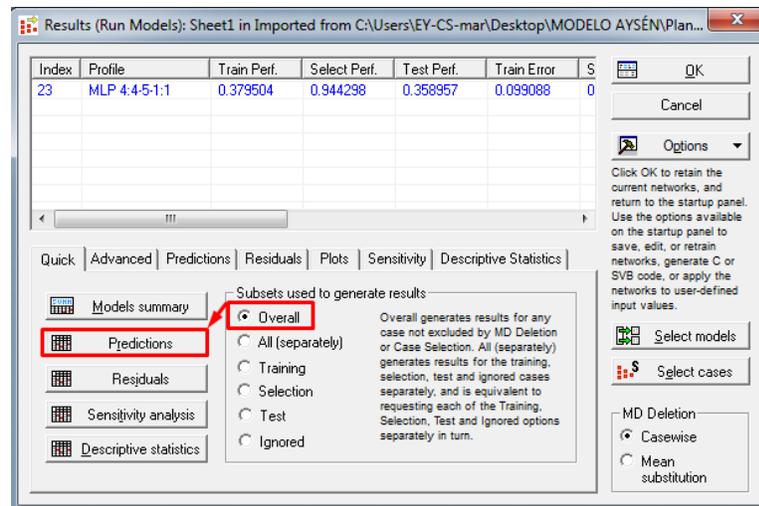


Figura 99. Ejemplo de cómo realizar pronóstico en el módulo Neural Networks.

El pronóstico ya ha sido realizado para la región de Aysén y es posible registrar y visualizar el último mes pronosticado, que en este caso corresponde al mes de noviembre del año 2012, tanto en la tabla (Figura 100) como en la gráfica de serie de tiempo (Figura

101). Para este caso el pronóstico de la abundancia relativa de *A. catenella* para noviembre 2012 es de 1.89, mientras que el valor observado fue de 2.0 lo que demuestra una buena respuesta del modelo.

Prediction (23) (Sheet1 in Imported		
	AR-AL-CAT	AR-AL-CAT.23
1	0.00	1.422859
2	0.00	1.480023
3	0.00	1.320805
4	0.00	1.041466
5	0.00	2.042643
6	0.00	1.340696
7	0.00	0.956346
8	0.00	0.224248
9	0.00	0.502332
10	0.00	1.072478
11	0.00	0.850835
12	0.00	0.677514
13	0.00	0.639220
14	0.00	0.398370
15	0.00	0.065404
16	0.00	0.753634
17	0.00	1.402857
18	0.00	1.901651
19	0.00	2.180229
20	0.00	2.676967
21	0.00	2.596737
22	0.00	2.182128
23	0.00	1.673294
24	0.00	1.294955
25	0.00	0.516378
26	0.00	0.533612
27	0.00	0.657383
28	0.00	1.003319
29	0.00	1.066392
30	0.00	1.203508
31	0.00	1.543869
32	0.00	1.631450
33	0.00	2.339343
34	0.00	1.413459
35	0.00	2.272880
36	0.00	1.541519
37	0.00	1.372846
38	0.00	1.197089
39	0.00	1.073857
40	0.00	1.080733
41	0.00	1.893828

Figura 100. Ejemplo de pronóstico de noviembre 2012 para la región de Aysén.

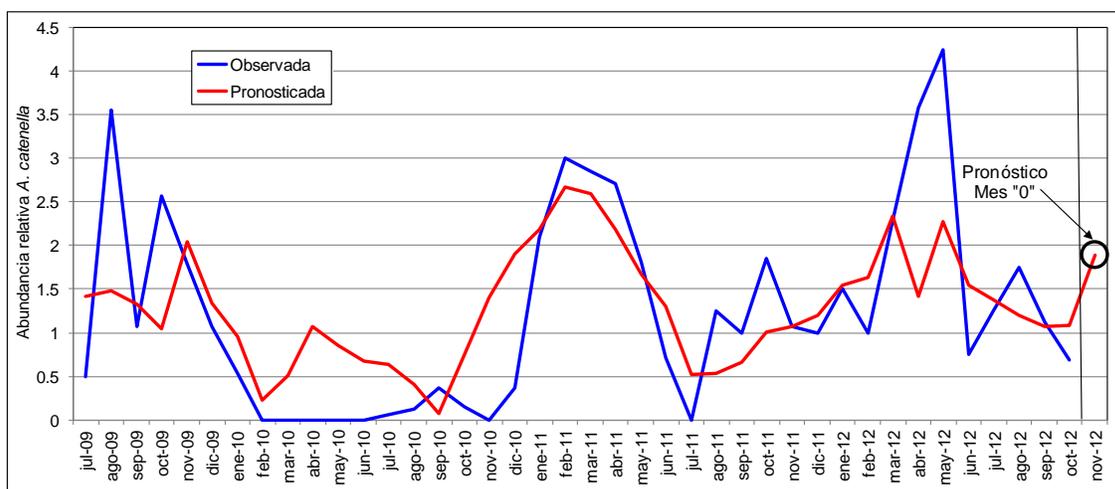


Figura 101. Abundancia relativa de *Alexandrium catenella* observada (hasta el octubre 2012) y pro como serie de tiempo mensual con el último mes pronosticado (hasta noviembre 2012).

4.2.2.4.3. Modelo RNA de abundancia relativa de *A. catenella*: Región de Los Lagos.

Para el modelo de RNA se consideraron los datos mensuales de abundancia relativa de *Alexandrium catenella* obtenidos de los distintos cruceros del Programa de Monitoreo de Marea Roja, junto con variables ambientales desfasadas en el tiempo (escala mensual). Estimados de la abundancia mensual de *Alexandrium catenella* constituyen finalmente la variable de salida de los modelos.

4.2.2.4.3.1. Series temporales de variables utilizadas en el modelo para la región de Los Lagos.

Se construyen series temporales de la abundancia relativa y variables ambientales, promediando los datos de las estaciones de muestreo pertenecientes a los grupos determinadas en el ACP y mostrados en la Tabla 38. El grupo de estaciones de muestreo o área de influencia usadas en el modelo RNA de series temporales se muestra en la Figura 102.

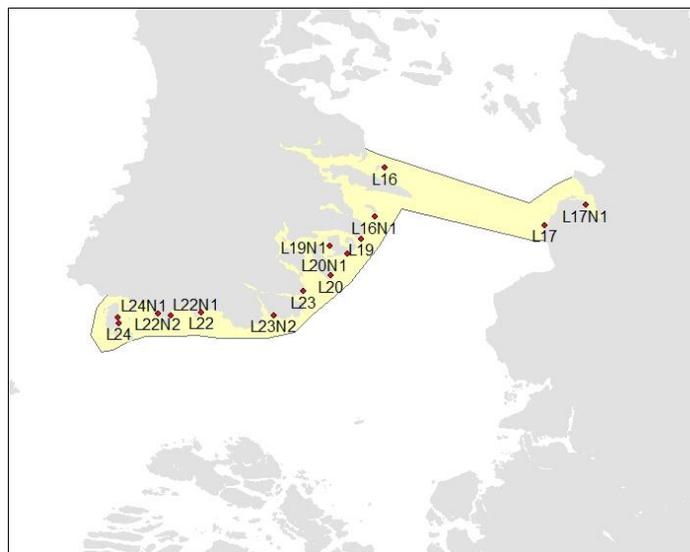


Figura 102. Grupo de estaciones de muestreo o área de influencia usadas en el modelo RNA de *Alexandrium catenella* para Región de Los Lagos.

Las variables utilizadas para la modelación son abundancia relativa *Alexandrium catenella* (Figura 103), oxígeno0-10 (Figura 104), temperatura0-10 (Figura 105), salinidad0-10 (Figura 106), clorofila0-10 (Figura 107) y vientos (Figura 108).

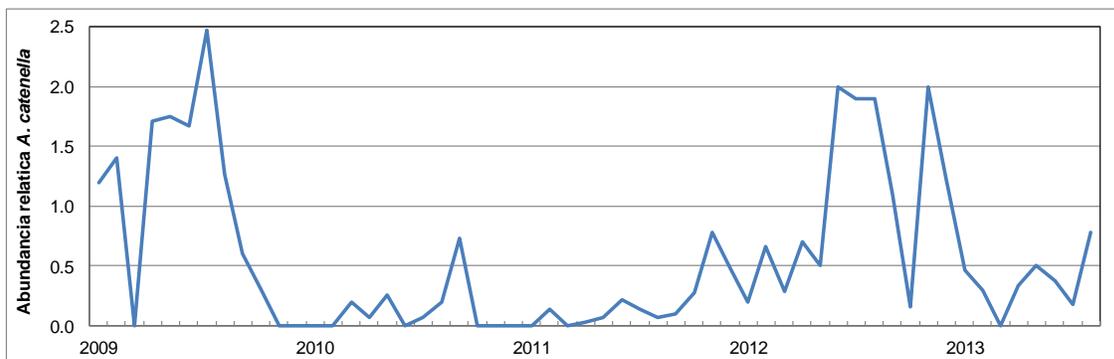


Figura 103. Abundancia relativa de *Alexandrium catenella* promedio del grupo de estaciones de muestreo (Los Lagos) determinadas con componentes principales.

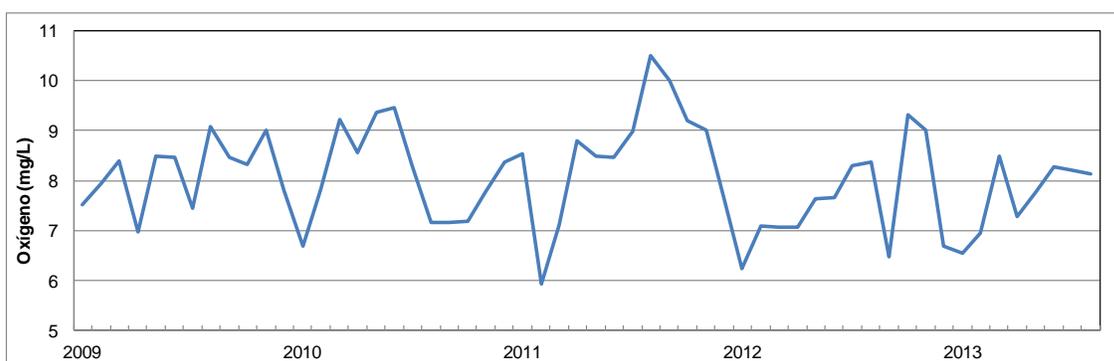


Figura 104. Concentración de oxígeno disuelto 0-10 m promedio del grupo de estaciones de muestreo (Los Lagos) determinadas con los componentes principales.

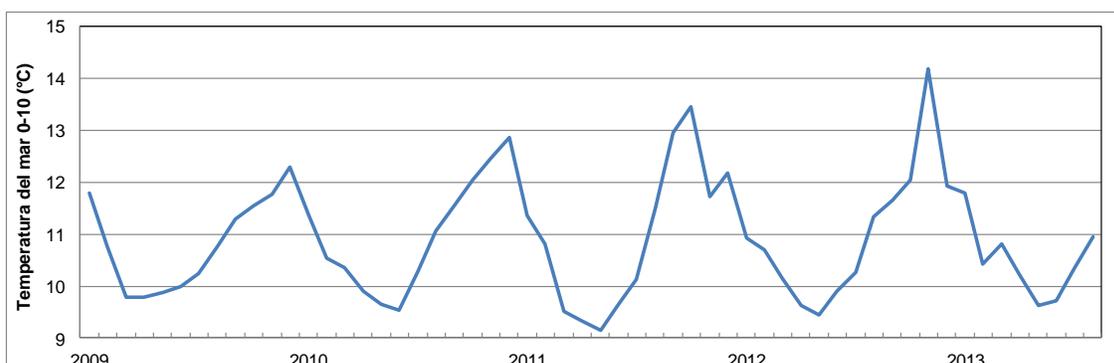


Figura 105. Temperatura del mar 0 - 10 m promedio del grupo de estaciones de muestreo (Los Lagos) determinadas con el análisis de componentes principales.

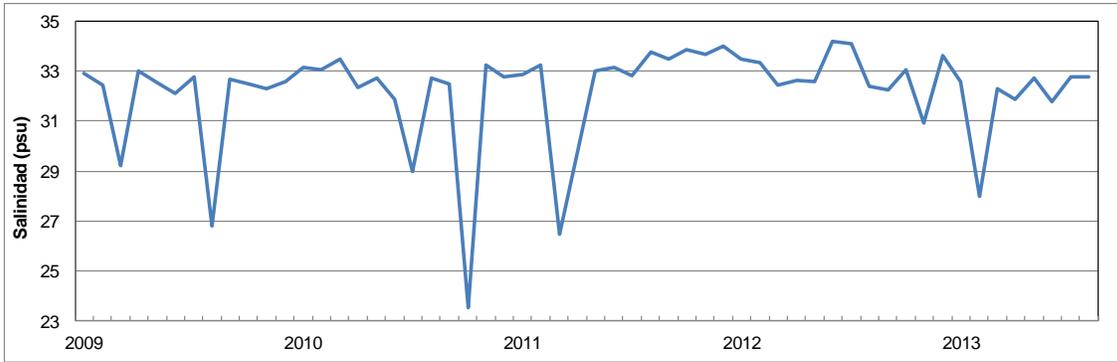


Figura 106. Salinidad del mar 0 -10 m promedio del grupo de estaciones de muestreo (Los Lagos) determinadas con el análisis de componentes principales.

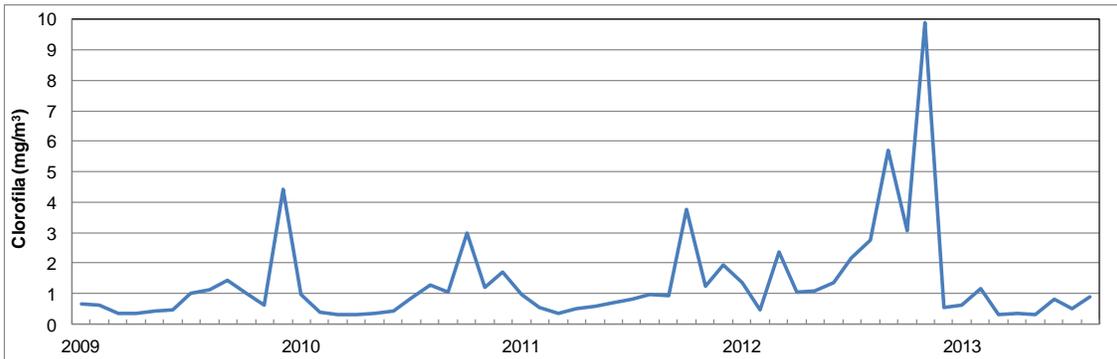


Figura 107. Clorofila 0 - 10 m promedio del grupo de estaciones de muestreo (Los Lagos) determinadas con el análisis de componentes principales.

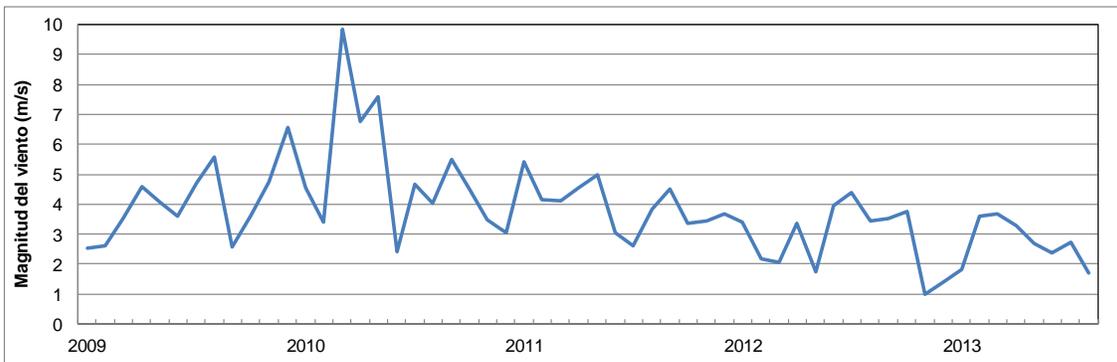


Figura 108. Velocidad del viento promedio del grupo de estaciones de muestreo (Los Lagos) determinadas con el análisis de componentes principales.

4.2.2.4.3.2. Análisis previo de los datos modelados: Región de Los Lagos.

Cuando existen muchas variables es posible que parte importante sea redundante, en cuyo caso es necesario eliminar el exceso y dejar sólo aquellas que tengan representatividad dentro del conjunto. Esto se consigue con la aplicación de las técnicas multivariantes de reducción de la dimensión.

4.2.2.4.3.2.1. Análisis de correlación: Región de Los Lagos.

En la Tabla 47 no se observan correlaciones significativas (0.7) entre las variables ambientales, por lo que ninguna variable es excluida del modelo en esta etapa.

Tabla 47. Matriz de correlación entre variables ambientales Los Lagos.

MATRIZ DE CORRELACIÓN					
	Temperatura0-10	Oxígeno0-10	Viento	Salinidad0-10	Clorofila0-10
Temperatura0-10	1				
Oxígeno0-10	0.09	1			
Viento	-0.15	0.23	1		
Salinidad0-10	0.12	0.07	-0.08	1	
Clorofila0-10	0.61	0.03	-0.17	-0.08	1

4.2.2.4.3.2.2. Análisis de componentes principales (ACP): Región de Los Lagos.

Con el ACP se generan cinco factores que en su conjunto contienen el 100% de la varianza. De acuerdo con criterio de Kaiser, se seleccionan los factores 1, 2 y 3 que explican el 34%, 24% y 21% respectivamente, con el 79% de varianza total (Tabla 48).

Tabla 48. Valores calculados a partir del ACP de las variables ambientales.

	Valor propio	% de la varianza	% acumulado
1	1.69	33.79	33.79
2	1.21	24.26	58.05
3	1.05	21.01	79.06
4	0.69	13.78	92.83
5	0.36	7.17	100

La matriz de correlación de las variables ambientales con cada factor principal muestra los mayores valores de la salinidad0-10, oxígeno0-10 y viento con el factor 1; en tanto que la temperatura0-10 y clorofila0-10 son las variables con mayor correlación para la componente 2 (Tabla 49).

Tabla 49. Correlación entre variables ambientales con los principales factores.

	Componentes principales		
	1	2	3
Temperatura0-10	0.87		
Oxígeno0-10		0.84	
Viento		0.67	
Salinidad0-10			0.95
Clorofila0-10	0.87		

4.2.2.4.3.2.3. Correlaciones cruzadas: Región de Los Lagos.

El oxígeno0-10 alcanza valores significativos de correlación cruzada a través de la función Hipérbola rectangular II con -6 meses (Figura 105). La temperatura0-10 obtiene su valor máximo de correlación a -2 meses con la función Cauchy. La salinidad0-10 muestra una alta correlación a -5 meses; la variable clorofila0-10 presenta su más alta correlación en el mes -2. El viento muestra la más alta correlación en -2 meses (Figura 109).

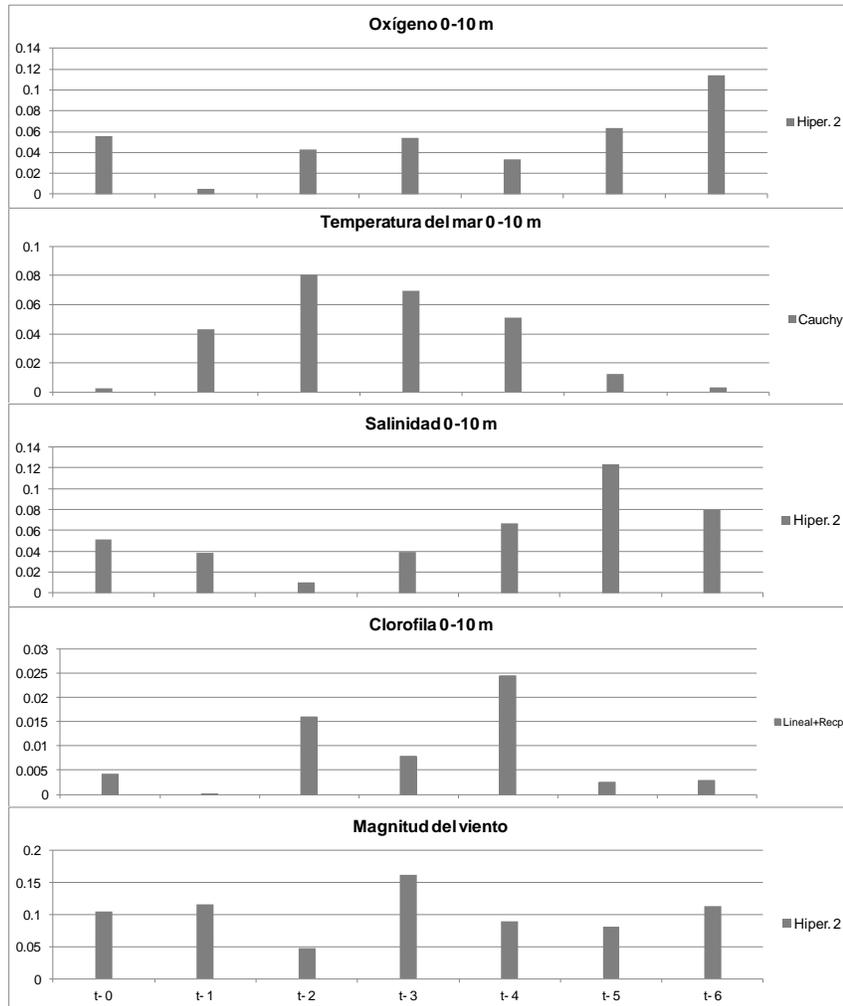


Figura 109. Correlación no lineal entre la abundancia relativa de *Alexandrium catenella* y variables ambientales.

4.2.2.4.3.3. Construcción y validación del modelo de abundancia relativa de *Alexandrium catenella* con redes neuronales artificiales para Región de Los Lagos.

Ya conocidos los desfases de las variables explicativas en función de la variable a explicar (Abundancia relativa), es posible estructurar la planilla de datos de entrada al modelo.

4.2.2.4.3.3.1. Estructura de la planilla de datos: Región de Los Lagos.

Los modelos de redes neuronales tienen entonces como variables de entrada para la Región de Los Lagos el oxígeno0-10, temperatura0-10, salinidad0-10, clorofila0-10 y

viento, todas estas desfasadas en el tiempo a escala mensual y suavizada mediante un promedio móvil de tres meses. (Tabla 50).

Tabla 50. Estructura de la planilla de datos de ingreso al modelo de RNA Los Lagos, donde AR_AL_CAT es la abundancia relativa de *A. catenella* y entre paréntesis se muestra el desfase en meses de las variables ambientales predictoras.

AR_AL_CAT	Temperatura0-10 (-2)	Oxígeno0-10 (-5)	Viento (-3)	Salinidad0-10 (-5)	Clorofila0-10(-2)
1.80	10.03	7.95	4.08	31.56	0.63
1.44	10.33	7.77	4.13	31.60	0.86
0.72	10.77	7.96	4.62	32.56	1.18
0.30	11.20	7.98	4.29	32.48	1.18
0.10	11.53	8.14	3.93	30.56	1.01
0.00	11.86	8.33	3.65	30.75	2.02
0.00	11.80	8.33	4.99	30.65	2.00
0.07	11.40	8.62	5.29	32.47	1.92
0.09	10.75	8.60	4.84	32.45	0.55
0.18	10.27	8.38	5.93	32.68	0.34

4.2.2.4.3.3.2. Medidas de precisión aplicadas en la fase de validación del modelo.

Los modelos de redes neuronales tienen entonces como variables de entrada para la región de Los Lagos el oxígeno0-10, temperatura0-10, salinidad0-10, clorofila0-10 y viento, todas estas desfasadas en el tiempo a escala mensual y suavizadas con mediante un promedio móvil de tres meses (Tabla 51).

Tabla 51. Configuración de la planilla de datos de ingreso al modelo de RNA la región -de Los Lagos.

AR_AL_CAT	Temperatura0-10 (-2)	Oxígeno0-10 (-5)	Viento (-3)	Salinidad0-10 (-5)	Clorofila0-10(-2)
1.80	9.88	7.95	4.05	31.53	0.41
1.44	10.03	7.77	4.08	31.56	0.63
0.72	10.33	7.96	4.13	31.60	0.86
0.30	10.77	7.98	4.62	32.56	1.18
0.10	11.20	8.14	4.29	32.48	1.18
0.00	11.53	8.33	3.93	30.56	1.01
0.00	11.86	8.33	3.65	30.75	2.02
0.07	11.80	8.62	4.99	30.65	2.00
0.09	11.40	8.60	5.29	32.47	1.92
0.18	10.75	8.38	4.84	32.45	0.55

En la Tabla 52 se observan los resultados del modelo de la región de Los Lagos, con 5 nodos en la capa de entrada, de 2 a 8 nodos en la capa oculta y 1 nodo en la capa de salida

(abundancia relativa *Alexandrium catenella*). La mejor arquitectura seleccionada en función de los índices de error, corresponde a 5:03:1; es decir, 5 nodos en la capa de entrada, 3 nodos en la capa oculta y 1 nodo en la capa de salida.

La mejor configuración obtuvo una varianza explicada del 91% (Tabla 52). El índice de persistencia (PI) de 0,58 y el error estándar de predicción revela cierta dispersión entre las series observadas y estimadas, lo cual se ve reflejado en el valor que alcanza un 70,6%, sin embargo el error cuadrático medio es de 0.30.

Tabla 52. Resultado de la validación externa para el modelo de la región de Los Lagos.

Arquitectura	N	Parámetros	R	R ²	rms	sep	e	arv	PI
5:02:01	2	12	0.900	0.810	0.297	66.291	0.686	0.314	0.816
5:03:01	3	18	0.952	0.907	0.298	70.686	0.556	0.444	0.579
5:04:01	4	24	0.904	0.816	0.545	74.396	0.108	0.892	-0.368
5:05:01	5	30	0.829	0.686	0.326	65.913	0.581	0.419	0.429
5:06:01	6	36	0.912	0.831	0.255	40.008	0.826	0.174	0.825
5:07:01	7	42	0.627	0.393	0.438	83.339	0.210	0.790	0.373
5:08:01	8	48	0.838	0.702	0.050	10.680	0.995	0.005	0.997

La Figura 110 muestra la abundancia relativa de *Alexandrium catenella* observadas y estimadas en la fase de validación externa, del mejor modelo (5:03:1). En el gráfico se observa que la tendencia de la abundancia relativa es bien recogida con un $R^2 = 0.55$ (Figura 110).

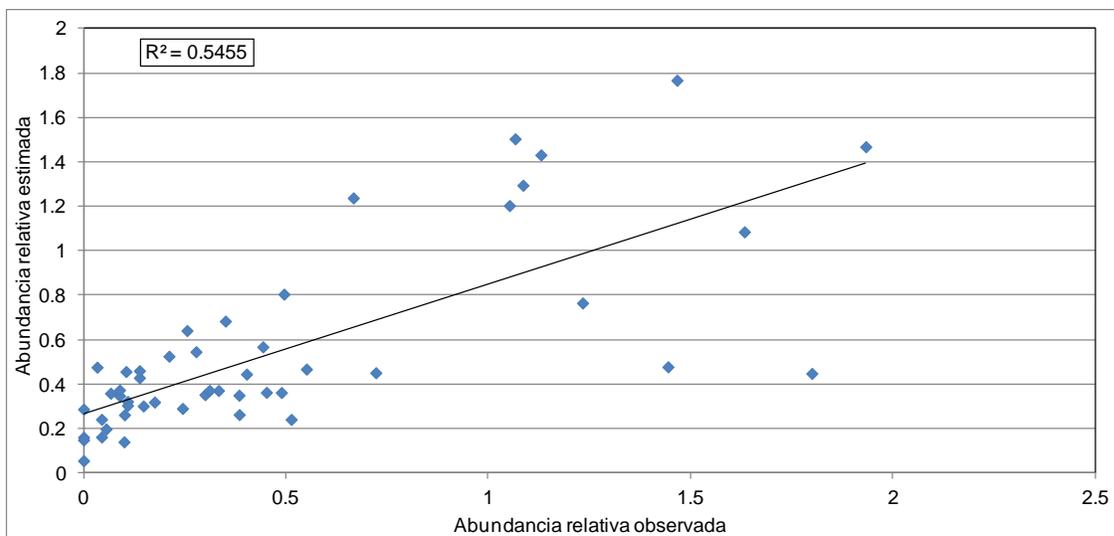


Figura 110. Relación entre la abundancia relativa de *Alexandrium catenella* observada y estimada para la Región de Los Lagos.

Del análisis se desprende que el mejor modelo seleccionado presenta alta sensibilidad a los cambios en la temperatura0-10, seguida de las variables oxígeno0-10 y viento; mientras que la salinidad0-10 es la variable que menos influye en el modelo (Tabla 53). Las variables con ratios cercanos a 1 no tendrían efecto en el modelo e incluso lo harían menos eficiente.

Tabla 53. Análisis de sensibilidad del modelo de la región de Los Lagos.

Variable	Ratio	Ranking
Salinidad0-10 (-5)	2.28	1
Oxígeno0-10 (-5)	1.74	2
Temperatura0-10 (-2)	1.33	3
Clorofila0-10 (-2)	1.21	4
Viento (-3)	1.01	5

4.2.2.4.3.4. Semiautomatización del modelo RNA de abundancia relativa de *A. catenella*: Región de Los Lagos

Al igual que lo expuesto anteriormente para la región de Aysén, para la región de Los Lagos se ejecuta el mismo procedimiento, según el modelo conceptual (Figura 83), es decir normalización e integración de las planillas Excel, generación de una planilla Excel con series de tiempo desfasadas en meses de acuerdo al modelo ajustado, importación de la planilla Excel al software STATISTICA, carga y ejecución de la predicción del modelo

de RNA ajustado y tabulación de los datos estimados y grafica de la serie temporal con predicción del modelo en Excel.

En este caso el archivo .snn que contiene el modelo ajustado para la región de Los Lagos se llama G-LOS LAGOS-3.snn y está contenido en la carpeta MODELO LOS LAGOS (Figura 111), este archivo contiene las 30 iteraciones realizadas para esta configuración, dentro de estas 30 la mejor es la número 22.

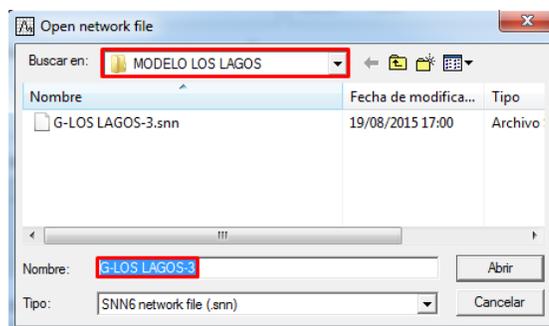


Figura 111. Ubicación del modelo ajustado para la región de Los Lagos en el módulo Neural Networks.

Para la región de Los Lagos es posible registrar y visualizar el último mes pronosticado, que en este caso corresponde al mes de noviembre del año 2012, tanto en la tabla (Figura 112) como en la gráfica de serie de tiempo (Figura 113). Para este caso el pronóstico de la abundancia relativa de *A. catenella* para noviembre 2012 es de 1.34, mientras que el valor observado para ese mes fue de 1.63 lo que demuestra una buena respuesta del modelo.

Prediction (22) (Sheet1 in Imported from		
	AR.AL.CAT	AR.AL.CAT.22
1	0.00	0.448073
2	0.00	0.398463
3	0.00	0.129727
4	0.00	0.056177
5	0.00	0.260613
6	0.00	0.359685
7	0.00	0.360991
8	0.00	0.343609
9	0.00	0.339426
10	0.00	0.294176
11	0.00	0.333952
12	0.00	0.337218
13	0.00	0.360523
14	0.00	0.297884
15	0.00	0.135260
16	0.00	0.260649
17	0.00	0.259463
18	0.00	0.200979
19	0.00	0.281483
20	0.00	0.415317
21	0.00	0.569692
22	0.00	0.492524
23	0.00	0.449638
24	0.00	0.210222
25	0.00	0.266170
26	0.00	0.250240
27	0.00	0.225176
28	0.00	0.327219
29	0.00	0.352504
30	0.00	0.411078
31	0.00	0.682873
32	0.00	1.369737
33	0.00	1.993801
34	0.00	1.895421
35	0.00	1.341706

Figura 112. Ejemplo de pronóstico de noviembre 2012 para la región de Los Lagos.

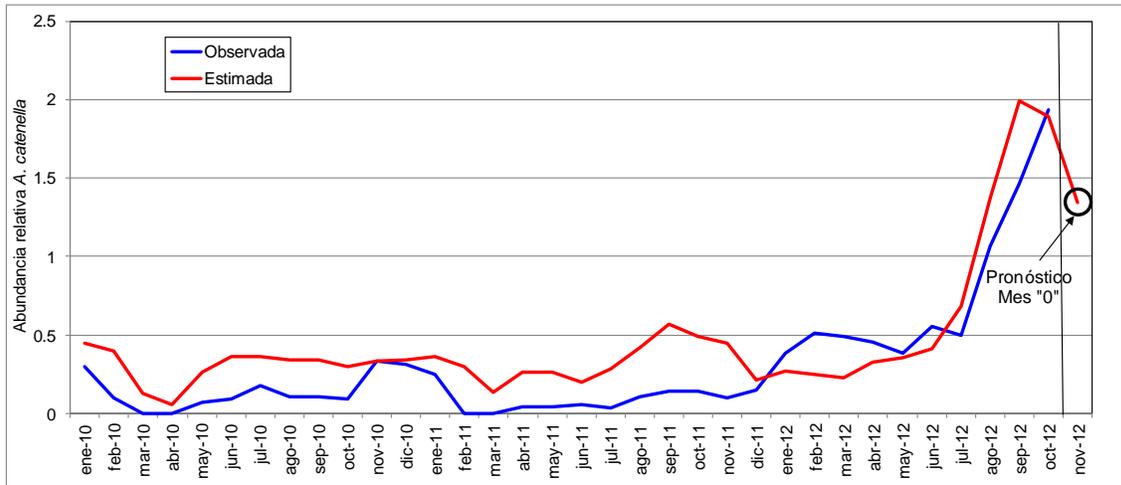


Figura 113. Abundancia relativa de *A. catenella* observada (hasta octubre 2012) y como serie de tiempo mensual con el último mes (0) pronosticado (noviembre 2012).

4.2.3. Modelación con Modelos Generalizados

Se usa un enfoque de construcción de modelos generalizados. El Modelo lineal generalizado (GLM, general linear model) es una generalización simple del modelo de regresión lineal, donde las variables predictoras (X_i) son relacionadas a una variable respuesta (Y):

$$Y = \alpha + \sum_{i=1}^n \beta_i X_i + \varepsilon$$

donde α y β_i son constantes y ε es el error.

Los modelos aditivos generalizados (GAM, Generalized Additive Model) son una extensión del modelo lineal (1) que permiten que las funciones lineales de los predictores sean remplazadas por funciones de suavización arbitrarias:

$$Y = \alpha + \sum_{i=1}^n f_i(X_i) + \varepsilon$$

donde f_i es desconocido y son estimados con suavizadores de gráficos de dispersión.

Se sigue el enfoque metodológico aplicado por Silva et al. (2015) para el pronóstico de la abundancia en función de variables ambientales. Este enfoque construye como primera etapa un GAM para examinar gráficamente la forma de la relación entre las variables y después se trata de encontrar un GLM que aporte una forma cercana (p.e., modelando con polinomios) y describa adecuadamente los datos evitando las complejidades inherentes a los GAM.

4.2.3.1. Modelo de predicción de abundancia absoluta de *Alexandrium catenella*

Congruente con las bases técnicas y propuesta del proyecto, la información disponible del Programa de Monitoreo de Marea Roja sólo considera la abundancia absoluta (Células/litro) de *Alexandrium catenella*. El modelo considera la planilla Excel de abundancia absoluta de *Alexandrium catenella* y variables ambientales (clorofila a 0-10 m, temperatura 0- 10 m, oxígeno disuelto 0 - 10 m y salinidad 0 - 10 m y magnitud del viento), geográficas (latitud, longitud), temporal (mes) del período 2008 - 2013 que se compone de un total de 3720 registros (Figura 114).

J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
MES	long	lat	AA S_0-10m	log_cloa	cl_0-10	ox_0-10	t_0-10	s_0-10	viento
4	-73.79417	-43.39806	800	1.13535531	13.657	7.79333333	11.518333	33.193333	1.36
8	-73.20917	-44.25194	200	0.40953864	2.5676667	8.87333333	14.051333	23.966667	7
8	-73.07056	-44.26333	700	0.25607601	1.80333333	8.1966667	12.791333	28.936667	7.2
8	-73.17389	-44.21722	2000	0.65087391	4.4758333	8.87333333	13.327	28.983333	3.5
11	-73.20917	-44.25194	700	-0.0435314	0.904625	11.7533333	10.262333	29.54	3.3
10	-73.19028	-44.06472	100	0.03672868	1.08825	11.3633333	10.394	30.563333	1.5
10	-73.20917	-44.25194	100	-0.148305	0.7107143	11.866667	10.123667	28.626667	3.5
10	-73.07056	-44.26333	100	0.42537117	2.663	12.02	10.307	29.27	2.7
10	-72.99	-44.35389	300	-0.240836	0.5743333	11.686667	10.193667	27.416667	3.6
10	-73.63583	-43.92778	200	0.74225741	5.5240476	9.94	10.132333	32.016667	1.8
10	-73.73	-44.06222	100	0.35314655	2.255	9.15	9.8953333	32.233333	7
4	-73.29417	-44.37556	100	-0.0280287	0.9375	9.6266667	12.349		1.1
4	-73.00167	-43.82417	100	-0.5785136	0.2639286	8.36	12.024	30.443333	3.5

Figura 114. Ejemplo de la planilla de datos de abundancia absoluta de *Alexandrium catenella* (AA S_0-10m) en Cel/L, mes, latitud, longitud y variables ambientales como clorofila a 0-10 m (cl_0-10), temperatura 0- 10 m (t_0-10), oxígeno disuelto 0 - 10 m (ox_0-10) y salinidad 0 - 10 m (s_0-10) y magnitud del viento (viento).

Antes del análisis y modelación de los datos se hace un test de normalidad para ver si se deben transformar. En la Figura 115 se muestra la distribución de los datos de las variables.

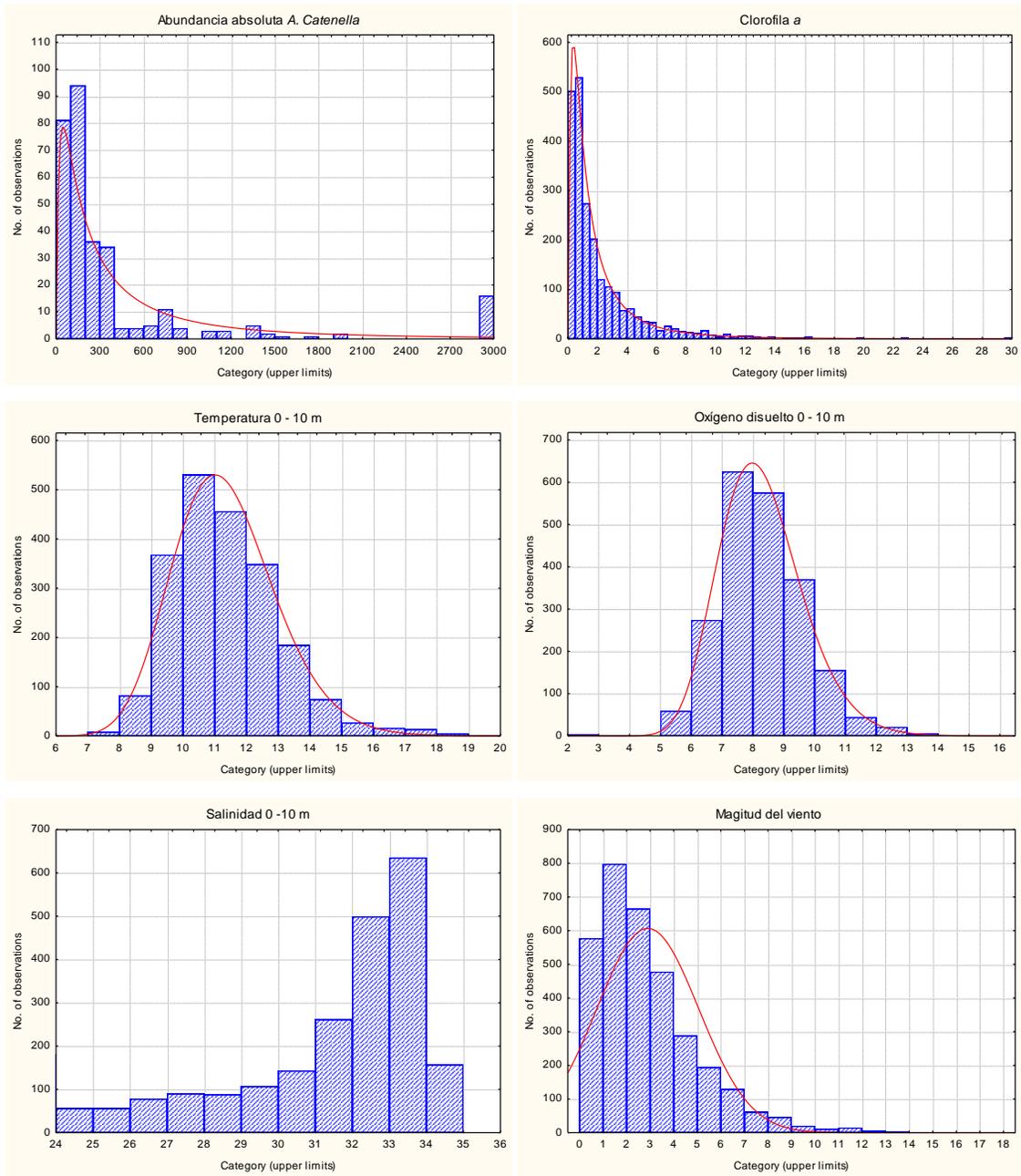


Figura 115. Distribución de los datos de *Alexandrium catenella* (AA S_0-10m) en Cel/L y variables ambientales como clorofila a 0-10 m (cl_0-10), temperatura 0- 10 m (t_0-10), oxígeno disuelto 0 - 10 m (ox_0-10) y salinidad 0 - 10 m (s_0-10) y magnitud del viento (viento).

Dada su distribución se transforman los datos de abundancia absoluta de *A. catenella* y de clorofila *a* por el logaritmo (base 10) para normalizar, quedando la distribución de los datos después de la transformación como se muestra en la Figura 116.

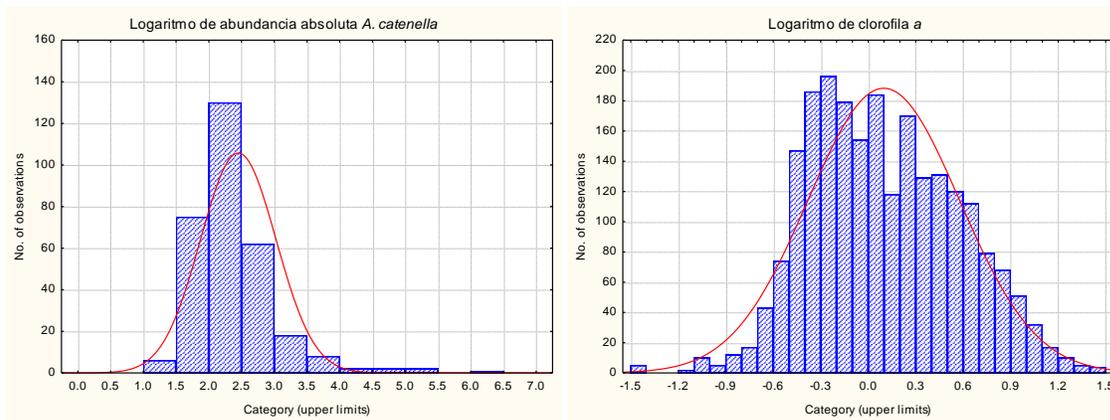


Figura 116. Distribución de los datos después de transformación logarítmica de la abundancia absoluta de *Alexandrium catenella* (AA S_0-10m) y clorofila *a*.

4.2.3.1.1. Modelos aditivos generalizados (GAM)

De igual manera que los modelos lineales que asumen errores normales pueden generalizarse a GLM con otras distribuciones de los errores, los modelos aditivos pueden generalizarse a GAM (Generalized Additive Models). Si esperamos *a priori* que existan patrones no lineales entre las variables respuesta y las explicativas, o bien estos se revelan tras el examen de los gráficos diagnóstico de un GLM, es razonable emplear un GAM. El modelo aditivo generalizado, presentado por Hastie y Tibshirani (1990), es una extensión de los modelos tradicionales de regresión lineal para el análisis de los datos, que incorpora la no linealidad y la regresión no paramétrica. El modelo está construido por la suma de funciones suavizadas (splines) de las variables predictoras, pudiendo ser estas variables continuas, variables categóricas, número de casos y series de datos. A diferencia de los modelos de regresión lineal donde se deben determinar los parámetros correspondientes a cada uno de los predictores x_i , el modelo sustituye $\sum \beta_i x_i$ por una suma de funciones no necesariamente lineales $\sum a_i f_i(x_i)$, donde cada una de las f_i es estimada de manera muy flexible, pudiendo estas mostrar el efecto no lineal de esa relación. El método permite definir las funciones de manera muy general, pudiendo existir términos como $\sum f_i(x_i, x_j)$ propuestos por el analista. Este modelo está implementado en diversos paquetes estadísticos como por ejemplo el software STATISTICA. Entre las bondades de estos modelos están la no necesidad de probar que las variables son independientes y si tienen o no una distribución normal. Los algoritmos

inclusive permiten introducir indicaciones respecto a la distribución (binomial, poisson, y algunas otras); las funciones de las relaciones que revelan los modelos permiten una comprensión mucho mayor que la de los coeficientes betas suponer la relación lineal de la regresión tradicional, ya que los efectos no son constantes dentro del rango de variación de las variables.

Para ejecutar el módulo GAM usamos el software STATISTICA en específico el módulo Generalized Additive Models que se encuentra en el Menú Statistics => Data-Mining. Utilizamos las tablas de datos resultantes de la estructuración de los datos que integran variables biológicas, ambientales y geográficas. Una vez ingresadas las tablas al formato STATISTICA se selecciona la distribución de la variable dependiente (abundancias) como Normal y la función de unión como Identity. Se deben especificar las variables del GAM, para este modelo se seleccionan como variable dependiente la abundancia absoluta de *A. catenella* y como variables predictoras el mes, latitud, longitud, logaritmo de clorofila0-10, oxígeno0-10, temperatura0-10, salinidad0-10 y magnitud del viento.

Se obtiene como resultado un Resumen del Ajuste donde se sintetizan las estadísticas de resultados para cada variable predictora (Figura 117). Se obtiene el p-valor no-lineal que proporciona un p-valor aproximado para la comparación de los GAM con el Modelo Lineal Generalizado / no lineal, es decir, una indicación de si los parámetros agregados (complejidad) del modelo aditivo generalizado mejoran significativamente la calidad del ajuste de los datos. Para obtener más información se debe consultar Hastie y Tibshirani (1990).

Fit summary (Base-consolidada-marearaja-2008-2014.sta)						
Response: log_aa						
Distribution: Normal; link function: Identity						
	Variable index	Degr. of freedom	GAM coef.	Standard Error	Std. Score	Non-Linear p-value
Intcpt	0	1.000000	22.50646	12.63681	1.78102	
MES	1	4.000317	0.02009	0.01093	1.83865	0.007902
long	2	4.002559	0.42006	0.13168	-3.19000	0.000002
lat	3	4.000223	-0.19107	0.16904	-1.13036	0.007568
log_cloa	4	4.001032	0.13642	0.06715	2.03162	0.005352
ox_0-10	5	4.001237	-0.02240	0.02880	-0.77772	0.004865
t_0-10	6	3.995336	0.06819	0.02642	2.58077	0.005166
s_0-10	7	4.001225	0.05133	0.01799	2.85349	0.006262
viento	8	4.001615	-0.00609	0.01490	-0.40885	0.020757

Figura 117. Planilla de resultado Resumen de Ajuste del modelo GAM. Con color rojo se muestran las variables que son estadísticamente significativas (Non-Linear p-value < 0.01) y que entran en el modelo GAM, en este caso son el mes, latitud, longitud, clorofila 0-10, temperatura0-10, salinidad0-10m y viento para la abundancia absoluta de *A. catenella* como variable respuesta.

El Coeficiente de determinación (R^2) es entregado en la tabla Summary statistics.

$$R^2 = \frac{scE}{scG} = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}$$

El coeficiente de determinación mide la proporción de variabilidad total de la variable dependiente (y_i) respecto a su media que es explicada por el modelo de regresión entre el observado y el estimado.

Para el modelo de abundancia absoluta de *A. catenella* como variable dependiente con variables predictoras como mes, latitud, longitud, logaritmo de clorofila0-10, temperatura0-10, salinidad0-10, oxígeno0-10 y viento se observa que el modelo explica el 49.05% de la varianza de los datos (Figura 118).

Summary statistics (Base-consolidada-marearaja-2008-2014.sta)							
Response: log_aa							
Distribution: Normal; link function: Identity							
	Final deviance	Residual df	Num. of obs	Outer iter num	Num. of smooths	Scale Estimate	R square *100 %
Statistic	4.955015	57.99646	91	1	15	0.085437	49.04630

Figura 118. Planilla de resultado Summary statistics.

Se deben revisar los resultados gráficos de relaciones funcionales (tipo spline line) del modelo GAM entre la variable dependiente o respuesta (abundancia absoluta de *A. catenella*) y variables predictoras (mes, latitud, longitud, clorofila0-10, oxígeno0-10, temperatura0-10, salinidad0-10, oxígeno0-10 y viento). Cuando los residuos parciales (Partial residuals) son positivos significa que hay un efecto positivo sobre la variable respuesta. Por ejemplo en la relación del modelo GAM con el mes, se observa un efecto positivo para los meses entre marzo y octubre, y para la temperatura0-10 se observa un efecto positivo a valores mayores de 11.6°C (Figura 119).

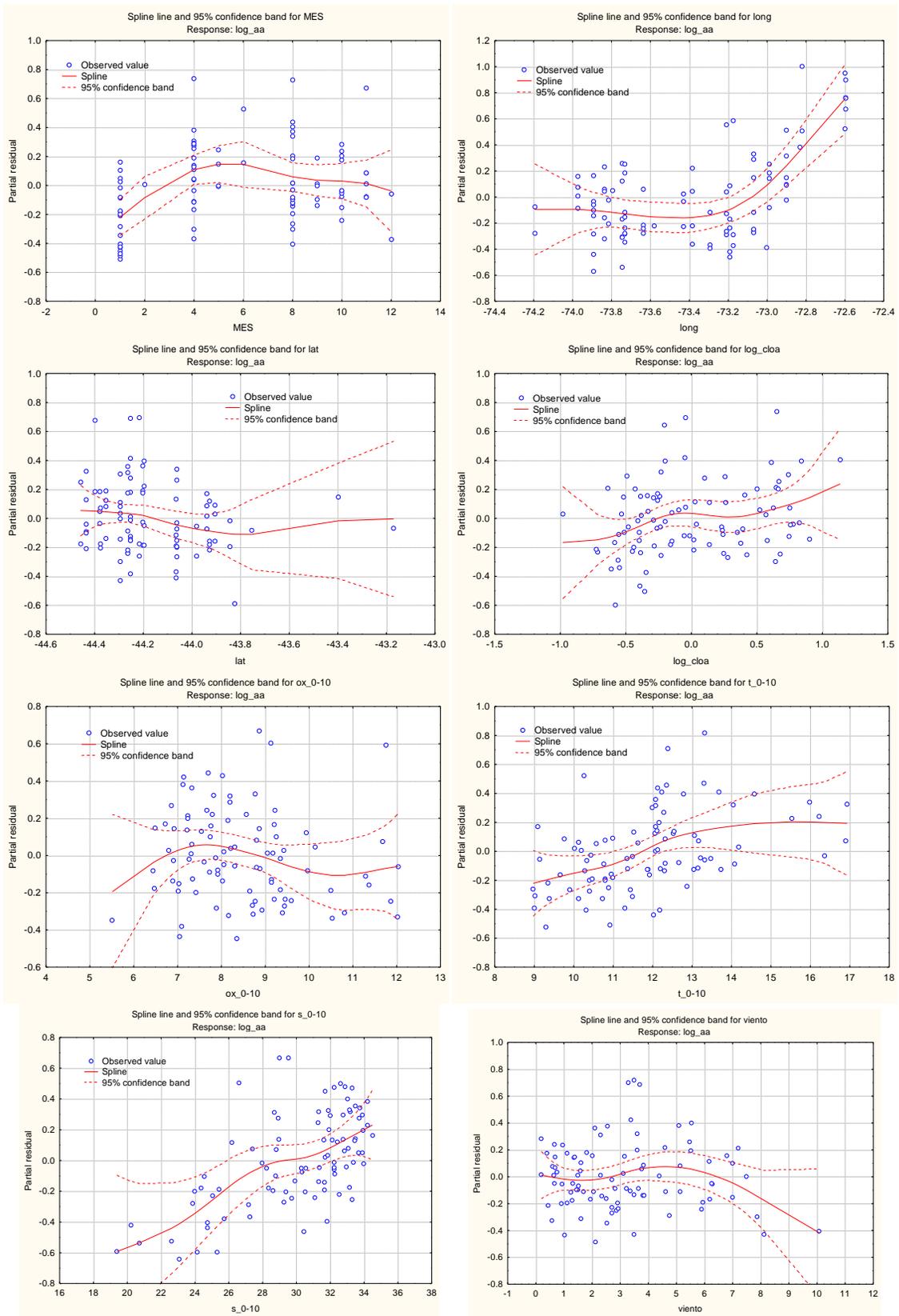


Figura 119. Resultados de relaciones funcionales del modelo GAM de la abundancia absoluta de *A. catenella* y predictores temporales, geográficos y ambientales obtenido del modelo ($R^2 = 49.04\%$).

Luego vemos el mejor ajuste lineal o polinomial para determinar el orden del polinomio. Como se muestra en la Figura 120 para el modelo de abundancia absoluta de *A. catenella* se obtiene que las relaciones funcionales GAM versus variables predictoras varían entre lineales (latitud, longitud y temperatura0-10), polinomios de segundo (salinidad0-10) y tercer orden (mes, log clorofila0-10, oxígeno0-10 y magnitud del viento).

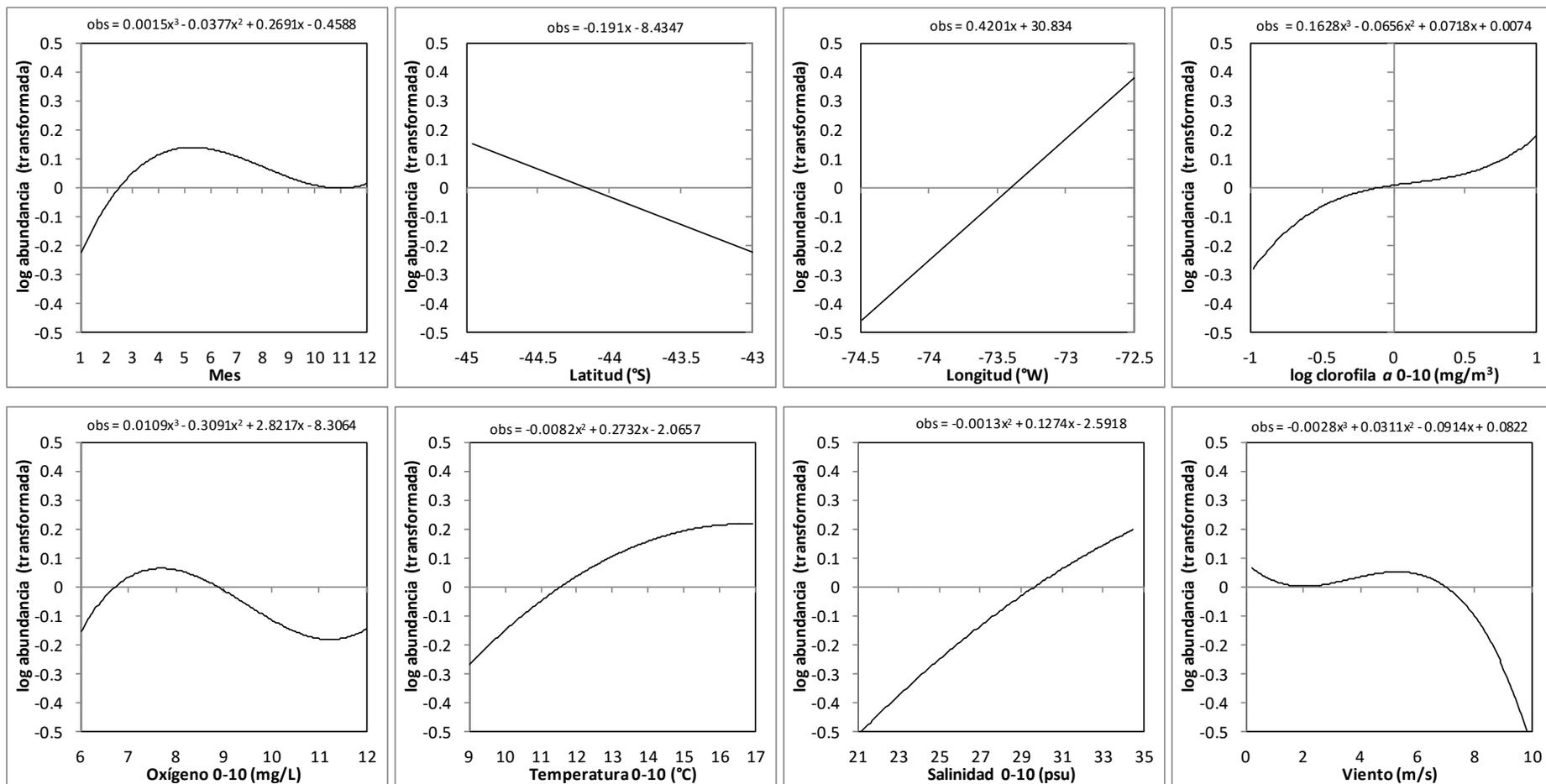


Figura 120. Relaciones funcionales simples GLM trasladadas desde relaciones derivadas del modelo GAM de la abundancia absoluta de *A. catenella* y predictores temporales, geográficos y ambientales.

4.2.3.1.2. Modelos lineales generalizados (GLM)

En estadística, el GLM es una generalización flexible de la regresión lineal ordinaria. Relaciona la distribución aleatoria de la variable dependiente en el experimento (la "función de distribución") con la parte sistemática (no aleatoria) (o «predictor lineal») a través de una función llamada "función de enlace".

Los modelos lineales generalizados fueron formulados por John Nelder y Robert Wedderburn como una manera de unificar varios modelos estadísticos, incluyendo la regresión lineal, regresión logística y regresión de Poisson, bajo un solo marco teórico (McCullagh & Nelder, 1989). Esto les permitió desarrollar un algoritmo general para la estimación de máxima verosimilitud en todos estos modelos. Esto puede ser naturalmente extendido a otros muchos otros modelos también.

En un GLM, se asume que la variable dependiente Y está generada por una función de distribución de la familia exponencial. La media μ de la distribución depende de las variables independientes X , a través de la fórmula:

$$E(\mathbf{Y}) = \boldsymbol{\mu} = g^{-1}(\mathbf{X}\boldsymbol{\beta}),$$

donde $E(Y)$ el valor esperado de Y ;

$X\boldsymbol{\beta}$ es el Predictor lineal, una combinación lineal de parámetros desconocidos $\boldsymbol{\beta}$

g es la función de enlace.

Con esta notación, la varianza es típicamente una función V de la media:

$$\text{Var}(\mathbf{Y}) = V(\boldsymbol{\mu}) = V(g^{-1}(\mathbf{X}\boldsymbol{\beta})).$$

Es conveniente si V proviene de una distribución en la familia exponencial, pero podría simplemente ser que la varianza es una función del valor ajustado. Los parámetros

desconocidos β son generalmente estimados por máxima verosimilitud, máxima cuasi-verosimilitud, o técnicas de inferencia bayesiana.

Un modelo lineal generalizado tiene tres componentes básicos:

- Componente aleatoria: Identifica la variable respuesta y su distribución de probabilidad. Una función de distribución f , perteneciente a la familia exponencial.
- Componente sistemática: Especifica las variables explicativas (independientes o predictoras) utilizadas en la función predictora lineal. Un predictor lineal

$$\eta = \mathbf{X}\beta$$

- Función de enlace: Es una función del valor esperado de Y, $E(Y)$, como una combinación lineal de las variables predictoras. Una función de enlace g tal que

$$E(\mathbf{Y}) = \mu = g^{-1}(\eta)$$

Para ejecutar el módulo GLM usamos el software STATISTICA en específico el módulo General Lineal Model que se encuentra en el Menú Statistics => Advanced Linear/Nonlinear Models. Utilizamos como archivos de entrada las tablas de datos resultantes de la estructuración de los datos que integran variables biológicas, ambientales y geográficas.

Una vez ingresadas las tablas al formato STATISTICA y abierto el módulo GLM se deben especificar las variables, seleccionando como variable dependiente la abundancia absoluta de *A. catenella* y como variables continuas predictoras mes, latitud, longitud, clorofila0-10, oxígeno0-10, temperatura0-10, salinidad0-10, oxígeno0-10 y viento.

Se deben especificar los efectos de las variables predictoras que entran en el modelo considerando las relaciones funcionales GLM trasladadas desde relaciones derivadas de GAM mostradas en la Figura 117. Luego se ejecuta el modelo.

Una vez ejecutado el modelo, vemos el grado de ajuste seleccionando el R^2 del modelo o coeficiente de determinación que mide la proporción de variabilidad total de la variable dependiente (y_i) respecto a su media que es explicada por el modelo de regresión entre el observado y el estimado. Para el modelo de abundancia absoluta de *Alexandrium catenella* se observa que el modelo explica el 37.4% de la varianza de los datos (Figura 121). Además la relación es estadísticamente significativa esto es el p-valor < 0.05 .

Dependent Variable	Test of SS Whole Model vs. SS Residual (Base-consolidada-marearaja-2008-2014.sta)										
	Multiple R	Multiple R ²	Adjusted R ²	SS Model	df Model	MS Model	SS Residual	df Residual	MS Residual	F	p
log_aa	0.611334	0.373729	0.194795	3.634346	20	0.181717	6.090198	70	0.087003	2.088637	0.012682

Figura 121. Planilla de resultado estadísticos (R^2 , Sum Square del modelo y Sum Square residual) del modelo GLM.

Posteriormente, se evalúan gráficamente los valores observados versus los valores predichos y ver cómo está el ajuste de la predicción. En la Figura 122 se observan las relaciones entre valores observados y valores predichos para el modelos GLM de la abundancia absoluta de *Alexandrium catenella*.

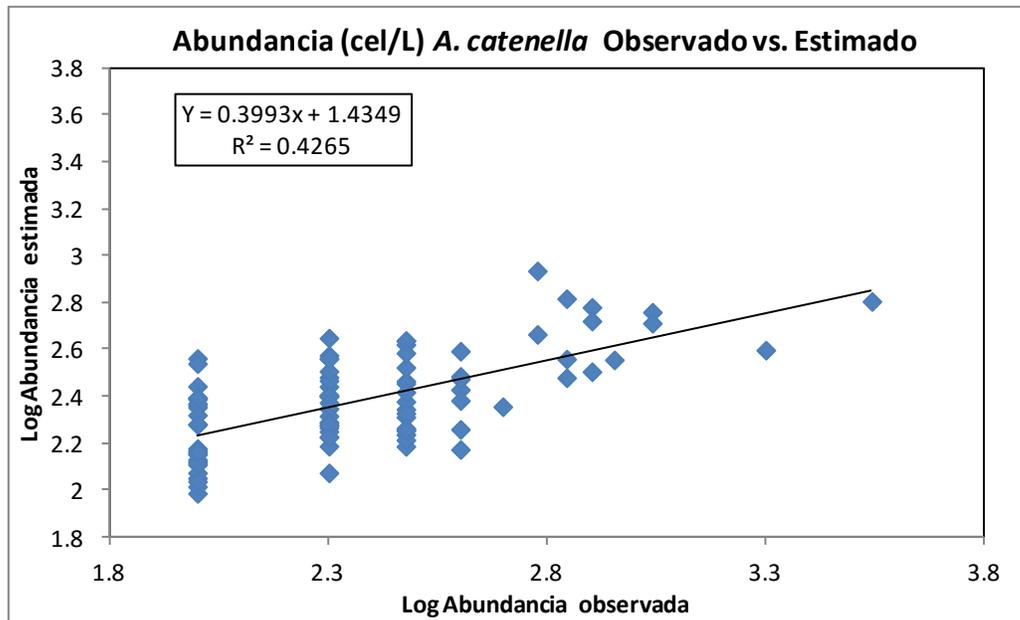


Figura 122. Relación entre valores observados versus estimados para modelos GLM de abundancia absoluta de *Alexandrium catenella*

Para poder simular o predecir la abundancia de *A. catenella* en función de las variables predictoras (mes, latitud, longitud, clorofila0-10, oxígeno0-10, temperatura0-10, salinidad0-10 y magnitud del viento), el modelo GLM genera una ecuación de predicción, siendo ésta una gran ventajas de los modelos GLM. Para el modelo de *Alexandrium catenella* y variables ambientales predictoras, se generó la siguiente ecuación de predicción de abundancia absoluta de algas tóxicas en función de variables oceanográficas:

$$\text{AbundAlex} = 10^{(5005.60481 + .242137533 * \text{MES} - .03104568 * \text{MES}^2 + .001096445 * \text{MES}^3 + 112.261837 * \text{long} + 40.5876020 * \text{lat} + .762725222 * \text{long}^2 + .464036354 * \text{lat}^2 + .019877449 * \text{Log}_{10}(\text{cl}_0-10) - .04306552 * \text{Log}_{10}(\text{cl}_0-10)^2 + .222158709 * \text{Log}_{10}(\text{cl}_0-10)^3 + 3.55120988 * \text{ox}_0-10 + .253336117 * \text{t}_0-10 - .00791458 * \text{t}_0-10^2 - .39503278 * \text{ox}_0-10^2 + .014265132 * \text{ox}_0-10^3 + .103306694 * \text{s}_0-10 - .00104758 * \text{s}_0-10^2 - .00368784 * \text{viento} + .011366032 * \text{viento}^2 - .00164283 * \text{viento}^3)}$$

donde AbundAlex es la abundancia absoluta (Cel/L) de *Alexandrium catenella*, MES es el mes del año (1: enero a 12: diciembre), long es la longitud (°W) a predecir, lat (°S) es la latitud a predecir, Log₁₀(cl₀₋₁₀) es el logaritmo en base 10 de la clorofila *a* (mg/m³)

promedio de 0 a 10 m, ox_0-10 es el oxígeno disuelto (mg/L) promedio de 0 a 10 m, t_0-10 es la temperatura (°C) promedio de 0 a 10 m, s_0-10 es la salinidad (mg/L) promedio de 0 a 10 m y viento es la magnitud de viento (m/s).

Cabe destacar que el Mandante no dispone de los paquetes estadísticos como STATISTICA 7 para el modelamiento de los datos a futuro, por lo cual si la SUBPESCA pretende modelar debe adquirir software. Se debe señalar que la modelación biológica-ambiental requiere del apoyo de científicos o personal calificado, capacitado (preferible Master o Doctorado en Ciencias del Mar y Ambientales con publicaciones en el tema) y criterios especializados.

4.2.3.1.3. Automatización del modelo de abundancia absoluta de *A. catenella* en ArcGIS e integración con las salidas del modelo REPLA

Se construye un modelo conceptual que describe como se integra el modelo de abundancia absoluta con las salidas del modelo REPLA (desarrollado en el Objetivo 1) de representación interpolada de las variables predictoras (Figura 123). Se consideran las salidas de variables interpoladas del modelo REPLA como clorofila *a* 0-10 m, temperatura 0-10 m, salinidad 0-10 m, oxígeno disuelto 0-10 m y la magnitud del viento.

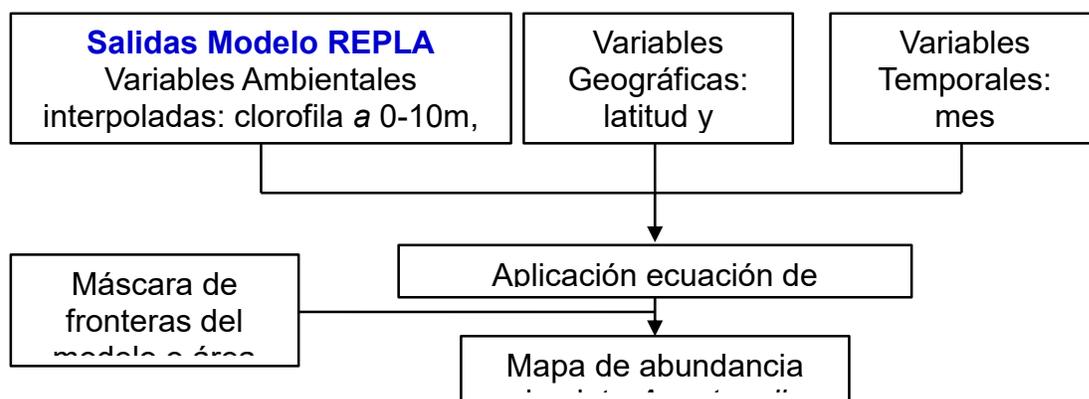


Figura 123. Modelo conceptual de automatización del modelo de abundancia absoluta de *A. catenella*. Fuente: Elaboración Propia, 2015

La automatización del modelo se basa en la elaboración del Toolbox **Toolbox-Pred-Abund-Alex.tbx** en ArcGIS (Figura 124), que integra dentro de su estructura el modelo y ecuación de predicción de abundancia absoluta de *A. catenella* en función de variables temporales (mes), geográficas y ambientales independientes entre sí.

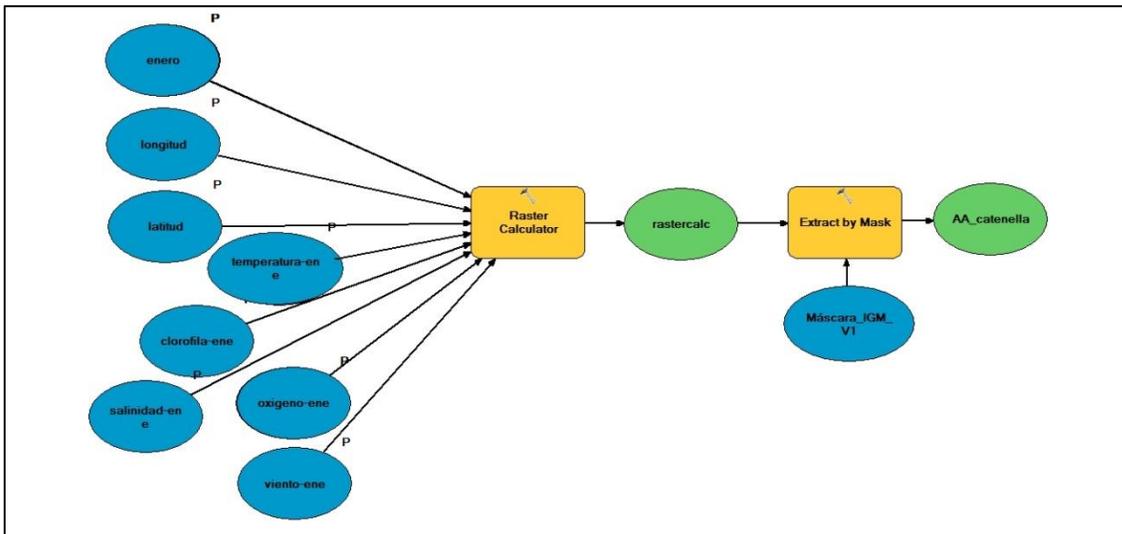


Figura 124. Modelo de predicción de abundancia absoluta de *A. catenella*. El modelo considera como entradas las variables geográficas como latitud (lat1), longitud (long1), variables temporales (enero) y las salidas de imágenes interpoladas del modelo REPLA (Objetivo 1) como clorofila, oxígeno, temperatura, salinidad y viento. El modelo considera la aplicación de una máscara como área de influencia histórica de *A. catenella* (areacatenella) y como imagen de salida la abundancia absoluta de este dinoflagelado (aa_catenella).

Al correr el modelo desde el toolbox de ArcMap se considera como input los datos de variables predictoras en formato raster de ArcGIS que provienen de las salidas del modelo REPLA (Objetivo 1) asociadas a una geodatabase operativa al entorno de la Subsecretaría (Figura 125). Estos datos son ingresados de acuerdo al modelo o ecuación de predicción de abundancia absoluta de *A. catenella* en función de variables oceanográficas. De este modo, la herramienta dispone de funciones que generan una salida raster o mapa de abundancia absoluta (Cel/L) a partir de los datos de las variables predictoras. Un vez que se corre el modelo se despliegan automáticamente los mapas de abundancia en el display de ArcMap.

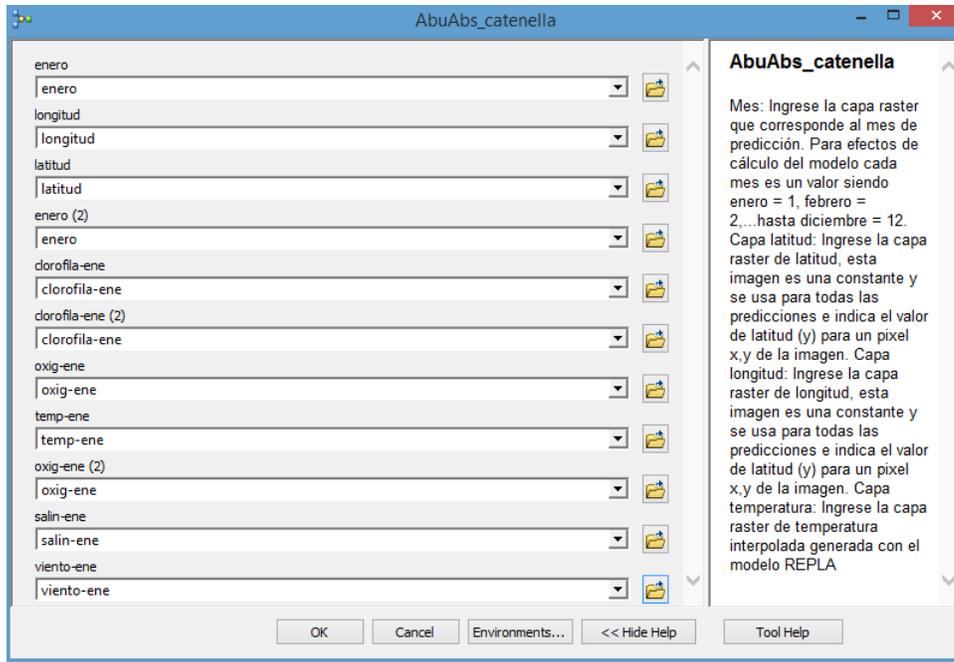


Figura 125. Herramienta y despliegue Abundancia Relativa en ArcMap. Fuente: Elaboración Propia, 2015.

A modo de ejemplo se aplica el modelo de abundancia absoluta de *A. catenella* considerando como datos de entrada la información espacial de enero de 2013 (Figura 126). Se consideran las imágenes de variables geográficas (latitud y longitud) y temporales (enero), además se aplica el modelo REPLA (Objetivo 1) para generar las imágenes interpoladas de variables ambientales (clorofila *a* 0-10m, temperatura 0-10m, salinidad 0-10m, oxígeno 0-10m, viento).

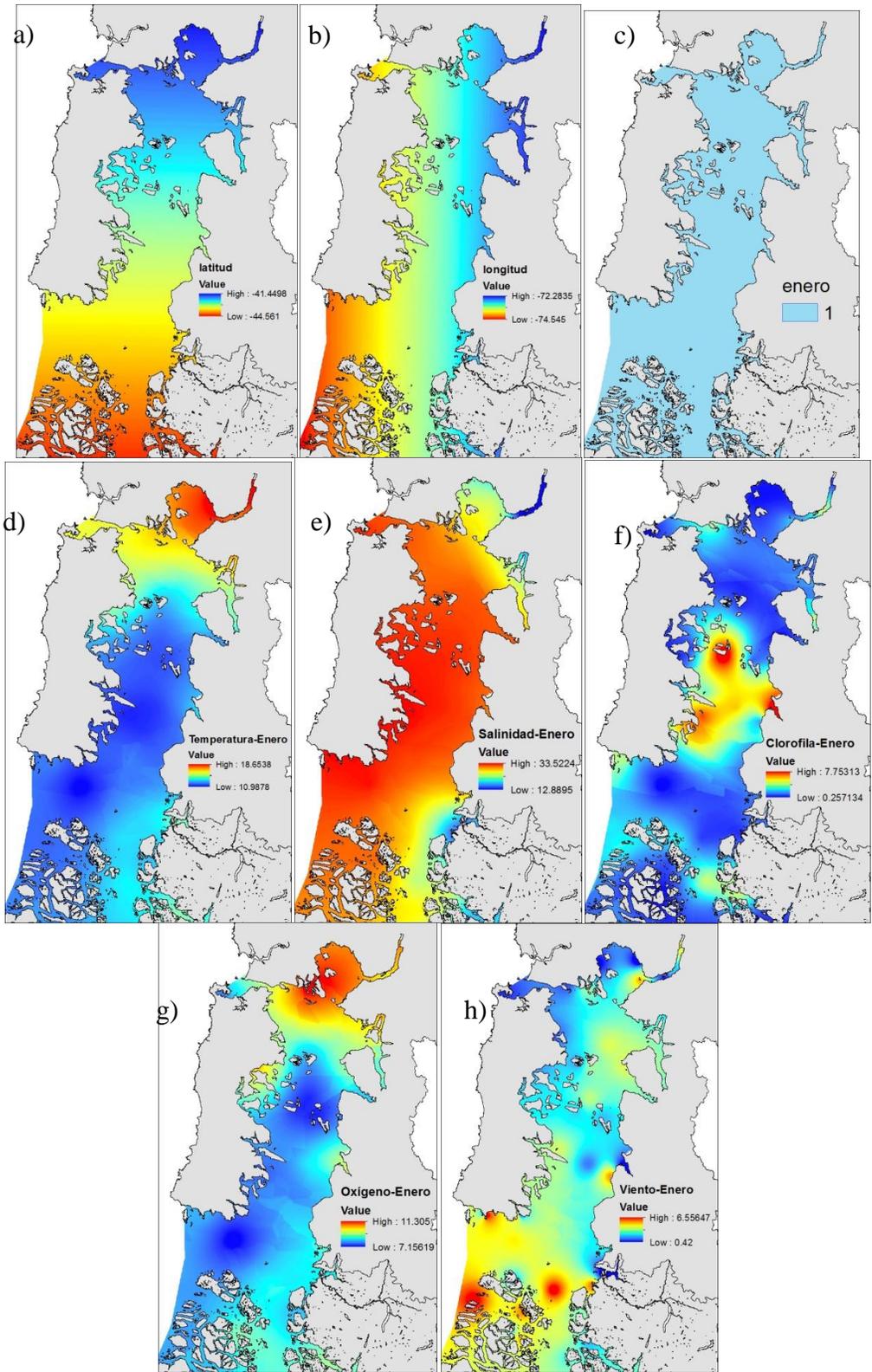


Figura 126. Variables de entrada del modelo: imágenes de variables geográficas (latitud y longitud) temporales (enero), y ambientales (clorofila 0-10m, temperatura 0-10m, salinidad 0-10m, oxígeno 0-10m, viento) generadas con modelo REPLA (Objetivo 1).

La ecuación de predicción se convierte en el formato python de ArcGIS para integrarla al Raster Calculator del Toolbox del modelo:

```
AA_catenella =pow(10,(5005.60481 + 0.242137 * "enero.dat" - 0.031045 *
pow("enero.dat",2) + 0.001096445 * pow("enero.dat",3) + 112.261837 * "longitud" +
40.5876020 * "latitud" + 0.762725222 * pow("longitud",2) + 0.464036354 *
pow("latitud",2) + .019877449 * Log10("clorofila-ene") - .04306552 *
pow((Log10("clorofila-ene")),2) + 0.222158709 * pow((Log10("clorofila-ene")),3) +
3.55120988 * "oxig-ene" + 0.253336117 * "temp-ene" - 0.00791458 * pow("temp-
ene",2) - 0.39503278 * pow("oxig-ene",2) + 0.014265132 * pow("oxig-ene",3) +
0.103306694 * "salin-ene" - 0.00104758 * pow("salin-ene",2) - 0.00368784 * "viento-
ene" + 0.011366032 * pow("viento-ene",2) - 0.00164283 * pow("viento-ene",3)))
```

Posteriormente, a la imagen de salida del Raster Calculator se la aplica un ajuste por máscara considerando el área de influencia de *A. catenella* generada en base a la frecuencia acumulada de abundancia relativa para el período 2008-2013. En la Figura 127 se observa cómo se obtuvo el área de influencia en base a la frecuencia acumulada.

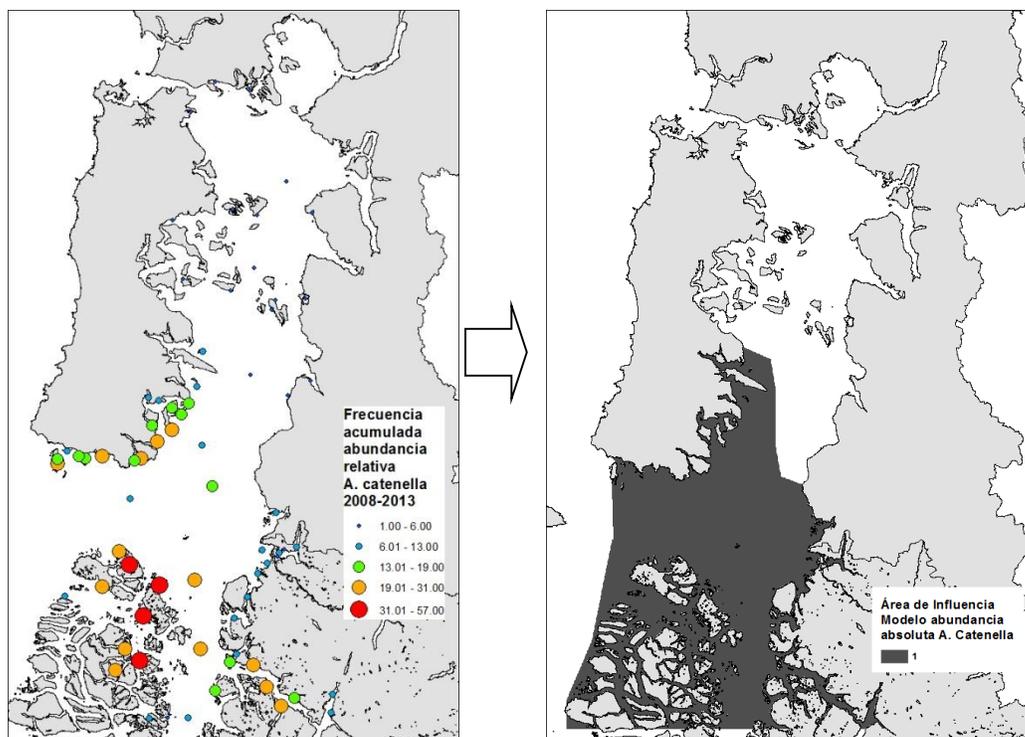


Figura 127. Frecuencia acumulada de la abundancia relativa de *A. catenella* para el período 2008-2013 y la resultante área de influencia de esta alga tóxica.

Finalmente como imagen resultante de la aplicación del modelo para enero 2013 se obtiene la imagen de predicción de abundancia absoluta (Cel/L) de *Alexandrium catenella* (Figura 128).

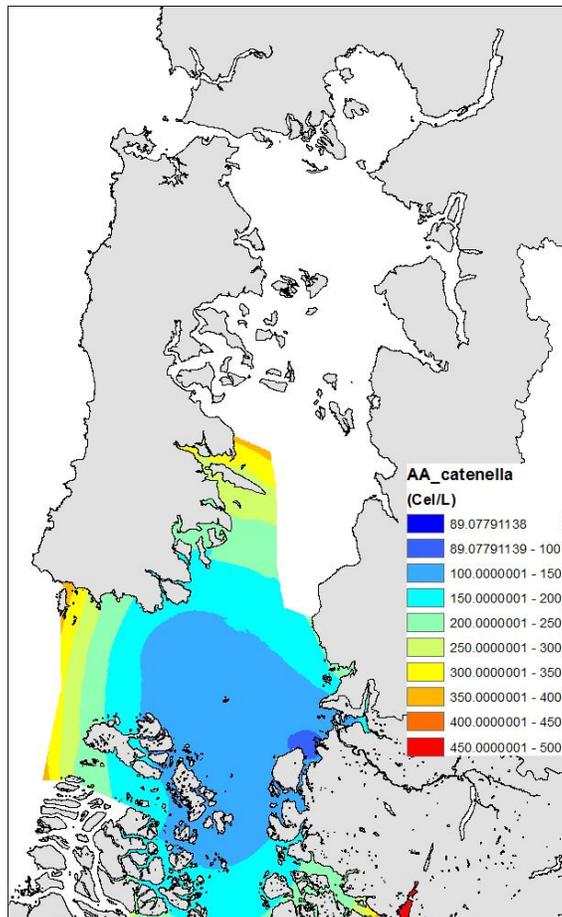


Figura 128. Imagen de predicción de abundancia absoluta (Cel/L) de *Alexandrium catenella* para enero de 2013.

4.2.3.2. Modelo de predicción de abundancia relativa de *Alexandrium catenella*, *Dinophysis acuminata* y *Dinophysis acuta*

4.2.3.2.1. Modelos aditivos generalizados (GAM)

Una vez ingresadas las tablas al formato STATISTICA se selecciona la distribución de la variable dependiente (abundancias) como Normal y la función de unión como Identity. Se especifican las variables del GAM, por ejemplo se seleccionan como variable dependiente la abundancia relativa (*Alexandrium catenella*, *Dinophysis acuminata* y *Dinophysis acuta*) y como variables predictoras la clorofila0-10, oxígeno0-10, temperatura0-10, salinidad0-10 y vientos.

Se obtiene como resultado un Resumen del Ajuste donde se sintetizan las estadísticas de resultados para cada variable predictora (Figura 129). Se obtiene el coeficiente GAM que proporciona un índice para cada predictor que es el equivalente a la estimación de parámetros en un modelo aditivo generalizado. Se obtiene el p-valor no-lineal que proporciona un p-valor aproximado para la comparación de los GAM con el Modelo Lineal Generalizado / no lineal, es decir, una indicación de si los parámetros agregados (complejidad) del modelo aditivo generalizado mejoran significativamente la calidad del ajuste de los datos. Para obtener más información se debe consultar Hastie y Tibshirani (1990).

Fit summary (Base-consolidada-marearoja-2008-2014.sta)						
Response: AR_AL_CAT						
Distribution: Normal; link function: Identity						
	Variable index	Degr. of freedom	GAM coef.	Standard Error	Std. Score	Non-Linear p-value
Intcpt	0	1.000000	-41.2393	13.67516	-3.01563	
MES	1	4.001132	0.0144	0.02038	0.70575	0.000064
long	2	4.002315	-0.2705	0.20824	-1.29885	0.047992
lat	3	4.004427	-0.4452	0.12283	-3.62409	0.048065
log_cloa	4	4.001124	-0.0081	0.11963	-0.06747	0.625402
ox_0-10	5	4.002568	0.1386	0.05646	2.45502	0.014963
t_0-10	6	4.001339	0.0984	0.05199	1.89217	0.037437
s_0-10	7	4.004124	0.0489	0.03255	1.50082	0.015521
viento	8	4.002067	0.0291	0.02655	1.09680	0.039571

Figura 129. Planilla de resultado Resumen de Ajuste del modelo GAM. Con color rojo se muestran las variables que son estadísticamente significativas (Non-Linear p-value < 0.01) y que entran en el modelo GAM, en este caso son el mes, longitud, latitud, oxígeno0-10m, temperatura0-10, salinidad0-10 y viento para la abundancia relativa de la *Alexandrium catenella* como variable respuesta.

El Coeficiente de determinación (R^2) es entregado en la tabla Summary statistics. Siguiendo el ejemplo, para el modelo de abundancia relativa de *A. catenella* con variables predictoras como mes, latitud, longitud, oxígeno0-10, temperatura0-10, salinidad0-10 y viento se observa que el modelo explica el 26.2% de varianza de los datos (Figura 130).

Summary statistics (Base-consolidada-marearaja-2008-2014.sta)							
Response: AR_AL_CAT							
Distribution: Normal; link function: Identity							
	Final deviance	Residual df	Num. of obs	Outer iter num	Num. of smooths	Scale Estimate	R square *100 %
Statistic	254.0873	260.9809	294	1	15	0.973586	26.18777

Figura 130. Planilla de resultado de las estadísticas del modelo GAM de abundancia relativa de *A. catenella* con variables predictoras como mes, latitud, longitud, oxígeno0-10, temperatura0-10, salinidad0-10 y viento.

Se deben revisar los resultados gráficos de relaciones funcionales (tipo spline line) del modelo GAM entre la variable dependiente o respuesta (abundancia relativa de *A. catenella*, *D. acuminata* y *D. acuta*) y variables predictoras (mes, latitud, longitud, oxígeno0-10, temperatura0-10, salinidad0-10 y viento). Cuando los residuos parciales (Partial residuals) son positivos significa que hay un efecto positivo sobre la variable respuesta. Continuando con el ejemplo para el modelo de abundancia relativa de *A. catenella*, se observa un efecto positivo para los meses entre marzo y octubre, y para la temperatura0-10 se observa un efecto positivo a valores mayores de 10.4°C (Figura 131).

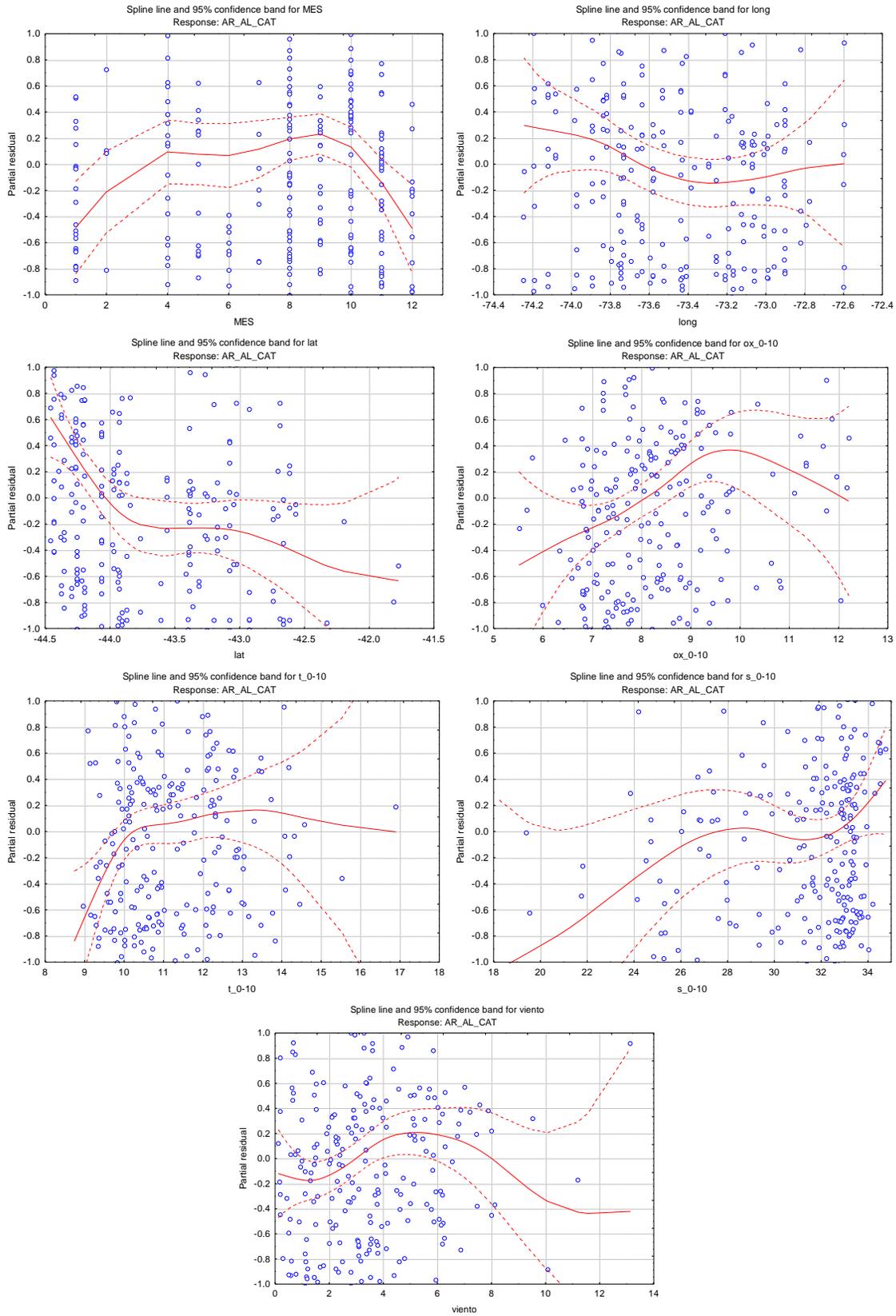


Figura 131. Resultados de relaciones funcionales del modelo GAM de la abundancia relativa de *D. acuminata* y predictores temporales, geográficos y ambientales obtenido del modelo ($R^2 = 26.2\%$).

Luego vemos el mejor ajuste lineal o polinomial para determinar el orden del polinomio. Como se muestra en la Figura 132 para el modelo de abundancia relativa de *A. catenella* se obtiene que las relaciones funcionales GAM versus variables predictoras varían entre polinomios de segundo (temperatura0-10) y tercer orden (mes, latitud, longitud, oxígeno0-10, salinidad0-10 y magnitud del viento).

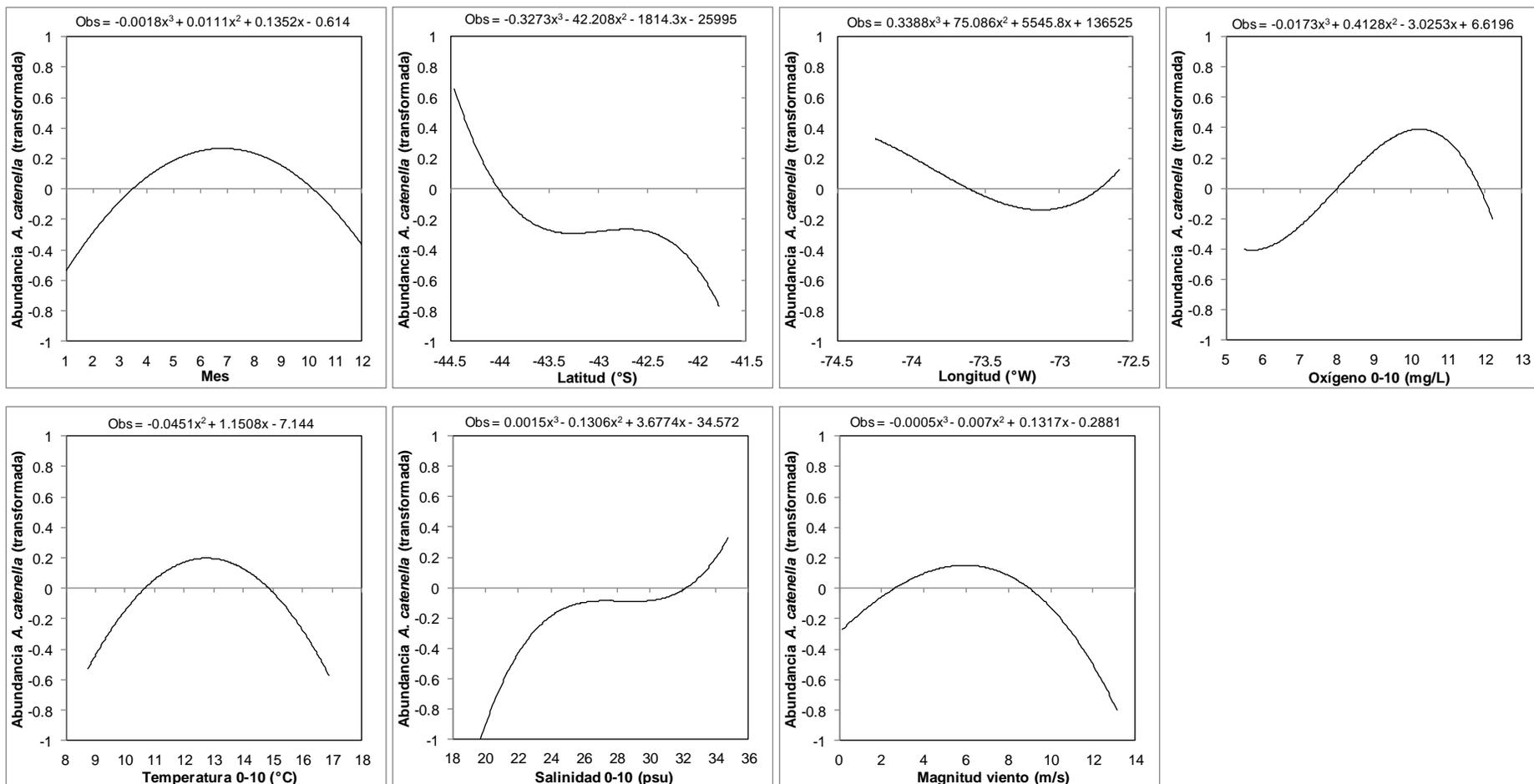


Figura 132. Relaciones funcionales simples GLM trasladadas desde relaciones derivadas del modelo GAM de la abundancia relativa de *A. catenella* y predictores temporales, geográficos y ambientales.

4.2.3.2.2. General Lineal Model (GLM)

Una vez ingresadas las tablas al formato STATISTICA se selecciona la distribución de la variable dependiente (abundancias) como Normal y la función de unión como Identity. Se deben especificar las variables del GLM, para este modelo se seleccionan como variables dependientes la abundancia relativa de *Alexandrium catenella*, *Dinophysis acuminata* y *Dinophysis acuta* y como variables continuas predictoras el mes, latitud, longitud, oxígeno0-10, temperatura0-10, salinidad0-10 y magnitud del viento. Cabe señalar, que se seleccionan las tres algas debido a las referencias que estas especies cohabitan el mismo sistema y en los blooms o afloraciones de algas nocivas se encuentran dos, tres o más especies especies, siendo estos blooms unos mix de algas.

Una vez ejecutado el modelo, vemos el grado de ajuste seleccionando el R^2 del modelo o coeficiente de determinación que mide la proporción de variabilidad total de la variable dependiente (yi) respecto a su media que es explicada por el modelo de regresión entre el observado y el estimado. Para el modelo de abundancia relativa de *Alexandrium catenella*, *Dinophysis acuminata* y *Dinophysis acuta* con variables predictoras como mes, latitud, longitud, oxígeno0-10, temperatura0-10, salinidad0-10 y viento se observa que el modelo seleccionado explica el 49.6% de varianza de los datos para *Dinophysis acuta*, 35.8% para *Dinophysis acuminata* y 30.6% para *Alexandrium catenella* (Figura 133). Además todas las relaciones estadísticamente son significativas esto es el p-valor < 0.05.

Dependnt Variable	Test of SS Whole Model vs. SS Residual (Base-consolidada-marearaja-2008-2014.sta)										
	Multiple R	Multiple R ²	Adjusted R ²	SS Model	df Model	MS Model	SS Residual	df Residual	MS Residual	F	p
AR_AL_CAT	0.552812	0.305602	0.228872	65.4729	20	3.27364	148.7697	181	0.821932	3.982864	0.000000
AR_DI_ACUM	0.598570	0.358286	0.287378	218.6981	20	10.93490	391.7029	181	2.164104	5.052855	0.000000
AR_DI_ACUT	0.704213	0.495916	0.440216	315.1004	20	15.75502	320.2907	181	1.769562	8.903344	0.000000

Figura 133. Planilla de resultado estadísticos (R^2 , Sum Square del modelo y Sum Square residual) del modelo GLM de abundancia relativa de *Alexandrium catenella*, *Dinophysis acuminata* y *Dinophysis acuta*.

Posteriormente, se valida el modelo evaluando gráficamente los valores observados versus los valores predichos y ver cómo está el ajuste de la predicción. En la Figura 134

se observan las relaciones entre valores observados y valores predichos para los modelos GLM de *Alexandrium catenella*, *Dinophysis acuminata* y *Dinophysis acuta*.

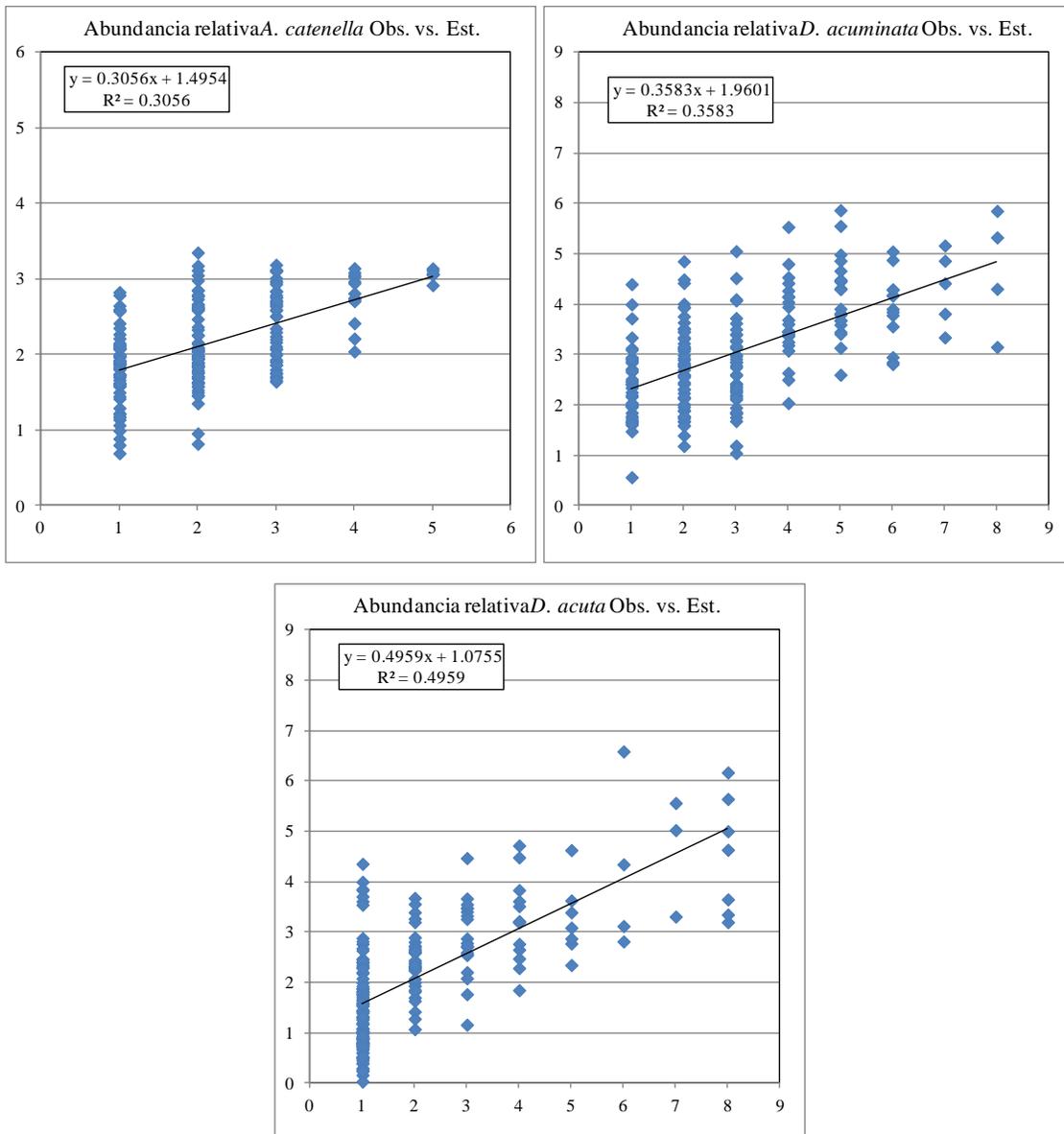


Figura 134. Relación entre valores observados versus predichos para modelos GLM de *Alexandrium catenella*, *Dinophysis acuminata* y *Dinophysis acuta*.

Para poder simular o predecir las abundancias (por ejemplo *A. catenella*, *D. acuta* y *D. acuminata*) en función de las variables predictoras, el modelo GLM genera una ecuación de predicción, siendo ésta una gran ventaja de los modelos GLM. Por ejemplo, para los

modelos de *Alexandrium catenella*, *Dinophysis acuminata* y *Dinophysis acuta* y variables ambientales predictoras (mes, latitud, longitud, oxígeno0-10, temperatura0-10, salinidad0-10 y viento), se generaron las siguientes ecuaciones de predicción de abundancias de algas tóxicas en función de variables oceanográficas:

$$\begin{aligned} \mathbf{AR_catenella} = & -130484.49 + .744993686 * \mathbf{MES} - \\ & .08656402 * \mathbf{MES}^2 + .002382207 * \mathbf{MES}^3 - 6050.0964 * \mathbf{long} - 83.191247 * \mathbf{long}^2 - \\ & .38127389 * \mathbf{long}^3 + 1134.12777 * \mathbf{lat} + 26.4744695 * \mathbf{lat}^2 + .205802460 * \mathbf{lat}^3 - \\ & .46134984 * \mathbf{ox_0-10} + .044398724 * \mathbf{ox_0-10}^2 - .88274\text{E-}3 * \mathbf{ox_0-} \\ & \mathbf{10}^3 + 1.77729503 * \mathbf{t_0-10} - .06756757 * \mathbf{t_0-10}^2 - .14696679 * \mathbf{s_0-} \\ & \mathbf{10} + .012176288 * \mathbf{s_0-10}^2 - .21162\text{E-}3 * \mathbf{s_0-10}^3 - \\ & .42718213 * \mathbf{viento} + .139903792 * \mathbf{viento}^2 - .01165917 * \mathbf{viento}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mathbf{AR_acuminata} = & -1658584.4 - .90881055 * \mathbf{MES} + .062303720 * \mathbf{MES}^2 - .23713\text{E-} \\ & 3 * \mathbf{MES}^3 - 63365.202 * \mathbf{long} - 862.53404 * \mathbf{long}^2 - 3.9135047 * \mathbf{long}^3 - 7338.6527 * \mathbf{lat} - \\ & 167.94192 * \mathbf{lat}^2 - 1.2809008 * \mathbf{lat}^3 + .107480168 * \mathbf{ox_0-10} - .04906321 * \mathbf{ox_0-} \\ & \mathbf{10}^2 + .002773716 * \mathbf{ox_0-10}^3 + 1.08403602 * \mathbf{t_0-10} - .04066525 * \mathbf{t_0-} \\ & \mathbf{10}^2 + 8.58115059 * \mathbf{s_0-10} - .33397290 * \mathbf{s_0-10}^2 + .004237034 * \mathbf{s_0-10}^3 - \\ & .19957979 * \mathbf{viento} + .056481312 * \mathbf{viento}^2 - .00371784 * \mathbf{viento}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mathbf{AR_acuta} = & -764994.41 - .89655836 * \mathbf{MES} + .063473034 * \mathbf{MES}^2 - .80982\text{E-}3 * \mathbf{MES}^3 - \\ & 32618.165 * \mathbf{long} - 444.99434 * \mathbf{long}^2 - \\ & 2.0234559 * \mathbf{long}^3 + 2180.16942 * \mathbf{lat} + 49.5139214 * \mathbf{lat}^2 + .374548375 * \mathbf{lat}^3 + .570541871 \\ & * \mathbf{ox_0-10} - .06570661 * \mathbf{ox_0-10}^2 + .002246876 * \mathbf{ox_0-10}^3 - .79289645 * \mathbf{t_0-} \\ & \mathbf{10} + .038581026 * \mathbf{t_0-10}^2 + 7.91814717 * \mathbf{s_0-10} - .31333119 * \mathbf{s_0-} \\ & \mathbf{10}^2 + .004092613 * \mathbf{s_0-10}^3 - .02293113 * \mathbf{viento} + .020864860 * \mathbf{viento}^2 - \\ & .00181797 * \mathbf{viento}^3 \end{aligned}$$

donde **AR_catenella**, **AR_acuminata** y **AR_acuta** son las abundancias relativas de *Alexandrium catenella*, *Dinophysis acuminata* y *Dinophysis acuta*, respectivamente, MES es el mes del año (1: enero a 12: diciembre), long es la longitud (°W) a predecir, lat

(°S) es la latitud a predecir, ox_0-10 es el oxígeno disuelto (mg/L) promedio de 0 a 10 m, t_0-10 es la temperatura (°C) promedio de 0 a 10 m, s_0-10 es la salinidad (mg/L) promedio de 0 a 10 m y viento es la magnitud de viento (m/s).

Cabe destacar que el Mandante no dispone de los paquetes estadísticos como STATISTICA 7 para el modelamiento de los datos a futuro, por lo cual si la SUBPESCA pretende modelar debe adquirir software. Se debe señalar que la modelación biológica-ambiental requiere del apoyo de científicos o personal calificado, capacitado (preferible Master o Doctorado en Ciencias del Mar y Ambientales con publicaciones en el tema) y criterios especializados.

4.2.3.2.3. Automatización de modelos de predicción de abundancia relativa de *A. catenella*, *D. acuminata* y *D. acuta* en ArcGIS e integración con las salidas del modelo REPLA

Para la automatización de los modelos de predicción de abundancia relativa de *A. catenella*, *D. acuminata* y *D. acuta* en ArcGIS y su integración con las salidas del modelo REPLA, se aplica el modelo conceptual de abundancia absoluta de *A. catenella* que se describe en la Figura 119. Los modelos consideran como inputs la información temporal (mes), espacial (latitud, longitud) y las salidas de variables interpoladas del modelo REPLA como clorofila *a* 0-10 m, temperatura 0-10 m, salinidad 0-10 m, oxígeno disuelto 0-10 m y la magnitud del viento. La automatización de los modelos se basa en la elaboración de 3 herramientas o Toolbox (**Pred_AR_catenella.tbx**, **Pred_AR_acuminata.tbx** y **Pred_AR_acuta.tbx**) en ArcGIS (Figura 135), que integran dentro de su estructura los modelos y ecuaciones de predicción de abundancia relativa de *A. catenella*, *D. acuminata* y *D. acuta* en función de variables temporales (mes), geográficas (latitud y longitud) y ambientales independientes entre sí.

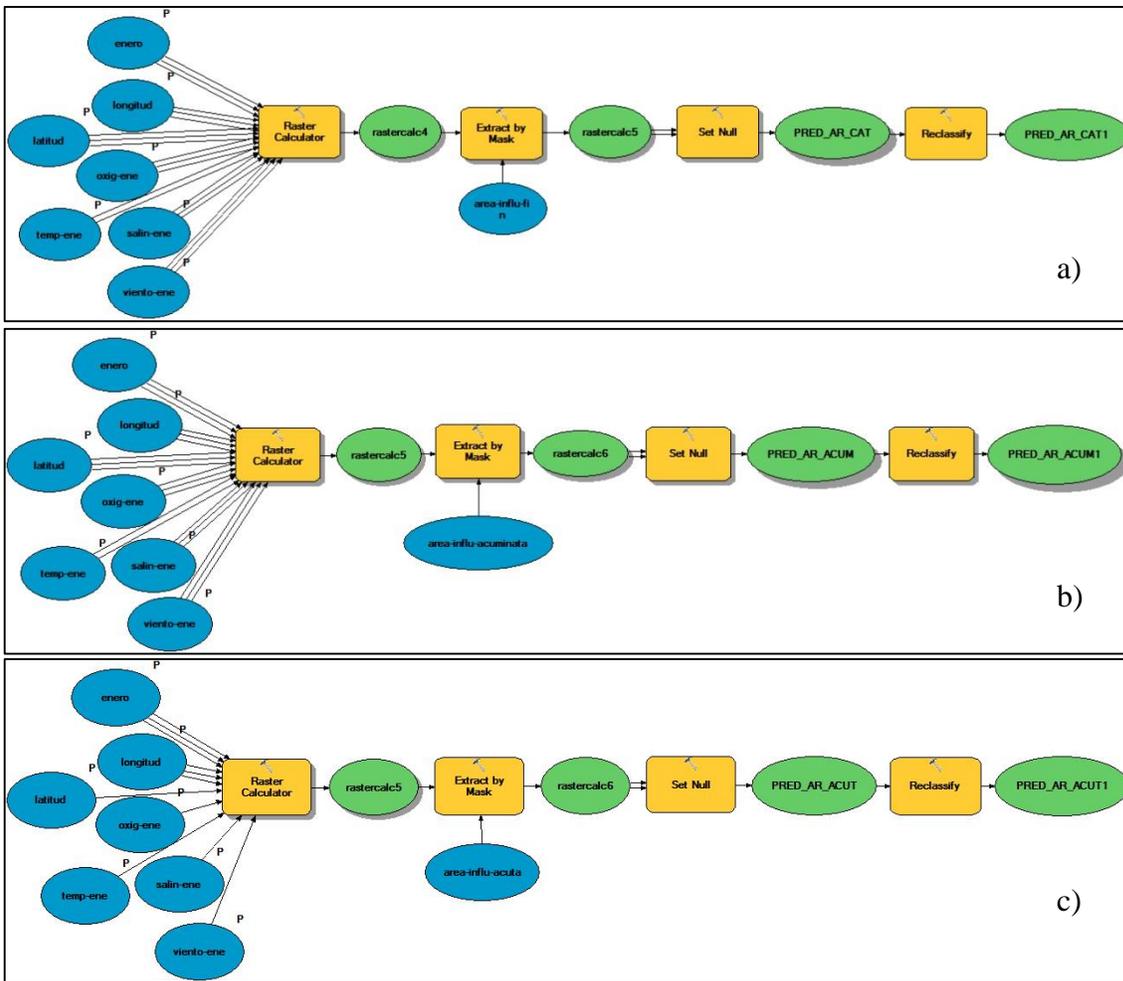


Figura 135. Modelos de predicción de abundancia relativa de a) *A. catenella*, b) *D. acuminata* y c) *D. acuta* de los Toolbox (Pred_AR_catanella.tbx, Pred_AR_acuminata.tbx y Pred_AR_acuta.tbx) en ArcGIS. Los modelos consideran como entradas las variables geográficas como latitud, longitud, variables temporales (enero) y las salidas de imágenes interpoladas de enero 2013 del modelo REPLA (Objetivo 1) como oxígeno (oxígeno-ene), temperatura (temperatura-ene), salinidad (salinidad-ene) y viento (viento-ene). El modelo considera la aplicación de máscaras como áreas de influencia histórica de *A. catenella*, *D. acuminata* y *D. acuta* y como imágenes de salida las abundancias relativas en datos reales (PRED_AR_CAT, PRED_AR_ACUM Y PRED_AR_ACUT) y clasificadas (PRED_AR_CAT1, PRED_AR_ACUM1 Y PRED_AR_ACUT1) en escala de Tabla 13.

Al correr el modelo desde el toolbox de ArcMap se consideran como inputs los datos de variables predictores en formato raster de ArcGIS que provienen de las salidas del modelo REPLA (Objetivo 1) asociadas a una geodatabase operativa al entorno de la Subsecretaría. El modelo se corre con una interface similar a la de Figura 125. Estos datos son ingresados de acuerdo al modelo o ecuación de predicción de abundancia relativa de *A. catenella*, *D. acuminata* y *D. acuta* en función de variables oceanográficas. De este

modo, la herramienta dispone de funciones que generan salidas raster o mapas de abundancia relativa (0: Ausente a 9: Mega abundante, ver Tabla 13 para escala completa) de las 3 especies a partir de los datos de las variables predictoras. Un vez que se corre el modelo se despliegan automáticamente los 3 mapas de abundancia relativa en el display de ArcMap.

Las siguientes ecuaciones de predicción de GLM convertidas en formato python de ArcGIS se integran al Raster Calculator del Toolbox del modelo:

```

AR_catenella = -130484.49+.744993686* "enero.dat" -.08656402 *
pow("enero.dat",2) + .002382207 * pow("enero.dat",3) - 6050.0964 * "longitud" -
83.191247 * pow("longitud",2) - .38127389 * pow("longitud",3) + 1134.12777 *
"latitud" + 26.4744695 * pow("latitud",2) + .205802460 * pow("latitud",3) - .46134984
* "oxig-ene" + .044398724 * pow("oxig-ene",2) - .88274E-3 * pow("oxig-ene",3) +
1.77729503 * "temp-ene" - .06756757 * pow("temp-ene",2) - .14696679 * "salin-ene"
+ .012176288 * pow("salin-ene",2) - .21162E-3 * pow("salin-ene",3) - .42718213 *
"viento-ene" + .139903792 * pow("viento-ene",2) - .01165917 * pow("viento-ene",3)

```

```

AR_acuminata = -1658584.4 - .90881055 * "enero.dat" + .062303720 *
pow("enero.dat",2) - .23713E-3 * pow("enero.dat",3) - 63365.202 * "longitud" -
862.53404 * pow("longitud",2) - 3.9135047 * pow("longitud",3) - 7338.6527 *
"latitud" - 167.94192 * pow("latitud",2) - 1.2809008 * pow("latitud",3) + .107480168 *
"oxig-ene" - .04906321 * pow("oxig-ene",2) + .002773716 * pow("oxig-ene",3) +
1.08403602 * "temp-ene" - .04066525 * pow("temp-ene",2) + 8.58115059 * "salin-ene"
- .33397290 * pow("salin-ene",2) + .004237034 * pow("salin-ene",3) - .19957979 *
"viento-ene" + .056481312 * pow("viento-ene",2) - .00371784 * pow("viento-ene",3)

```

```

AR_acuta = -764994.41 - .89655836 * "enero.dat" +.063473034 * pow("enero.dat",2) -
.80982E-3 * pow("enero.dat",3) - 32618.165 * "longitud" - 444.99434 *
pow("longitud",2) - 2.0234559 * pow("longitud",3) + 2180.16942 * "latitud" +
49.5139214 * pow("latitud",2) + .374548375 * pow("latitud",3) + .570541871 * "oxig-
ene" - .06570661 * pow("oxig-ene",2) + .002246876 * pow("oxig-ene",3) - .79289645
* "temp-ene" + .038581026 * pow("temp-ene",2) + 7.91814717 * "salin-ene" -
.31333119 * pow("salin-ene",2) + .004092613 * pow("salin-ene",3) - .02293113 *
"viento-ene" + .020864860 * pow("viento-ene",2) - .00181797 * pow("viento-ene",3)

```

Posteriormente, a las imágenes de salida de los Raster Calculator se les aplican un ajuste por máscara considerando las áreas de influencia de *A. catenella*, *D. acuminata* y *D. acuta* generadas en base a la frecuencias acumuladas de las abundancias relativas para el período 2008-2013. Para *A. catenella* se utiliza la misma máscara o área de influencia del modelo de abundancia absoluta. Para *D. acuminata* y *D. acuta* se obtuvieron las áreas de influencia en base a las frecuencias acumuladas de abundancia relativa entre 2008-2013 (Figura 136).

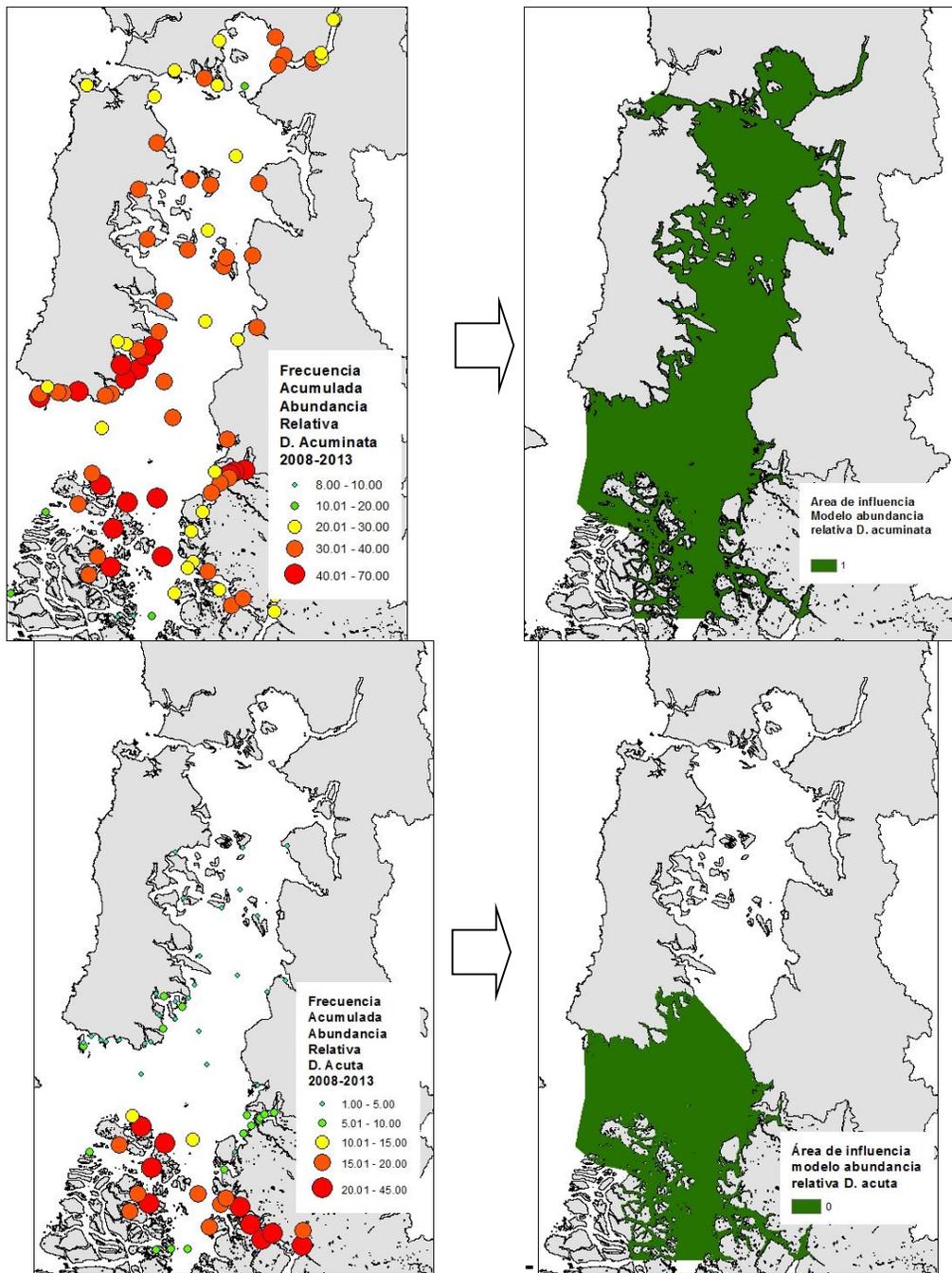


Figura 136. Frecuencia acumulada de la abundancia relativa de *D. acuminata* y *D. acuta* para el período 2008-2013 y las resultantes áreas de influencia de estas algas tóxicas.

Finalmente como imágenes resultantes de la aplicación del modelo para enero 2013 se obtienen las imágenes de predicción de abundancia relativa de *A. catenella*, *D. acuminata* y *D. acuta* (Figura 137).

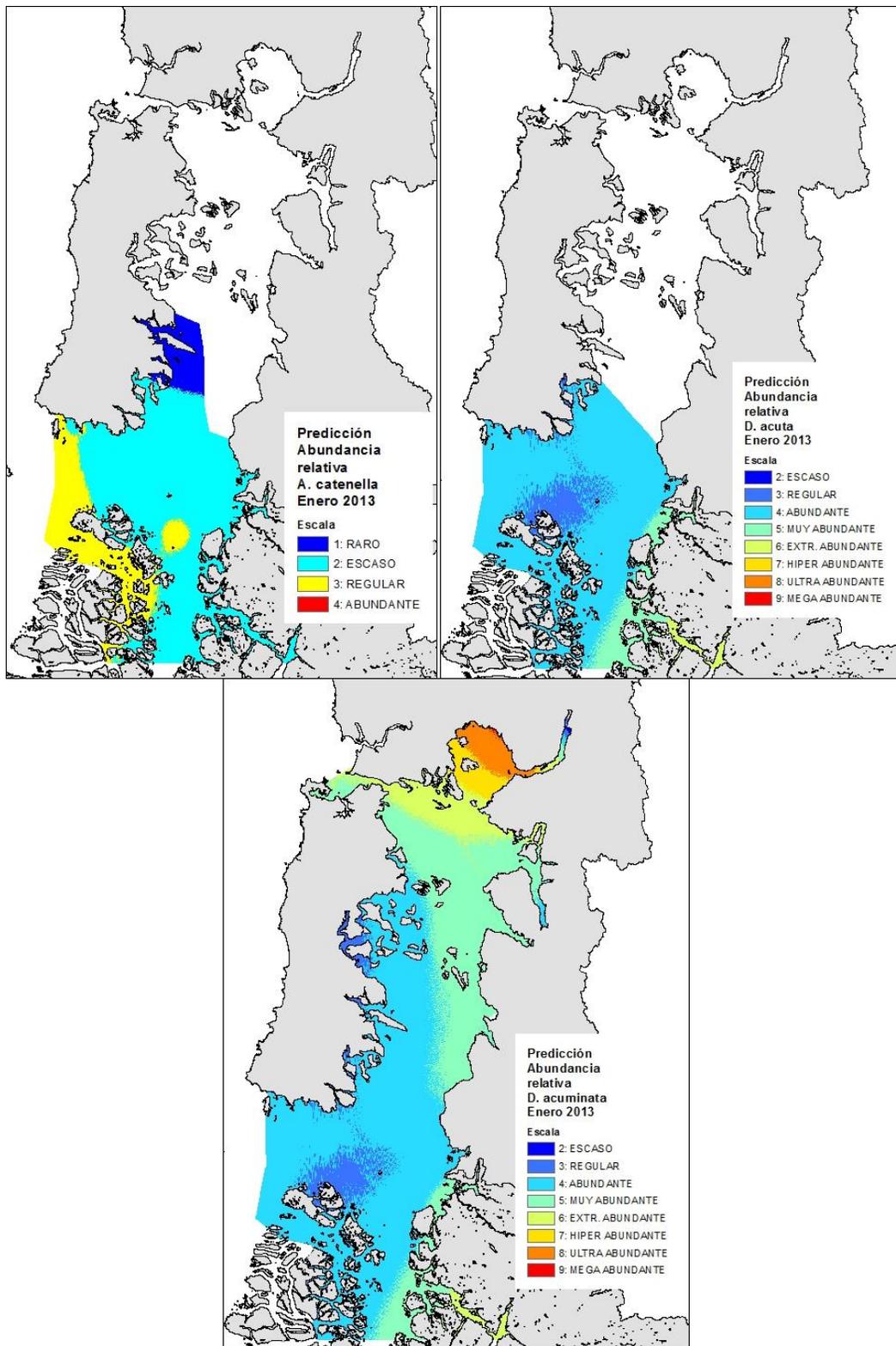


Figura 137. Imagen de predicción de abundancia relativa de *Alexandrium catenella* para enero 2013.

4.3. Objetivo específico 3. Complementar y contrarrestar la información de las variables oceanográficas de las estaciones de muestreo a través del uso de imágenes multiespectrales.

Con el fin de concentrar el análisis exploratorio con imágenes multiespectrales en las fechas críticas, se solicitó a la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (Ver Acta 2a Reunión en ANEXO 1. ACTAS DE ACUERDO REUNIONES) nos indicarán las fechas (meses) de los eventos históricos de marea roja los cuales se muestran en la Tabla 54.

Tabla 54. Fechas (meses) de muestreos donde se registran eventos de marea roja.

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Mes evento	nov	Nov	ene	ene	feb	ene	ene	ene
	dic		feb	mar	mar	ene	feb	feb
			mar	abr	abr	feb	sep	
			abr	may	oct	mar	oct	
			dic	sep	nov	dic	nov	
				oct	dic		dic	
				nov			dic	
				dic				
	 Común para 3 regiones Sólo Región Aysén Sólo Región Magallanes							

Fuente: Daniela Guajardo, Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, 2015.

Considerando las fechas de eventos de marea roja se procedió a la adquisición de imágenes satelitales multiespectrales del sensor MODIS, satélite AQUA y del sensor VIIRS (disponible desde enero 2011), satélite NPP. Las imágenes MODIS y VIIRS corresponden a productos diarios con resolución espacial de 1 km, cuya disponibilidad depende de la cobertura de nubes. Con las imágenes MODIS se generan imágenes de clorofila-*a* (Cloa), temperatura superficial del mar (TSM), carbono orgánico particulado (COP), carbono inorgánico particulado (CIP), y con las VIIRS se genera Cloa, COP y CIP. Entre 2006 y 2013 se registran 30 eventos de marea roja en el área de estudio correspondiente a las regiones X y XI. Para complementar y contrarrestar la información

disponible de los eventos de marea roja, se adquirieron y procesaron 305 imágenes MODIS y 88 imágenes VIIRS.

Adicionalmente, se adquieren imágenes LANDSAT 8 las cuales están disponibles desde febrero de 2013 (mes de lanzamiento del satélite), resolución espacial de 30 m y se captan imágenes cada 16 días aunque la disponibilidad dependerá de la cobertura de nubes. En la Tabla 55 se muestran las imágenes adquiridas, disponibles y que cuentan con baja cobertura de nubes, indicando la fecha y cual es la zona de estudio captada (Chiloé y/o Melinka).

Tabla 55. Imágenes LANDSAT 8 adquiridas, fecha de imagen, porcentaje de cobertura nubosa, zona de estudio y nombre archivo de imagen.

N°	Fecha imagen	% Nubes	Zona	Nombre imagen
1	02-11-2014	11,55	Parte ESTE Melinka	LC82320912014306LGNOO
2	24-10-2014	3,74	Chiloé y Melinka	LC82330902014297LGNOO
3	24-10-2014	10,67	Melinka	LC82330912014297LGNOO
4	04-07-2014	10,15	Chiloé y Melinka	LC82330902014185LGNOO
5	04-07-2014	11,25	Melinka	LC82330912014185LGNOO
6	18-06-2014	0,96	Chiloé y Melinka	LC82330902014169LGN00
7	18-06-2014	1,29	Melinka	LC82330912014169LGNOO
8	02-06-2014	12,51	Melinka	LC82330912014153LGNOO
9	19-02-2014	3,18	Parte ESTE Melinka	LC82320912014050LGNOO
10	24-12-2013	1,05	Chiloé y Melinka	LC82330902013358LGNOO
11	08-12-2013	2,72	Chiloé y Melinka	LC82330902013342LGNOO
12	14-05-2013	16,47	Solamente Chiloé y algo de Melinka	LC82330902013134LGNOO
13	12-04-2013	16,81	Solamente Chiloé y algo de Melinka	LC82330902013102LGNOO

4.3.1. Imágenes satelitales MODIS y VIIRS

4.3.1.1. Acceso a Información

Los datos para la elaboración de imágenes de temperatura de clorofila *a*, son procesados y provistos por NASA/Goddard Space Flight Center, la información está disponible gratuitamente en la página <http://oceancolor.gsfc.nasa.gov> (Figura 138).

La información puede ser descargada desde los siguientes niveles:

- Nivel L0_LAC: Nivel 0 de datos, sin procesar y datos de carga útil en resolución completa,
- L1_LAC: Los datos de nivel 1A son datos reconstruidos, sin procesar a resolución completa, con referencias temporales y anotadas con información complementaria, como los coeficientes de calibración radiométrica y geométrica y los parámetros de georeferenciación.
- L2_LAC: El nivel 2 de datos consta de las variables geofísicas en la misma resolución que la fuente de datos de nivel 1. Esta información es entregada diariamente.
- L3_LAC: El nivel 3 de datos se compone de los datos acumulados de todos los productos de nivel 2, para el instrumento y la resolución se especifica, correspondiente a un período de un día, 8 días, un mes, o un año calendario. Los datos se almacenan en una representación de una red global, en resoluciones de 4 y 0 km². Cada período de tiempo determinado tiene un conjunto de archivos donde se almacenan los datos para cada producto (clorofila *a* y SST).

En primer término, se accede a la página de la OCEANCOLOR:

- <http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/cms/>
- En recuadro se accede a los distintos datos:

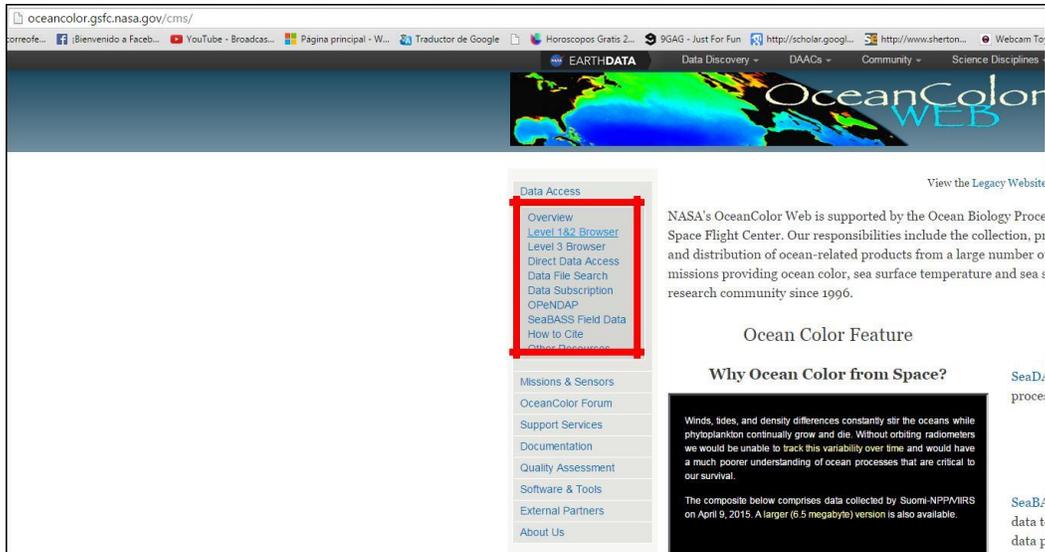
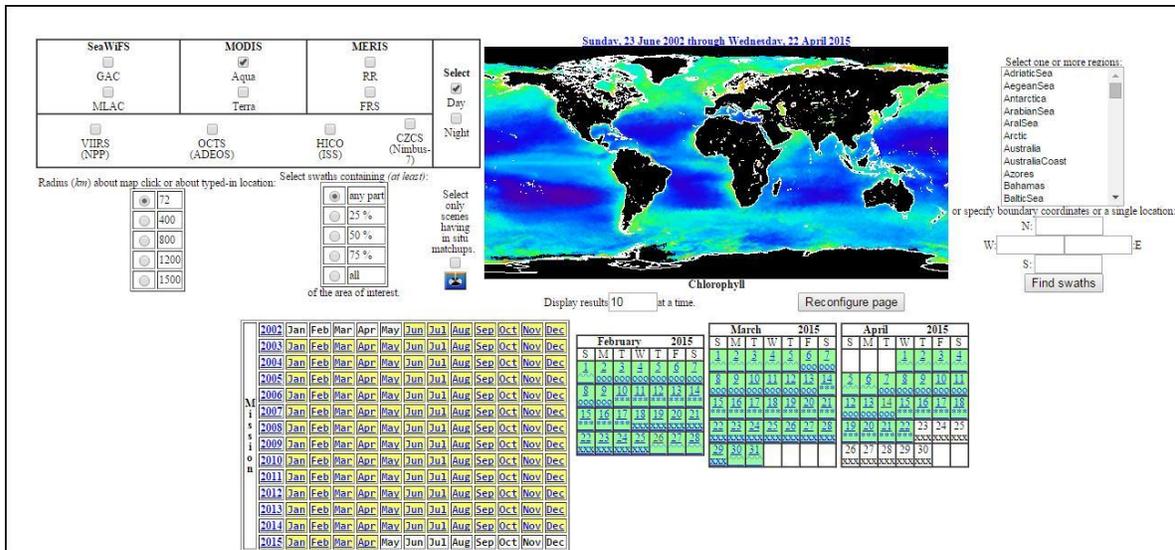


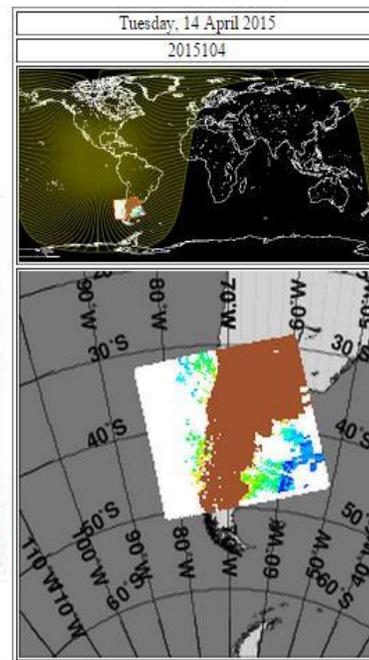
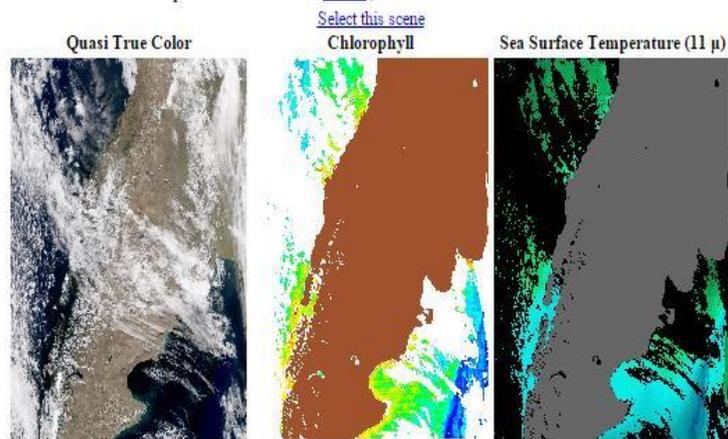
Figura 138. Acceso a oceancolor.gsfc.nasa.gov.

Se selecciona Level 1&2, aparece las distintas opciones de descarga, por satélite, mes, zona, y día, (Figura 139).



[A2015104184000.L0_LAC](#) 306,941,582 bytes
[A2015104184000.L1_LAC](#) 228,750,000 bytes
[A2015104184000.L2_LAC_OC](#) 35,233,390 bytes
[A2015104184000.L2_LAC_SST](#) 19,449,801 bytes

(The above hyperlinks point to [compressed files](#).
 Documentation on these products can be found [HERE](#).)



Search Criteria
 Time Period: Tuesday, 14 April 2015 (daytime)
 Sensors: Aqua
 Area of Interest: Within 0 km of 33.48 74.0117

Figura 139. Información disponible según zona y fecha de captura de imagen.

4.3.1.2. Procesamiento de la información

Como se mencionó anteriormente, la información es procesada por NASA/Goddard Space Flight Center, entregando calibrados espectral y atmosféricamente los productos clorofila *a* y SST. El procesamiento de esta información se realiza con el software

SEADAS (de libre disposición), el cual posee una serie de comandos que permiten realizar las correcciones ya señaladas.

Dado que la información se proporciona corregida, sólo se hace referencia a la temporalidad de los datos, los cuales se pueden obtener a partir del mes de julio del año 2002.

4.3.1.2.1. SEADAS 7.1

Para efectos de corregir geoméricamente los datos, se utiliza el SEADAS 7.1 tanto para la reproyección y posterior exportación de los datos que se distribuye a través del sitio web OceanColor, siendo compatible para los cinco sensores: MODIS Aqua, Terra MODIS, SeaWiFS, CZCS y PTU. (Figura 140).

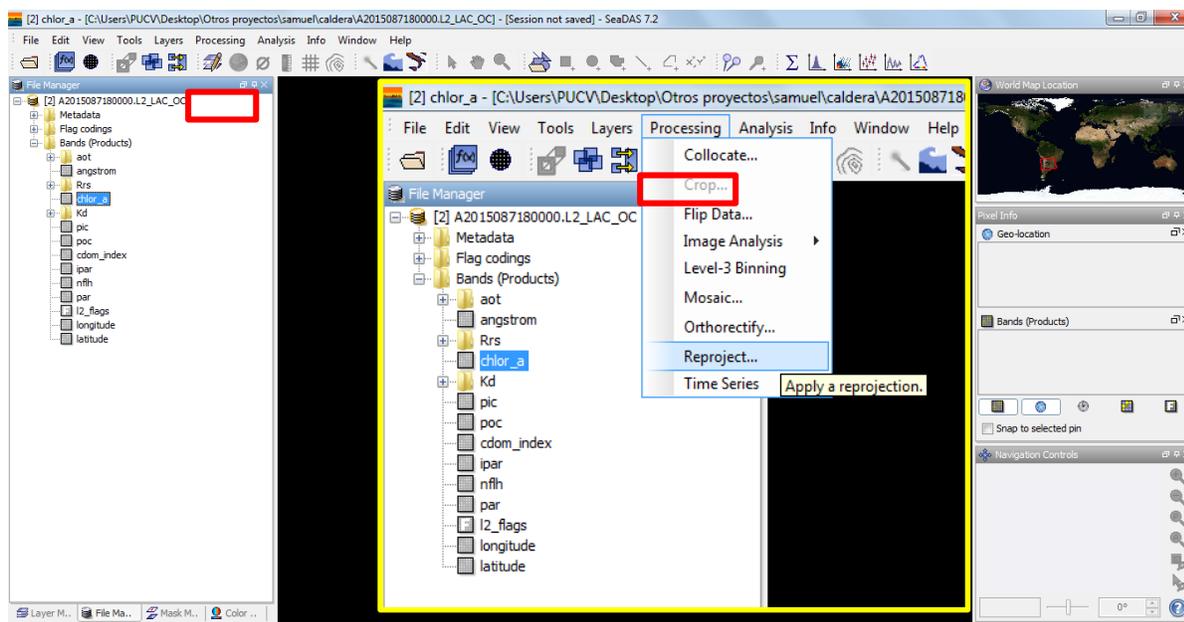


Figura 140. Plataforma de trabajo en ambiente SEADAS 7.1

Abierto SEADAS se procede a cargar la imagen bajada de OceanColor donde es posible desplegar información de su Metadata y Productos (Figura 141).

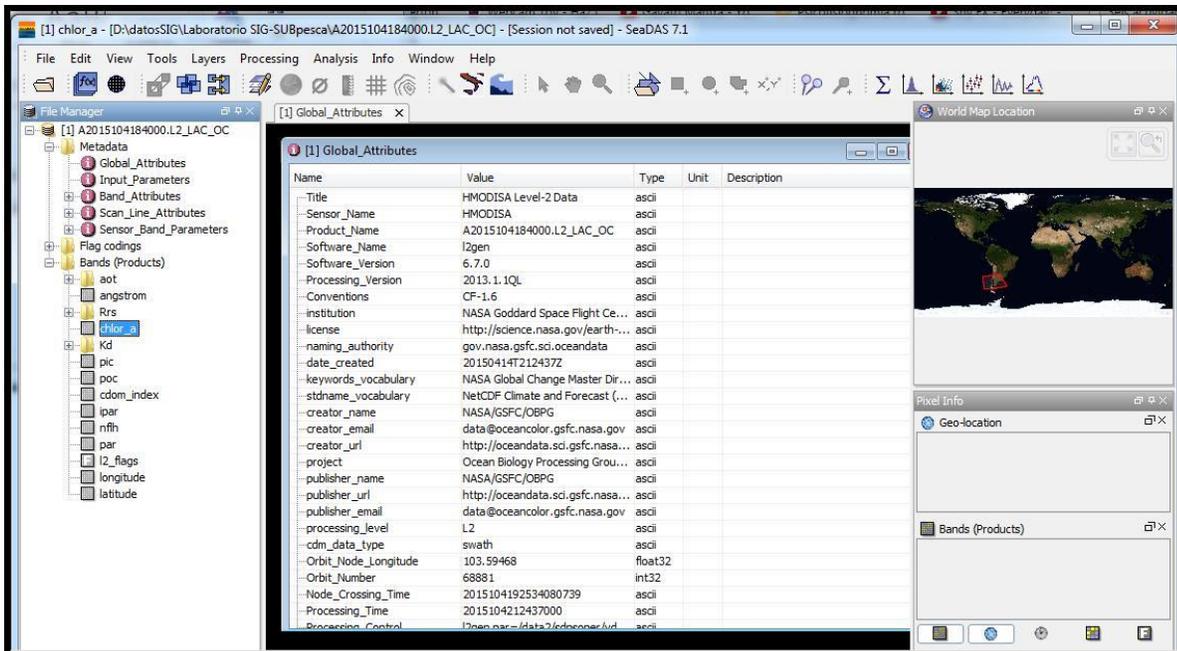


Figura 141. Metadata de producto Clorofila a.

Este producto no está proyectado en WGS 84, por lo tanto se debe Georreferenciarla o proyectarla con la herramienta Reproject.

Se accede a Processing---Reproject (Figura 142).

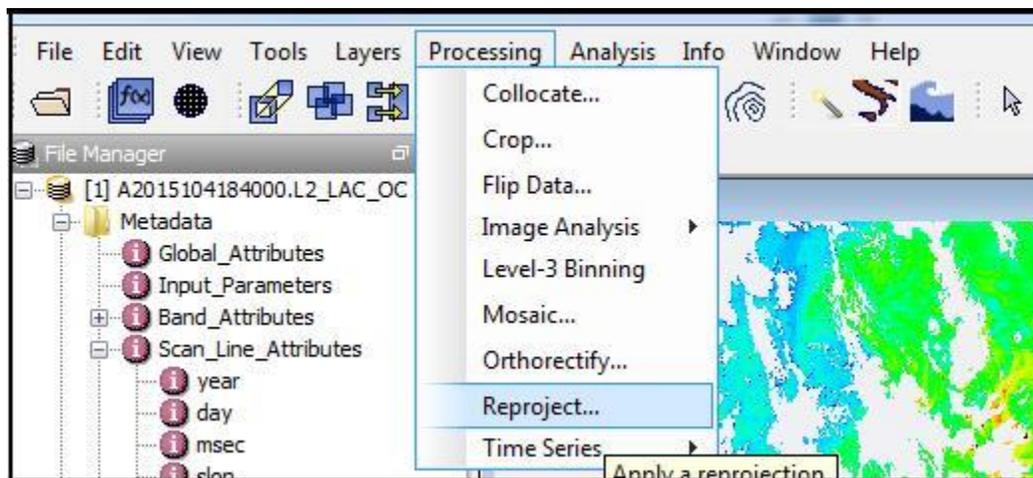


Figura 142. Herramienta de Reproyección de clorofila a

Se selecciona el archivo y los parámetros de reproyección, teniendo la precaución con los directorios de salida. (Figura 143).

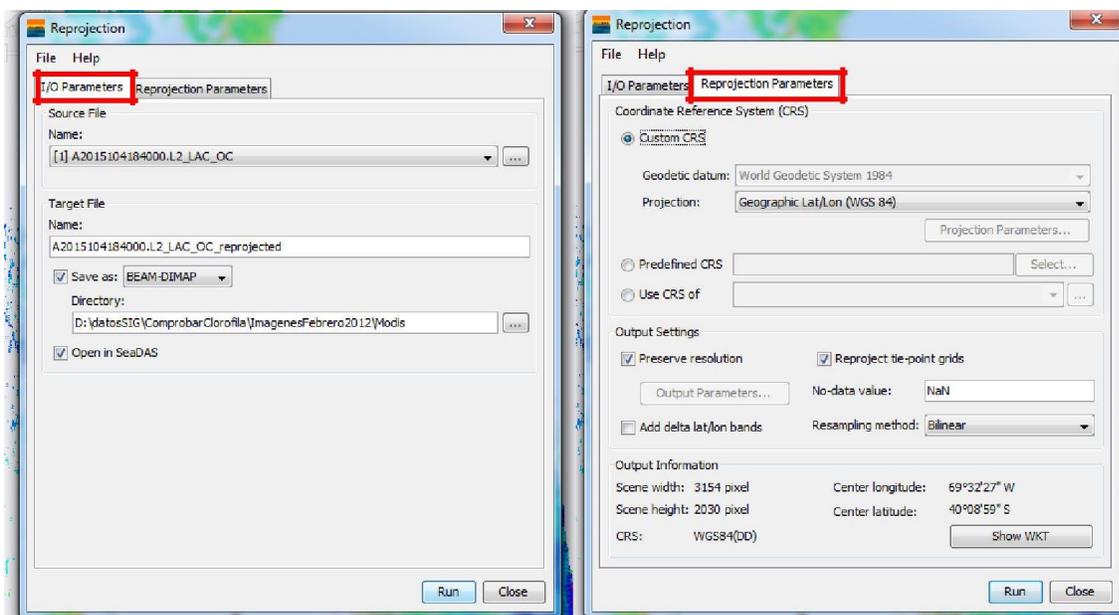


Figura 143. Parámetros de herramienta de reproyección.

Para visualizar la información generada en ARCGIS, se debe exportar en formato NETCDF4.

Para esto, se accede a File—Raster Export NetCDF4-CF, teniendo precaución del directorio de destino (Figura 144).

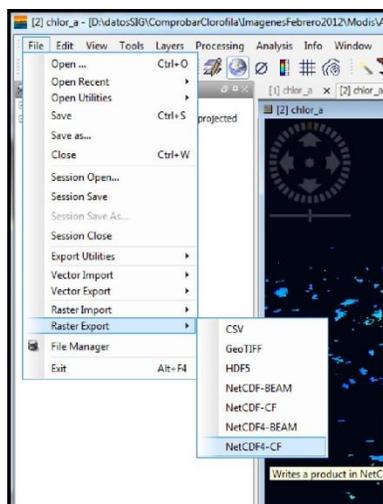


Figura 144. Exportación a formato NetCDF4.

4.3.1.2.2. ARCGIS 10.2

Conversión a Raster Layer en ARCGIS 10.2.

En ARCGIS, se busca el Toolbox Multidimension Tools—Make NetCDF Raster Layer. Posteriormente se selecciona el archivo en directorio de salida, y en **Variable**, seleccionando cholr_a (Figura 145).

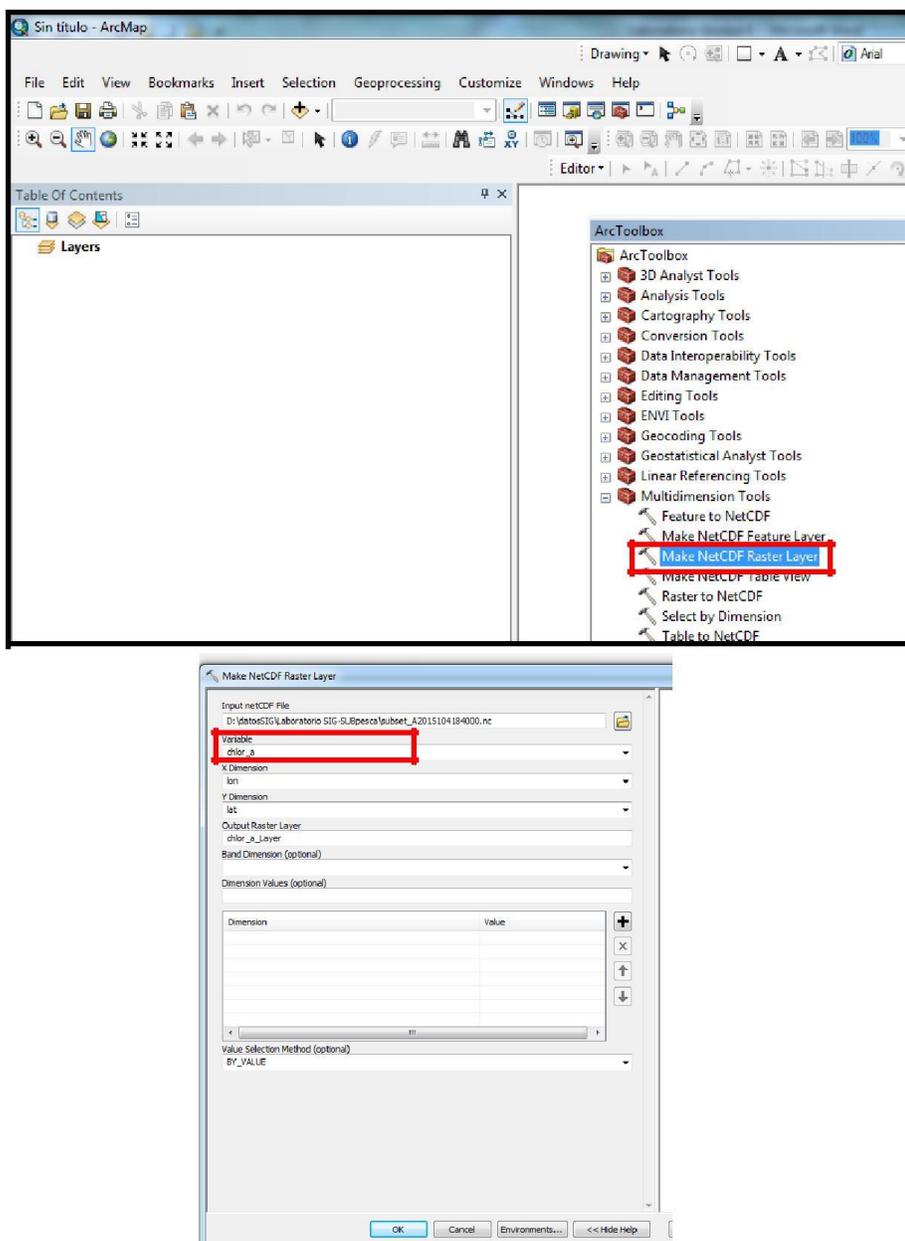


Figura 145. Herramienta de Conversión a formato Raster Layer.

En la siguiente Figura 146, se observa el resultado obtenido.

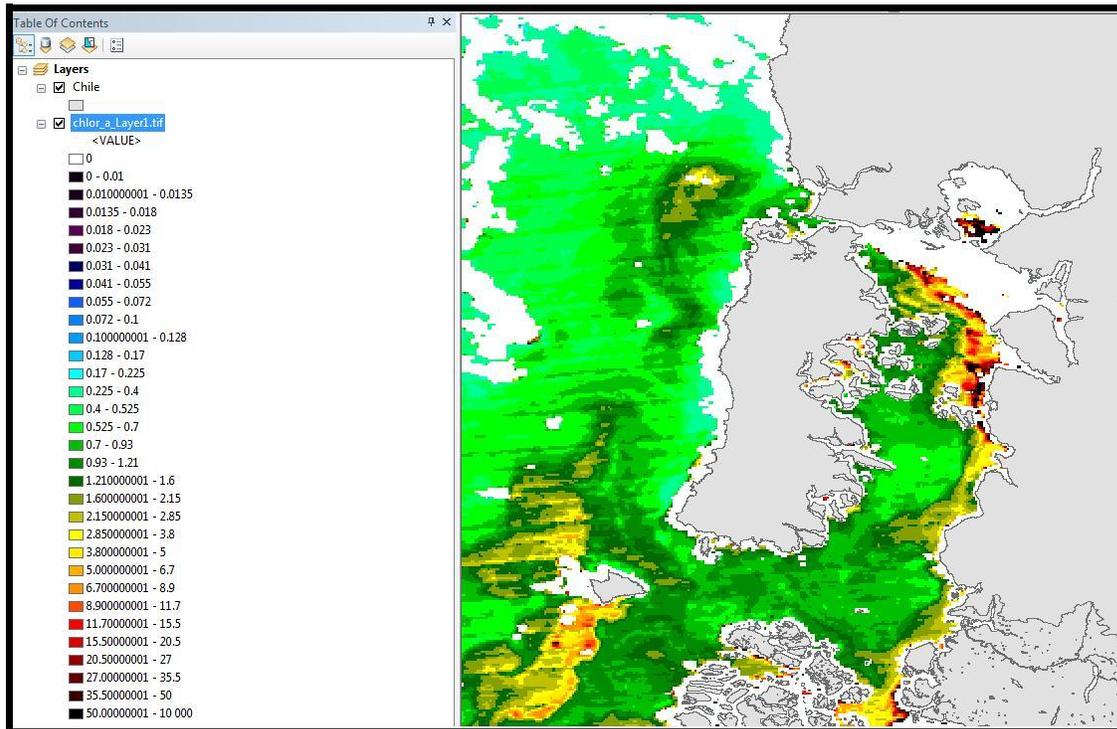


Figura 146. Imagen de Clorofila *a* para la zona de estudio.

4.3.2. Extracción de información para su posterior comparación: uso de herramientas de Spatial Analyst de ArcGIS 10.2

La extensión ArcGIS Spatial Analyst proporciona un amplio conjunto de herramientas de análisis y modelado espacial tanto para datos raster (basados en celda) como de entidad (vector).

Las capacidades de Spatial Analyst se separan en categorías o grupos de funcionalidades relacionadas. Si conoce las categorías podrá identificar qué herramienta en particular utilizar. Existen varias formas de acceder a las funcionalidades de Spatial Analyst.

Con el geoprocesamiento, las operaciones de la caja de herramientas de Spatial Analyst se pueden realizar mediante un cuadro de diálogo Herramienta, Python (ya sea en una

interfaz de línea de comandos interactiva o con una secuencia de comandos), o un Modelo.

Extracción de valores en zona de estudio

Se extraen los valores de celda basados en un conjunto de entidades de punto y registra los valores en la tabla de atributos de una clase de entidad de salida:

- Todos los campos de la clase de entidad de punto de entrada se incluirán en la clase de entidad de punto de salida. La clase de entidad de punto corresponde al shape file de Estaciones de Muestreo del Programa de Monitoreo de Marea Roja.
- La clase de entidad de salida tendrá un nuevo campo agregado llamado RASTERVALU.
- Cuando se utiliza Extraer valores según puntos en un raster multibanda, el campo RASTERVALU incluirá valores desde la última banda del raster de entrada. Para extraer valores desde varios raster en un dataset raster multibanda, utilice la herramienta Extraer valores múltiples a puntos.
- Para el campo RASTERVALU de la tabla de atributos, las celdas NoData en el raster de valor recibirán un valor de -9999.
- La opción de interpolación determina cómo se obtendrán los valores desde el raster. La opción predeterminada es utilizar el valor en el centro de la celda que se está mostrando. La opción de interpolación utilizará la interpolación bilineal para interpolar un valor para el centro de la celda.
- Si el raster de entrada es del tipo punto flotante, el dataset de puntos de salida resultante sólo incluirá atributos de los datos de entidad de entrada y el valor de la celda, como determina la opción de interpolación.
- Cuando agrega los atributos desde el raster de entrada, si el dataset de entidad de punto de salida es un shapefile, no puede haber ningún campo en el raster de entrada con un nombre que tenga más de 10 caracteres de longitud. Si existen, se debe cambiar el nombre de estos campos antes de ejecutar la herramienta.

Desde ArcToolbox—Spatial Analyst Tools—Extract Multi Values to Point, se selecciona

Puntos de Extracción (Estaciones de Muestreo) y los respectivos Raster de Modis y VIIRS (Figura 147).

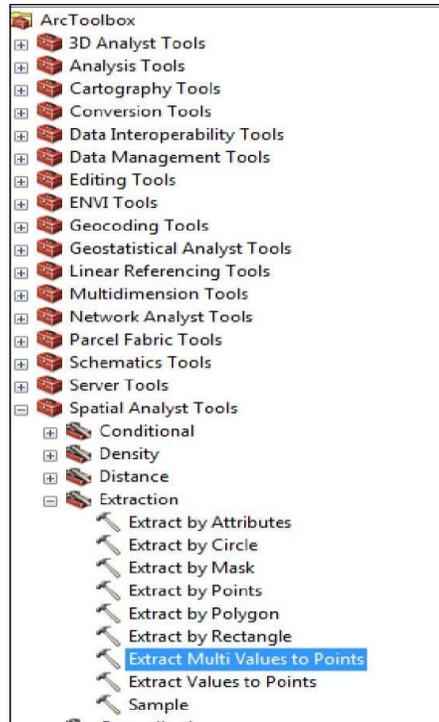


Figura 147. Herramienta para la extracción de valores de clorofila de imágenes satelitales.

Como resultado se obtiene columnas de valores extraídos de clorofila *a* para satélites MODIS y VIIRS (Figura 148).

FID	Shape	REG	COMGO_EST	ESTACION	AREA	INSTITUCIO	SUBPROGRAM	ORIGEN	ESTADO	LAT_DEG	LONG_DEG	N_UTM	E_UTM	chlor_a_VI	chlor_a_Mo
0	Point	X	L04N2	Ique	Est. y S. Reloncaví	Subpesca	Mont. Regular	2010	Vigente	-41,82194	-73,07306	639040	895529	0	0
1	Point	X	L04N3	Chayahué	Seno Reloncaví	Salud	Mont. Regular	2010	Vigente	-41,77361	-73,36639	637407	635772	0	0
2	Point	X	L04N4	Puliqui	Seno Reloncaví	Salud	Mont. Regular	2010	Vigente	-41,84306	-73,08056	636587	69357	0	0
3	Point	X	L22N3	I. Redonda	Corcovado	Salud	Mont. Regular	2010	Vigente	-43,36083	-74,18889	619680	565724	0	0
4	Point	XI	A08N1	Malin	Raui Marín Balmaceda	Salud	RM Balmaceda	2010	Vigente	-43,79556	-72,94056	614877	665661	0	0
5	Point	XI	A08N2	Playa Corta	Raui Marín Balmaceda	Salud	RM Balmaceda	2010	Vigente	-43,82417	-73,00167	614572	663668	0	0
6	Point	XI	A18N1	Isla Abto	Aysén Norte	Subpesca	Mont. Regular	2010	Vigente	-44,37556	-73,29417	608600	635688	0	0
7	Point	XI	A19N1	Seno Ventisquero 1	Canal Puyuhapi	Salud	Mont. Regular	2010	Vigente	-44,37861	-72,59611	608326	891501	0	0
8	Point	XI	A19N2	Seno Ventisquero 2	Canal Puyuhapi	Salud	Mont. Regular	2010	Vigente	-44,45806	-72,59917	607445	890999	0	0
9	Point	X	L06N2	Paso Nao	Est. y S. Reloncaví	Subpesca	Mont. Regular	2011	Vigente	-41,84472	-72,89639	636533	674643	0	0
10	Point	X	L09N1	Golfo Ancud (I. Butachauques N)	Canal Chiloé Norte	Subpesca	Mont. Regular	2011	Vigente	-42,19222	-72,94306	632683	669841	21,7661	27,7779
11	Point	X	L13N1	Isla Desiertores (I. Chauñec N)	Canal Chiloé Norte	Subpesca	Mont. Regular	2011	Vigente	-42,66528	-73,12053	628575	654246	16,5568	6,89509
12	Point	X	L17N2	Este Isla Tranqui (I. Tranqui)	Canal Chiloé Sur	Subpesca	Mont. Regular	2011	Vigente	-43,02111	-73,12444	623613	652623	20,1491	22,5776
13	Point	X	L19N3	Este de Quellón (G. Corcovado)	Canal Chiloé Sur	Subpesca	Vigilancia	2011	Vigente	-43,32697	-73,39889	620166	629911	32,7685	28,8602
14	Point	X	L19N4	Este Isla San Pedro (G. Corcovado 2)	Corcovado	Subpesca	Vigilancia	2011	Vigente	-43,50194	-73,33444	618210	634648	13,5283	11,9727
15	Point	X	L25N1	Este Golfo Corcovado (Boca Guafu)	Corcovado	Subpesca	Mont. Regular	2011	Vigente	-43,96167	-73,81778	617613	595479	4,78966	3,82221
16	Point	XI	A03N1	Canal Tuamapu	Aysén Norte	Subpesca	Mont. Regular	2011	Vigente	-43,98194	-74,19444	612862	564605	0	0
17	Point	XI	A04N1	Canal Moraleda 1	Aysén Norte	Subpesca	Vigilancia	2011	Vigente	-43,90556	-73,42889	613742	626163	36,4089	54,2025
18	Point	XI	A05N2	Islas Broken	Aysén Norte	Subpesca	Mont. Regular	2011	Vigente	-44,38694	-74,43444	608499	545048	0	0
19	Point	XI	A11N1	Canal Moraleda 2	Aysén Norte	Subpesca	Vigilancia	2011	Vigente	-44,19687	-73,38583	610502	620987	11,8004	7,31031
20	Point	XI	A16N4	Canal Moraleda 3	Aysén Norte	Subpesca	Mont. Regular	2011	Vigente	-44,48278	-73,45389	607223	622528	9,24646	280,913
21	Point	XI	A35N2	Isla Filomena	Aysén Norte	Subpesca	Mont. Regular	2012	Vigente	-44,49472	-73,57667	607219	613162	0	0
22	Point	XI	A35N3	Isla Francisco	Aysén Norte	Subpesca	Mont. Regular	2012	Vigente	-44,49944	-73,68556	607181	604496	0	0
23	Point	XI	A02N1	Repollal Bajo-Canal Puquín	Aysén Norte	Salud	Mont. Regular	2013	Vigente	-43,90028	-73,86355	613660	598660	0	0
24	Point	XI	A08N3	Isleta Las Hermanas	RM Balmaceda	Subpesca	RM Balmaceda	2013	Vigente	-43,76827	-73,03595	615199	658079	19,7212	0
25	Point	XI	A16N1	Punta Apablaza	Aysén Norte	Salud	Mont. Regular	2013	Vigente	-44,47778	-72,71944	607253	681369	0	0
26	Point	X	L01	Mieri	Est. y S. Reloncaví	Subpesca	Mont. Regular	0	Vigente	-41,59687	-72,70556	639246	891221	0	0
27	Point	X	L02	Yates	Estuario Reloncaví	Salud	Mont. Regular	0	Vigente	-41,69194	-72,59417	638115	716655	0	0
28	Point	X	L02N1	Sotomó	Estuario Reloncaví	Salud	Mont. Regular	0	Vigente	-41,66611	-72,40083	636403	710367	0	0
29	Point	X	L02N2	Cocharán	Est. y S. Reloncaví	Subpesca	Mont. Regular	0	Vigente	-41,49639	-72,31139	640265	724422	0	0
30	Point	X	L02N3	Marmel	Estuario Reloncaví	Salud	Mont. Regular	0	Vigente	-41,7	-72,45	638039	712162	0	0
31	Point	X	L03	Cta. La Arena	Est. y S. Reloncaví	Subpesca	Mont. Regular	0	Vigente	-41,68778	-72,64417	636221	696062	0	0
32	Point	X	L03N1	Peterillos	Estuario Reloncaví	Salud	Mont. Regular	0	Vigente	-41,715	-72,44944	637672	712179	0	0
33	Point	X	L04	Cabuco	Est. y S. Reloncaví	Subpesca	Mont. Regular	0	Vigente	-41,89701	-73,16714	636959	652253	0	0
34	Point	X	L05	Quelafnahue	Chiloé Norte	Subpesca	Mont. Regular	0	Vigente	-41,8525	-73,94694	636606	587414	0	0
35	Point	X	L06	Huehue	Chiloé Norte	Subpesca	Mont. Regular	0	Vigente	-41,90333	-73,4975	635887	624623	0	0
36	Point	X	L06N1	I. Caicura	Seno Reloncaví	Salud	Mont. Regular	0	Vigente	-41,73306	-72,68306	637727	692689	0	0
37	Point	X	L07	C. Caucahué	Canal Chiloé Norte	Subpesca	Mont. Regular	0	Vigente	-42,1375	-73,47306	633383	626186	0	0
38	Point	X	I.0R	I. Mechuarue	Canal Chiloé Norte	Subpesca	Mont. Regular	0	Vigente	-42,31694	-73,24817	631355	644290	0	0

Figura 148. Valores extraídos de clorofila *a* para satélites MODIS y VIIRS, según Estaciones de Muestreo del Programa de Marea Roja.

4.3.3. Comparación de información de Cruceros de Monitoreo y datos satelitales MODIS/VIIRS

Mediante software de hoja de cálculo Excel 2010, se procede a trabajar con la información de clorofila *in situ*, obtenida de los distintos Cruceros del Programa de Monitoreo de Marea Roja, esta información permitió comparar los valores extraídos de imágenes satelitales, considerando la coincidencia de las fechas para los puntos de Estación y los datos satelitales diarios. (Figura 149).

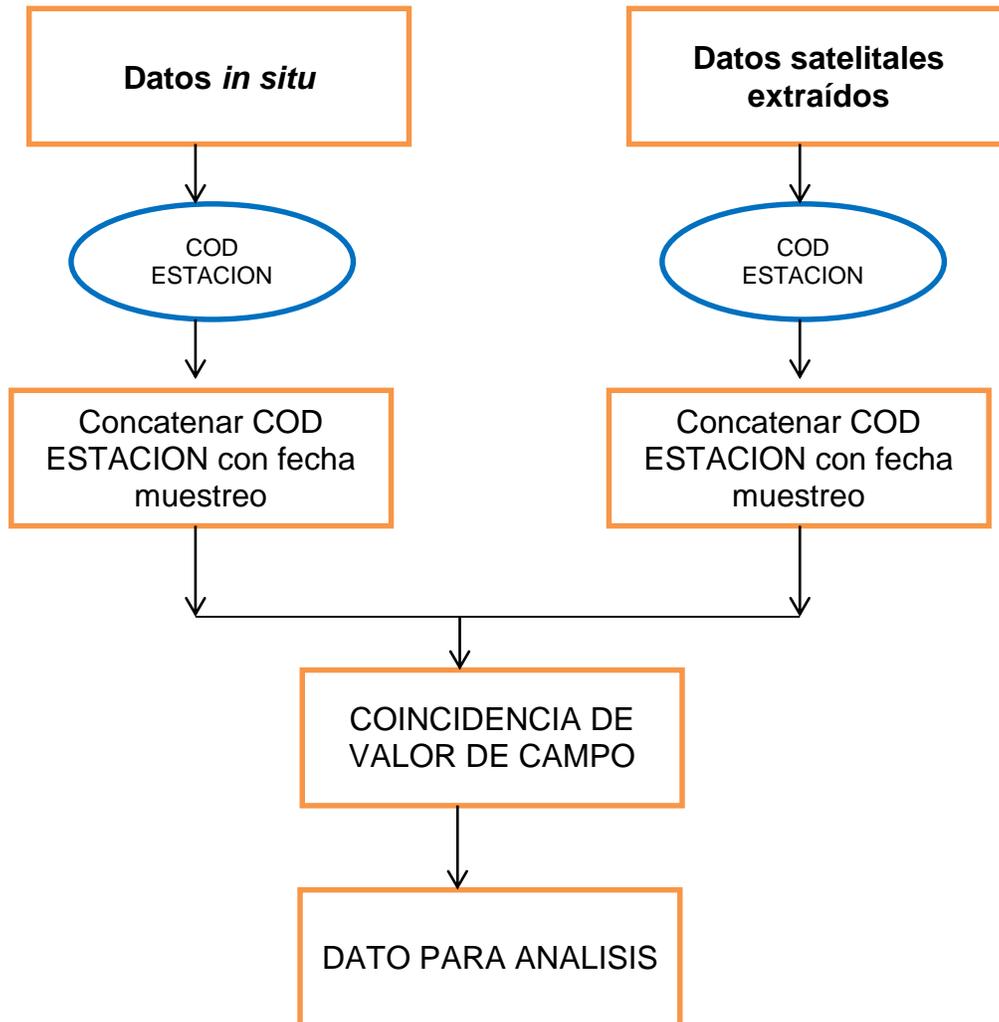


Figura 149. Esquema comparativo de datos in situ y satelitales para Estaciones de Muestreo de Marea Roja

En la Figura 150 se muestra el diagrama metodológico que resume las etapas necesarias para la comparación de los valores de clorofila *a*, tanto para datos tomados *in situ* como aquellos que fueron procesados y extraídos desde los satélites MODIS y VIIRS y utilizando las herramientas de procesamiento de imágenes (SEADAS 7.1) y análisis espacial (ArcGIS 10.2)

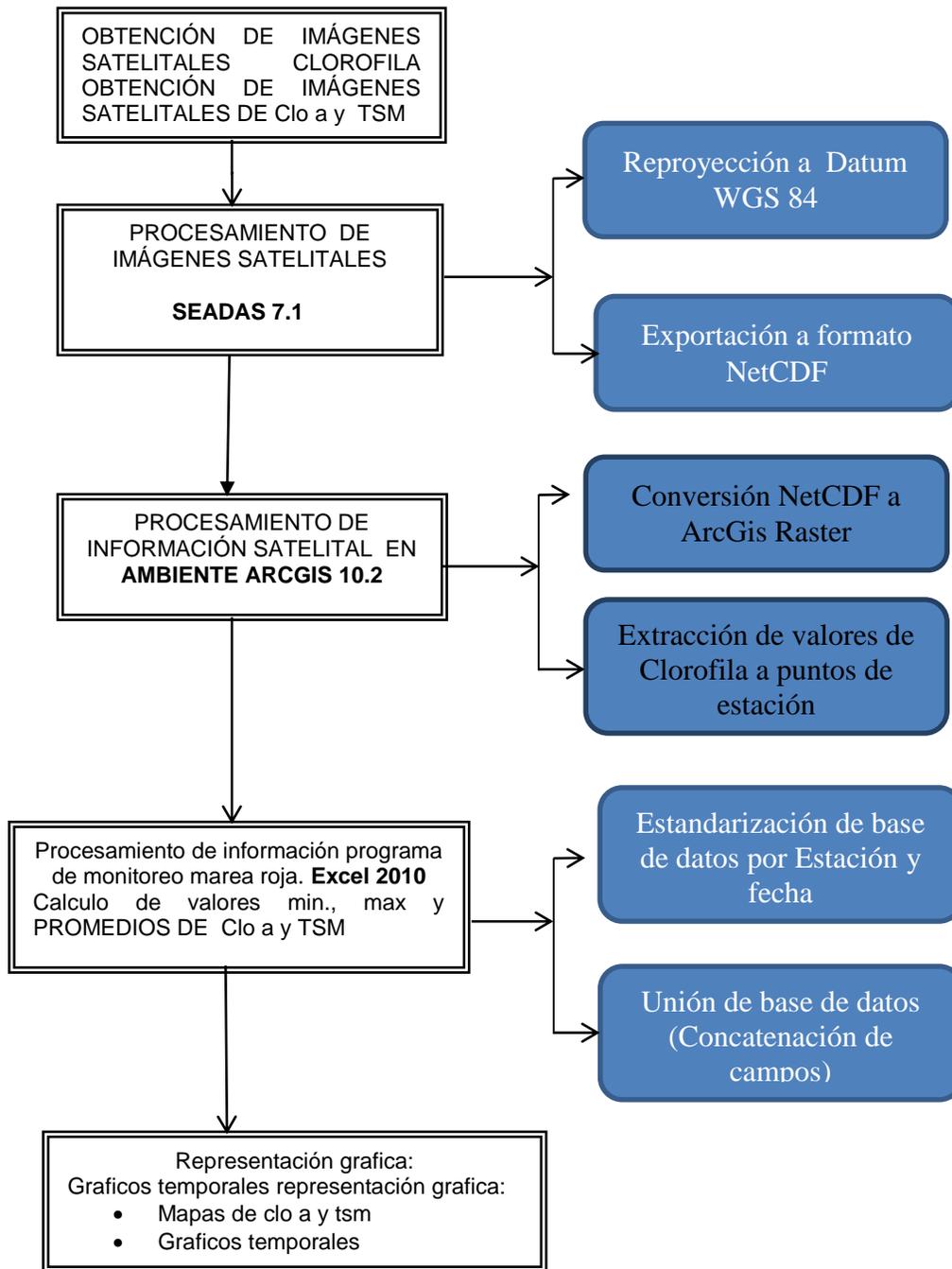


Figura 150. Diagrama metodológico para la comparación de información satelital y de Cruceros de Monitoreo del programa de Marea Roja.

Como se observa en la Figura 151, para las fechas 2 de febrero del 2012 es posible comparar solamente cuatro valores, toda vez que las estaciones asociadas a las imágenes satelitales sólo pudieron extraer estos valores, en el resto se presentaron valores nulos.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Id	AÑO	CODIGO_EST	NOMBRE	FCH_CRUC	cloro P_0-10	cloro P_10-20	02-02-2012	07-02-2012
2	40883A10	2012	A10	Añihue	6-dic-11	0.6	3.8	#N/A	#N/A
3	40906L16	2012	L16	I. Acui	29-dic-11	2.9	3.0	#N/A	#N/A
4	40906A10	2012	A10	Añihue	29-dic-11	0.6	0.5	#N/A	#N/A
5	40906A11	2012	A11	Melimogü	29-dic-11	0.5	0.8	#N/A	#N/A
6	40906A11N	2012	A11N1	Canal Moraleda 2	29-dic-11	0.9	0.7	#N/A	#N/A
7	40910L08	2012	L08	I. Mechuque	2-ene-12	3.8	2.7	#N/A	#N/A
8	40910L10N	2012	L10N3	B. Pumalín	2-ene-12	5.6	4.2	#N/A	#N/A
9	40911L07	2012	L07	C. Caucahué	3-ene-12	0.4	0.8	#N/A	#N/A
10	40911L09	2012	L09	I. Butachauques	3-ene-12	1.8	4.0	#N/A	#N/A
11	40911L09N	2012	L09N1	I. Butachauques 2	3-ene-12	1.1	6.2	#N/A	#N/A
12	40911L10	2012	L10	Ajacara	3-ene-12	1.7	3.7	#N/A	#N/A
13	40911L10N2	2012	L10N2	I. Talcán 2	3-ene-12	2.1	1.7	#N/A	#N/A
14	40912L02N	2012	L02N2	Cochamó	4-ene-12	1.4	4.3	#N/A	#N/A
15	40912L02N	2012	L02N4	Pocoihuen	4-ene-12	2.0	4.2	#N/A	#N/A
16	40912L11	2012	L11	C. Dalcahue	4-ene-12	0.8	2.0	#N/A	#N/A
17	40912L12	2012	L12	I. Quehui	4-ene-12	1.4	1.7	#N/A	#N/A
18	40912L13	2012	L13	I. Chaulinec	4-ene-12	0.7	1.0	#N/A	#N/A
820	40945L12	2011	L12	I. Quehui	6-feb-12	2.4	3.0	#N/A	#N/A
821	40944L13	2011	L13	I. Chaulinec	5-feb-12	6.0	5.0	#N/A	#N/A
822	40944L13N	2011	L13N1	I. Chaulinec 2	5-feb-12	3.1	3.3	#N/A	#N/A
823	40944L14	2011	L14	I. Talcán	5-feb-12	0.8	0.9	#N/A	#N/A
824	40941L16	2011	L16	I. Acui	2-feb-12	1.6	1.0	0	#N/A
825	40941L16N	2011	L16N1	I. Chaulín	2-feb-12	2.4	1.3	26.4575	#N/A
826	40941L17	2011	L17	Auchemó	2-feb-12	1.0	1.0	5.1555	#N/A
827	40941L17N	2011	L17N1	E. Palvitad	2-feb-12	0.4	0.4	0	#N/A
828	40941L17N	2011	L17N2	I. Tranquí	2-feb-12	0.4	0.5	0.743667	#N/A
829	40939L19	2011	L19	Pta. Chiguao	31-ene-12	2.2	1.1	#N/A	#N/A
830	40939L19N	2011	L19N1	Yelcho	31-ene-12	1.9	1.1	#N/A	#N/A
831	40939L19N	2011	L19N2	C. Coldita	31-ene-12	3.3	1.0	#N/A	#N/A
832	40941L19N	2011	L19N3	G. Corcovado	2-feb-12	0.8	0.8	0.538926	#N/A
833	40940L19N	2011	L19N4	G. Corcovado 2	1-feb-12	0.4	0.5	#N/A	#N/A
834	40939L20	2011	L20	I. Laitec	31-ene-12	1.6	2.1	#N/A	#N/A
835	40939L20N	2011	L20N1	Bco. Velahue	31-ene-12	1.7	0.9	#N/A	#N/A
836	40939L22	2011	L22	B. Asasao	31-ene-12	5.6	6.0	#N/A	#N/A

Figura 151. Valores concatenados por Código de Estación y fecha.

Como se observa en la Figura 152, el análisis comparativo de clorofila *a* para el año 2012 demuestra que los valores de clorofila satelital son mayores a los observados por los Cruceros de Monitoreo del Programa de Marea Roja.

El promedio observado para estas diferencias alcanza a 5.0 mg/m³ para la clorofila a 10 m de profundidad y 5.1 mg/m³ para la clorofila entre 10 y 20 m.

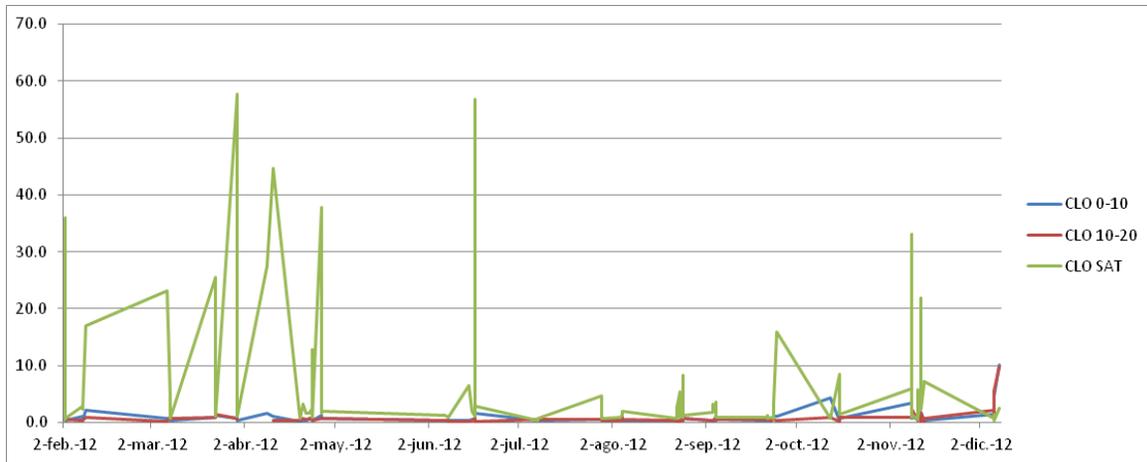


Figura 152. Gráfico de distribución temporal de clorofila a para datos in situ y satelital.

Como se observa en la Figura 153, las mayores diferencias entre lo medido por las estaciones de muestreo y las imágenes satelitales se presentan en el periodo que va desde febrero a mayo de 2012 y el período de octubre a noviembre de 2012, con valores extremos de diferencias que alcanzan por sobre los 30 mg/m³.

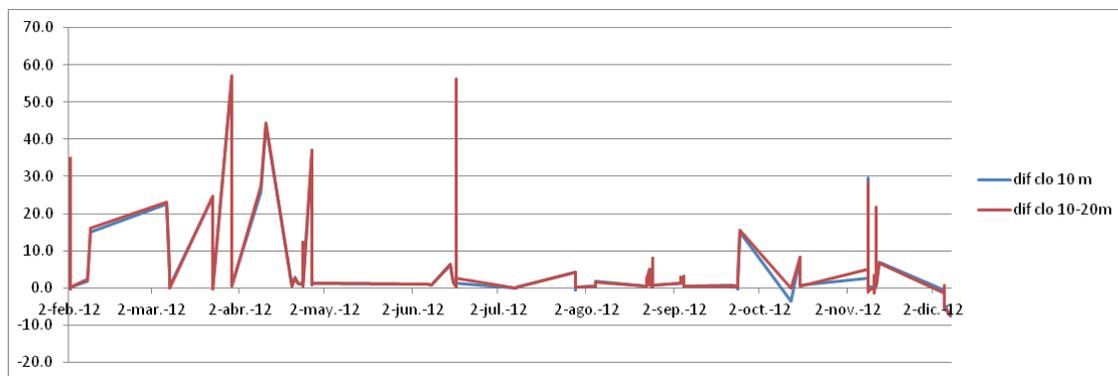


Figura 153. Gráfico comparativo de valores de diferencia entre datos in situ y satelital

Luego de obtener la base datos esta se debe organizar y eliminar los registros vacíos y datos anómalos.

/Al validar o relacionar la clorofila satelital MODIS/VIIRS versus la clorofila *in situ* promedio entre 0 y 10 m (obtenida de los datos del PMMR para el año 2012), se observa que hay una alta dispersión para valores mayores a 10 mg/ m³ no obteniéndose ninguna relación. Mientras que al relacionar los datos MODIS/VIIRS versus *in situ* para valores menores a 10

mg/ m³ se logra rescatar un total de 66 datos con un significativo ajuste ($R^2 = 78.8\%$) tal como lo muestra la Figura 154.

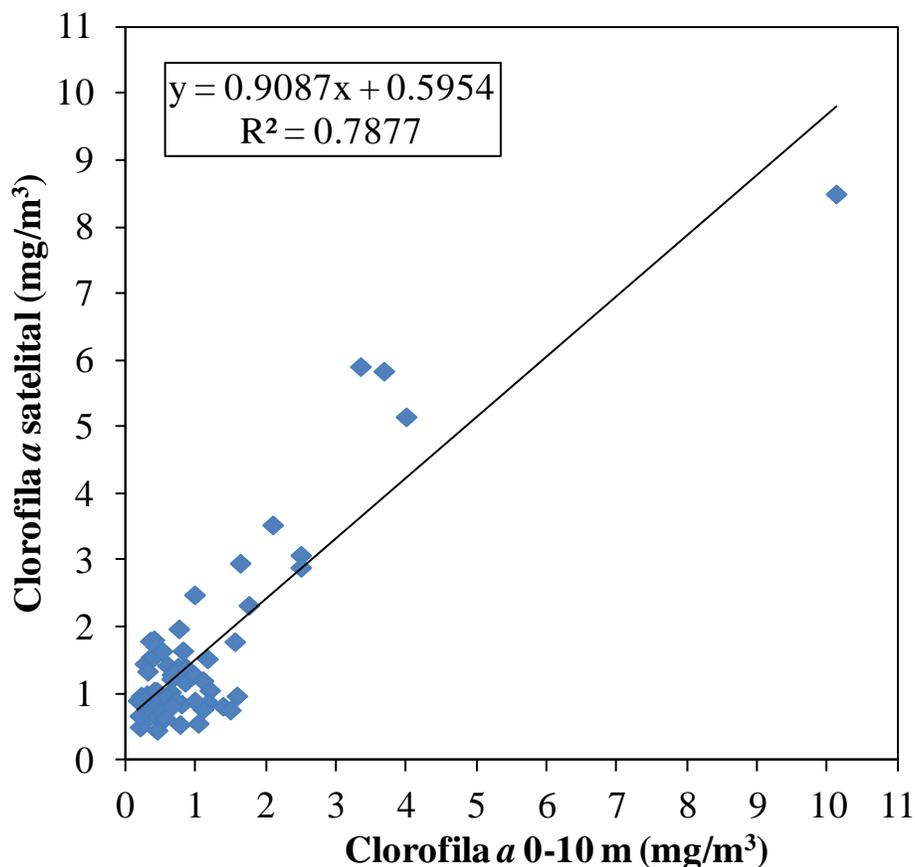


Figura 154. Relación entre la clorofila satelital VIIRS y MODIS versus la clorofila *in situ* promedio entre 0 y 10 m obtenida de los datos del Programa de Monitoreo de Marea Roja para el año 2012.

4.3.4. Imágenes Landsat 8 OLI/TIRS

Las imágenes Landsat 8 OLI/TIRS se refieren a las imágenes obtenidas de los sensores Operational Land Imager (OLI) y Thermal Infrared Sensor (TIRS) a bordo del satélite Landsat 8. Las imágenes Landsat 8 OLI/TIRS fueron procesadas con el software ENVI 5.1 y en computadores de alto rendimiento (CPU Core i7-3960X 3.3 GHz Extreme Edition, 12 núcleos, DDR3 64GB). Cabe señalar, que cada imagen Landsat 8 OLI/TIRS (10 bandas multiespectrales + 1 banda pancromática) en promedio pesa 1.78 Gb y procesos como la fusión pancromática-multiespectral pan-sharpening generan archivos de hasta 3 Gb, por lo

cual se requiere de computadores de alto rendimiento y capacidad de memoria para lograr los resultados propuestos y un trabajo más eficiente.

Se seleccionaron 3 imágenes LANDSAT8 OLI/TIRS que abarcan las zonas de interés y que corresponden a los archivos LC82330892014169 (zona: norte de Chiloé, fecha adquisición: 18 Junio 2014), LC82330902014169 (zona: sur de Chiloé, fecha adquisición: 18 Junio 2014) y LC82320922015021 (zona: región de Aysén, fecha adquisición: 21 Enero 2015).

Las imágenes Landsat 8 OLI/TIRS vienen en archivos pancromático y multiespectral en formato *.TIF y se importaron al software ENVI para su procesamiento. Las imágenes fueron georreferenciadas de UTM 18N a UTM Zona 18S que es el sistema de referencia de la base cartográfica de la División de Acuicultura.

4.3.4.1. Estimación de parámetros ambientales de imágenes Landsat 8 OLI/TIRS.

A continuación se muestran las etapas para estimar parámetros ambientales de las imágenes Landsat 8 OLI/TIRS en el software ENVI donde se destacan calibración a radianza espectral, corrección atmosférica, cálculo de reflectancia, temperatura de brillo y absoluta y determinación de batimetría satelital.

4.3.4.1.1. Calibración a radianza espectral

Previo a las correcciones atmosféricas a realizarse con el módulo FLAASH (Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Hypercubes) de ENVI, las imágenes Landsat deben calibrarse de valores digitales a radianza espectral y deben tener un formato de estructura de dato tipo BIL (Band Interleave by Line). Primero abrimos la imagen Landsat 8 bruta leyendo la información de cabecera (metadata), existe un módulo especial en ENVI para importar imágenes Landsat el cual se llama "GeoTIFF with metadata". Una vez importada la imagen Landsat con su metadata entonces procedemos a calibrar desde valores digitales a radianza espectral utilizando el Toolbox de ENVI llamado "Radiometric Calibration". En la ventana de calibración radiométrica procedemos a seleccionar la Radianza como parámetro a calibrar

y utilizamos la configuración para el módulo FLAASH ("Apply FLAASH Settings") para de este modo establecer los parámetros óptimos de entrada para utilizar posteriormente en el módulo de corrección atmosférica FLAASH. Como resultado se obtiene la imagen Landsat 8 calibrada a Radianza en unidades $\text{Wm}^{-2}\text{sr}^{-1}\mu\text{m}^{-1}$. Este proceso se realizó a las 3 imágenes Landsat 8 que abarcan las zonas de interés y que corresponden a los archivos LC82330892014169, LC82330902014169 y LC82320922015021.

4.3.4.1.2. Corrección atmosférica: estimación de reflectancia espectral

La imagen Landsat 8 obtenida con valores de radiancia se transforma a reflectancia utilizando los parámetros requeridos por el módulo FLAASH, los que en parte fueron configurados en la etapa anterior de Calibración a radiancia espectral con el toolbox ENVI "Radiometric Calibration". Una vez abierto el toolbox FLAASH debemos ingresar la imagen de Radianza BIL e indicar que se utilizará un factor de escala simple para todas las bandas igual a 1.0, esto dado que la transformación de las unidades ya se realizó en la etapa de calibración a radiancia. Luego en las siguientes ventanas se debe direccionar el archivo de salida de reflectancia a su carpeta de resultados, seleccionar un directorio (carpeta) donde se guardarán los archivos auxiliares del proceso de corrección y luego un prefijo raíz para reconocer los archivos resultantes.

En la segunda sección del módulo se deben configurar datos del sensor; dado que la imagen ya fue rectificadas geométricamente y cuenta con un sistema de coordenadas, la coordenada central se cargará automáticamente. Se debe seleccionar el sensor (tiene opciones multiespectrales e hiperespectrales) en este caso Landsat 8, y utilizamos una altura media del terreno de 0,1 km en este caso. La fecha y hora de captura se encuentra en la información de cabecera de la imagen para esto se puede revisar el metadata. Luego se deben seleccionar los parámetros atmosféricos que se considerarán en el modelo de corrección, para ellos se debe consultar la Tabla 56. En este caso utilizamos el modelo Sub-Arctic Summer (MLS) para las imágenes de verano para la zona de estudio.

Tabla 56. Modelos de corrección atmosférica y constantes de los parámetros vapor de agua y temperatura aire-superficie.

Modelo Atmosférico		Vapor de Agua (std atm-cm)	Vapor de Agua (g/cm ²)	Temperatura aire- superficie		
Sub-Arctic Winter (SAW)		518	0.42	-16° C (3° F)		
Mid-Latitude Winter (MLW)		1060	0.85	-1° C (30° F)		
U.S. Standard (US)		1762	1.42	15° C (59° F)		
Sub-Arctic Summer (SAS)		2589	2.08	14° C (57° F)		
Mid-Latitude Summer (MLS)		3636	2.92	21° C (70° F)		
Tropical (T)		5119	4.11	27° C (80° F)		
Latitude (°N)	Jan	March	May	July	Sept	Nov
80	SAW	SAW	SAW	MLW	MLW	SAW
70	SAW	SAW	MLW	MLW	MLW	SAW
60	MLW	MLW	MLW	SAS	SAS	MLW
50	MLW	MLW	SAS	SAS	SAS	SAS
40	SAS	SAS	SAS	MLS	MLS	SAS
30	MLS	MLS	MLS	T	T	MLS
20	T	T	T	T	T	T
10	T	T	T	T	T	T
0	T	T	T	T	T	T
-10	T	T	T	T	T	T
-20	T	T	T	MLS	MLS	T
-30	MLS	MLS	MLS	MLS	MLS	MLS
-40	SAS	SAS	SAS	SAS	SAS	SAS
-50	SAS	SAS	SAS	MLW	MLW	SAS
-60	MLW	MLW	MLW	MLW	MLW	MLW
-70	MLW	MLW	MLW	MLW	MLW	MLW
-80	MLW	MLW	MLW	MLW	MLW	MLW

A modo de ejemplo, en la Figura 155 se muestra la ventana del módulo FLAASH, que permite el modelado de corrección atmosférica de principios básicos para recuperar la reflectancia espectral desde radiancia de imágenes multiespectrales. Con FLAASH se puede compensar con precisión los efectos atmosféricos. FLAASH corrige longitudes en el visible a través de las regiones del infrarrojo cercano e infrarrojo de onda corta, de hasta 3 mm. A diferencia de muchos otros programas de corrección atmosférica que interpolan propiedades de transferencia de radiación desde los resultados de modelamiento de una base de datos precalculada, FLAASH incorpora el código de transferencia de radiación MODTRAN4.

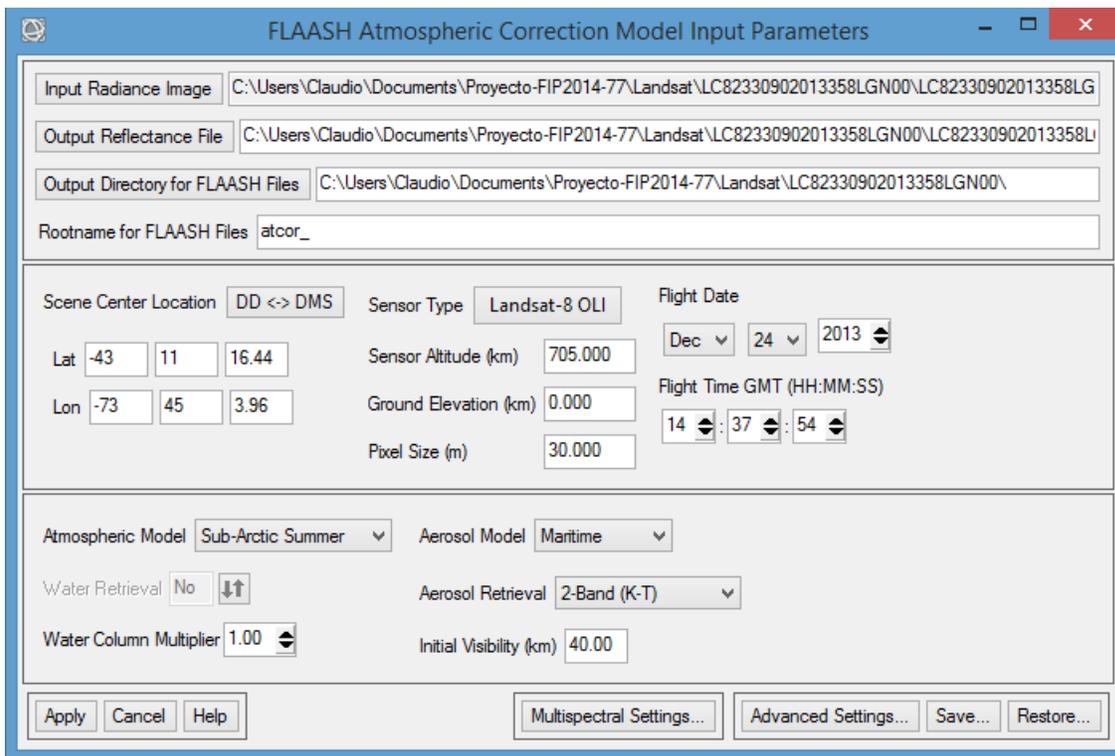


Figura 155. Ventana del toolbox FLAASH donde se ingresan los parámetros de entrada y se configura el modelo de corrección atmosférica aplicado a las radianza de las bandas visuales de imágenes multiespectrales Landsat 8 OLI.

Una vez ingresados los parámetros y ejecutado (Apply) el módulo FLAASH se genera la reflectancia de salida, sin embargo estas imágenes se deben normalizar llevando los valores a números reales con escala estándar entre 0 y 1. Para normalizar los datos o reescalarlos a valores conocidos de trabajo espectral (0-1), se aplica con el módulo de matemática de bandas de ENVI la siguiente fórmula:

$$(b1 \leq 0) * 0 + (b1 \geq 10000) * 1 + (b1 > 0 \text{ and } b1 < 10000) * \text{float}(b1) / 10000$$

En la Figura 156 se muestra un ejemplo de la estadística de bandas de una imagen de reflectancia no normalizada y luego como queda la estadística de la imagen normalizada. Cabe destacar, que se necesita un mínimo de 40° de ángulo solar de elevación para correr el programa FLAASH.

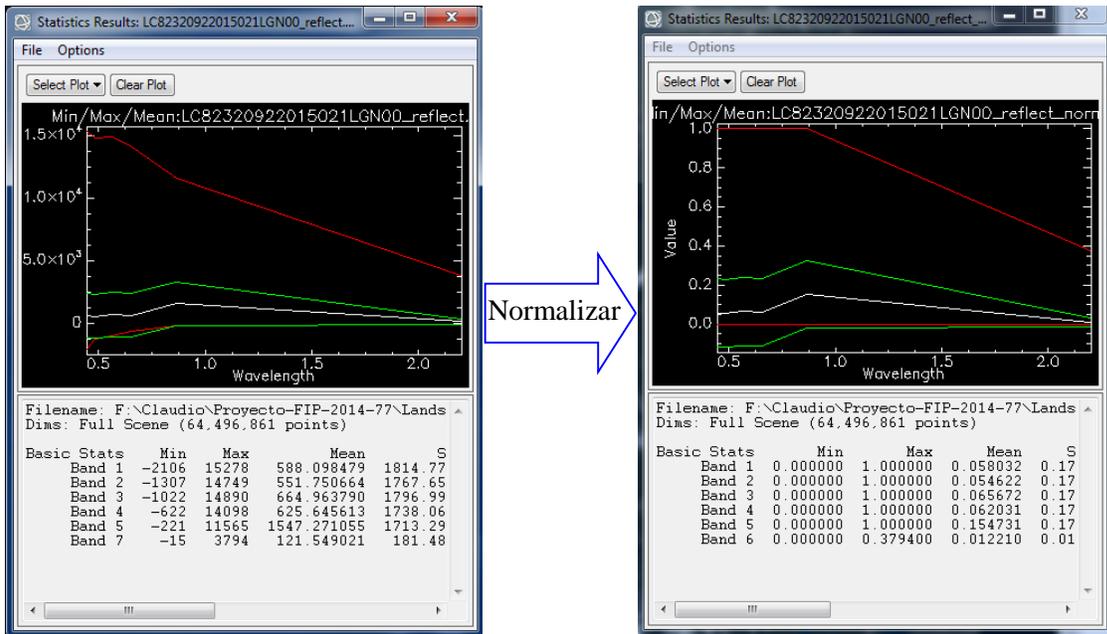


Figura 156. Ejemplo de la estadística de bandas de una imagen de reflectancia no normalizada y normalizada.

En la Figura 157 se muestra un ejemplo comparativo entre una imagen sin procesar y como queda luego de calibrada y corregida atmosféricamente.

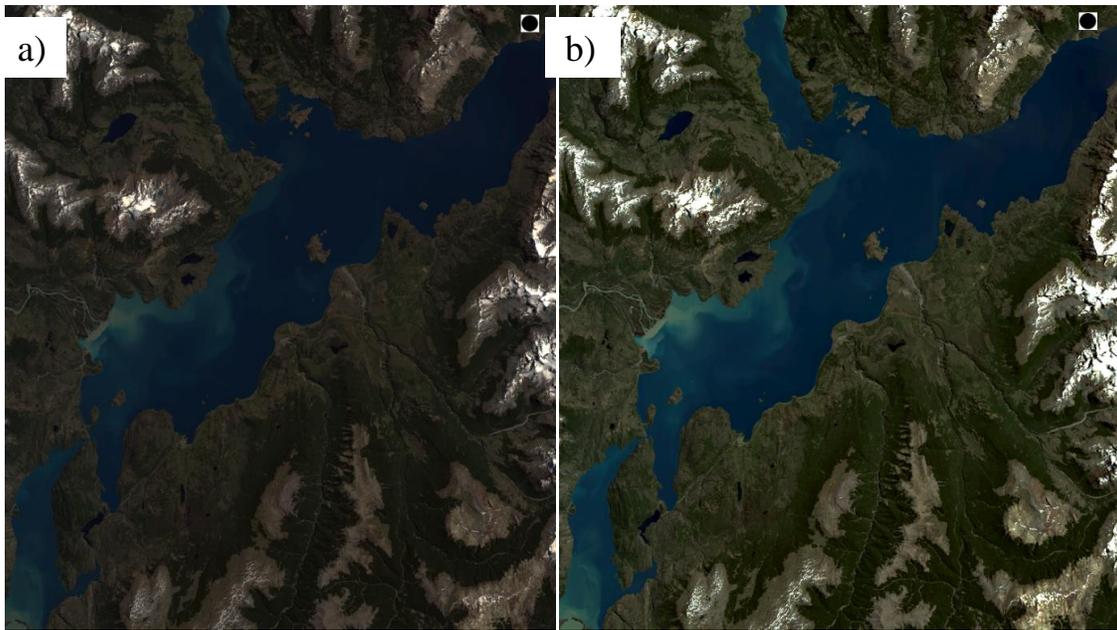


Figura 157. Ejemplo de imagen a) sin procesar y b) calibrada y corregida atmosféricamente.

4.3.4.1.3. Generación de batimetría de Landsat 8 OLI/TIRS

Con las imágenes de reflectancia y utilizando la herramienta de ENVI se calcula la profundidad relativa del agua, que permite generar un producto que representa la profundidad del agua en relación a una región de interés. Esta herramienta utiliza un algoritmo de batimetría de fondo albedo-independiente desarrollado por Stumpf y Holderied (2003). La naturaleza fondo albedo-independiente del algoritmo significa que el fondo marino cubierto de seagrass de mar oscuro o de arena brillante se demuestra que es a la misma profundidad cuando están en la misma profundidad. Los resultados de la profundidad del agua son relativos, ya que no representan profundidades absolutas (los resultados se ajustan a escala de cero a uno). La intención de estos resultados es proporcionar una idea general de la batimetría; no son para ser utilizados con fines de navegación.

A modo de ejemplo usamos en ENVI 5.1 la imagen Landsat 8 OLI/TIRS, código LC82330902013358LGN00, tiempo de adquisición: 24 de diciembre de 2013 a las 14:35:55 horas, ángulo solar de elevación 55.69° , 1% de cobertura de nubes. En la Figura 158 se muestra un pantallazo en ENVI de la imagen multispectral color natural (banda R, G y B) de código LC82330902013358LGN00 de la zona de la X Región que se usa de ejemplo.

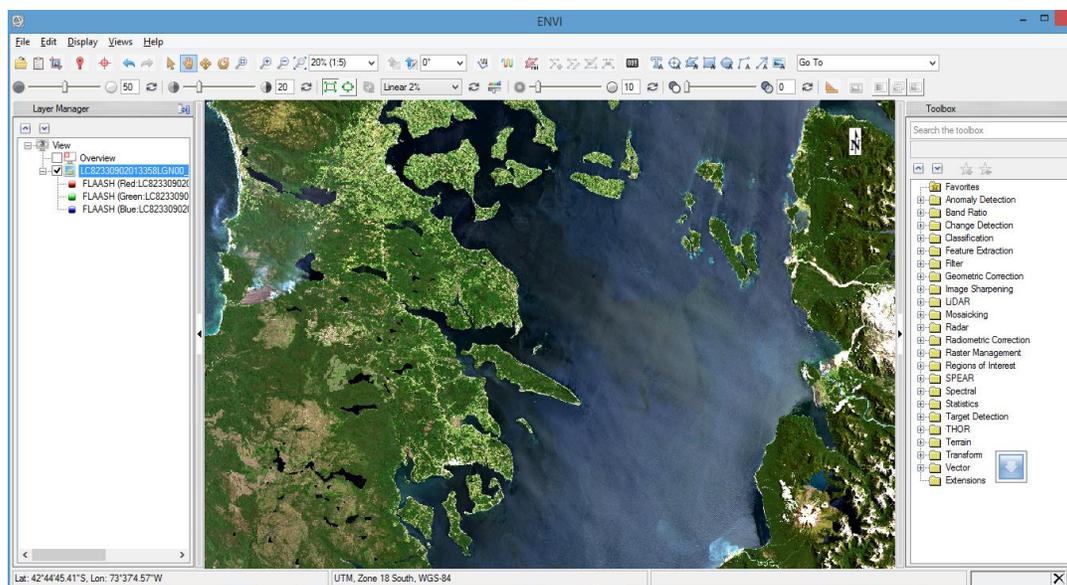


Figura 158. Pantallazo en ENVI de la imagen de reflectancia multispectral color natural (banda R, G y B) de código LC82330902013358LGN00 que se usa de ejemplo de aplicación.

La batimetría es derivada de la imagen multispectral de reflectancia aplicando el método de ratio (Stumpf et al. 2003) entre las bandas Blue (Banda 2, 0.4826 μm)/Green (Banda 3, 0.5613 μm).

El primer paso es derivar la batimetría de la imagen para determinar la batimetría relativa usando la transformación de los valores del ratio de reflectancia por el logaritmo natural:

$$Z_r = \ln(1000 \times B2) / \ln(1000 \times B3)$$

Donde Z_r es la batimetría relativa, B2 es el valor de reflectancia banda Blue y B3 es el valor de reflectancia de la banda Green. Para sacar los valores de tierra generamos una máscara, para ello visualizamos la banda NIR de reflectancia calibrada con Grey Scale. Necesitamos saber el rango de valores de reflectancia del agua para ello vamos a extraer un perfil horizontal del tipo Transecta de los valores de reflectancia de la banda NIR. En la ventana de imagen vamos a Tools > Profiles > Arbitrary Profile (Transect). Extraemos un perfil para extraer los datos. Se determina que los valores de agua van entre -1000 y 350. Considerando el rango de valores de agua, se genera una máscara para los valores de cuerpo de agua, en el menú principal Classic ENVI, seleccione Tools > Masking > Build Mask. En la Figura 159 se muestra la imagen máscara resultante.

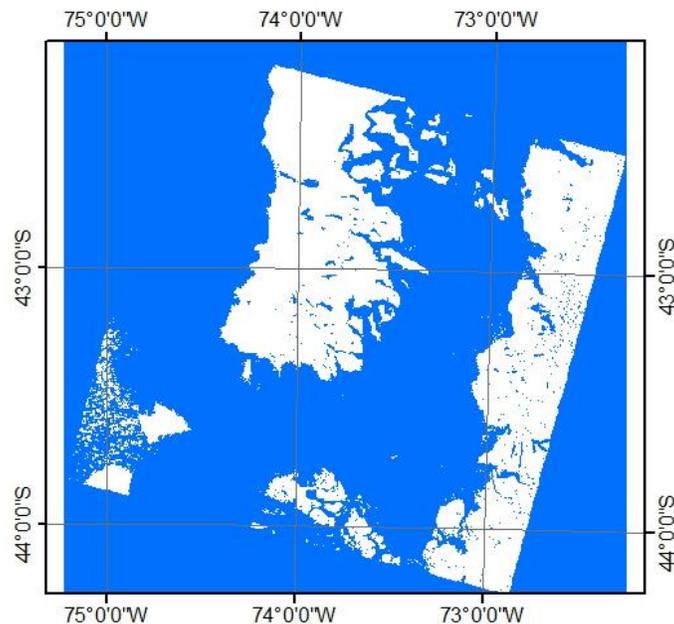


Figura 159. Imagen máscara generada con el rango de valores de agua de la reflectancia de la banda NIR.

Para poder trabajar la imagen multispectral de reflectancia sólo con los valores del cuerpo de agua se debe aplicar una máscara para eliminar los datos de tierra u otros objetos. En ENVI se selecciona Tools > Masking > Apply Mask y se aplica la máscara creada a la imagen de batimetría relativa. Como resultado obtenemos la imagen de batimetría relativa sin valores de tierra, nubes y otros objetos (Figura 160).

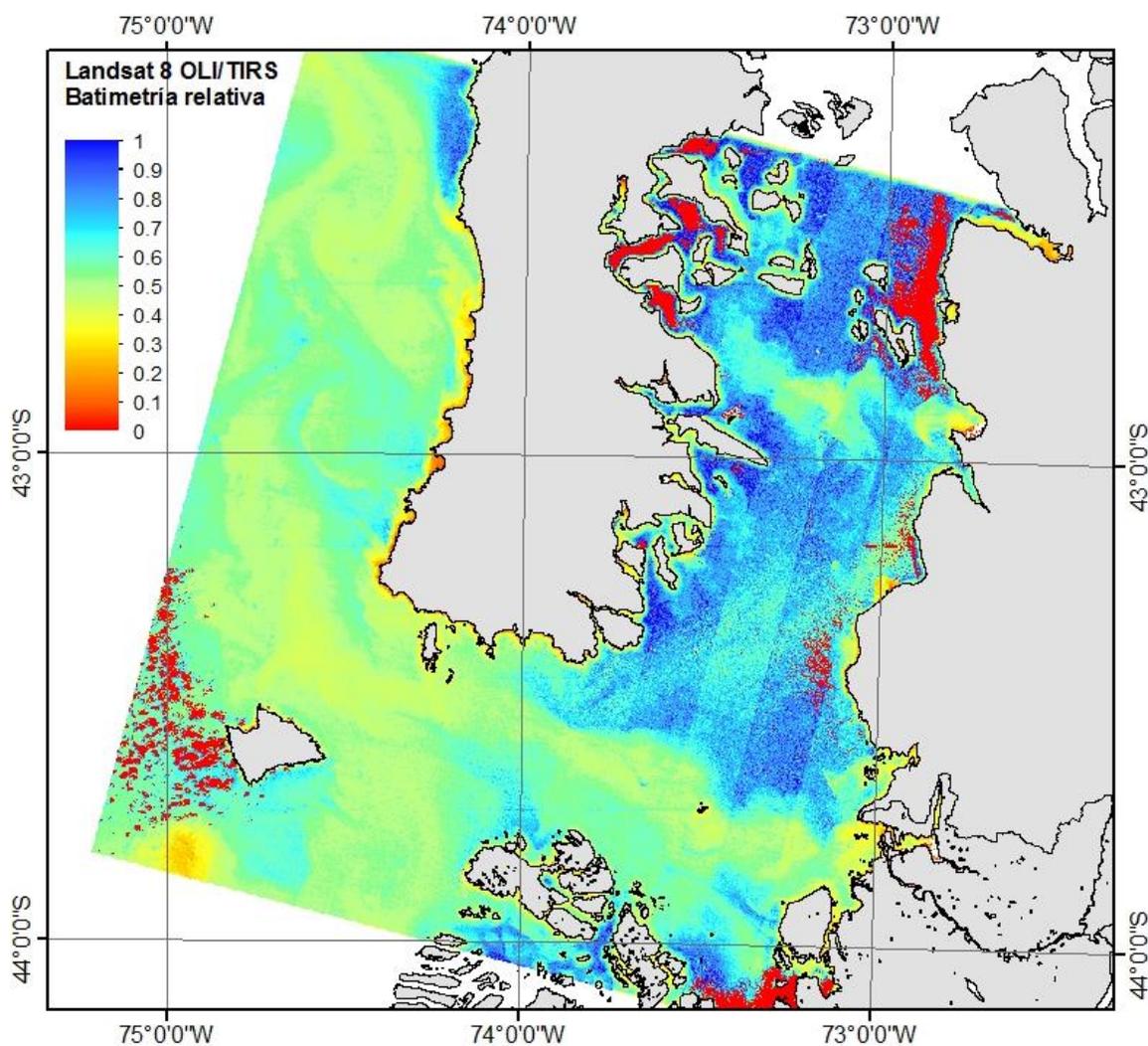


Figura 160. Ejemplo de batimetría relativa con valores entre 0 y 1 utilizando las imagen de código LC82330902013358LGN00.

Para eliminar el ruido la imagen de batimetría relativa es filtrada con el método de Mediana y con un Kernel de 5x5. El siguiente paso es calibrar la batimetría relativa a batimetría

absoluta basada en datos de muestreos *in situ* de la profundidad del agua, que para este caso son los datos batimétricos GEBCO08 generados con datos de altimetría satelital y sondajes *in situ* (Figura 160). Los datos de puntuales se relacionan con los valores batimétricos relativos usando Stumpf y Holderied (2003). La ecuación siguiente se utiliza para derivar batimetría absoluta para toda la imagen:

$$Z = m_1 \times Z_r - m_0 \text{ (lineal)} \qquad Z = m_1 * \exp x \text{ (exponencial)}$$

donde Z es la profundidad, m_1 es una constante ajustable para ampliar el ratio o la batimetría relativa a profundidad y m_0 es la corrección para una profundidad de 0 m.

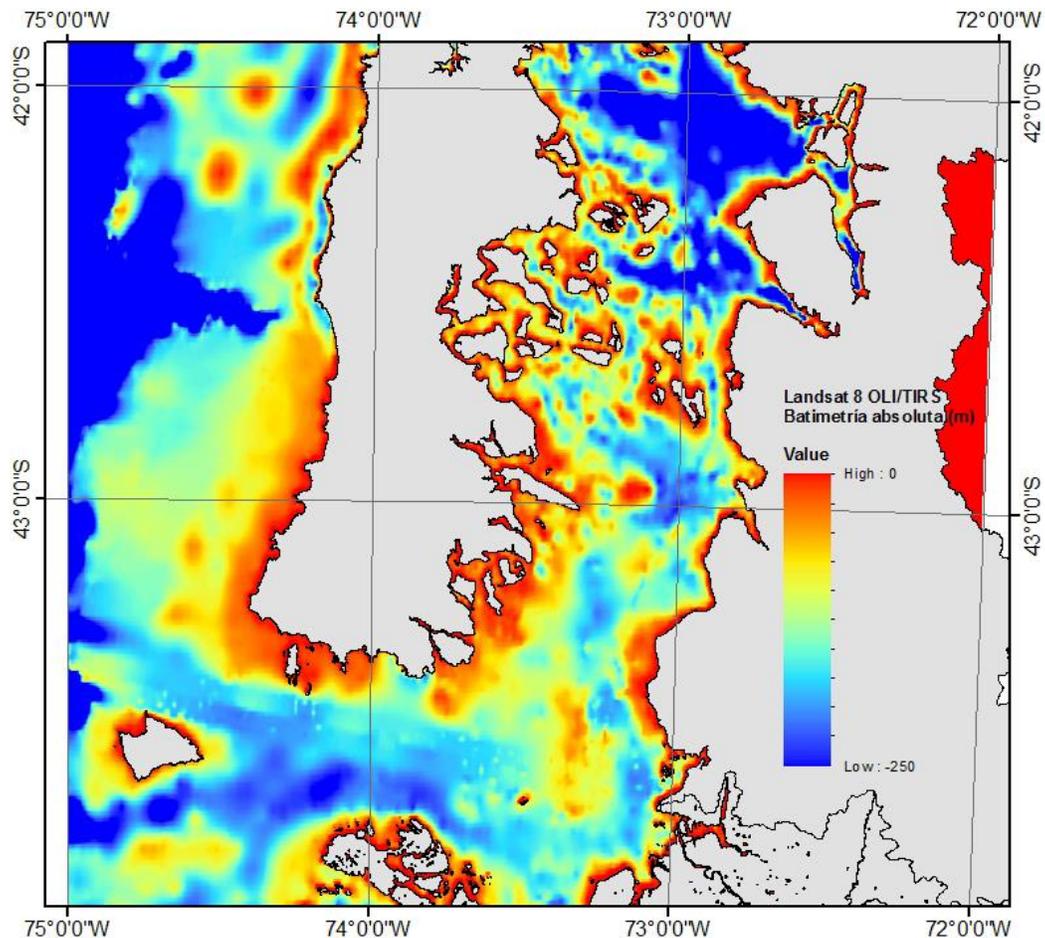


Figura 161. Batimetría GEBCO08.

Se obtuvo que la relación entre datos de batimetría GEBCO08 y la batimetría relativa es de tipo exponencial ($R^2=0.81$) y su ecuación es $Z = 8.4924 * e^{3.959 * Z_r}$ tal como se muestra en el gráfico de dispersión y línea de tendencia de la Figura 162.

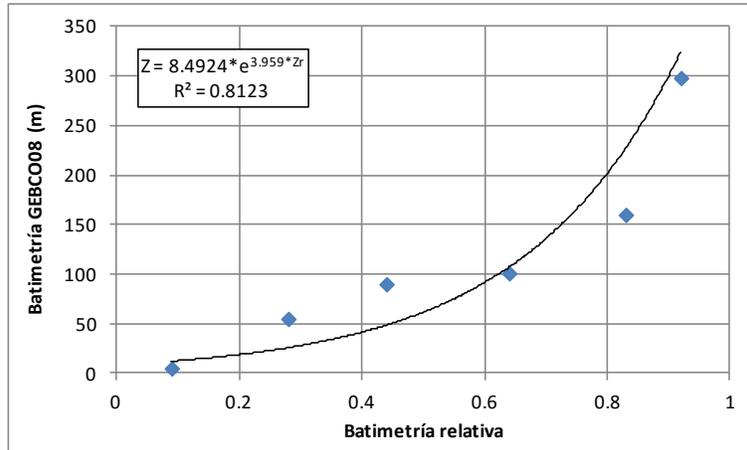


Figura 162. Modelo ajustado de calibración batimetría relativa a batimetría absoluta.

Finalmente utilizamos la ecuación $Z = 8.4924 * e^{3.959 * Z_r}$ para simular la batimetría absoluta en función de la batimetría relativa, obteniéndose como resultado la imagen que se muestra en la Figura 163.

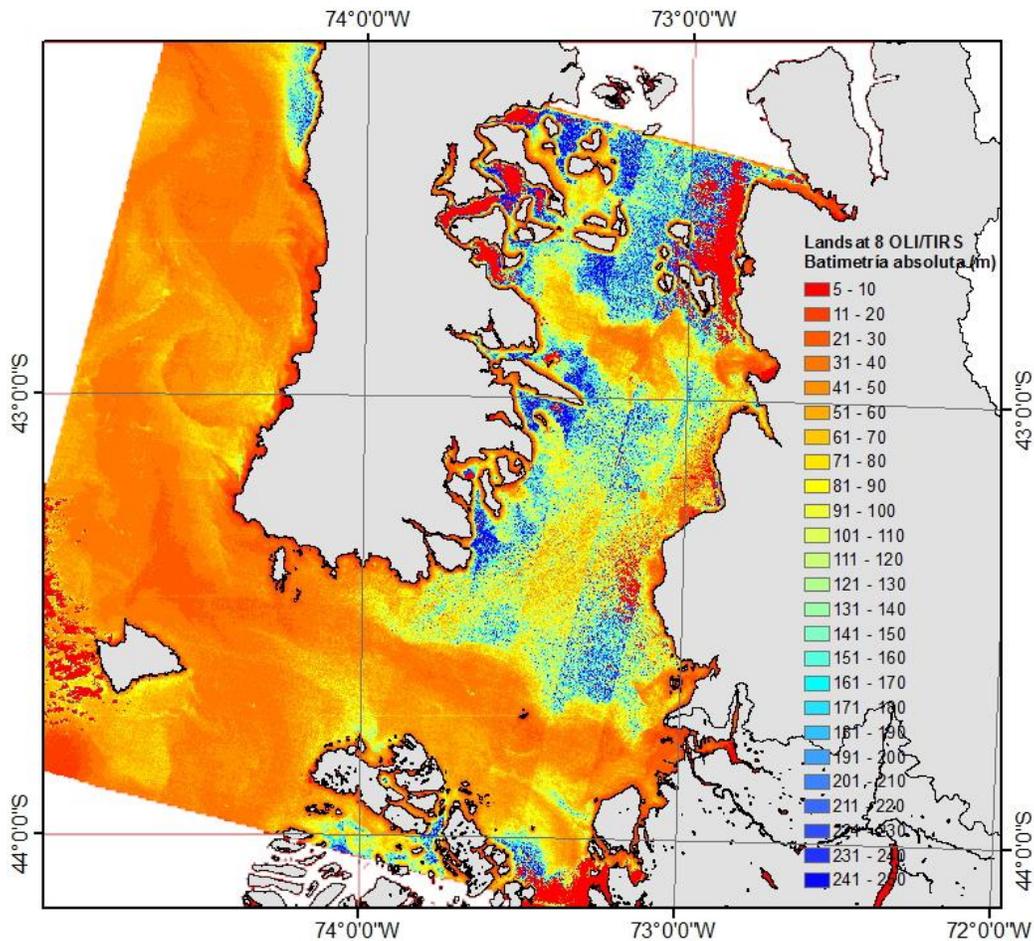


Figura 163. Ejemplo de batimetría absoluta utilizando la imagen LC82330902013358LGN00.

4.3.4.1.4. Estimación de la temperatura superficial del mar de Landsat 8 OLI/TIRS

Primero se deben calibrar las bandas térmicas a partir de las bandas (banda 10 10.9 μm y banda 11 12 μm) de los sensores Landsat 8 OLI/TIRS de forma directa a partir del módulo de calibración radiométrica. Se debe trabajar sobre la imagen bruta abriendo el archivo LC82330902013358LGN00_MTL.txt para lectura de bands y metadatos. Se ejecuta el toolbox de ENVI Radiometric Calibration y en la ventana se debe seleccionar esta el archivo Thermal y se realiza una calibración del tipo Radianza. Como resultado se obtienen las bandas térmicas calibradas a Radianza en $\text{Wm}^{-2}\text{sr}^{-1}\mu\text{m}^{-1}$. En la Figura 164 se muestra un ejemplo de la Radianza de la banda 10.

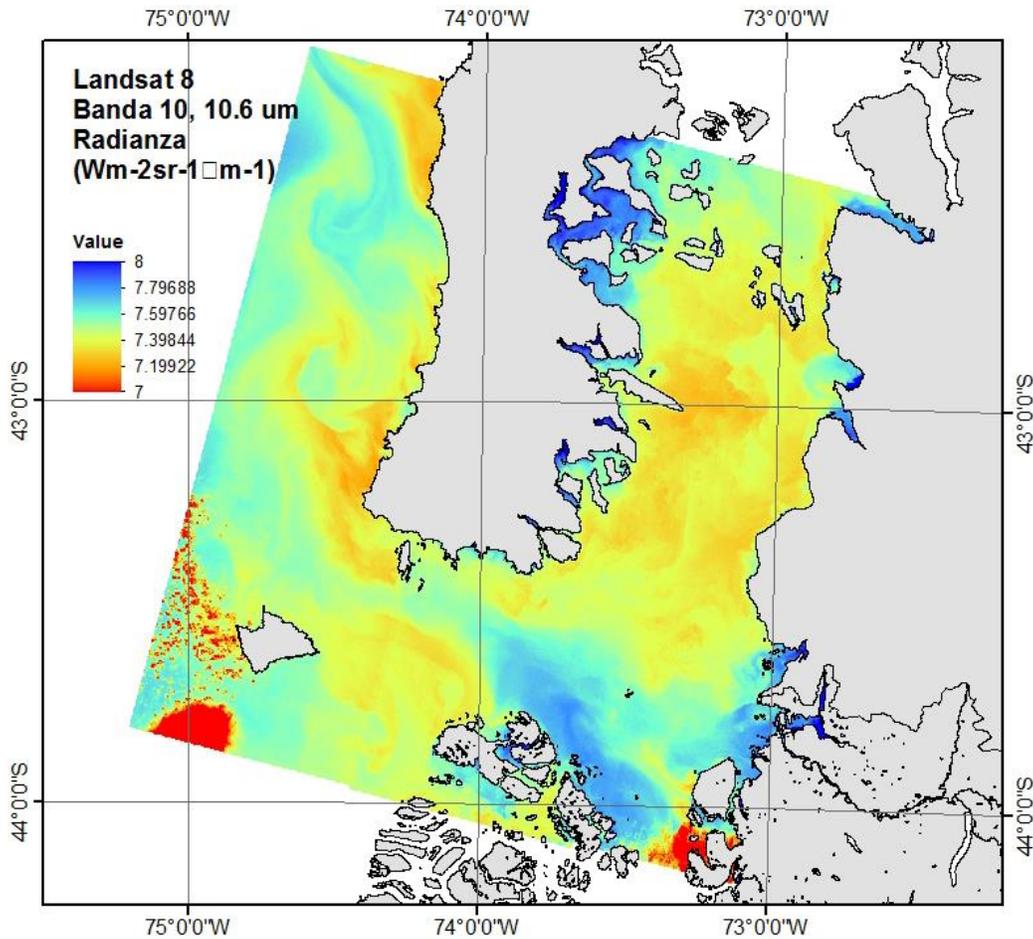


Figura 164. Ejemplo de la Radianza de la banda térmica 10, imagen LC82330902013358LGN00.

Para obtener temperatura superficial del mar (TSM) se deben corregir atmosféricamente las bandas térmicas. Esto requiere a su vez de ciertos parámetros adicionales (Barsi et al., 2003; Barsi et al., 2005) que pueden ser obtenidos para cada escena en el módulo desarrollado por la NASA <http://atmcorr.gsfc.nasa.gov/>, para este ejemplo esos parámetros ya fueron calculados para la escena.

La fórmula a utilizar (Coll et al., 2010) es la siguiente:

$$CV_{R2} = \frac{CV_{R1} - L \uparrow}{\epsilon \tau} - \frac{1 - \epsilon}{\epsilon} L \downarrow$$

Donde:

- CVR2 corresponde a la radianza de la escena corregida atmosféricamente

- CVR1 corresponde a la radianza TOA
- ε corresponde a la emisividad de la atmósfera (valor típico de 0,95)
- L↑ radianza de subida
- L↓ radianza de bajada
- τ transmisividad de la atmósfera

Para aplicar esta ecuación vaya al Toolbox de ENVI y escriba Band Math. En el módulo utilice la siguiente expresión:

$$((b1-0.48)/(0.95*0.93))-(0.05263*0.83)$$

Para la obtención de la TSM Con la imagen resultante se aplica la siguiente ecuación (solo si la radianza está corregida atmosféricamente):

$$T = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{CV_{R2}} + 1\right)}$$

Dónde:

- T corresponde a la temperatura superficial en grados Kelvin
- K2 constante de calibración dos para la banda termal
- K1 constante de calibración uno para la banda termal
- CVR2 Radianza corregida obtenida en el punto 6.1

Las constantes de calibración respectivas a la imagen se pueden encontrar en su metadato.

La fórmula para ingresar a matemática de bandas de ENVI corresponde a la siguiente:

$$1321.08/\text{alog}(774.89/b1+1)$$

Para pasar esta temperatura a grados Celsius puede aplicar la fórmula en matemática de bandas de ENVI:

$$B1-273.15$$

Ya tenemos las temperaturas superficiales en grados Celsius de las dos bandas térmicas 10 y 11. Finalmente para obtener la TSM absoluta se promedian las dos bandas y se calcula el

error respecto a una imagen de TSM MODIS de temperatura del mismo día, como muestra la siguiente ecuación:

$$TSM = \frac{(T_{10}+T_{11})}{2} + error \text{ donde: } T_{10} \text{ y } T_{11} \text{ son las bandas termales del sensor}$$

En la Figura 165 se muestra la imagen TSM MODIS del mismo día (24 diciembre 2013) que la imagen Landsat 8 LC82330902013358LGN00.

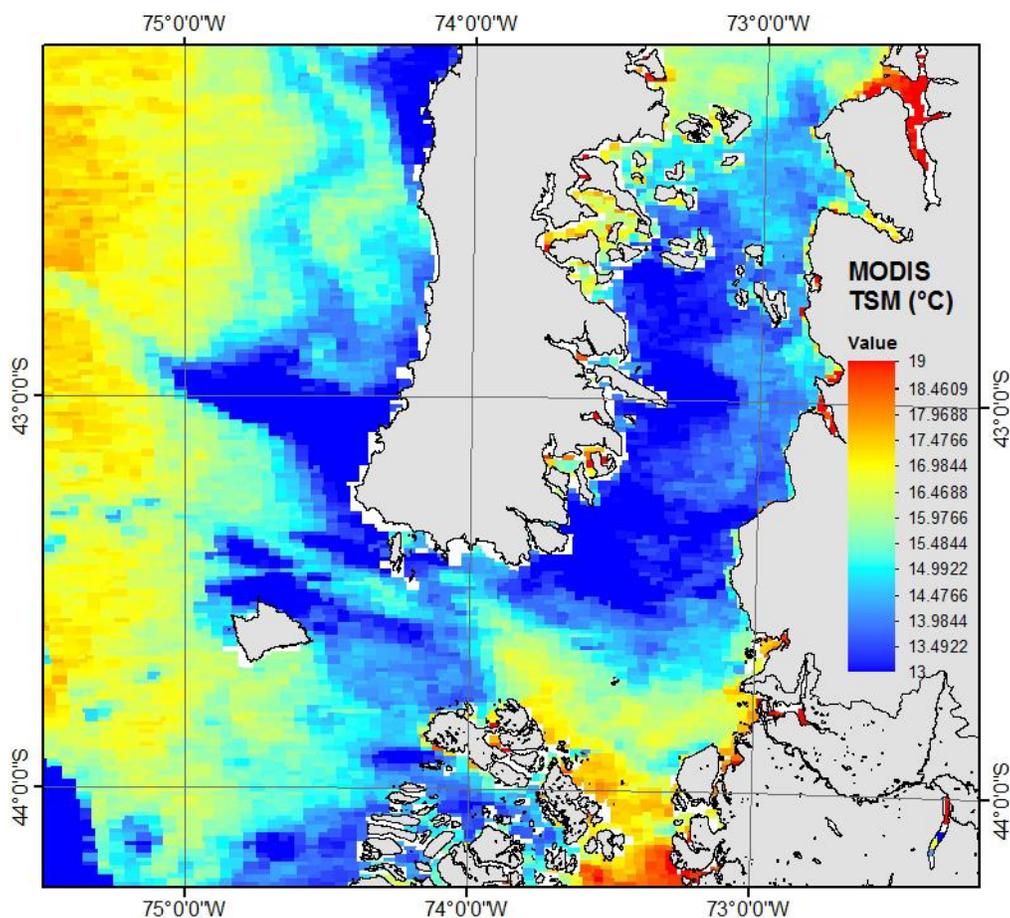


Figura 165. TSM MODIS del día 24 diciembre 2013.

Se procede a calcular el error de la imagen y luego se calcula la TSM final como se muestra en la Figura 166.

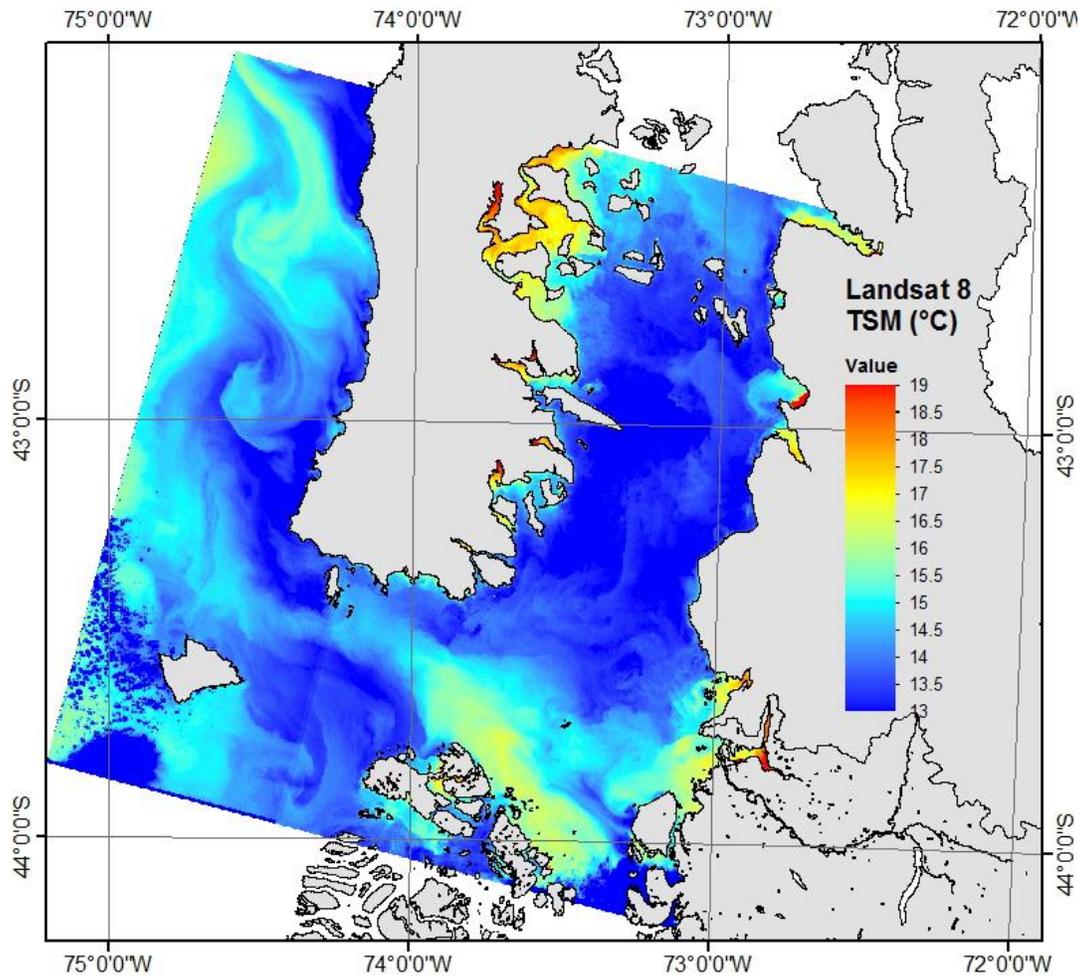


Figura 166. TMS Landsat 8 del día 24 diciembre 2013.

4.3.4.1.5. Estimación de la concentración de clorofila Landsat 8 OLI/TIRS

La estimación de la concentración de clorofila relativa Landsat 8 OLI/TIRS se basa en el ratio de reflectancia de las bandas 2 (Azul: 0.4826 μm) y banda 3 (Verde: 0.5613 μm) según la siguiente ecuación:

$$\text{Chl_rel} = \text{B2/B3}$$

donde B2 es el valor de reflectancia banda Blue y B3 es el valor de reflectancia de la banda Green. En la Figura 167 se muestra la imagen resultante de Blue/green ratio o Clorofila relativa.

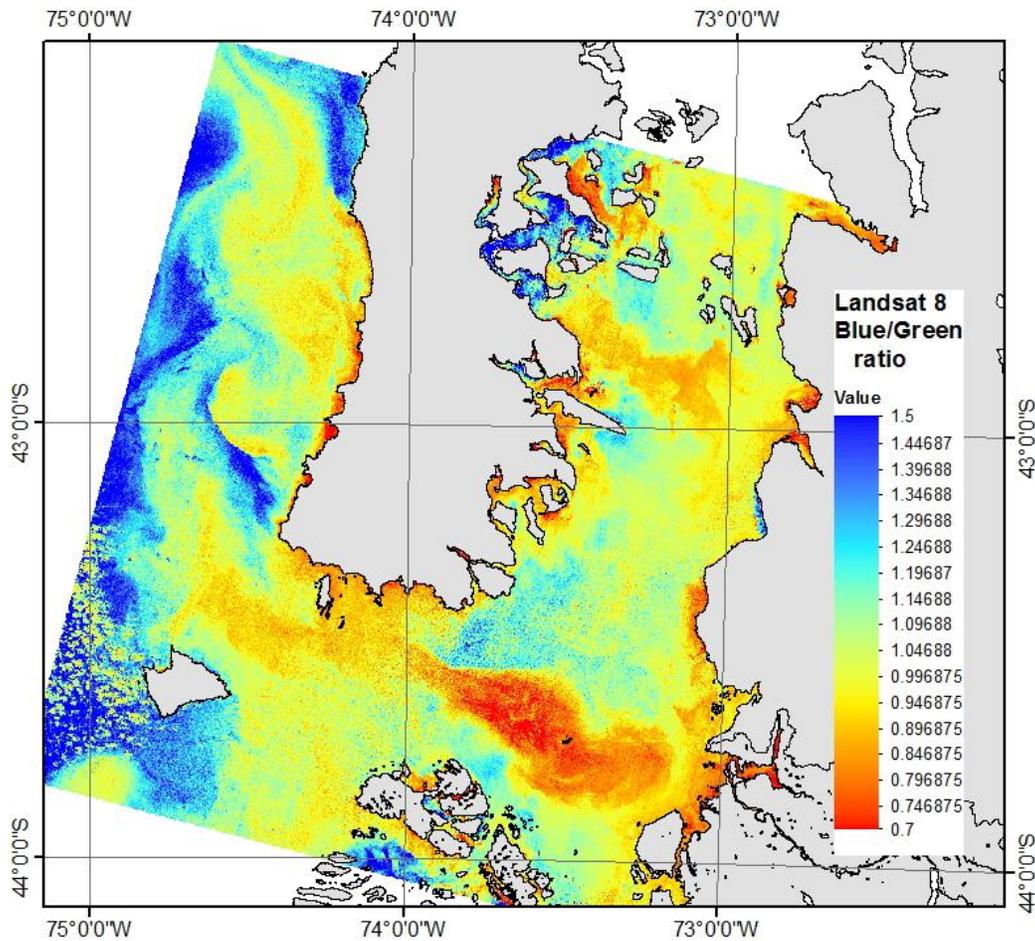


Figura 167. Imagen de blue/green ratio o clorofila relativa del día 24 diciembre 2013.

El ratio blue/green tiene la ventaja de relacionarse directamente al espectro visible: valores mayores son verdosos y menores valores son azulados. Esta relación fue evaluada con datos de otro satélite del mismo día. En consecuencia, el siguiente paso es calibrar la clorofila relativa a clorofila absoluta basada en datos de una imagen de clorofila VIIRS tomada el mismo día (24 diciembre 2013) que la Landsat 8 (Figura 170). Datos puntuales se relacionan con los valores de clorofila relativa. La ecuación siguiente se utiliza para derivar la clorofila absoluta para toda la imagen:

$$Chl = m_1 \times Chl_{rel} - m_0 \text{ (lineal)} \qquad Chl = m_1 * \exp Chl_{rel} \text{ (exponencial)}$$

donde Chl es la clorofila absoluta , m_1 es una constante ajustable para ampliar el ratio o la clorofila relativa a profundidad y m_0 es la corrección.

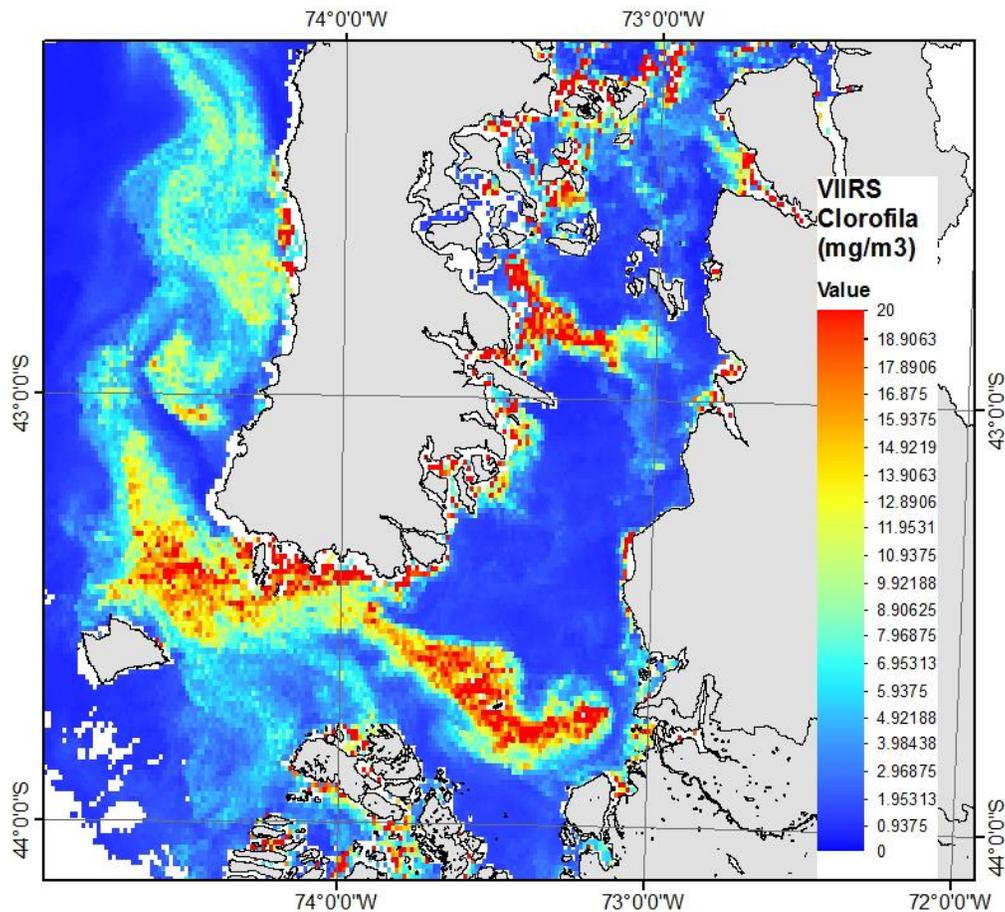


Figura 168. Clorofila VIIRS del día 24 diciembre 2013.

Se obtuvo que la relación entre datos de Clorofila VIIRS y la clorofila relativa es de tipo exponencial ($R^2=0.88$) y su ecuación es $Chl = 69.954 * e^{-2.701 * Chl_rel}$ tal como se muestra en el gráfico de dispersión y línea de tendencia de la Figura 169.

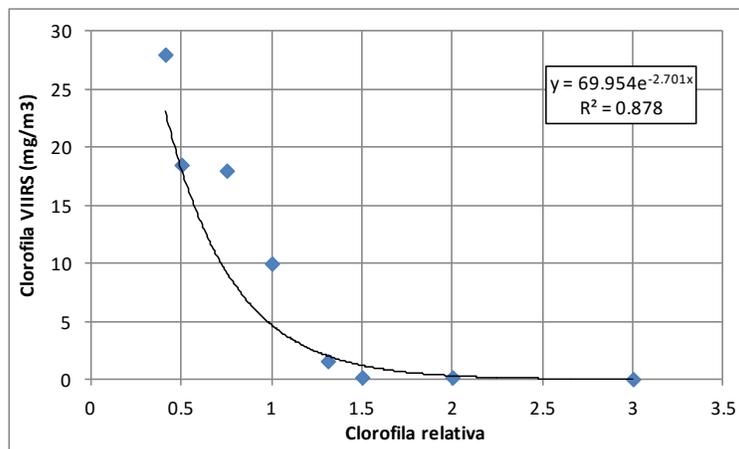


Figura 169. Modelo ajustado de calibración clorofila relativa a clorofila absoluta.

Finalmente utilizamos la ecuación $Chl = 69.954 * e^{-2.701 * Chl_{rel}}$ para simular la clorofila absoluta en función de la clorofila relativa, obteniéndose como resultado la imagen que se muestra en la Figura 170.

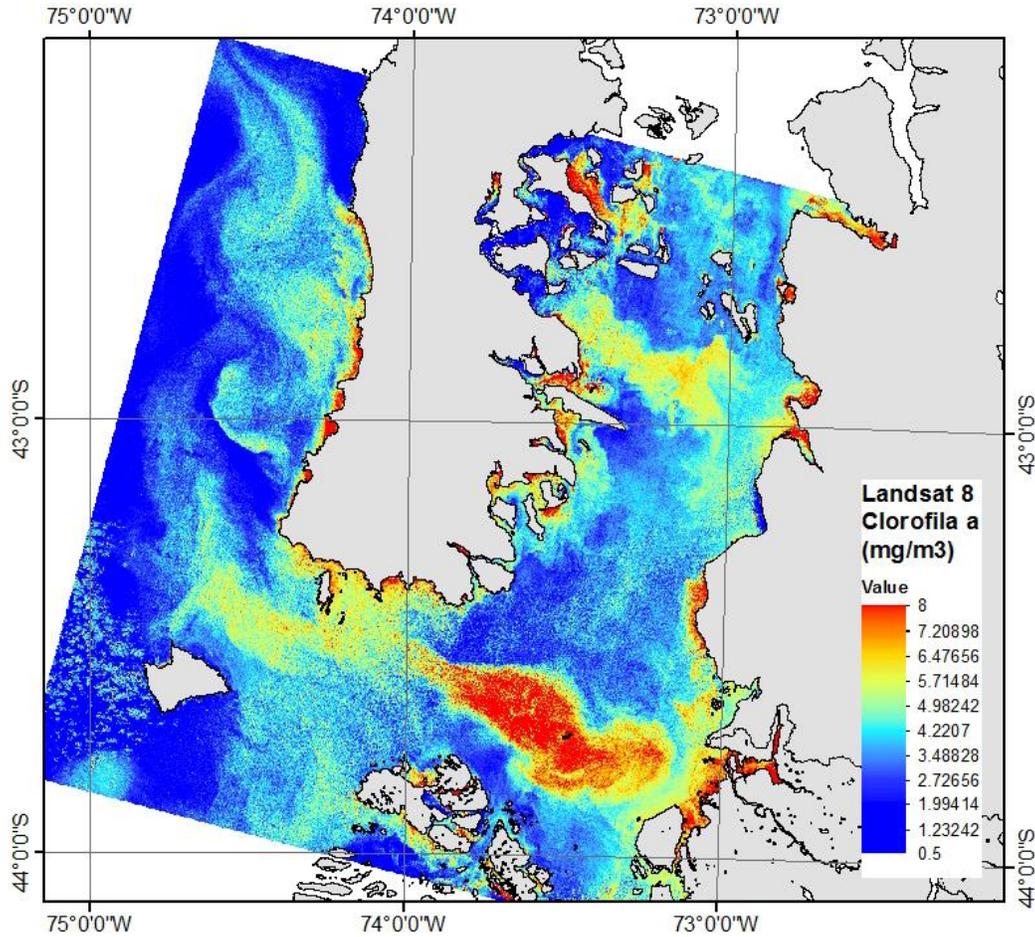


Figura 170. Clorofila Landsat 8 del día 24 diciembre 2013.

4.3.5. Comparación de información satelital MODIS/LANDSAT 8

Para la comparación de los productos satelitales provenientes de los sensores MODIS AQUA y LANDSAT 8 OLI, se procedió a descargar una imagen para el día 24 de diciembre del 2013.

Archivo	Descripción
LC82330902013358LGN00	Imagen multiespectral (8 bandas ms, 2 bandas termales, 1 banda pancromática; 30 m, 100 m y 15 m respectivamente de resolución espacial) Landsat 8 sensor OLI L1T, fecha: 24 Dic 2013, Zona: Isla Grande de Chiloé
A2013358195000.L2_LAC_OC	Imagen de Temperatura Superficial del Mar L2 (1 banda termal, resolución 1 kilómetro), MODIS AQUA, fecha: 24 Dic 2013, Zona: Isla Grande de Chiloé

Calibración de bandas térmicas LANDSAT 8 OLI

Para obtener temperatura superficial (TS) lo que se debe hacer es realizar la corrección espectral de las imágenes térmicas considerando los métodos más adecuados de acuerdo a la información disponible (Sobrino et al., 2004; Kay et al., 2005; Karakaya et al., 2011).

Corrección atmosférica

Como se mencionó, para poder obtener datos a nivel de superficie lo ideal es corregir atmosféricamente las bandas térmicas. Esto requiere a su vez de ciertos parámetros adicionales; esto pueden ser obtenidos para cada escena en el módulo desarrollado por la NASA <http://atmcorr.gsfc.nasa.gov/>.

En la Figura 171 se muestra el diagrama metodológico que resume las etapas necesarias para la comparación de los valores de Temperatura Superficial del Mar, para los datos provenientes de los satélites señalados anteriormente.

Para los procesamientos respectivos, se utilizaron las herramientas de procesamiento de imágenes (SEADAS 7.1 y ENVI 5.1) y análisis espacial (ArcGIS 10.2). Mediante software de hoja de cálculo Excel 2010, se procede a trabajar con la información, lo cual permite comparar los valores extraídos de imágenes satelitales.

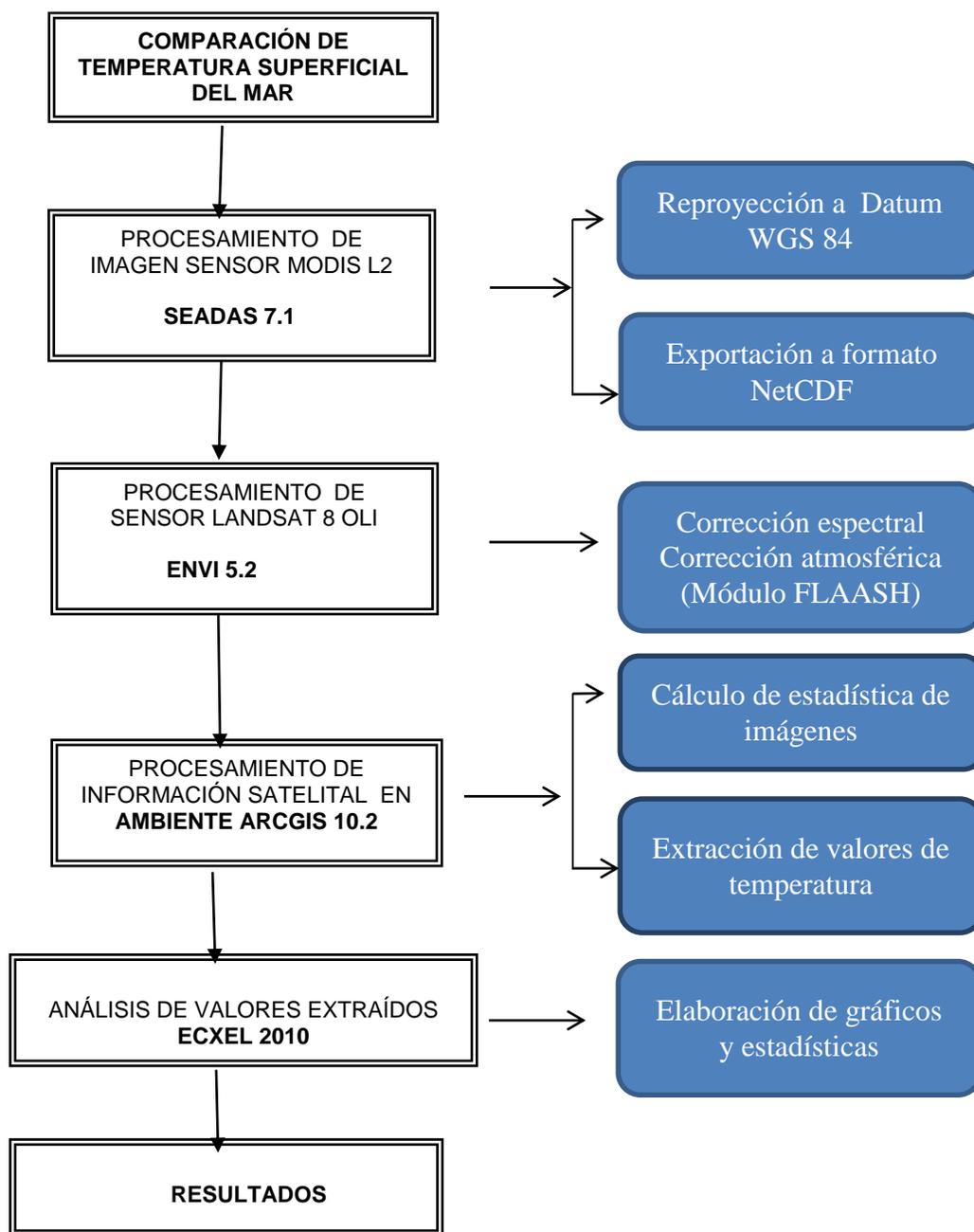


Figura 171. Diagrama metodológico para la comparación de información satelital y de Cruceros de Monitoreo del programa de Marea Roja.

Como se observa en la Figura 172, el análisis comparativo de temperatura superficial del mar obtenidas por el sensor MODIS y LANDSAT 8 OLI, para la imagen obtenida el 24 de

diciembre del 2013, demuestra que los valores de temperatura del sensor LANDSAT son presentan mayores valores que los registrados por MODIS.

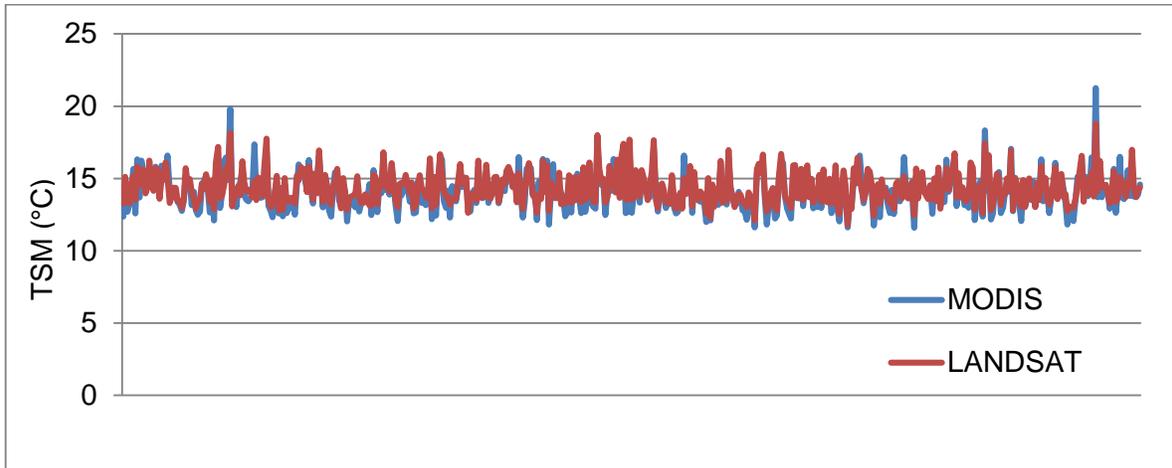


Figura 172. Gráfico comparativo de valores de temperatura superficial del mar sensor MODIS y LANDSAT 8 OLI.

En la Figura 173 se grafica esta diferencia, donde un 70% de los valores de LANDSAT supera a los de MODIS, con rangos que alcanzan como máximo una unidad de grados Celsius. Mientras que los valores de MODIS, presentan valores en más de 3 unidades de grados Celsius.

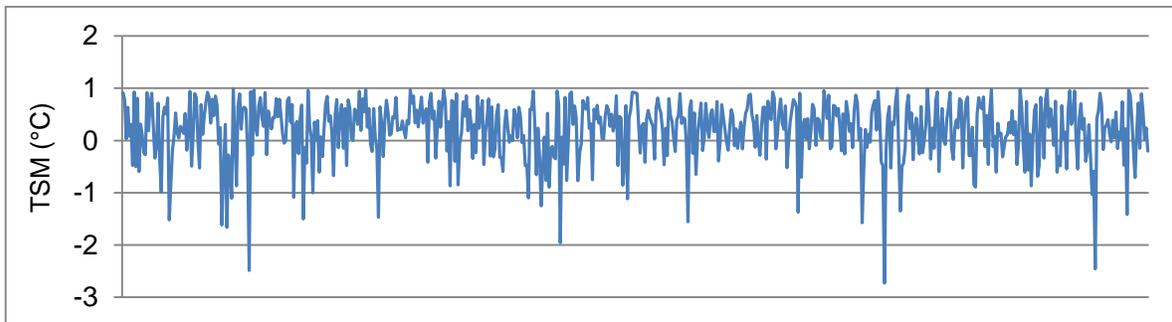


Figura 173. Diferencias valores de temperatura superficial del mar sensor MODIS y LANDSAT 8 OLI.

Posteriormente, la base datos esta se debe organizar y eliminar los registros que están asociados a nubosidad (considerando una máscara). Con los datos filtrados se obtuvo el mejor ajuste ($R^2 = 79\%$) entre la temperatura del sensor MODIS AQUA L2 y el sensor LANDSAT 8 OLI (Figura 174).

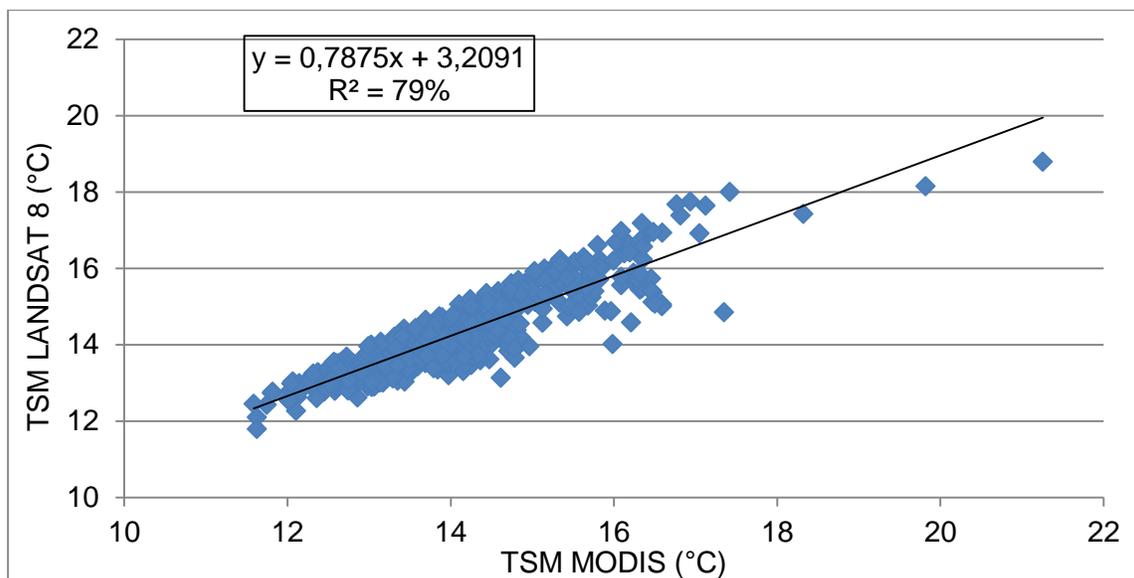


Figura 174. Relación entre temperatura superficial del mar sensor MODIS y LANDSAT 8 OLI, para imagen de zona de estudio del 23 de diciembre del 2013.

4.4. Objetivo específico 4. Proporcionar extensiones compatibles con el actual Sistema de Información Geográfica y otras herramientas tecnológicas para el desarrollo práctico del modelo solicitado.

El 15 de enero se adquieren a ESRI Chile las extensiones ArcGIS: Spatial Analyst, Geostatistical y Tracking Analyst (ANEXO 7. FACTURA COMPRA EXTENSIONES ARCGIS y CARTA DE ENTREGA EN SUBPESCA). El 23 de enero se reciben las extensiones y se envían y receptionan en la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura.

Adicionalmente, el 10 de marzo se adquieren a ESRI Chile la licencia del software ENVI 5 (ANEXO 8. FACTURA COMPRA ENVI Y CARTA DE ENTREGA EN SUBPESCA). El 13 de marzo se recibe el software y se envía y receptiona en la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura.

Cabe señalar, que en el caso de los paquetes estadísticos (por ejemplo STATISTICA) necesarios para los análisis de relaciones y modelación de variables biológicas, oceanográficas y meteorológicas, la SUBPESCA no posee licencias. Dado lo anterior, se recomendó y se llegó al acuerdo de adquirir software estadísticos gratuitos tales como R, para lo cual SUBPESCA licitará una capacitación con clases teóricas y prácticas enfocado al aprendizaje de una serie de herramientas estadísticas de R.

4.5. Objetivo específico 5. Asesorar en la creación de productos cartográficos relacionados con la temática de estudio para su publicación como servicio de mapa en el Visualizador Institucional.

El Modelo REPLA en el cual se generan los productos de información en formato vectorial (puntos) y raster (Raster dataset), tiene como salida los distintos productos cartográficos que se integrarán a la Geodatabase de la Unidad de Acuicultura de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, específicamente a la Unidad de Ordenamiento Territorial.

Las plataformas de publicación de los productos cartográficos generados son el Visualizador Institucional y ArcGis Online. Las variables espacializadas vectorialmente se despliegan en el visualizador en cambio los productos ráster son visualizados en ArcGis Online. En este último para mejorar la visualización se generaron paletas de colores únicas y estandarizadas para cada variable (Tabla 57).

Tabla 57. Tabla Resumen Productos Cartográficos

PLATAFORMA DE PUBLICACIÓN	TIPO DE DATO	VARIABLE
Visualizador WMS	Vector	Toxinas VDM – VAM – VPM
	Vector	Abundancia relativa
ArcGis Online	Ráster	Temperatura del mar
	Ráster	Salinidad
	Ráster	Oxígeno disuelto
	Ráster	Viento (velocidad)
	Ráster	Clorofila
	Ráster	Temperatura ambiente

El procedimiento para la transferencia de la Geodatabase está dado por las distintas capacitaciones a lo largo del curso “ANÁLISIS ESPACIAL DE DATOS GEOGRÁFICOS PARA EL MONITOREO DE RECURSOS NATURALES DEL MEDIO AMBIENTE MARINO”, dictado por los equipo ejecutor de este proyecto. En esta actividad se ha

especificado los protocolos de procesamiento y transferencia de la información a una respectiva Geodatabase Institucional.

Así mismo, en las distintas reuniones de coordinación que se han desarrollado en la ejecución de este proyecto se ha estipulado los formatos de salida del REPLA (en especial los raster), toda vez que existe un profesional encargado de la Geodatabase, el cual tiene la exclusividad de subir la información al portal institucional (<http://200.68.53.58/visualizador/>). En este caso la persona encargada del SIG Corporativo de la Subpesca es el Sr. Lino Arancibia.

De esta forma, los funcionarios de la Unidad de Ordenamiento Territorial aplican los modelos y generan productos cartográficos, los cuales posteriormente son mostrados en el visualizador institucional o en ArcGis Online.

4.5.1. Productos cartográficos en el visualizador institucional

Debido a que el visualizador de mapas institucional por Internet está en etapa de actualización (Ver Acta 9a Reunión en ANEXO 1. ACTAS DE ACUERDO REUNIONES), los productos cartográficos por ahora están alojados en la Intranet, para lo cual se hicieron las pruebas de ejecución e implementación del modelo (Ver Acta 8a Reunión en ANEXO 1. ACTAS DE ACUERDO REUNIONES). Como ejemplo de publicación futura de productos cartográficos en el WMS de Subpesca, en la Figura 175 se muestran en ArcGIS Online las capas de salidas vectorial (feature class) para la especie *Alexandrium catenella*, *Dinophysis acuminata* y *Dinophysis acuta* para un crucero específico utilizando los cortes de abundancia del modelo REPLA establecidos también para las dos últimas.

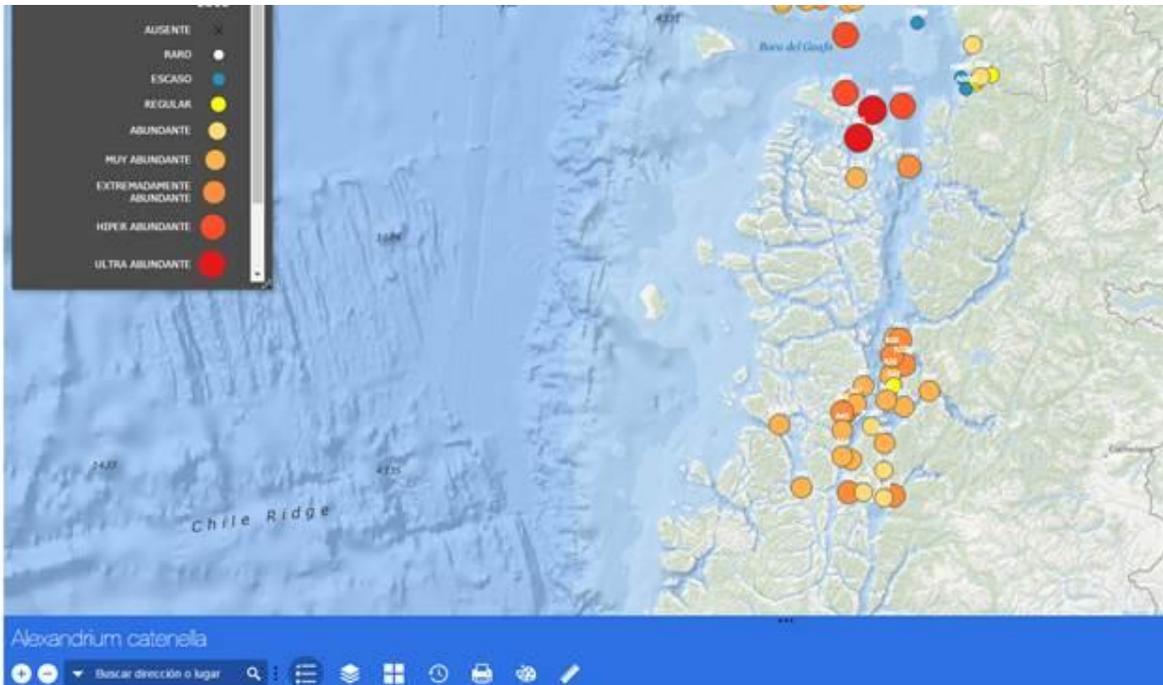


Figura 175. Ejemplo de la visualización del producto cartográfico alojado en ArcGIS Online, para este caso corresponde a capas vectoriales (feature class) de las salidas del modelo REPLA sobre abundancia relativa de las especies *Alexandrium catenella*, *Dinophysis acuminata* y *Dinophysis acuta*.

En la Figura 176 se muestra la Herramienta de capas visibles del visualizador de Subpesca que corresponden a las feature class de las *A. catenella*, *D. acuminata* y *D. acuta*.

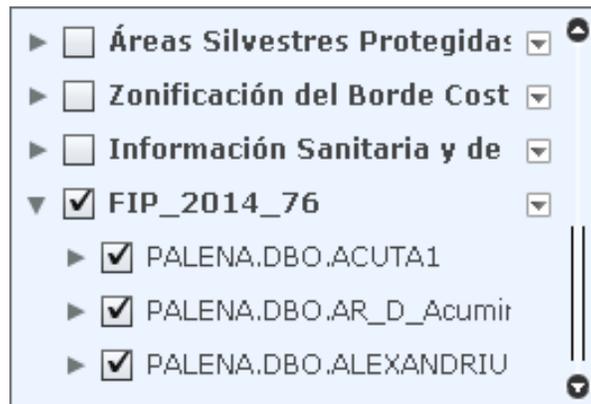


Figura 176. Herramienta de capas visibles del WMS.

En la Figura 177 se muestra un ejemplo de la herramienta del WMS con la Leyenda de la simbología de la abundancia relativa.



Figura 177. Leyenda de la simbología de la abundancia relativa.

En la Figura 178 se muestra un ejemplo de visualización de una zona ampliada (zoom) de los vectores de la abundancia relativa con zoom para la zona de canales y fiordos de la XI Región.

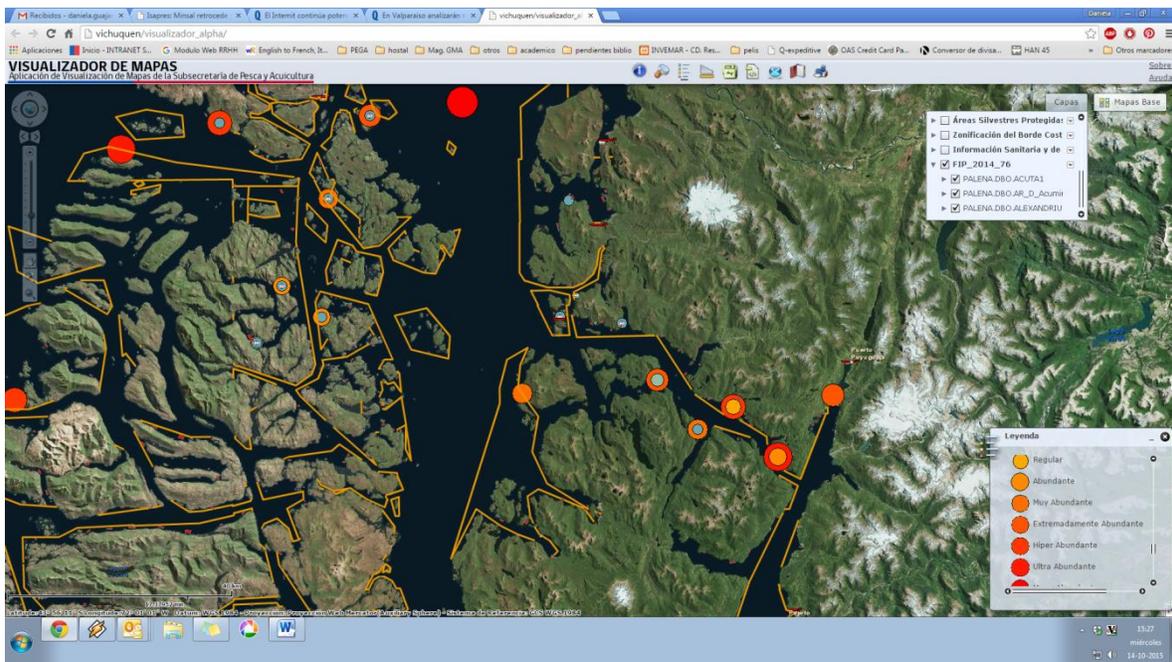


Figura 178. Ejemplo de la visualización de la abundancia relativa con zoom para la zona de canales y fiordos de la XI Región.

4.5.2. Productos cartográficos en ArcMap

No existe una leyenda ni plantilla institucional para los productos cartográficos. En reunión realizada en julio (Ver Acta 5a Reunión en ANEXO 1. ACTAS DE ACUERDO REUNIONES) se acordaron los estándares respecto de la representación cartográfica de las distintas variables.

Para la salida de las cartografías, se elaborarán dos esquemas de plantillas (.mxt), de tamaño A3 y A1 en horizontal y vertical (por solicitud de la Unidad de Ordenamiento Territorial).

A modo de ejemplo se muestra una imagen de los formatos de salida para una cartografía tipo (Figura 179).

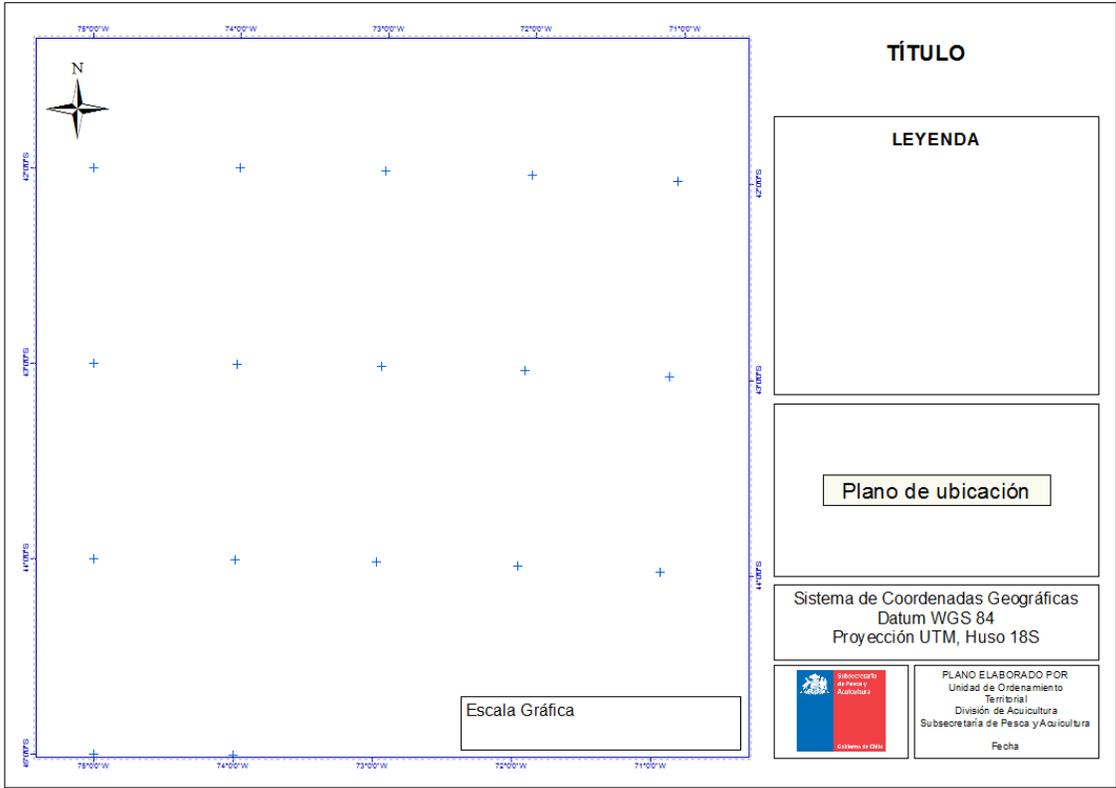
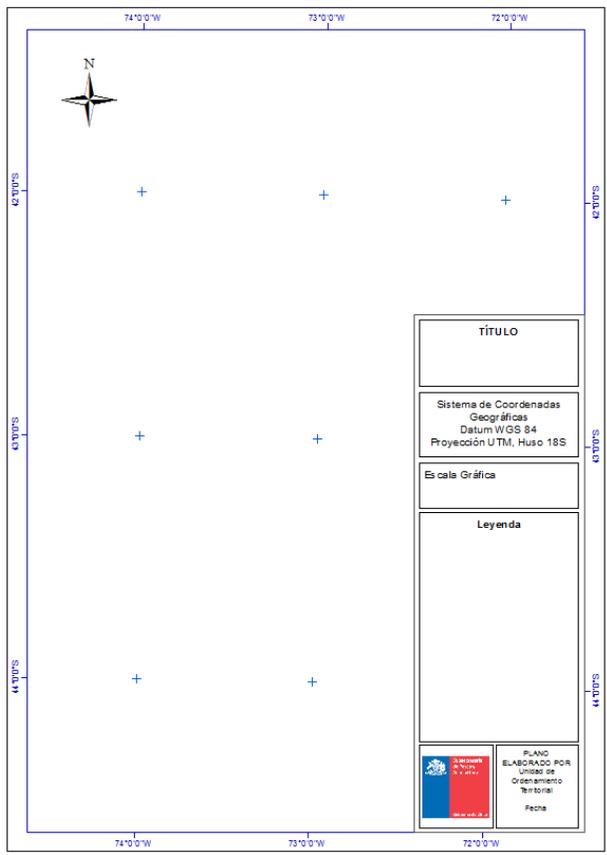


Figura 179. Formatos de salida cartográficas

Respecto de la escala de representación, formatos y fuentes se propone que los productos cartográficos tengan una escala 1:1.500.000.

Los formatos de salida pueden ser jpg, pdf o gif. Depende de quien administra el Servidor.

La fuentes son letra Arial, en negrita, y las letras varían su tamaño entre 14 y 16 para leyendas y datos cartográficos y tamaño 36 para el título de la cartografía (de todas formas una vez seleccionada la plantilla estos valores se mantienen y no es necesario que sean modificados por el analista).

Para una mejor visualización y como ejemplo de los resultados de estos productos cartográficos, se entregan algunas muestras realizadas con los productos obtenidos de la ejecución de modelo REPLA en formato *.pdf en la sección de anexos (ANEXO 6).

4.5.3 Productos cartográficos en plataforma ArcGis Online

Como se mencionó en capítulos anteriores, debido a una falta de licencia para la subida de archivos raster al visualizador institucional se contempla que estas salidas del modelo REPLA (exceptuando abundancias y toxinas) sean visualizadas en una plataforma o aplicación generada a partir de ArcGis online. Para esto, se hará uso de la cuenta institucional disponible y se generará una aplicación web para el despliegue de la información meteorológica y oceanográfica disponible.

La subida de esta información contempla 4 etapas (Figura 180): (i) Generación de información a partir del modelo REPLA, (ii) Segmentación de los archivos raster, (iii) conversión a *.kmz y (iv) subida al servidor. La segmentación necesaria para los raster se debe a que al subir archivos de grandes extensiones a la plataforma de ArcGis Online se produce un desplazamiento espacial o error de georreferenciación que no tiene una explicación técnica dado que se probaron todas las proyecciones disponibles y el problema

persistía. Además se realizaron pruebas de carga en Google Earth y no se presentó el problema (ANEXO 6).

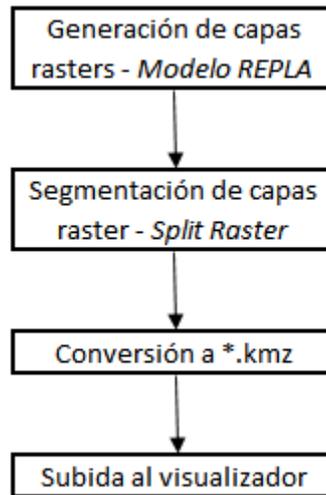


Figura 180. Diagrama para subida a visualizador ArcGis Online

Para el proceso de Split raster se generó un polígono (Figura 181) que cubriese la extensión completa del área de estudio y este se segmentó en 5 partes pequeñas que asegurasen el ajuste al momento de la subida al visualizador; esta máscara se denomina “Máscara_RasterToKml”.

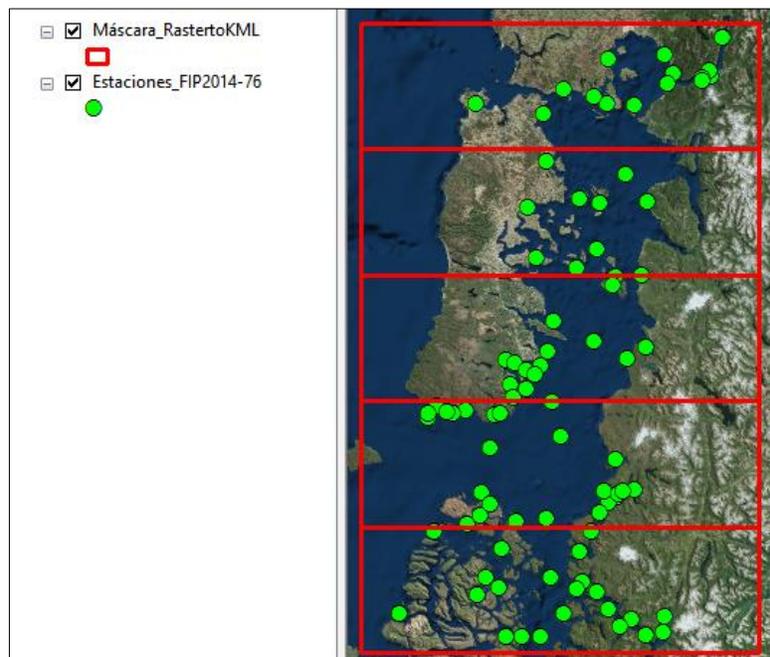


Figura 181. Extensión capa vectorial *Máscara_RasterToKML*. Fuente: Elaboración Propia, 2015

Finalizadas las primeras 3 etapas del proceso, se procede a la subida de los archivos a la aplicación. Este proceso de dar forma a la aplicación está siendo trabajado junto a los profesionales de SUBPESCA Camila Lagunas y Jorge Naranjo, junto a los cuales se está desarrollando la aplicación además de capacitarlos en el uso de las herramientas de la plataforma y su cuenta institucional, generando un ejercicio de carga de archivos (Figura 182) (ANEXO 6).

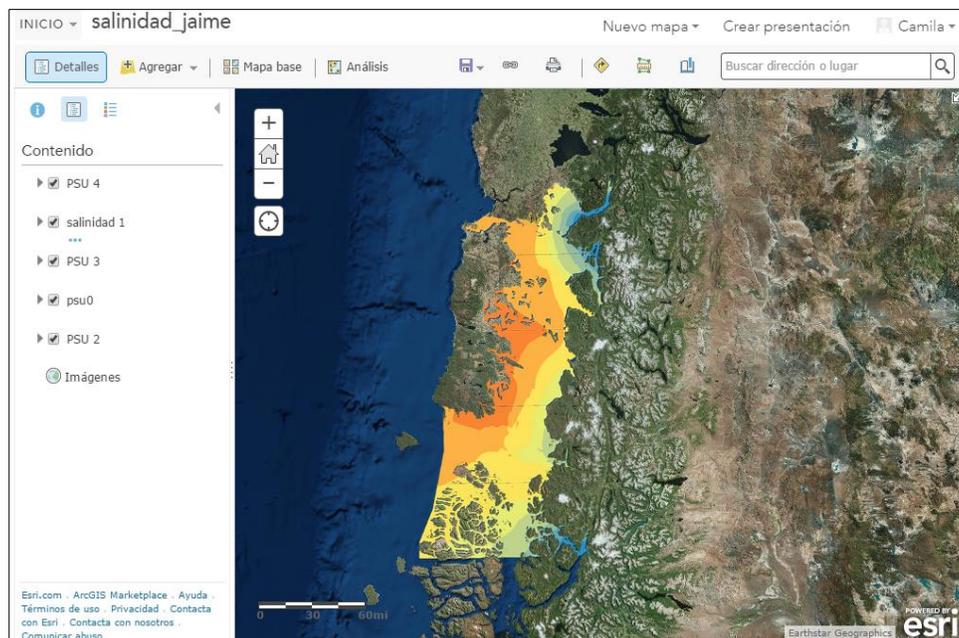


Figura 182. Muestra de carga de archivos *.kmz a l visualizador de ArcGis Online.

Además se contempla la carga de una línea de costa con límites referenciales y la siguiente leyenda dentro de la aplicación web: *“Los mapas publicados en este sitio que se refieran o relacionen con límites y fronteras de Chile, no comprometen en modo alguno al Estado de Chile, de acuerdo al Artículo 2º, letra g del DFL 83 de 1979, del Ministerio de Relaciones Exteriores. La información cartográfica dispuesta es de carácter referencial”*.

4.6. Objetivo específico 6. Instalar las capacidades técnicas en los profesionales que serán los responsables de administrar y procesar el sistema de automatización solicitado.

De acuerdo a las bases técnicas y a la propuesta del proyecto, el curso de capacitación se diseñó y coordinó en conjunto con la Unidad de Ordenamiento Territorial de la División de Acuicultura de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura. Para tal, se realizaron dos reuniones, una de presentación y coordinación del proyecto y otra donde se presentó y consensuó el programa de capacitación (Ver Acta 1a y 3a Reunión en ANEXO 1. ACTAS DE ACUERDO REUNIONES). El nombre del curso es "ANÁLISIS ESPACIAL DE DATOS GEOGRÁFICOS PARA EL MONITOREO DE RECURSOS NATURALES DEL MEDIO AMBIENTE MARINO".

En la primera reunión se acordó comenzar el curso a mediados de Marzo, como preferencia los días viernes y que las jornadas de capacitación de este proyecto no se topen con las de otros programas que recibe la Unidad de Ordenamiento Territorial. Adicionalmente, los encargados de Subpesca solicitan bajar los requisitos de asistencia para certificación del curso, definiéndose en un 83% (2 días) la asistencia mínima para aprobar.

En la tercera reunión se entregó propuesta mejorada del programa y contenidos del curso de capacitación para Subpesca. En esta reunión se convino que la nueva propuesta de capacitación contendría 6 unidades temáticas repartidas en 13 semanas con clases los días miércoles o viernes en la mañana. Además, la evaluación comprenderá 2 controles cada 3 unidades y el porcentaje de asistencia mínima será de 83% (2 inasistencias), cualquier otra inasistencia se deberá justificar. Se indicó que cualquier modificación a los días de capacitación se deberá comunicar al jefe de proyecto mínimo con un mes de anticipación. A continuación entrega el programa final del curso de capacitación.

El curso de capacitación fue realizado en forma exitosa, iniciándose el viernes 13 de marzo y finalizando el viernes 5 de junio con la evaluación 2.

4.6.1. Programa y calendario del curso de capacitación

El programa y calendario definitivo del curso se muestra a continuación.



**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE
VALPARAISO
ESCUELA DE CIENCIAS DEL MAR**
**"Análisis espacial de datos geográficos para el
monitoreo de recursos naturales del medio
ambiente marino"**
FIP 2014-76



PROGRAMA DEL CURSO

1. IDENTIFICACIÓN DEL CURSO

**NOMBRE: "ANÁLISIS ESPACIAL DE DATOS GEOGRÁFICOS PARA EL
MONITOREO DE RECURSOS NATURALES DEL MEDIO AMBIENTE
MARINO"**

NUMERO DE ALUMNOS : 10
HORAS PRESENCIALES : 50
NIVEL DEL CURSO : Intermedio/Avanzado.
**MATERIALES : Manual con los contenidos (entregado por los oferentes)
y laboratorios prácticos.**
LUGAR : Sala multimedial de la Escuela de Ciencias del Mar, PUCV.

2. DESCRIPCIÓN DEL CURSO

Curso teórico práctico que busca desarrollar, en los profesionales de la División de Acuicultura de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, la capacidad de emplear información ambiental (cuerpos de agua, territorial) obtenida a través de sensores remotos satelitales, conocer las herramientas necesarias para utilizar y aplicar conceptos de análisis espacial de datos geográficos, en el ámbito del monitoreo de recursos naturales del medio ambiente marino a través de métodos estadísticos y geoestadísticos.

Se utilizarán las principales herramientas de procesamiento de imágenes de satélite disponibles en el software ArcGIS 10 y sus extensiones:

- i) Extensión de Spatial Analyst.
- ii) Extensiones de Geoestatistical Analyst Tools.
- iii) Extensión de Tracking Analyst.

3. OBJETIVOS TERMINALES

Su principal objetivo es dejar a los profesionales que serán los responsables de administrar y procesar las distintas metodologías que formarán el sistema automatizado de seguimiento que se implementará en la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, con los conocimientos necesarios para llevar a cabo esta tarea.

4. METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA Y REQUISITOS DE APROBACIÓN

La enseñanza del curso se basará en:

- Clases Expositivas (**CE**), durante las cuales se entregarán los elementos centrales del tema propuesto para la unidad.
- Laboratorios orientados a tratamiento de información (**LAB**).

Las clases expositivas se efectuarán en forma paralela a las clases prácticas y los trabajos dirigidos.

La aprobación del estudiante requerirá que cumpla con la rendición de una evaluación escrita y trabajos dirigidos efectuados en los laboratorios.

5. EVALUACIÓN DEL APRENDIZAJE

- ◆ Tipo de evaluación: Se realizarán 2 controles cada 3 Unidades consistentes en trabajos prácticos en laboratorios de computación, con igual ponderación:
- ◆ Asistencia mínima 83% (2 días inasistencia)

6. UNIDADES TEMÁTICAS

6.1. PRIMERA UNIDAD (CE): Fundamentos y estado del arte de herramientas de visualización y modelación de análisis geoespacial (4 hrs) viernes 13 de marzo.

Contenidos:

El análisis geoespacial. Objeto y antecedentes.

Relaciones con la geografía, oceanografía, medio ambiente, acuicultura y ordenamiento territorial.

Herramientas para análisis geoespacial (Software)

Revisión sobre diversos casos de estudio

6.2. SEGUNDA UNIDAD (CE y LAB): Espacialización de datos (8 hrs) viernes 20 y 27 de marzo.

Contenidos:

Bases de datos e información para el análisis espacial

Introducción a ArcGIS 10: importar datos

Métodos de representación espacial

- Cartografía vectorial (Cuartiles, Representación puntual)
- Imágenes e interpolación de superficies
- Model Builder (objetivo 1: Modelo simplificado del REPLA)
- Algebra (calibración, correcciones)

Casos prácticos y elaboración de mapas temáticos en ArcGIS 10

6.3. TERCERA UNIDAD (CE y LAB): Estadística espacial y geoestadística: interpolación de superficies (8 hrs) miércoles 1 y viernes 10 de Abril.

Contenidos:

Revisión de conceptos básicos de estadística y estadística espacial.

Herramientas de la Geoestadística.

Métodos de interpolación determinísticos: Inverse Distance Weighting (IDW), polinomial global y local, funciones de base radial

Métodos de interpolación geoestadísticos: Kriging (ordinary, simple, universal, probability, disjunctive).

Métodos de interpolación con barreras: Diffusion kernel y Kernel smoothing

Revisión de aplicaciones de la geoestadística: Aplicación de datos de batimetría e interpolación de datos del REPLA.

Casos prácticos de estudio con la extensión Geostatistical Analyst Toolbox de ArcGIS 10

6.4. CUARTA UNIDAD (CE y LAB): Imágenes satelitales de variables ambientales (12 hrs) viernes 24 y 29 de abril y, 8 de mayo.

Contenidos:

Adquisición de imágenes satelitales multiespectrales (MODIS, VIIRS, LANDSAT)

Procedimiento para descargar imágenes

Procesamiento de las imágenes

Procesamiento con ArcGIS 10, ENVI y SeaDAS

Algoritmos satelitales para la detección de grupos fitoplanctónicos usando información satelital de color del océano (CZCS, OCTS, SeaWiFS y MODIS)

Uso de herramientas de Spatial Analyst de ArcGIS 10 para la comparación de información satelital y de estaciones de muestreo: extracción de datos

Casos prácticos sobre detección de grupos fitoplanctónicos usando información satelital de color del océano

6.5. QUINTA UNIDAD (CE y LAB): Análisis multivariado y modelamiento de variables ambientales (8 hrs) viernes 15 y miércoles 20 de mayo.

Contenidos:

Base de datos ambientales

Modelos de relaciones (redes neuronales, modelos generalizados como GAM y GLM)

Aplicación de modelo (ecuación de predicción u otro método) en ArcGIS para simular variables ambientales

Error de propagación en modelos numéricos y control de la calidad de los datos

Fuentes de error en los datos espaciales

Casos prácticos de estudio con uso de software estadístico (Statistica 10) y ArcGIS

MARINE EXPLORER

6.6. SEXTA UNIDAD (CE y LAB): Análisis de patrones temporales (4 hrs) viernes 29 de mayo.

Contenidos:

Fluctuaciones (de baja y alta frecuencia) de las series de tiempo espacio-temporales

Señales anuales, tendencias y anomalías útiles para la modelación

Técnicas estadísticas de análisis multivariado en el dominio del tiempo

Análisis de correlación,

Correlación cruzada lineal,

Correlación no-lineal

Componentes principales

Relaciones temporales entre variables ambientales y los indicadores biológicos

TRACKING ANALYSIS

Casos prácticos de estudio con paquetes estadísticos y los Toolbox de ArcGIS 10 con datos del programa de marea roja.

	1º SEMANA	2º SEMANA	3º SEMANA
	13-mar	20-mar	27-mar
	1º UNIDAD	2º UNIDAD	2º UNIDAD
1º HORA 9:00-10:00	Aula Virtual. Presentación nueva plataforma Presentación Proyecto FIP2014-76: contexto, objetivos, metodos, resultados preliminares. Presentación Curso de capacitación	Espacialización de datos. Bases de datos e información para el análisis espacial	Espacialización de datos. Métodos de representación espacial • Cartografía vectorial (Cuartiles, Representación puntual) • Imágenes e interpolación de superficies
2º HORA 10:00-10:45	Fundamentos y estado del arte de herramientas de visualización y modelación de análisis geoespacial. Relaciones con la geografía, oceanografía, medio ambiente, acuicultura y ordenamiento territorial.	Espacialización de datos. Bases de datos e información para el análisis espacial	Espacialización de datos. • Model Builder (objetivo 1: Modelo simplificado del REPLA) • Algebra (calibración, correcciones)
Café 10:45-11:00			
3º HORA 11:00-12:00	Fundamentos y estado del arte de herramientas de visualización y modelación de análisis geoespacial. Herramientas para análisis geoespacial (Software)	Espacialización de datos. Métodos de representación espacial • Cartografía vectorial (Cuartiles, Representación puntual) • Imágenes e interpolación de superficies	Espacialización de datos. Casos prácticos. Modelo Abundancia Relativa
4º HORA 12:00-13:00	Fundamentos y estado del arte de herramientas de visualización y modelación de análisis geoespacial. Revisión sobre diversos casos de estudio	Espacialización de datos. Métodos de representación espacial • Cartografía vectorial (Cuartiles, Representación puntual) • Imágenes e interpolación de superficies	Espacialización de datos. Casos prácticos. Modelo Abundancia Relativa
TOTAL HRS	4	8	12

Clases teóricas
Laboratorios

4º SEMANA	5º SEMANA	6º SEMANA
01-abr	10-abr	17-abr
3º UNIDAD	3º UNIDAD	3º UNIDAD
Espacialización de datos. Casos prácticos. Modelo Temperatura	Estadística espacial y geoestadística: interpolación de superficies. Métodos de interpolación geoestadísticos: Kriging (ordinary, simple, universal, probability, disjunctive).	EVALUACION UNIDAD 1-3:
Espacialización de datos. Casos prácticos. Modelo Temperatura	Estadística espacial y geoestadística: interpolación de superficies. Métodos de interpolación con barreras: Diffusion kernel y Kernel smoothing Métodos de interpolación con barreras: Diffusion kernel y Kernel smoothing	EVALUACION UNIDAD 1-3:
Espacialización de datos. Casos prácticos. Modelo Vientos (dirección y magnitud)	Estadística espacial y geoestadística: interpolación de superficies. Revisión de aplicaciones de la geoestadística: Aplicación de datos de batimetría e interpolación de datos del REPLA.	EVALUACION UNIDAD 1-3:
Estadística espacial y geoestadística: interpolación de superficies. Conceptos básicos de estadística y estadística espacial. Herramientas de la Geoestadística.	Estadística espacial y geoestadística: interpolación de superficies. Casos prácticos de estudio con la extensión Geostatistical Analyst Toolbox de ArcGIS 10	Estadística espacial y geoestadística: interpolación de superficies. Casos prácticos de estudio con la extensión Geostatistical Analyst Toolbox de ArcGIS 10
16	20	24

Clases teóricas
Laboratorios

7º SEMANA	8º SEMANA	9º SEMANA
24-abr	29-abr	08-may
4º UNIDAD	4º UNIDAD	4º UNIDAD
Imágenes satelitales de variables ambientales. Adquisición de imágenes satelitales multiespectrales (MODIS, VIIRS, LANDSAT)	Imágenes satelitales de variables ambientales. Procesamiento de imágenes MODIS con ENVI	Imágenes satelitales de variables ambientales. Correcciones atmosféricas con ENVI -Flaash - Reflectancia y temperatura brillante
Imágenes satelitales de variables ambientales. Procedimiento para descargar imágenes Procesamiento de las imágenes	Imágenes satelitales de variables ambientales. Correcciones atmosféricas con ENVI	Imágenes satelitales de variables ambientales. Correcciones atmosféricas con ENVI -Flaash - Reflectancia y temperatura brillante
Imágenes satelitales de variables ambientales. Procesamiento con SeaDAS y ArcGIS	Imágenes satelitales de variables ambientales. Correcciones atmosféricas con ENVI	Imágenes satelitales de variables ambientales. Uso de herramientas de Spatial Analyst de ArcGIS 10 para la comparación de información satelital y de estaciones de muestreo: extracción de datos
Imágenes satelitales de variables ambientales. Algoritmos satelitales para la detección de grupos fitoplanctónicos usando información satelital de color del océano (CZCS, OCTS, SeaWiFS y MODIS)	Imágenes satelitales de variables ambientales. Algoritmos satelitales para la detección de grupos fitoplanctónicos usando información satelital de color del océano (CZCS, OCTS, SeaWiFS y MODIS)	Imágenes satelitales de variables ambientales. Uso de herramientas de Spatial Analyst de ArcGIS 10 para la comparación de información satelital y de estaciones de muestreo: extracción de datos
28	32	36

Clases teóricas

Laboratorios

10º SEMANA	11º SEMANA	12º SEMANA	13º SEMANA
15-may	20-may	29-may	05-jun
5º UNIDAD	5º UNIDAD	6º UNIDAD	
Análisis multivariado y modelamiento de variables ambientales . 1. PREPARACION DE BASES DE DATOS, 2. INTRODUCCION A PAST3 3.ANÁLISIS UNIVARIADOS	Análisis multivariado y modelamiento de variables ambientales . Características de STATISTICA 7.0 Introducción a STATISTICA 7.0	Análisis multivariado y modelamiento de variables ambientales . Casos prácticos de estudio con uso de software estadístico en ArcGIS MGET: Marine Geospatial Ecology Tools	EVALUACION UNIDAD 4-6:
Análisis multivariado y modelamiento de variables ambientales . 1. PREPARACION DE BASES DE DATOS, 2. INTRODUCCION A PAST3 3.ANÁLISIS UNIVARIADOS	Análisis multivariado y modelamiento de variables ambientales . STATISTICA 7. ANALISIS MULTIVARIADOS. ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES, GAM, GLM, REDES NEURONALES	Análisis multivariado y modelamiento de variables ambientales . Casos prácticos de estudio con uso de software estadístico en ArcGIS MGET: Marine Geospatial Ecology Tools	EVALUACION UNIDAD 4-6:
Análisis multivariado y modelamiento de variables ambientales . Aplicación de modelo (ecuación de predicción u otro método) en ArcGIS para simular variables ambientales	Análisis multivariado y modelamiento de variables ambientales . STATISTICA 7. ANALISIS MULTIVARIADOS. ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES, GAM, GLM, REDES NEURONALES	Análisis multivariado y modelamiento de variables ambientales . Relaciones temporales entre variables ambientales y los indicadores biológicos TRACKING ANALYSIS	
Análisis multivariado y modelamiento de variables ambientales . Aplicación de modelo (ecuación de predicción u otro método) en ArcGIS para simular variables ambientales	Análisis multivariado y modelamiento de variables ambientales . STATISTICA 7. ANALISIS MULTIVARIADOS. ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES, GAM, GLM, REDES NEURONALES	Análisis multivariado y modelamiento de variables ambientales . Relaciones temporales entre variables ambientales y los indicadores biológicos TRACKING ANALYSIS	
40	44	48	50

Clases teóricas

Laboratorios

4.6.2. Aula Virtual

El curso fue apoyado en forma exitosa con el Aula Virtual de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso (<http://fc.aulavirtualpucv.cl/>) para potenciar las prácticas educativas y los procesos de enseñanza y aprendizaje con el uso de tecnologías TICs con el objetivo de incorporar espacios virtuales como apoyo al curso de capacitación y como una garantía de soporte por 3 meses después de terminado el proyecto.

A continuación un detalle del Aula Virtual del curso. Al inicio tiene una página de información general donde está el logo del curso con título y logos institucionales, junto a una serie de archivos Excel donde se han publicado el programa y calendario actualizado del curso el cual por lo general se va adaptando a los tiempos reales (Figura 183). El programa y calendario del curso se actualizan prácticamente cada semana y estas actualizaciones se publican vía noticias donde se les envía un correo en forma automática a todos los participantes. En esta página también se publican los Resultados de las Notas de las Evaluaciones y páginas web de interés.

The screenshot displays the user interface of the virtual classroom. At the top, there are navigation tabs for 'Información General' and 'Módulo 1' through 'Módulo 6'. The main content area features a large banner with the course title and logos of the Pontificia Universidad Católica de Valparaíso and another institution. Below the banner, there are sections for 'Novedades' and 'Resultados Evaluación 1'. A central panel lists several Excel files under the heading 'Programa Curso FIP 2014-76', with dates ranging from March to May 2015. On the left, a sidebar menu includes 'Personas', 'Navegación', and 'Administración'. On the right, there are panels for 'Eventos próximos' (showing no events) and 'Últimas noticias' (listing updates by Claudio Silva).

Figura 183. Pagina de información general del Aula virtual del curso de capacitación.

El aula virtual tiene un menú a la izquierda de navegación donde en todo momento se puede acceder a la página personal de cada participante, perfil y módulos del curso. Además cuenta con un menú de Administración donde se pueda gestionar la Edición (para poder subir archivos, enviar mensajes, etc.), editar ajustes, usuarios, filtros e informes.

En las páginas de los 6 módulos, se puede encontrar el material de apoyo al curso como clases expositivas, guías de laboratorio y archivos de ejercicios laboratorios (imágenes satelitales, archivos vectoriales shapefile, planillas Excel, entre otros) y artículos de bibliografía. A continuación se muestran los módulos y archivos anexos.

The image displays two screenshots of a virtual classroom interface. The top screenshot shows the navigation menu with 'Módulo 1' selected. Below the menu, a banner for 'MÓDULO 1' is titled 'Fundamentos y Estado del Arte de Herramientas de Visualización y Modelación de Análisis Geoespacial'. Underneath, 'Clase 1' is listed with a sub-item: 'Fundamentos y estado del arte de herramientas de visualización y modelación de análisis geoespacial'. The bottom screenshot shows the navigation menu with 'Módulo 2' selected. The banner for 'MÓDULO 2' is titled 'Especialización de Datos'. Below it, 'Clase 2' is listed with sub-items: 'Guía de laboratorio 1' (containing 'Presentación - Especialización de datos'), 'Guía de laboratorio 2' (containing 'Muestra Base de Datos'), and 'Clase 3' (containing 'Guía de laboratorio 3' and 'Model Builder'). At the bottom, there is a folder icon labeled 'Archivos laboratorios'. Navigation arrows are visible at the bottom of each screenshot.

MÓDULO 3 *Estadística Espacial y Geoestadística: Interpolación de Superficies*

-  Clase 4
-  Guía de laboratorio 1
-  Clase 5
-  Guía laboratorio 2
-  Guía laboratorio 3
-  Bibliografía - Geoestadística
-  Archivos Laboratorios

[← Módulo 2](#)[Módulo 4 →](#)

MÓDULO 4 *Imágenes Satelitales de Variables Ambientales*

-  Teoría Teledetección
-  Guia Laboratorio 1 Unidad 4
-  Laboratorio 1 Unidad 4 (descargas)
-  Laboratorio 2 Unidad 4
-  Algoritmos_satelitales_grupos_fitoplanctonicos
-  Laboratorio 4 - Unidad 4
-  Laboratorio 5 - Unidad 4
-  Laboratorio 6 Unidad 4

[← Módulo 3](#)[Módulo 5 →](#)

<i>Información General</i>	Módulo 1	Módulo 2	Módulo 3	Módulo 4	Módulo 5	Módulo 6
----------------------------	----------	----------	----------	----------	-----------------	----------

MÓDULO 5 *Análisis Multivariado y Modelamiento de Variables Ambientales*

-  Laboratorio 1 Unidad 5
-  Laboratorio 2 - Unidad 5
-  Laboratorio 3 Unidad 5
-  Archivos Laboratorio 1 Unidad 5
-  Archivos Laboratorio 3 Unidad 5

← Módulo 4

Módulo 6 →

<i>Información General</i>	Módulo 1	Módulo 2	Módulo 3	Módulo 4	Módulo 5	Módulo 6
----------------------------	----------	----------	----------	----------	----------	-----------------

MÓDULO 6 *Análisis de Patrones Temporales*

-  Laboratorio Tracking Analyst

← Módulo 5

4.6.3. Manual del curso de capacitación

Se elaboró el Manual de Capacitación del curso el cual se entregó adjunto (en formato PDF) al Informe de Avance 2 Corregido. A continuación se muestra la Tapa y Tabla de Contenido.

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO
ESCUELA DE CIENCIAS DEL MAR
LABORATORIO DE TELEDETECCIÓN

Manual de Capacitación

CURSO "ANÁLISIS ESPACIAL DE DATOS GEOGRÁFICOS PARA EL MONITOREO DE RECURSOS NATURALES DEL MEDIO AMBIENTE MARINO"

Relatores:

Dr. Claudio Silva
MSc Viviana Vargas
Ing. Pesq. Jaime Aguilera
Lic. Geo. José Lastra

FINANCIADO POR:

Fondo de Investigación Pesquera y de Acuicultura
Subsecretaría de Pesca y Acuicultura
Proyecto FIP 2014 - 76



Modelo e implementación de un sistema de seguimiento y
vigilancia de marea roja al sistema de información geográfica
de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura
Proyecto FIP N°2014-76



Tabla de Contenido

GUÍA DE LABORATORIO 1 UNIDAD 2	4
GUÍA DE LABORATORIO 2 UNIDAD 2	39
GUÍA DE LABORATORIO 3 UNIDAD 2	73
GUÍA DE LABORATORIO 1 UNIDAD 3	81
GUÍA DE LABORATORIO 2-3 UNIDAD 3	98
GUÍA DE LABORATORIO 1 UNIDAD 4	113
GUÍA DE LABORATORIO 2 UNIDAD 4	130
GUÍA DE LABORATORIO 3-4 UNIDAD 4	143
GUÍA DE LABORATORIO 5 UNIDAD 4	158
GUÍA DE LABORATORIO 6 UNIDAD 4	177
GUÍA DE LABORATORIO 1 UNIDAD 5	199
GUÍA DE LABORATORIO 2 UNIDAD 5	225
GUÍA DE LABORATORIO 3 UNIDAD 5	235
GUÍA DE LABORATORIO 1 UNIDAD 6	256

4.6.4. Certificación del curso

El curso fue debidamente inscrito como Actividad de Extensión Académica (AEA) de la PUCV para obtener la certificación y ya fueron ingresados los resultados de la evaluación y asistencia, siendo 8 alumnos aprobados y 2 reprobados. A continuación se detallan la descripción de la AEA, los resultados de calificación y aprobación del curso, junto con las copias de la solicitud de autorización AEA y resolución N°34/2015 donde se autoriza a la Escuela de Ciencias del Mar a impartir el curso "Análisis espacial de datos geográficos para el monitoreo de recursos naturales del medio ambiente marino.



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE VALPARAISO

ACTIVIDADES DE EXTENSIÓN ACADÉMICA



▼ OPCIONES

▶ ACTIVIDADES

▶ ESTUDIANTE

▶ RELATOR

▶ REPORTES

◀ SALIR

DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD

[CONSULTAR ACTIVIDAD](#)
[NUEVA DICTACION](#)

DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDAD

NOMBRE ACTIVIDAD ANÁLISIS ESPACIAL DE DATOS GEOGRÁFICOS PARA EL MONITOREO DE RECURSOS NATURALES DEL MEDIOAMBIENTE MARINO

ENTIDAD Escuela de Ciencias del Mar

TIPO ACTIVIDAD Curso

NÚMERO DE HORAS 50

TIPO HORA cronológicas

REALIZACIÓN CONJUNTA INSTITUCIÓN CARÁCTER

MODALIDAD DE ENSEÑANZA Presencial

CÓDIGO SENCE

OBSERVACIONES

DICTACIONES							
Nº	FECHA INICIO	FECHA TÉRMINO	RESPONSABLE	Nº RESO	SEDE	ESTADO	OPCIÓN
1	13/03/2015	05/06/2015	YAÑEZ ELEUTERIO		PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE VALPARAISO	SOLICITADA	[Ver]



ACTIVIDADES DE EXTENSIÓN ACADÉMICA



- [OPCIONES](#)
- [ACTIVIDADES](#)
- [ESTUDIANTE](#)
- [RELATOR](#)
- [REPORTES](#)
- [SALIR](#)

FECHA DE INICIO	13/03/2015
FECHA DE TÉRMINO	05/06/2015
ESTADO DICTACIÓN	ACEPTADA
CODIGO RESOLUCIÓN	34/2015
ACADÉMICO RESPONSABLE	YAÑEZ RODRIGUEZ ELEUTERIO
TIPO EVALUACIÓN	APROBACIÓN
TIPO DE CALIFICACIÓN	1,0 - 7,0
NOTA MÍNIMA	4,0
CUPO	10
ASISTENCIA MÍNIMA	83%
COBERTURA	CERRADA
VALOR DE INSCRIPCIÓN TOTAL	15000000 Pesos
DICTADA A LA INSTITUCIÓN	SUBSECRETARÍA DE PESCA
SEDE DE DICTACIÓN	PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE VALPARAISO
COMUNA SEDE	Valparaíso
LOCALIDAD SEDE	VALPARAÍSO
DIRECCIÓN SEDE	Avenida Altamirano 1480
TELÉFONO	32-2274250
FAX	32-2274208
MAIL	claudio.silva@ucv.cl

	IDENTIFICADOR	NOMBRE DE RELATOR	OPCIÓN
RELADORES	10283907-2	AGUILERA FRITIS JAIME PATRICIO	[Ver]
	20898396-2	Lastra Muñoz José Antonio	[Ver]
	8390045-8	SILVA GALLINATO CLAUDIO	[Ver]
	15720591-9	VARGAS SANDOVAL VIVIANA ALEJANDRA	[Ver]

OPCIONES

Acciones [Resultados](#) [Archivo](#) [Horario](#) [Solicitud](#)

Reportes [Estadísticas](#)

Imprimir [Autorización AEA](#) [Resolución](#)

Listado

[IR A ACTIVIDAD](#)

INSCRIPCIÓN DE ESTUDIANTE A DICTACIÓN

TIPO DE IDENTIFICADOR ▼

RUT/PASAPORTE

Cantidad de inscritos: 10

IDENTIFICADOR	NOMBRE DE ESTUDIANTE	OPCIÓN
16484124-3	BUJES VERA DANIEL ANTONIO	[Ver] [Quitar]
12640269-4	ESCOBAR RIVEAUD DAVID ARTURO	[Ver] [Quitar]
14000606-8	GUAJARDO VALDÉS DANIELA PAZ	[Ver] [Quitar]
16142794-2	HIDALGO SIERRA HÉCTOR ALFREDO	[Ver] [Quitar]
15331856-5	LAGUNAS LÓPEZ CAMILA CONSTANZA	[Ver] [Quitar]
17432105-1	NARANJO CASTRO JORGE FERNANDO	[Ver] [Quitar]
16007841-3	RODRÍGUEZ LILLO FABIOLA ANDREA	[Ver] [Quitar]
16354342-7	SABATHIER DURÁN MARÍA JOSÉ	[Ver] [Quitar]
15077524-8	VALENZUELA GARCÍA VICENTE MARCELO	[Ver] [Quitar]
7170711-3	ZABALA VALLEJO ALVARO MATEO	[Ver] [Quitar]

INGRESO DE RESULTADOS

[NUEVA ACTIVIDAD](#)

[CONSULTAR ACTIVIDAD](#)

LISTA DE ESTUDIANTES INSCRITOS				
IDENTIFICADOR	NOMBRE DE ESTUDIANTE	CALIFICACIÓN	ASISTENCIA	ESTADO
16484124-3	BUJES VERA DANIEL ANTONIO	6.5	92 %	Aprobado
12640269-4	ESCOBAR RIVEAUD DAVID ARTURO	2.0	31 %	Reprobado
14000606-8	GUAJARDO VALDÉS DANIELA PAZ	6.2	85 %	Aprobado
16142794-2	HIDALGO SIERRA HÉCTOR ALFREDO	4.8	85 %	Aprobado
15331856-5	LAGUNAS LÓPEZ CAMILA CONSTANZA	6.7	92 %	Aprobado
17432105-1	NARANJO CASTRO JORGE FERNANDO	6.5	92 %	Aprobado
16007841-3	RODRÍGUEZ LILLO FABIOLA ANDREA	6.2	100 %	Aprobado
16354342-7	SABATHIER DURÁN MARÍA JOSÉ	6.1	92 %	Aprobado
15077524-8	VALENZUELA GARCÍA VICENTE MARCELO	5.5	85 %	Aprobado
7170711-3	ZABALA VALLEJO ALVARO MATEO	2.0	62 %	Reprobado

[Guardar Resultados](#) [Cerrar Acta](#)
[Ir a Dictación](#)

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO
FUNDACIÓN ISABEL CACES DE BROWN
Avenida Brasil 2950, Valparaíso, Chile
Teléfono (56-33) 273530 - Fax (56-33) 273437
Casilla 4059 -
<http://www.ucv.cl/web/cooptec>



UNIDAD DE COOPERACIÓN TÉCNICA

SOLICITUD AUTORIZACIÓN AEA

NOMBRE: ANÁLISIS ESPACIAL DE DATOS GEOGRÁFICOS PARA EL MONITOREO DE RECURSOS NATURALES DEL MEDIOAMBIENTE MARINO

TIPO: CURSO

MODALIDAD DE ENSEÑANZA: PRESENCIAL

NÚMERO DE HORAS: 50 cronológicas

COBERTURA: CERRADA

TIPO DE EVALUACIÓN: APROBACIÓN

TIPO DE CALIFICACIÓN: 1,0 - 7,0

REQUISITOS DE APROBACIÓN: Asistencia : 83% y Nota mínima : 4.0

PROFESOR (A) (ES), RELADORES SR.(A) (ES):

10283907-2 AGUILERA FRITIS JAIME PATRICIO
20898396-2 Lastra Muñoz José Antonio
8390045-8 SILVA GALLINATO CLAUDIO
15720591-9 VARGAS SANDOVAL VIVIANA ALEJANDRA

COORDINADOR O RESPONSABLE: YAÑEZ RODRIGUEZ ELEUTERIO

FECHA DE DICTACIÓN: desde 13/03/2015 hasta 05/06/2015

SEDE DE DICTACIÓN: PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE VALPARAISO

DICTADA A LA INSTITUCIÓN: SUBSECRETARÍA DE PESCA

CUPO: 10

COSTO:

Total: \$15000000

LOCALIDAD SEDE: VALPARAÍSO

DIRECCIÓN SEDE : Avenida Altamirano 1480

TELÉFONO: 32-2274250

FAX: 32-2274208

CORREO ELECTRÓNICO: claudio.silva@ucv.cl

La autoridad abajo firmante otorga el Patrocinio de la actividad descrita y ha revisado y verificado la información contenida en este documento y en los documentos adjuntos.

Director de
Escuela de Ciencias del Mar

07 de junio de 2015

**

DIRECCIÓN GENERAL DE VINCULACIÓN CON EL MEDIO**ACTIVIDAD DE EXTENSIÓN ACADÉMICA****RESOLUCIÓN N° 34/2015**

**REF.: Autoriza actividad de
extensión académica que indica.**

Valparaíso, 12 de marzo de 2015

VISTOS:

1° La proposición formulada por la Dirección la Escuela de Ciencias del Mar para impartir en calidad de Actividad de Extensión Académica el Curso denominado: **ANÁLISIS ESPACIAL DE DATOS GEOGRÁFICOS PARA EL MONITOREO DE RECURSOS NATURALES DEL MEDIOAMBIENTE MARINO**

2° La recomendación fundada de autorización entregada por la Dirección de Cooperación Técnica, según consta en su Oficio N° 34/2015.

3° La circunstancia que la actividad individualizada en el visto 1° precedente fue calificada como Actividad de Extensión Académica por la antes mencionada Unidad y,

4° Lo establecido en el Decreto de Rectoría Académico N° 228/2004 y N° 63/2010.

RESUELVO:

1. Autorízase a la Escuela de Ciencias del Mar, para impartir el Curso "ANÁLISIS ESPACIAL DE DATOS GEOGRÁFICOS PARA EL MONITOREO DE RECURSOS NATURALES DEL MEDIOAMBIENTE MARINO" en calidad de Actividad de Extensión Académica.

2. Podrán participar de este Curso los interesados designados por: **SUBSECRETARÍA DE PESCA.**

3. Dicho Curso tendrá un costo total de \$15.000.000, que se destinará a solventar los gastos que demande la realización del mismo.

4. El Curso se desarrollará en Valparaíso, entre el 13 de marzo y el 5 de junio de 2015, no otorgará créditos, tendrá una duración de 50 hrs. cronológicas, será coordinado por Eleuterio Yañez Rodríguez e impartido por Jaime Aguilera Fritis , José Lastra Muñoz , Claudio Silva Gallinato y Viviana Vargas Sandoval.

5. La Dirección de Cooperación Técnica extenderá los correspondientes certificados de APROBACIÓN, a aquellos participantes que concurran al 83% de las sesiones del Curso a que se refiere la presente resolución y obtengan una calificación superior a 4,0 en la escala 1,0 - 7,0. Extenderá también, el

certificado de participación a los relatores de la actividad.

6. El costo del certificado tendrá un valor de \$5.000.

7. Facúltese al Director de DIRECCIÓN DE COOPERACIÓN TÉCNICA para suscribir los certificados que da cuenta la presente resolución.

Regístrese y archívese.

JUAN TORREJON CROVETTO
Director General de Vinculación con el Medio
Pontificia Universidad Católica de Valparaíso

Distribución

- Dirección de Cooperación Técnica PUCV
- Secretaría General PUCV
- Contraloría PUCV
- Escuela de Ciencias del Mar PUCV

5. TALLER DE DIFUSION DE RESULTADOS PROYECTO FIP 2014-76 "Modelo e implementación de un Sistema de Seguimiento y Vigilancia de Marea Roja al Sistema de Información Geográfica de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura" (Anexo 12)

De acuerdo a lo establecido en los TTR del proyecto FIP 2014-76, se realizó un taller de difusión de resultados del con el fin principal de obtener retroalimentación de diferentes profesionales del sector público y del sector académico respecto a lo obtenido del trabajo realizado por el equipo consultor.

La fecha de realización del taller fue el día viernes 18 de marzo y las invitaciones (Ver Anexo 12. Invitación) se mandaron durante los meses de febrero y marzo para asegurar la mayor asistencia posible al mismo. Entre los asistentes se encontraban funcionarios de SERNAPESCA, SUBPESCA e investigadores y docentes de la PUCV (Ver Anexo 12. Lista de Asistentes).

La organización del taller consistió principalmente en presentaciones efectuadas en primera instancia por las funcionarias de SUBPESCA, Camila Lagunas y Daniela Guajardo, y por los integrantes del equipo consultor a cargo del proyecto. Esto, con el fin de entregar los antecedentes generales del proyecto FIP 2014-76, las necesidades específicas del mismo y dar cuenta de los diferentes objetivos planteados y como estos se desarrollaron y trabajaron en cada una de las etapas (Ver Anexo 12. Programa).

Dentro del espacio de cada presentación se dejó abierto un tiempo de preguntas y acotaciones, tanto en los antecedentes como en el desarrollo de las presentaciones por objetivos. Este espacio se tomo como retroalimentación entorno a lo realizado y a las bases fundamentales (Programa de Marea Roja, REPLA y otros) sobre las cuales se fundamentó el taller.

Las principales acotaciones obtenidas del taller de difusión se presentan a modo de síntesis general en el siguiente listado²³:

²³ Se establece la síntesis basado en todos los comentarios y observaciones registradas como en la reiteratividad de los mismos.

- Existe una necesidad fundamental de replantear la instancia del monitoreo constante y abordar de forma directa la presencia constante de especies de dinoflagelados y otros grupos de microalgas nocivas; enfocándose en el ¿por qué se encuentran ahí? Además de establecer posibles externalidades positivas que puedan obtenerse de su presencia, sin perder de vista las externalidades negativas.
- Se establece no confiar en un 100 % en la fiabilidad estadística de los modelos presentados, y considerar de forma más directa los parámetros oceanográficos y físicos imperantes en la zona con el fin de acercar de mejor forma estos modelos de representación espacial a la realidad.
- Se hace relevante la posibilidad de vincular las bases de datos recogidas por el Programa de Monitoreo de Marea Roja de IFOP, con bases de datos recogidas o almacenadas por otras instituciones como SERNAPESCA y también por programas de monitoreo privado como los gestionados por INTESAL.
- Se insta a que las instituciones públicas desvinculen de forma gradual el uso de softwares de pago con poca potencia y en algunos casos con poca claridad en los algoritmos utilizados por muchos de sus módulos; con el fin de trabajar con softwares de libre adquisición con mayores potencialidades y que estén más en línea con el desarrollo de investigación científica y el estado del arte de la misma.
- Se establece que exista una comunicación mucho más fluída entre las diferentes instituciones encargadas de gestionar y trabajar con información espacial en torno a la temática FAN, como son SUBPESCA, SERNAPESCA o IFOP vinculando también la información privada con el fin de hacer de la toma de decisiones y la gestión de políticas públicas un proceso más eficiente y cercano a la realidad actual.
- Se valora el desarrollo de este primer acercamiento metodológico hacia una herramienta de gestión, debido a su funcionalidad práctica y de entendimiento por el público general como por el de otros profesionales y que este sea de libre acceso.
- Se hace necesario poner toda esta información a disposición de las diferentes instituciones e investigadores con el fin de lograr un mayor trabajo en materia de investigación que permita unificar los esfuerzos en el entendimiento del fenómeno FAN.

- Se hace necesario un protocolo unificado de trabajo con la información que permita disminuir el proceso de estandarización de los mismos para su trabajo con la plataforma de visualización y análisis de SUBPESCA; con el fin de permitir una gestión más rápida de la información. A su vez, se hace relevante mejorar la periodicidad en la recepción de la información ambiental y oceanográfica.
- Se requiere una validación del modelo presentado a través de redes neuronales y también de los modelos GAM-GLM utilizando la nueva data captada por IFOP.
- Se requiere de un reanálisis de la política establecida por el programa de monitoreo con el fin de no centrar esfuerzos en especies que por su naturaleza o por antecedentes históricos no hayan generado ninguna externalidad negativa; esto con el fin de no malgastar recursos en especies que no representan un problema real y enfocarse de mejor forma en las que si lo representan.
- Se toma como innovador el contraste de la información satelital en complementariedad con la información in situ, ante esto se plantea incorporar de forma más fuerte estas herramientas con el fin de usarla como una instantánea directa del momento o evento para detectar el punto de inicio de el/los fenómenos. A su vez se hace relevante tomar en cuenta los nuevos sensores satelitales de alta o muy alta resolución y el uso de datos in situ con el fin de lograr que esta información sea fiel no solo en el dato sino también sea más cercana en escala a los fenómenos que se intentan gestionar.

5. CONCLUSIONES

El presente proyecto tiene como producto final principal una Herramienta de Sistematización de la Información proveniente del Programa de Monitoreo de Marea Roja (PMMR) que administra Subpesca, y el seguimiento de ocurrencia de floraciones de algas nocivas

(*Alexandrium catenella*, *Dinophysis acuminata* y *Dinophysis acuta*) considerando los rangos de corte de abundancia relativa establecidos en el Reglamento sobre Plagas Hidrobiológicas (REPLA). Previo a la construcción de la herramienta se recolectó, revisó y normalizó la información del PMMR. Esta herramienta o toolbox está construida en base a una serie de modelos que pretenden de manera simplificada y automatizada espacializar en forma vectorial y raster la información de las distintas variables provenientes del PMMR, tales como abundancias relativas y densidades de FAN, concentración de toxinas en mariscos, temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y clorofila del agua, temperatura del aire y vientos. Esta herramienta considera sólo dos datos de entrada: (i) el feature class de base de las estaciones de monitoreo y (ii) la hoja de datos en Excel o tablas almacenadas en la geodatabase. Se establecen las salidas para cada variable y los resultados se despliegan automáticamente en el display de ArcGIS para poder seleccionar la capa de información de interés. El proceso de vinculación de las salidas de la herramienta a los servicios WMS está en desarrollo actualmente.

Cabe destacar las herramientas que esta herramienta tiene como una de sus principales características la utilización del Sistema de Información Geográfica institucional ArcGIS y sus extensiones Spatial Analyst y Geostatistical para una serie de funcionalidades, tales como leer los datos de entrada, unir tablas tomando como extensión espacial las 88 estaciones establecidas en los términos de referencia, interpolación con técnicas geoestadísticas y visualización y cartografía de los resultados. Estos modelos pueden ser ampliados y mejorados, pero se debe tener en cuenta la componente espacial de los datos para entender las dinámicas locales de cada fenómeno o variable a considerar, esto hace necesario una selección apropiada de los puntos de muestreo que consideren este factor además de considerar los datos históricos de presencia o ausencia de fenómenos FAN.

La finalidad de la herramienta es ayudar a la SUBPESCA en la generación de nueva información geoespacial que permita entender la dinámica espacial del fenómeno FAN y también que permita visualizar de mejor forma el comportamiento de las variables ambientales que se registran por el programa. Esta información puede mejorar la generación de análisis, control y fiscalización como también producir una mejora en la gestión y manejo

sustentable de los recursos hidrobiológicos. Esto puede se traduce en un apoyo de alto valor para la elaboración de medidas que apuntan a minimizar los impactos de los FAN para las actividades de pesca extractiva y de acuicultura, con su consecuente impacto socioeconómico y en la salud de la población humana.

Adicionalmente, el proyecto tiene como segundo producto el desarrollo de modelos matemáticos geoespaciales de pronóstico de ocurrencia de FAN, basados en las relaciones estadísticas entre la abundancia de especies de algas nocivas tóxicas y concentración de toxinas con variables ambientales predictoras como temperatura, salinidad, concentración de clorofila, oxígeno disuelto del agua y velocidad del viento. El modelo se conceptualiza en un diagrama que detalla los mayores factores ambientales que determinan la ocurrencia de FAN y características de las zonas marinas (estuarios, fiordos, canales, islas) de la X-XI Regiones. Previo a la construcción de los modelos de relaciones, la información histórica del PMMR fue organizada, estructurada e integrada de acuerdo al desarrollo metodológico propuesto. El proyecto presenta un enfoque metodológico paso a paso para la modelación de relaciones con dos enfoques estadísticos innovadores como las RNAs y modelos generalizados (GAM/GLM) utilizando los datos históricos del PMMR estructurados al formato necesario. Se generaron los resultados bajo el enfoque metodológico desarrollado.

Cabe desatacar, que la SUBPESCA no posee licencias de los paquetes estadísticos (por ejemplo STATISTICA) necesarios para los análisis de relaciones y modelación de variables biológicas, oceanográficas y meteorológicas. Siendo esto un problema para la aplicación de los modelos por parte de los profesionales de SUBPESACA. Dado lo anterior, se acordó adquirir software estadísticos gratuitos tales como R, para lo cual SUBPESCA licitará una capacitación con clases teóricas y prácticas enfocado al aprendizaje de una serie de herramientas estadísticas con R.

Un tercer producto de este proyecto tiene relación con la aplicación de imágenes satelitales multiespectrales como MODIS, VIIRS y LANDSAT8 para el monitoreo ambiental y para complementar y contrarrestar la información de las variables oceanográficas de las estaciones de muestreo del PMMR. En el proyecto se presenta como resultado el enfoque metodológico paso a paso necesario para la adquisición, procesamiento y generación de productos

ambientales de imágenes MODIS, VIIRS y LANDSAT8. Se procesan con los software SEADAS 7.1 y ENVI 5.2 un total de 305 imágenes MODIS, 88 VIIRS y 13 LANDSAT8. Se comparan las imágenes de clorofila MODIS/VIIRS de 2012 con la información de los muestreos del PMMR, para ello se aplicó el módulo de extracción de información del toolbox Spatial Analyst de ArcGIS 10.2. El análisis comparativo de clorofila *a* para el año 2012 demuestra que los valores de clorofila satelital son mayores a los observados por los cruceros del PMMR. Sin embargo, al considerar sólo los valores menores a 10 mg/m^3 se rescatan 66 datos obteniéndose el mejor ajuste ($R^2 = 78.8\%$) entre la clorofila satelital MODIS/VIIRS y la clorofila *in situ* promedio entre 0 y 10 m, lo que demuestra la utilidad de las imágenes y su notable mejora del punto de vista de la resolución espacial, toda vez que se requieren más estudios para validar esta información. Se explora la estimación de parámetros ambientales de imágenes Landsat 8 OLI/TIRS, obteniéndose buenos ajustes (R^2) en las simulaciones de productos como batimetría, clorofila y temperatura superficial del mar.

Un cuarto producto es la formación de capacidades en las Unidades de Ordenamiento Territorial y de Asuntos Sanitarios y Plagas de Subpesca, mediante la realización del curso de capacitación "ANÁLISIS ESPACIAL DE DATOS GEOGRÁFICOS PARA EL MONITOREO DE RECURSOS NATURALES DEL MEDIO AMBIENTE MARINO" de 50 horas presenciales, 10 alumnos y 6 unidades temáticas expositiva y de laboratorios computacionales. La capacitación fue realizada en forma exitosa durante 13 jornadas entre el viernes 13 de marzo y el viernes 5 de junio. El curso cuenta con el soporte del Aula Virtual de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso (<http://fc.aulavirtualpucv.cl/>), lo que permitió potenciar las prácticas educativas y los procesos de enseñanza y aprendizaje con el uso de tecnologías TICs con el objetivo de incorporar espacios virtuales como apoyo al curso y como una garantía de soporte por 3 meses después de terminado el proyecto. El Manual de Capacitación y la certificación del curso ya fueron entregados.

Respecto del taller de difusión de resultados, fue una instancia de discusión entre profesionales, académicos e investigadores que nutrió la jornada con nuevas ideas y propuestas para estudiar con mayor profundidad y especificidad el fenómeno de la marea roja, considerando tanto sus externalidades negativas como positivas, además de enfocar los

recursos en investigaciones que expliquen las causas de los FAN. Se plantearon propuestas de colaboración entre instituciones públicas y privadas y la necesidad de compartir la información.

En términos generales, se valoró lo generado en este proyecto como un primer acercamiento metodológico hacia una herramienta de gestión, funcional, práctico, de entendimiento tanto general como profesional.

Es importante considerar que para la generación de modelos, tanto de representación espacial como multivariados, se requiere de un trabajo conjunto entre ambas instituciones (IFOP y SUBPESCA) de forma que la información generada sea de utilidad para ambas y que cumpla con los protocolos necesarios de codificación y estandarización. Por otra parte se recomienda una mejora en la frecuencia de envío de la información ambiental del programa por parte de IFOP a SUBPESCA pasando de un envío anual a un envío trimestral, con el fin de poder articular un flujo de datos a los usuarios mucho más efectivo.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguilera-Belmonte, A., Inostroza, I., Sáez Carrillo, K., Franco, J.M., Riobó, P., Gómez, P.I. 2013. The combined effect of salinity and temperature on the growth and toxin content of four Chilean strains of *Alexandrium catenella* (Whedon and Kofoid) Balech 1985 (Dinophyceae) isolated from an outbreak occurring in southern Chile in 2009. *Harmful Algae* 23: 55–59.

Barsi, J.A., J.R. Schott, F.D. Palluconi, D.L. Helder, S.J. Hook, B.L. Markham, G. Chander, E.M. O'Donnell. 2003. Landsat TM and ETM+ thermal band calibration, *Canadian Journal of Remote Sensing*, vol. 29, no. 2, pp. 141–153.

Barsi; Julia A., Gyanesh Chander ; Brian L. Markham and Nicholas Higgs. 2005. Landsat-4 and Landsat-5 thematic mapper band 6 historical performance and calibration, *Proc. SPIE* 5882, *Earth Observing Systems X*, 588206 (September 02, 2005); doi:10.1117/12.619992.

Buschmann, A., Riquelme, V., Hernandez-Gonzalez, M., Varela, D., Jimenez, J., Henriquez, L., Vergara, P., Guinez, R., Filun, L., 2006. A review of the impacts of salmonid farming on marine coastal ecosystems in the southeast Pacific. *ICES Journal of Marine Science* 63 (7), 1338–1345.

Caballero Guardo, W. D. J. Kriging Universal para Datos Funcionales (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia).

Cabello, F.C. 2006. Heavy use of prophylactic antibiotics in aquaculture: a growing problem for human and animal health and for the environment. *Environmental Microbiology* 8(7): 1137-1144.

Chiles, J. P., & Delfiner, P. (2009). *Geostatistics: modeling spatial uncertainty*(Vol. 497). John Wiley & Sons.

Coll, C., J. M. Galve, J. M. Sánchez, and V. Caselles, 2010. Validation of Landsat-7/ETM+ Thermal-Band Calibration and Atmospheric Correction With Ground-Based Measurements, *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, vol. 48, no. 1, pp. 547–555.

Díaz, P.A., Molinet, C., Seguel, M., Díaz, M., Labra, G., Figueroa, R.I. 2014. Coupling planktonic and benthic shifts during a bloom of *Alexandrium catenella* in southern Chile: Implications for bloom dynamics and recurrence. *Harmful Algae* 40: 9–22.

Funes, H. N. (2004). Métodos estadísticos en problemas espaciales (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Tucumán).

Goovaerts, P., 1997a. *Geostatistics for Natural Resources Evaluation*, Oxford University Press, New York.

Goovaerts, P., 1997b. ‘Kriging versus Stochastic Simulation for Risk Analysis in Soil Contamination,’ in A. Soares, J. Gómez-Hernandez, and R. Froidevaux, (eds.), *geoENVI – Geostatistics for Environmental Applications*. Kluwer Academic Publishers.

Guzmán L, X. Vivanco, G. Pizarro, G. Vidal, V. Arenas, L. Iriarte, S. Mercado, C. Alarcón, H. Pacheco and M. Palma. 2012. The Relative Abundance As A Tool To Increase The Certainty Of Temporal And Spatial Distribution Of Harmful Algal Species. In: Pagou, P. and Hallegraeff, G. (Eds). *Proceedings 14th International Conference on Harmful Algae*. 1-5 November 2010, Hersonissos, Crete, Greece. pp 285-287.

Gyanesh Chander, Brian L. Markham, Dennis L. Helder. 2009. Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors. *Remote Sensing of Environment*. Volume 113, Issue 5, 15 May 2009, Pages 893–903.

Hastie, T., & Tibshirani, R. 1990. *Generalized additive models*. London: Chapman and Hall.

HOLMER, M., WILDISH, D., HARGRAVE, B.T. 2005. Organic enrichment from marine finfish aquaculture and effects on sediment biogeochemical processes, in: Hargrave, B.T. (Ed.), *Environmental Effects of Marine Finfish Aquaculture*. Springer, Berlin, pp. 181–206.

Kravchenko A.N. 2003. Influence of spatial structure on accuracy of interpolation methods. *Soil Science Society of America Journal* 67, 1564–1571.

Lembeye, Georgina. 2009. Reglamento sobre plagas hidrobiológicas. Departamento de Acuicultura. Subsecretaría de Pesca. Chile

McCullagh, P., & Nelder, J. A. 1989. *Generalized linear models* (2nd ed.). London: Chapman and Hall 511.

Mueller T.G., Pusuluri N.B., Mathias K.K., Cornelius P.L., Barnhisel R.I. & Shearer S.A. (2004) Map quality for ordinary kriging and inverse distance weighted interpolation. *Soil Science Society of America Journal* 68, 2042–2047.

Qihao Weng. 2011. *Advances in environmental remote sensing: sensors, algorithms, and applications*. 545 pp.

Reyes, C. M. A. (2010). Estimación paramétrica y no paramétrica de la tendencia en datos con dependencia espacial. un estudio de simulación. In *Estimación paramétrica y No paramétrica de la tendencia en datos con dependencia espacial*.

Savelieva, E., Demyanov, V., & Maignan, M. (2008). Geostatistics: Spatial predictions and simulations. *Advanced Mapping of Environmental Data: Geostatistics, Machine Learning and Bayesian Maximum Entropy*, 47-94.

SILVA, Claudio, Eleuterio YÁÑEZ, María Angela BARBIERI, Claudio BERNAL and Antonio ARANIS. 2014a. Forecasts of swordfish (*Xiphias gladius*) and common sardine (*Strangomera bentincki*) off Chile under the A2 IPCC climate change scenario. In *Proceeding*

of Sixth International Symposium on GIS/Spatial Analyses in Fishery and Aquatic Sciences 23-27 August 2014, Tampa, Florida, USA. <http://www.esl.co.jp/Sympo/6th/index.htm>.

Silva, C., E. Yáñez, M.L. Martín-Díaz and T.A. DelValls. 2014b. GIS based ecological risk assessment for contaminated sites by fish farm effluents using a multicriteria weight of evidence approach. *Aquaculture Research*: DOI: 10.1111/are.12512.

Silva C., E. Yáñez, M.A. Barbieri, C. Bernal, A. Aranís. 2015. Forecasts of swordfish (*Xiphias gladius*) and common sardine (*Strangomera bentincki*) off Chile under the A2 IPCC climate change scenario. *Progress in Oceanography* 134: 343-355. doi:10.1016/j.pocean.2015.03.004

StatSoft, 2007. StatSoft, Inc., 2007. STATISTICA (data analysis software system), version 8.0. www.statsoft.com.

Stumpf, R.P., K. Holderied, 2003, Determination of Water Depth with High-Resolution Satellite Imagery Over Variable Bottom Types, *Limnology and Oceanography*, 48(1):547-556.

TAPIA GUILLERMO. (2013). Módulo Model Builder. Diplomado en Geomática. Escuela de Graduados de la Facultad de Arquitectura. Universidad de Valparaíso. Chile

Tomassetti P, Persia E, Mercatali I, Vani D, Marusso V, Porrello S. (2009) Effects of mariculture on macrobenthic assemblages in a western mediterranean site. *Mar Pollut Bull* 58:533–541.

Yáñez, E., F. Plaza, J.C. Gutiérrez-Estrada, N. Rodríguez, M.A. Barbieri, I. Pulido-Calvo & C. Bórquez. 2010. Anchovy (*Engraulis ringens*) and sardine (*Sardinops sagax*) abundance forecast off northern Chile: a multivariate ecosystemic neural network approach. *Prog. Oceanogr.*, 87(1-4): 242-250.

ANEXO 1. ACTAS DE ACUERDO REUNIONES



Acta 1ª Reunión de Presentación y Coordinación

Proyecto FIP-2014-76 “Modelo e Implementación de un Sistema de Seguimiento y Vigilancia de Marea Roja al Sistema de Información Geográfica de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura”

Fecha: 18 de diciembre de 2014

Hora: 10:00 – 11:30 horas

Lugar: Piso 10º Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, Valparaíso

Asisten: Luis Carroza (Secretario Ejecutivo FIP), Daniela Guajardo (Encargada Subpesca Marea Roja), Camila Lagunas (Coordinadora Proyecto Subpesca), David Escobar (Jefe de UOT Subpesca), Daniel Bujes (Subpesca), Claudio Silva (Jefe de Proyecto PUCV), Viviana Vargas (PUCV), Jaime Aguilera (PUCV), José Lastra (PUCV) y Rubén Toro (PUCV).

Se excusan: Eleuterio Yáñez (PUCV) e Italo Masotti (UV).

Se contemplaron los siguientes puntos:

- 1.- Presentación general del Proyecto: Objetivos y Metodología
- 2.- Presentación de bases de datos y estructura para posterior análisis según objetivos
- 3.- Coordinación de actividad de capacitación en cuanto a horarios y contenidos

Acuerdos

- La coordinación del proyecto por parte de la Universidad Católica de Valparaíso estará a cargo de Claudio Silva y por parte de Subpesca de Camila Lagunas.
- Se debe coordinar con el Sr. Lino Arancibia encargado en la Subpesca de los sistemas ArcGIS, Geodatabase y visualizador de mapas de intranet/internet.
- Se solicita de parte de Subpesca entregar durante el mes de enero extensiones del SIG ArcGIS y Software ENVI 5.1. que se adquirirán en el

marco del proyecto. El software ENVI 5.1 debe contener módulos de corrección atmosférica FLAASH y QUAC.

- El curso de capacitación debe comenzar en el mes de Marzo (segunda quincena) y de preferencia los días viernes y como alternativa el día lunes. Se solicita que eventualmente se puedan realizar clases en jornada completa según la disponibilidad de tiempo de los profesionales a capacitar de Subpesca. Dicha solicitud queda sujeta a confirmación de disponibilidad de sala de la Universidad.
- Se solicita de parte de Subpesca que las jornadas de capacitación de este proyecto no se topen con las de otros programas que recibe la Unidad de Ordenamiento Territorial de la División de Acuicultura de Subpesca.
- En reunión posterior se revisarán y definirán las unidades programáticas del curso de capacitación con el objeto de enfocarse en aquellos contenidos y herramientas que más utilidad prestarán según los objetivos del proyecto.
- Se solicita bajar requisitos de asistencia para certificación del curso que desarrollará la PUCV, se define en un 83% (2 días) la asistencia mínima para aprobar.
- Compromiso de parte de Subpesca de entregar base de datos de abundancia relativas de mareas roja, e información complementaría medioambiental y oceanográfica lo más pronto posible (fines de diciembre de 2014).
- Posteriormente vía e-mail se fija reunión para el lunes 29 de diciembre de 2014 a las 10:00 hrs en Subpesca, para la entrega de los datos del programa de marea roja.



ACTA DE REUNION DE COORDINACION

PROYECTO FIP 2014-76: MODELO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE SEGUIMIENTO Y VIGILANCIA DE MAREA ROJA AL SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA DE LA SUBSECRETARÍA DE PESCA Y ACUICULTURA

EJECUTOR: PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE VALPARAISO

FECHA: 18/12/2014	LUGAR: FIP, VALPARAISO																											
TEMAS TRATADOS: <ul style="list-style-type: none"> - Presentación General del Proyecto. - Necesidades de los datos para hacer su análisis y cumplimiento de los objetivos del proyecto. - Validar con la contraparte los contenidos y horarios del curso de capacitación 																												
ASISTENTES <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">Nombre</th> <th style="text-align: left;">Firma</th> <th style="text-align: left;">Institución</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Daniel Guajardo</td> <td></td> <td>Subpesca</td> </tr> <tr> <td>Daniel Rojas</td> <td></td> <td>Subpesca</td> </tr> <tr> <td>Viviana Vargas S.</td> <td></td> <td>PUCV</td> </tr> <tr> <td>CAMILA LA GORDAS L.</td> <td></td> <td>Subpesca.</td> </tr> <tr> <td>JOSÉ LASTRA M.</td> <td></td> <td>PUCV.</td> </tr> <tr> <td>DAVID ESCOBAR RIVERAUD</td> <td></td> <td>SUBPESCA</td> </tr> <tr> <td>Claudio Silva</td> <td></td> <td>SUBPESCA</td> </tr> <tr> <td>RUBÉN TORO M.</td> <td></td> <td>PUCV</td> </tr> </tbody> </table>		Nombre	Firma	Institución	Daniel Guajardo		Subpesca	Daniel Rojas		Subpesca	Viviana Vargas S.		PUCV	CAMILA LA GORDAS L.		Subpesca.	JOSÉ LASTRA M.		PUCV.	DAVID ESCOBAR RIVERAUD		SUBPESCA	Claudio Silva		SUBPESCA	RUBÉN TORO M.		PUCV
Nombre	Firma	Institución																										
Daniel Guajardo		Subpesca																										
Daniel Rojas		Subpesca																										
Viviana Vargas S.		PUCV																										
CAMILA LA GORDAS L.		Subpesca.																										
JOSÉ LASTRA M.		PUCV.																										
DAVID ESCOBAR RIVERAUD		SUBPESCA																										
Claudio Silva		SUBPESCA																										
RUBÉN TORO M.		PUCV																										

Josive Aguirre Jancigüileo PUCV



Acta 2ª Reunión de Entrega de datos Programa de Marea Roja

Proyecto FIP-2014-76 “Modelo e Implementación de un Sistema de Seguimiento y Vigilancia de Marea Roja al Sistema de Información Geográfica de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura”

Fecha: 29 de diciembre de 2014

Hora: 10:00 – 11:00 horas

Lugar: Piso 10º Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, Valparaíso

Asisten: Daniela Guajardo (Encargada Subpesca Marea Roja), Camila Lagunas (Coordinadora Proyecto Subpesca), Daniel Bujes (Subpesca), Claudio Silva (Jefe de Proyecto PUCV), Viviana Vargas (PUCV), Jaime Aguilera (PUCV), José Lastra (PUCV) y Rubén Toro (PUCV).

Se excusan: Eleuterio Yáñez (PUCV), Italo Masotti (UV), Luis Carroza (Director Ejecutivo FIP), David Escobar (Jefe de UOT Subpesca).

Se contemplo principalmente el siguiente punto:

1.- Entrega bases de datos y estructura de la información recopilada en programa de marea roja de Subpesca.

Acuerdos

- La información entregada corresponde a abundancias relativas de especies causantes de mareas roja desde el año 2006 hasta el año 2013. Respecto a información complementaria medioambiental y oceanográfica se encuentra discontinua por lo que luego de la exploración más exhaustiva de los profesionales de la PUCV se verá si es relevante para los análisis propuestos según objetivos del proyecto.
- El modelo se construirá sobre la información histórica disponible hasta el año 2013. La información del año 2014 servirá para validar dicho modelo y se entregara en marzo de 2015.
- Se solicita a Subpesca los informes mensuales del programa de marea roja (metodología, conclusiones, descripciones, etc.) que respaldan las bases de datos entregadas.

- Subpesca informará los eventos de mareas rojas históricos más importantes que servirán para concentrar los períodos de análisis del proyecto.
- Se acuerda entregar a Subpesca en enero de 2015 las extensiones del SIG ARGIS. En tanto que el software ENVI 5.2 single note (con los módulos de corrección atmosférica FLAASH y QUAC) se entregara después de la entrega del primer informe de avance (9 de marzo de 2015) una vez pagada la segunda cuota del proyecto.
- Se solicita de Subpesca que las clases del programa de capacitación que comenzaran en el mes de Marzo de 2015 (a partir de la segunda quincena), se efectúen semana por medio en jornada completa con el objeto de avanzar más rápidamente en los contenidos. Como se digiera dicha solicitud queda sujeta a confirmación de disponibilidad de la sala multimedia de la PUCV para el primer semestre que debiera comunicarse a más tardar la segunda semana de enero de 2015.
- Se acuerda tener la tercera reunión con profesionales de Subpesca a más tardar a fines de enero de 2015 para presentar una propuesta mejorada de contenidos del curso de capacitación, con el objeto de enfocarse en aquellos contenidos y herramientas que más utilidad prestarán según los objetivos del proyecto.



Acta 3ª Reunión modelo REPLA y nueva propuesta de curso de capacitación

Proyecto FIP-2014-76 “Modelo e Implementación de un Sistema de Seguimiento y Vigilancia de Marea Roja al Sistema de Información Geográfica de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura”

Fecha: 21 de enero de 2015

Hora: 10:00 – 11:30 horas

Lugar: Piso 10º Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, Valparaíso

Asisten: Daniela Guajardo (Encargada Subpesca Marea Roja), Camila Lagunas (Coordinadora Proyecto Subpesca), Daniel Bujes (Subpesca), Claudio Silva (Jefe de Proyecto PUCV), Viviana Vargas (PUCV), Jaime Aguilera (PUCV), José Lastra (PUCV) y Rubén Toro (PUCV).

Se excusan: Eleuterio Yáñez (PUCV), Italo Masotti (UV), Luis Carroza (Director Ejecutivo FIP), David Escobar (Jefe de UOT Subpesca).

Se contemplo principalmente el siguiente punto:

- 1.- Presentación avance del modelo REPLA para el visualizador de mapas de Subpesca.
- 2.- Entrega de nueva propuesta de curso de capacitación de Subpesca.

Acuerdos

- La nueva propuesta de capacitación contendrá 6 unidades repartidas en 13 semanas con clases los días miércoles y viernes. Además, la evaluación comprenderá 2 controles cada 3 unidades y el porcentaje de asistencia mínima será de 82% (2 inasistencias), cualquier otra inasistencia se deberá justificar.
- Cualquier modificación a los días de capacitación se deberá comunicar al jefe de proyecto mínimo un mes de anticipación.
- Se solicita que los materiales de clase de cada unidad se suban con bastante antelación a la realización de cada unidad al igual que los complementarios. Los casos prácticos de ser posible serán apoyados con publicaciones de revistas científicas.

- Se acuerda entregar a Subpesca un informe de errores (estaciones repetidas, años sin data, etc.) detectados en las bases de datos del programa de marea roja, con el objeto de corregir dudas y avanzar en la generación del modelo REPLA.
- Se solicita de Subpesca un manual lo más detallado explicando las diferentes nomenclatura y estructura de los archivos bases para su posterior incorporación al modelo REPLA y visualizador de mapas de Subpesca.
- Se definen que las variables biológicas y ambientales para incorporar en el modelo y su representación en el visualizador de mapas de Subpesca son: Abundancia relativa (*Alexandrium catenella* y *Dinophysis acuta*), toxinas, temperatura del mar, salinidad y vientos.
- Se acuerda en que como no todas las estaciones contienen estas variables, el área de interpolación deberá ser más acotada que para aquellas otras variables que cuentan con toda la data.
- Se acuerda tener una posible reunión durante febrero, con el objeto de conocer la extensión del archivo de salida del visualizador de mapas y de las respuestas al informe de errores que entregaran los profesionales de la PUCV.
- Se envía a Camila Laguna (cc David Escobar) el programa y calendario (Excel) actualizado del curso de capacitación.



Acta 4ª Presentación en ArcGIS del modelo REPLA

Proyecto FIP-2014-76 “Modelo e Implementación de un Sistema de Seguimiento y Vigilancia de Marea Roja al Sistema de Información Geográfica de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura”

Fecha: 26 de marzo de 2015.

Hora: 11:00 – 12:30 horas.

Lugar: Piso 19º Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, Valparaíso.

Asisten: Camila Laguna (SUBPESCA), Daniela Guajardo (SUBPESCA), Daniel Bujes (SUBPESCA), José Lastra (PUCV) Claudio Silva (Jefe de Proyecto PUCV), y Felipe Sánchez (PUCV).

Se contemplaron los siguientes puntos:

- 1.- Estructura de la base de datos.
- 2.- Estructura de tablas.
- 3.- Conformación del modelo, simbología y notación.
- 4.- Muestra del modelo de abundancia relativa.
- 5.- Muestra del modelo de temperatura.
- 6.- Muestra del modelo de vientos.

Acuerdos

- Se acuerda variar el color entre los casos escaso y regular para determinar mejor el corte entre ellos.
- Se acuerda evaluar un ajuste del modelo con la línea de costa ocupada por SUBPESCA.
- Se acuerda el cambio de la simbología de viento (magnitud).
- Se sugiere eliminar interpolación de toxinas.
- Se consulta verificar el área de influencia de las toxinas, para no depender de cada estación.
- Se acuerda entregar por etapas la caja de herramientas.
- Se acuerda entregar en dos semanas más una caja de herramientas.
- Se acuerda una próxima reunión para el jueves 9 de abril a las 11 am en Piso 10 SUBPESCA.
- Se acuerda enviar consultas para los administradores del visualizador de imágenes de SUBPESCA con el fin de compatibilizar el modelo REPLA a este sistema.

- Los profesionales de SUBPESCA se comprometen a solicitar al Instituto de Fomento Pesquero trabajar con los formatos de tablas de datos Excel que se requiere para el modelo REPLA.



Acta 5ª Reunión

Proyecto FIP 2014-76 "Modelo e Implementación de un Sistema de Seguimiento y Vigilancia de Marea Roja al Sistema de Información Geográfica de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura"

Fecha: Jueves 23 de julio del 2015
Hora: 10:05 - 11:45
Lugar: Piso 10, Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, Valparaíso
Asisten:
De la Subpesca: Camila Lagunas (Coordinadora Proyecto Subpesca) y Daniel Bujes
De la PUCV: Viviana Vargas, José Lastra y Jaime Aguilera
Se excusan: Claudio Silva (Jefe de Proyecto PUCV)

Puntos

• Modelos

- La Subpesca solicita considerar en las variables de toxinas VAM y VDM el rango de corte utilizado por el Ministerio de Salud para la elaboración de los modelos. Se contempla la incorporación de un nuevo campo que permita la salida de una simbología individual por replica registrada.

Camila enviara los rangos de corte y Jose se encargara de la modificación.

- Se reitera a la Subpesca que no está la información de toxinas del crucero regular Los Lagos 2013, ni tampoco las coordenadas de dos estaciones. Jose enviara un correo a Camila con los nombres de las estaciones sin coordenadas y ella solicitara la información a Daniela Guajardo (Encargada Subpesca Marea Roja).

- Se revisó la máscara de línea de costa realizada con el polígono enviado por Camila Lagunas (polígono oficial) y se acordó eliminar todos los pequeños cortes y entradas al continente que pudiesen ocasionar distorsión al momento de interpolar.

Jose debe enviar a Camila pantallazos de los bancos de arena revisados en la reunión para compararlos con las cartas SHOA y así determinar por donde debiese pasar la línea de costa en esa área.

- Prueba Modelo Abundancia Relativa

La conversión de Excel a dbf funciono ok.

Se explicaron los requisitos para que la conversión funcione y se mostró que los modelos se pueden ejecutar también desde Excel.

El modelo de abundancia relativa se ejecutó ok con la simbología asociada.

- **Database histórica**

Se explica a los funcionarios de la Subpesca que no es posible almacenar dentro de un feature dataset la información histórica del programa (Compatibilidad con GDB) por lo que se propone hacer una geodatabase de archivo donde se incorpore esta información. Adicionalmente se establece que los feature generados por el modelo no serán almacenados en el GDB corporativo de la institución para evitar la sobrecarga de información y que esta se irá actualizando de forma mensual de acuerdo a lo planteado por Camila. Se muestra cómo quedaría y se acuerda que esta será la forma de entregar la información histórica.

Se entregó un cuestionario por parte de los profesionales de Subpesca relacionado a la información a subir al visualizador de mapas consistente en: (i)Toxinas, Abundancias Relativas y Estaciones FIP 2014-76.

- **Metadato**

La Subpesca no dispone de una planilla por lo que se acuerda llenar el metadato que trae ArcGis. Hay que agregar cruceo y año de este al formato; además se entregarán plantillas de metadatos en formato *.xls de acuerdo a la norma ISO 19.139 ante la solicitud de los profesionales de Subpesca que permitan establecer una futura normalización del almacenamiento de la información y su metadato.

- **ArcGis online**

La Subpesca solicita la compra de créditos. Camila enviará a Claudio la respuesta de ESRI y los montos a pagar por 1000 créditos (cerca de \$95.000)

Próxima reunión “Prueba Migración de Datos”: se realizara una prueba para subir la información al visualizador el **lunes 03 de agosto a las 10:00 hrs**, en la Subpesca.

Durante la reunión (i) se probara el modelo de abundancia relativa y temperatura, (ii) se entregará a la Subpesca el documento Excel con toda la información de las variables y las estaciones trabajadas en el Proyecto, y (iii) se probara el kmz.

Se aclaró finalmente que no se puede realizar una prueba de subida de datos raster debido a que no se cuenta con la licencia necesaria por parte de la institución para realizar este proceso, razón por la cual se hará uso del formato *.kmz.

Plantillas salidas productos cartográficos

Se definió el tamaño de los productos cartográficos (A1 y A3) y un formato y estilo de plantilla.

Observaciones varias:

- Por error de edición no se incorporó la simbología de la toxina VPM en el Informe de Avance entregado.
- En la página 79-80 hay un error. Aparece un párrafo del informe anterior.
- Se sugiere imprimir los informes a color ya que no se aprecian las paletas de colores de las simbologías.
- En el anexo 4 (pág. 208) agregar título: "tabla original" ya que se confunde.
- Se solicita que se agregue en el próximo informe sugerencias respecto de que satélite utilizar de acuerdo a la variable y escala a trabajar.



Acta 6ª Reunión

Proyecto FIP 2014-76 “Modelo e Implementación de un Sistema de Seguimiento y Vigilancia de Marea Roja al Sistema de Información Geográfica de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura”

Fecha: Lunes 3 de Agosto del 2015

Hora: 10:05 - 11:45

Lugar: Piso 10, Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, Valparaíso

Asisten:

De la Subpesca: Camila Lagunas (Coordinadora Proyecto Subpesca)

De la PUCV: Claudio Silva, Viviana Vargas, Jaime Aguilera y José Lastra

Se excusan: Daniel Bujes y Daniela Guajardo

Puntos

- **Prueba Modelos en el GDB Administrativo**

- No se puede realizar la prueba de los modelos debido a que no se creó la estructura para los feature class asociados a las salidas de los modelos de prueba. Se estipula reenviar esta estructura de los feature class al administrador de la GDB Lino Arancibia para que se pueda llevar a cabo este procedimiento.

- **Visualización**

- Se establece que debido a que la Institución no cuenta con la licencia necesaria para disponer raster en el visualizador, estos resultados de interpolaciones serán dispuestos en la plataforma de ArcGis Online mediante archivos kmz. Para mejorar esta visualización se acordó generar paletas de colores únicas y estandarizadas para cada variable y estas se dispondrán en el servidor de ArcGis Online para facilitar la visualización.

- Se determina por parte de Camila Lagunas que la información que irá al Visualizador de Subpesca consistirá en: (i) Estaciones FIP 2014-76 (88 estaciones), (ii) Abundancias

Relativas y (iii) Toxinas. Esta información es subida por un solo funcionario por lo cual la subida al servidor debe ser llevada a cabo de forma independiente de acuerdo a la frecuencia de subida, estipulada a nivel mensual.

- **Database histórica**

- Se vuelve a establecer que la entrega de las bases de información del programa se llevará a cabo en un GDB de archivos compatible con el trabajo interno de la unidad. De forma adicional se establece probar el ingreso de las tablas de datos al GDB Corporativo probando el modelo de conversión generado por el equipo de trabajo para evaluar la mantención de los parámetros de precisión y escala.

- Camila Lagunas evalúa la necesidad de un servidor externo para almacenar la información histórica y nueva del programa de Marea Roja; por lo que solicita se realice una prueba con un año completo de datos para evaluar su peso.

- Se estipula la recepción de los rangos de corte estipulados para la variable toxinas (VAM-VPM) con lo cual se establece la necesidad de incorporar campos en las tablas Excel correspondientes a estas toxinas. Además se considera relevante generar salidas para cada réplica de VPM, por lo que se considera esta modificación para el modelo de esta variable.

- **Metadato**

- Se plantea por parte del equipo de trabajo PUCV tratar de generar una plantilla de metadato que se pueda aplicar a las salidas de los modelos que sean necesarios, no obstante se trabajará esta misma con los profesionales de la Subpesca dado que no existe una plantilla establecida para estos fines.

- **Otros Puntos**

- Se fija una nueva reunión para la prueba de los modelos en el Geodatabase Corporativo para el día Lunes 10 de Agosto de 2015.



Acta 7ª Reunión

Proyecto FIP 2014-76 “Modelo e Implementación de un Sistema de Seguimiento y Vigilancia de Marea Roja al Sistema de Información Geográfica de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura”

Fecha: Lunes 10 de Agosto del 2015

Hora: 10:05 – 12:50

Lugar: Piso 10, Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, Valparaíso

Asisten:

De la Subpesca: Camila Lagunas (Coordinadora Proyecto Subpesca) y Lino Arancibia (Administrador GDB Corporativo)

De la PUCV: Viviana Vargas, Jaime Aguilera y José Lastra

Se excusan: Claudio Silva (Jefe de Proyecto), Daniel Bujes y Daniela Guajardo

Puntos

- **Prueba Modelos en el GDB Administrativo**

- Se procede la prueba de los modelos de Migración de bases (*.xls a GDB Table) considerando la precisión y escala enviadas a Camila Lagunas; en este proceso se detectan los siguientes inconvenientes:

- Existe un cambio en las columnas numéricas donde los valores “Null” son transformados a valores “0” lo que genera una problemática al momento de analizar y visualizar los datos. Esto sucede aunque se configure adecuadamente cada campo de salida en el modelo de conversión.
- No se mantienen las precisiones asignadas: esto se visualiza en los campos numéricos. Por ejemplo los campos Short son asignados con precisión 2, no obstante al ingresar a la GDB corporativa esta modifica la precisión automáticamente a 5, Situación similar ocurre con los campos flotantes que si bien mantienen la precisión y escala asignada pasan a formato Doble.
- Al ingresar los feature class de prueba del modelo se observa un error en el llamado de los datos apareciendo solo valores “Null” en la información de la tabla

unida al feature class de Estaciones. Esto sucede a pesar de haber creado correctamente la estructura para el almacenamiento de la información.

- Se realiza una nueva prueba llevando las salidas del modelo a un GDB de archivos y se ve que los modelos corren apropiadamente. Con estos insumos se hace una importación de archivos utilizando la herramienta feature to feature, manteniendo los criterios de entrada para el GDB corporativo y si bien se produce la importación de forma correcta (campos nulos de origen no son truncados a 0 y la información se mantiene integra) los campos numéricos son modificados de igual manera; short integer con precisión 2 son cambiados a precisión 5 y los flotantes se transforman en dobles. Además los campos Long integer con precisión 5 pasan a precisión 10.

- Se consulta con el administrador Lino Arancibia y se repite el proceso, obteniendo los mismos resultados. De esta manera Camila Lagunas consultará directamente con ESRI para establecer el por qué de estos cambios.

- Se realiza una prueba adicional de los modelos utilizando como destino una GDB de Archivos viendo que los modelos son operativos y generan correctamente las salidas, para corroborar que no exista una falla en los mismos.

- Camila Lagunas establece que las tablas del programa Marea Roja no quedarán alojadas en el GDB corporativo, debido a que dificultarán la operatividad de su sistema y porque no es parte de sus requerimientos de trabajo. De esta forma se hace efectiva la elección del GDB de archivos para trabajar sobre la información de Marea Roja y se subirá con ciertas restricciones de uso (establecidas por Subpesca).

- Además José Lastra establece ver un posible modelo que pueda solucionar de forma adecuada las situaciones presentadas, no obstante se establece que puede realizarse este proceso de forma manual cuando la información se quiera actualizar.

- Se confirma que cada vez que se pretenda actualizar la información Lino Arancibia sería el encargado de llevar a cabo el proceso, no obstante Camila Lagunas y Daniela Guajardo serán las que trabajarán principalmente con los modelos.

- **Visualización**

- Los archivos *.lyr de simbología funcionaron bien sin problemas de compatibilidad.

- **Otros Puntos**

- Se reitera la necesidad por parte de Jaime Aguilera de saber desde donde se podrá acceder a la información kmz en el visualizador de ArcGis online para ver la codificación y subida de las paletas de simbología.

- Se establece una posible reunión la semana del 16 al 21 de Agosto para volver a probar los modelos en el GDB Corporativo. A Confirmar durante esta semana.



Acta 8ª Reunión

Proyecto FIP 2014-76 “Modelo e Implementación de un Sistema de Seguimiento y Vigilancia de Marea Roja al Sistema de Información Geográfica de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura”

Fecha: Viernes 25 de Septiembre del 2015

Hora: 10:05 – 12:50

Lugar: Piso 10, Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, Valparaíso

Asisten:

De la Subpesca: Camila Lagunas (Coordinadora Proyecto Subpesca)
Daniel Bujes

De la PUCV: Viviana Vargas, Jaime Aguilera y José Lastra

Se excusan: Claudio Silva (Jefe de Proyecto),
Lino Arancibia (Administrador GDB Corporativo)

Puntos

- **Informe Avance 2 Corregido**

- Se aclaran dudas respecto del modelo de clorofila. Se explica que a las tablas de esta variable serán modificadas ya que hay que agregar un campo de logaritmo base 10 a cada una.
- Se explica que el modelo de temperatura se separó en dos: temperatura del mar y temperatura ambiente. Se aprueba el cambio por parte de la Subpesca.
- La Subpesca aprueba que al modelo de vientos se le saque la magnitud.

- **Prueba ArcGis Online**

- Se muestran ejemplos de kmz de temperatura y clorofila y se prueban con éxito en ArcGis Online. Hay que seguir trabajando en la paleta de colores.

- **Reunión IFOP - Subpesca y PUCV**

- La Subpesca solicita coordinar una reunión para exponer a IFOP enfoques, metodologías y resultados del proyecto. Además hay ciertas dudas respecto del modelo predictivo que es necesario aclarar. Fecha tentativa: finales de octubre.



Acta 9ª Reunión

Proyecto FIP 2014-76 “Modelo e Implementación de un Sistema de Seguimiento y Vigilancia de Marea Roja al Sistema de Información Geográfica de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura”

Fecha: Miércoles 07 de Octubre del 2015

Hora: 10:05 – 12:30

Lugar: Piso 10, Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, Valparaíso

Asisten:

De la Subpesca: Camila Lagunas (Coordinadora Proyecto Subpesca)

De la PUCV: José Lastra

Se excusan: Claudio Silva (Jefe de Proyecto)

Viviana Vargas

Jaime Aguilera

Lino Arancibia (Administrador GDB Corporativo)

Puntos

- **Web Map Service**

- Camila Lagunas establece que debido al proceso de reestructuración y cambio del servidor de SUBPESCA por parte de una consultora externa, el proceso de prueba y carga al visualizador institucional se realizará solo a nivel interno y no estará disponible a nivel de usuarios externos. Esto se condiciona debido a que se desconoce el tiempo que se tomará el proceso de cambio y mejora.

- Se reemplaza el proyecto (*.mxd) dejado el día 7 de Septiembre para la prueba de visualización que no fue utilizado por el proceso de renovación del servidor. Se deja nuevo

proyecto que incorpora las abundancias relativas para Alexandrium Catenella, Dinophysis Acuta y Acuminata, alojadas en un feature dataset en el GDB corporativo.

- Camila Establece que la prueba de carga al visualizador se le solicitará al administrador del servidor Sr. Lino Arancibia.

- **Reunión Objetivo 2**

- Camila establece la necesidad de coordinar una reunión para poder afinar detalles del objetivo 2 del proyecto relacionados al modelo multivariado y al modelo de redes neuronales. Esto con el fin de aclarar ciertas dudas y ver detalles dentro de cada modelo generado.

José Lastra establece que comunicará la solicitud al Jefe de Proyecto y a los demás profesionales del equipo con el fin de generar una oportuna reunión.

Observaciones varias:

- Se establece que las simbologías fijas para las capas interpoladas en los modelos y que serán subidas a ArcGis Online en formato *.kmz están siendo finalizadas y estas se adecuarán a la aplicación que se genere, ya sea como imagen o como códigos en html5 dependiendo del tipo de aplicación que se construya.



Acta 10ª Reunión

Proyecto FIP 2014-76 “Modelo e Implementación de un Sistema de Seguimiento y Vigilancia de Marea Roja al Sistema de Información Geográfica de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura”

Fecha: Miércoles 14 de Octubre del 2015
Hora: 15:00 – 16:45
Lugar: Piso 19, Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, Valparaíso

Asisten:

De la Subpesca: Camila Lagunas (Coordinadora Proyecto Subpesca)
Daniela Guajardo
Jorge Naranjo
De la PUCV: José Lastra
Jaime Aguilera
Viviana Vargas
Claudio Silva (Jefe de Proyecto)

Puntos

- **Visualizador de mapas: intranet**
- Se visualizaron algunas variables sin problemas. No hay información de identificación del punto. Ver si se puede hacer algo.

- **Objetivo 2**
- Daniela y Camila plantean ciertas dudas respecto de algunos resultados planteados en este objetivo.

* Figura 124 (imagen de predicción abundancia relativa para *A. catenella*): los valores no reflejan la realidad. Pasar a abundancia relativa.

La Subpesca no cuenta con el software estadístico STATISTICA 7.0 por lo que deberá adquirir este u otro similar para continuar con los análisis de tendencia. Daniela averiguará si la institución cuenta con el software STATISTICA y además que contenga el toolbox de redes neuronales.

* Se acuerda eliminar la estación que está sola al sur de Chiloé ya que distorsiona los resultados de las interpolaciones.

* No hablar de predicción en los informes. Reemplazar por simulación, tendencia, etc.

- **Reunión con IFOP**

- Coordinación reunión IFOP: semana del 26 de octubre o 01 de marzo. Daniela confirmara fecha, lugar y hora. Preparar presentación.

- **Taller de Difusión**

- Preparar un taller de difusión de resultados del proyecto antes de la entrega del informe final (diciembre).

- **ArcGis online**

- Camila enviara a Claudio la cotización de ESRI con los créditos que hay que comprar.



Acta 11ª Reunión

Proyecto FIP 2014-76 “Modelo e Implementación de un Sistema de Seguimiento y Vigilancia de Marea Roja al Sistema de Información Geográfica de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura”

Fecha: Miércoles 23 de Octubre del 2015

Hora: 10:05 – 12:30

Lugar: Escuela Ciencias del Mar

Asisten:

De la Subpesca: Camila Lagunas (Coordinadora Proyecto Subpesca)
Jorge Naranjo

De la PUCV: José Lastra
Jaime Aguilera

Se excusan: Claudio Silva (Jefe de Proyecto)
Viviana Vargas

Puntos

· **ArcGis Online**

- Se realiza un recordatorio de las herramientas de ArcGis Online vistas durante las sesiones de capacitación, y además se profundizó en el uso de las herramientas administrativas propias de una cuenta paga.

- Se realizaron configuraciones utilizando el web app builder y se revisaron las diferentes planillas de trabajo disponibles de forma gratuita, pagas y editables por defecto.

- Se realizó una prueba utilizando productos generados con el modelo REPLA y se realizaron los procesos de corte, importación de simbología, conversión a *.kmz y la posterior subida.

- De las planillas revisadas se seleccionó inicialmente para la aplicación la de nombre "Map series" como plataforma inicial, contemplando las siguientes ventajas:

- Posibilidad de incluir todas las variables en una sola aplicación
- Disponibilidad para carga de videos e imágenes, lo que permite la posibilidad de generar archivos de visualización histórica.
- Permisividad de cargar las leyendas de los archivos mediante url's de imágenes.
- Posibilidad de generar pestañas para las variables y generar descripciones para las mismas como por ejemplo metodología de toma de datos, fecha de los cruceros, además de otra información relevante para los usuarios.

Observaciones varias:

- Se programa una reunión de trabajo para el viernes 30 de Octubre para trabajar la aplicación y hacer las pruebas correspondientes con los modelos finales.

ANEXO 2. ESTACIONES SUBPESCA

CODIGO	NOMBRE	NOMBRE_ARE	TRANSVECTO	Repetida	Desplazac	Observaciones
A01	Isla Virginia-Bahía Low	Aysén Norte	Cholga y Chorito	x		Diferente transvecto con su homóloga
A01	Isla Virginia-Bahía Low	Aysén Norte	Almeja y Culengue	x		Diferente transvecto con su homóloga
A01	Isla Virginia-Bahía Low	Aysén Norte		x	x	Sin Transvecto, desplazada de las dos anteriores
A02	Repollal-Canal Puquitiñ	Melinka	Almeja, Cholga y Chorito	x	x	Desplazadas entre sí, transvecto diferente
A02	Repollal-Canal Puquitiñ	Melinka	cholga, chorito, almeja y chorozapato	x	x	Desplazadas entre sí, transvecto diferente
A03N1	Canal Tuamapu	Aysén Norte	Cholga, Caracol,	x		Diferente transvecto con su homóloga
A03N1	Canal Tuamapu	Aysén Norte	Almeja y Culengue	x		Diferente transvecto con su homóloga
A03N1	Canal Tuamapu	Aysén Norte		x	x	Sin Transvecto, desplazada de las dos anteriores
A04	Isla Julia-Grupo Peligroso	Aysén Norte	Almeja, Cholga y Chorito	x		Diferente transvecto con su homóloga
A04	Isla Julia-Grupo Peligroso	Aysén Norte	Almeja y Cholga	x		Diferente transvecto con su homóloga
A04	Isla Julia-Grupo Peligroso	Aysén Norte	Cholga y Almeja	x	x	Desplazada con las dos anteriores, transvecto diferente
A04N1	Canal Moraleda 1	Aysén Norte		x		
A04N1	Canal Moraleda 1	Aysén Norte	Sin muestra	x		
A05	Isla Ovalada	Melinka	Almeja, Cholga,	x		Desplazadas entre sí, transvecto diferente
A05	Isla Ovalada	Melinka	Almeja, Cholga y Chorito	x		Desplazadas entre sí, transvecto diferente
A05	Isla Ovalada	Melinka	Cholga, Chorito y Almeja	x		Desplazadas entre sí, transvecto diferente
A05N1	Isla Valverde	Aysén Norte	Almeja			
A05N2	Islas Broken	Aysén Norte				
A06	Laja Brazo Pillán 1	Raúl Marín Balmaceda	Cholga y Chorito	x		Transvecto diferente entre ambas
A06	Laja Brazo Pillán 1	Raúl Marín Balmaceda	Cholga, Chorito y Almeja	x		Transvecto diferente entre ambas
A07	Canal	Raúl Marín Balmaceda	Cholga y Chorito			
A08	Repollal - E. Las Islas	Raúl Marín Balmaceda	Cholga y Chorito	x		Transvecto diferente entre ambas
A08	Repollal - E. Las Islas	Raúl Marín Balmaceda	Almeja, Cholga y Chorito	x		Transvecto diferente entre ambas
A08N1	Mallín	Raúl Marín Balmaceda	Chorito			
A08N2	Playa Corta	Raúl Marín Balmaceda	Se analizara en terreno	x	x	Desplazadas entre sí, transvecto diferente
A08N2	Playa Corta	Raúl Marín Balmaceda	Sin Muestra	x	x	Desplazadas entre sí, transvecto diferente
A09	Santo Domingo	Raúl Marín Balmaceda	Almeja, Cholga y	x		Transvecto diferente entre ambas
A09	Santo Domingo	Raúl Marín Balmaceda	Almeja y Chorito	x		Transvecto diferente entre ambas
A10	Añihué	Raúl Marín Balmaceda	Almeja, Cholga y	x		Transvecto diferente entre ambas
A10	Añihué	Raúl Marín Balmaceda	Almeja, Cholga y Chorito	x		Transvecto diferente entre ambas
A10N1	Añihué interior	Norte Raul Marin	Cholga y Almeja			
A11	Melimoyu	Aysén Norte	Cholga, Chorito y Almeja			
A11N1	Canal Moraleda 2	Aysén Norte		x		Transvecto diferente entre ambas
A11N1	Canal Moraleda 2	Aysén Norte	Sin muestra	x		Transvecto diferente entre ambas
A12	Seno Gala	Canal Yacaf	Cholga, Chorito,	x		Transvecto diferente entre ambas
A12	Seno Gala	Canal Yacaf	Cholga, Chorito y Almeja	x		Transvecto diferente entre ambas
A12N1	Seno Gala interior	Canal Yacaf	Cholga, Chorito y Almeja			
A13	Isla Toto	Canal Yacaf	Cholga, Chorito y	x		Transvecto diferente entre ambas
A13	Isla Toto	Canal Yacaf	Cholga, Chorito y Almeja	x		Transvecto diferente entre ambas
A14	Seno Miller	Aysén Sur	Cholga, Culengue,	x		Transvecto diferente entre ambas
A14	Seno Miller	Aysén Sur	Cholga, Chorito y Almeja	x		Transvecto diferente entre ambas
A15	Isla Manuel	Canal Yacaf	Cholga, Chorito y	x		Transvecto diferente entre ambas
A15	Isla Manuel	Canal Yacaf	Cholga, Chorito y Almeja	x		Transvecto diferente entre ambas
A16	Isla Gama Zañartu-Canal Yacaf	Canal Yacaf	Cholga, Almeja y	x		Transvecto diferente entre ambas
A16	Isla Gama Zañartu-Canal Yacaf	Canal Yacaf	Cholga, Chorito y Almeja	x		Transvecto diferente entre ambas
A17	Isla Bobadilla-Seno Soto	Aysén Sur	Cholga y Chorito			
A18	Punta Cálqueman	Canal Moraleda (I. Magdalena)	Cholga, Culengue,	x		Transvecto diferente entre ambas
A18	Punta Cálqueman	Canal Moraleda (I. Magdalena)	Cholga, Culengue, Chorito y Almeja	x		Transvecto diferente entre ambas
A18N1	Isla Atilio	Aysén Norte	Cholga, Chorito y Almeja			
A18N3	Seno Medio	Canal Moraleda (I. Magdalena)	Cholga, Chorito y Almeja			
A18N4	Canal Moraleda 3	Aysén Norte				
A19	Seno Magdalena	Canal Puyuhuapi	Cholga, Almeja y	x		Transvecto diferente entre ambas
A19	Seno Magdalena	Canal Puyuhuapi	Cholga y Chorito	x		Transvecto diferente entre ambas
A19N1	Seno Ventisquero 1	Canal Puyuhuapi	Cholga, Chorito, Almeja y Culengue	x	x	Desplazadas entre si
A19N1	Seno Ventisquero 1	Canal Puyuhuapi		x	x	Desplazadas entre si, sin transvecto
A19N2	Seno Ventisquero 2	Canal Puyuhuapi	Cholga, Chorito, Almeja y Culengue			
A19N3	Seno Queulat	Canal Puyuhuapi	Cholga y Chorito			
A20	Faro Marta-Canal Puyuhuapi	Canal Puyuhuapi	Cholga, Almeja y	x		Transvecto diferente entre ambas
A20	Faro Marta-Canal Puyuhuapi	Canal Puyuhuapi	Cholga, Chorito y Almeja	x		Transvecto diferente entre ambas
A21	Puerto Amparo	Aysén Norte	Cholga y Chorito	x	x	Desplazadas entre si, transvecto diferente
A21	Puerto Amparo	Aysén Norte	Almeja y Chorito	x	x	Desplazadas entre si, transvecto diferente
A22	Isla San Andrés	Canal Moraleda (P. Aguirre)	Cholga, Almeja y	x	x	Desplazadas entre si, transvecto diferente
A22	Isla San Andrés	Canal Moraleda (P. Aguirre)	Cholga, Chorito y Almeja	x	x	Desplazadas entre si, transvecto diferente
A23	Isla Orestes	Canal Moraleda (P. Aguirre)	Cholga, Culengue,	x		Transvecto diferente entre ambas
A23	Isla Orestes	Canal Moraleda (P. Aguirre)	Cholga, Culengue, Chorito y Almeja	x		Transvecto diferente entre ambas
A24	Cinco Hermanas	Aysén Sur	Cholga y Chorito			
A25	Isla Elena	Aysén Sur	Cholga y Chorito			
A27	Estero Quitralko	Isla Traiguén	Cholga y Chorito	x	x	Desplazadas entre si
A27	Estero Quitralko	Isla Traiguén	Cholga y Chorito	x	x	Desplazadas entre sí
A28	Punta Lynch	Aysén Sur	Cholga y Chorito			
A29	Puerto Bonito	Aysén Sur	Cholga y Chorito			
A30	Isla Julián	Canal Moraleda (P. Aguirre)	Cholga, Culengue, Chorito y Almeja			
A30N1	Isla Viola	Aysén Norte				
A31	Islas Huichas	Canal Moraleda (P. Aguirre)	Cholga, Almeja y	x		Transvecto diferente entre ambas
A31	Islas Huichas	Canal Moraleda (P. Aguirre)	Chorito	x		Transvecto diferente entre ambas
A31	Islas Huichas	Canal Moraleda (P. Aguirre)	Cholga	x	x	Desplazada de las anteriores, transvecto diferente
A32	Isla Vergara	Canal Moraleda (P. Aguirre)	Cholga, Chorito,	x		Transvecto diferente entre ambas
A32	Isla Vergara	Canal Moraleda (P. Aguirre)	Chorito	x		Transvecto diferente entre ambas
A33	Isla Concoto	Melinka	Cholga			
A34	Isla García	Melinka	Cholga	x		
A34	Isla García	Melinka	Cholga	x		
A35	Isla Sierra	Canal Moraleda (I. Magdalena)	Cholga, Chorito y Caracol			
A35N1	Canal Moraleda Isla Cuptana	Aysén Norte	Sin muestra			
A35N2	Isla Filomena	Aysén Norte	Almeja			

A35N3	Isla Francisco	Aysén Norte	Almeja			
A36	Grupo Enjambre	Canal Moraleda (I. Magdalena)	Cholga y Chorito	x	x	Desplazadas entre sí, transvecto diferente
A36	Grupo Enjambre	Canal Moraleda (I. Magdalena)		x	x	Desplazadas entre sí, sin transvecto
A37	Isla Teresa	Canal Moraleda (P. Aguirre)	Cholga y Chorito			
A38	I. Jorge	Sur Insular	Cholga, Culengue y			
A38N1	Isla Jesús	Aysén Sur	Cholga			
A38N2	NW isla Rowlet	Aysén Norte	Almeja	x		
A38N2	NW isla Rowlet	Aysén Norte	Almeja	x		
A38N3	Sur Isla Stokes	Aysén Norte	Almeja			
A38N4	Sur Isla Ipun	Aysén Norte	Almeja			
A39	Puerto Lampazo	Canal Moraleda (P. Aguirre)	Cholga y Chorito			
A40	Isla Silachilu	Canal Moraleda (P. Aguirre)	Cholga, Caracol,			
A41	Canal Ninualac	Aysén Sur	Cholga, Caracol,			
A41N1	Isla James	Aysén Norte		x	x	Desplazadas entre sí, sin transvecto
A41N1	Isla James	Aysén Norte	Sin muestra	x	x	Desplazadas entre sí, sin transvecto
A42	Canal Pilcomayo	Canal Moraleda (P. Aguirre)	Cholga y Chorito			
A43	Playas Largas	Aysén Sur	Cholga, Chorito y Caracol	x		Transvecto diferente entre ambas
A43	Playas Largas	Aysén Sur	Almeja	x		Transvecto diferente entre ambas
A44	Canal Carrera del Chivato	Canal Moraleda (P. Aguirre)	Cholga y Choro Zapato			
A45	Canal Rodrigo Figueres	Canal Moraleda (P. Aguirre)	Cholga y Chorito			
A46	Isla Churruque	Canal Moraleda (P. Aguirre)	Cholga			
A47	Isla Castillo	Canal Moraleda (P. Aguirre)	Cholga y Chorito			
A48	Isla Palumbo	Canal Moraleda (P. Aguirre)	Cholga y Chorito			
A48N1	Canal Carrera del Cuchi	Canal Moraleda (P. Aguirre)	Chorito, Choro Zapato y Almeja			
A49	Canal Darwin	Aysén Sur	Cholga y Chorito			
A49N1	Isla Isquiliac	Aysén Sur		x	x	Desplazadas entre sí, sin transvecto
A49N1	Isla Isquiliac	Aysén Sur	Sin muestra	x	x	Desplazadas entre sí, sin transvecto
A50	Tronador	Isla Traiguén	Cholga y Chorito			
A50N1	Isla Renaico	Aysén Sur		x	x	Desplazadas entre sí, sin transvecto
A50N1	Isla Renaico	Aysén Sur	Sin muestra	x	x	Desplazadas entre sí, sin transvecto
A51	Canal Vicuña	Isla Traiguén	Cholga y Chorito	x	x	Desplazadas entre sí, diferente transvecto
A51	Canal Vicuña	Isla Traiguén	Almeja, Cholga y Choro Zapato	x	x	Desplazadas entre sí, diferente transvecto
A52	Colonia Grande	Isla Traiguén	Cholga y Chorito			
A53	Canal Chacabuco	Aysén Sur	Cholga, Chorito y	x		Desplazadas entre sí, diferente transvecto
A53	Canal Chacabuco	Aysén Sur	Cholga		x	Desplazada de las otras estaciones, diferente transvecto
A53	Canal Chacabuco	Aysén Sur	Cholga	x		Desplazadas entre sí, diferente transvecto
A54	Isla Rojas-Paso Tres Cruces	Isla Traiguén	Cholga			
A55	Isla Orlebar	Tortel	Almeja y Cholga			
A56	Isla Alert - Roca Lobo	Tortel	Cholga y Almeja			
A57	Isla Scout	Tortel	Almeja y Cholga			
A58	Isla Porcia	Tortel	Chorito y Cholga			
A59	Isla Zealous	Tortel	Chorito y Cholga			
A60	Punta Baker	Tortel	Almeja y Cholga	x	x	Desplazadas entre sí, diferente transvecto
A60	Punta Baker	Tortel	Chorito y Cholga	x	x	Desplazadas entre sí, diferente transvecto
A61	Gr. Ratones	Tortel	Sin Recurso			
A62	Islote Porvenir	Tortel	Sin Recurso			
L01	Metri	Est. y S. Reloncaví	Cholga			
L02	Yates	Est. y S. Reloncaví	Chorito			
L02N1	Sotomó	Est. y S. Reloncaví	Chorito			
L02N2	Cochamó	Est. y S. Reloncaví	Chorito			
L02N3	Marimeli	Est. y S. Reloncaví	Chorito			
L02N4	Pocoihuén	Estuario Reloncaví	Chorito			
L03	Cta. La Arena	Est. y S. Reloncaví	Chorito			
L03N1	Potrerillos	Estuario Reloncaví	Chorito			
L04	Calbuco	Est. y S. Reloncaví	Chorito	x	x	Desplazadas entre sí
L04	Calbuco	Est. y S. Reloncaví	Chorito	x	x	Desplazadas entre sí
L04N1	Punta Trincao	Chiloé Sur	Chorito			Mismo código diferente nombre de estación
L04N1	Piedra Azul	Est. y S. Reloncaví	Sin Recurso			Mismo código diferente nombre de estación
L04N2	Ilque	Est. y S. Reloncaví	Sin Recurso			
L04N3	Chayahué	Seno Reloncaví	Chorito			
L04N4	Puluqui	Seno Reloncaví	Chorito			
L05	Quetalmahue	Chiloé Norte	Chorito			
L05N1	I. Caulín	Chiloé Norte	Almeja			
L06	Hueihue	Chiloé Norte	Cholga			
L06N1	I. Caicura	Seno Reloncaví	Cholga			
L06N2	Paso Nao	Est. y S. Reloncaví				
L07	C. Caucahué	Canal Chiloé Norte	Cholga			
L08	I. Mechuque	Canal Chiloé Norte	Almeja			
L09	I. Butachauques	Canal Chiloé Centro	Almeja			
L09N1	Golfo Ancud (I. Butachauques N)	Canal Chiloé Norte				
L10	Ayacara	Canal Chiloé Norte	Cholga	x	x	Desplazadas entre sí, diferente transvecto
L10	Ayacara	Canal Chiloé Norte		x	x	Desplazadas entre sí, sin transvecto
L10N1	I. Chulín	Palena	Almeja			
L10N2	I. Talcán 2	Canal Chiloé Centro	Almeja			
L10N3	B. Pumalín	Canal Chiloé Norte	Almeja			
L11	C. Dalcahue	Canal Chiloé Norte	Chorito	x	x	Desplazadas entre sí, diferente transvecto
L11	C. Dalcahue	Canal Chiloé Norte		x	x	Desplazadas entre sí, sin transvecto
L12	I. Quehui	Canal Chiloé Norte	Almeja			
L13	I. Chaulinec	Canal Chiloé Centro	Almeja			
L13N1	Isla Desiertos (I. Chaulinec N)	Canal Chiloé Norte				
L14	I. Talcán	Canal Chiloé Norte	Almeja	x	x	Desplazadas entre sí, diferente transvecto
L14	I. Talcán	Canal Chiloé Norte		x	x	Desplazadas entre sí, sin transvecto
L15	Compu	Chiloé Centro	Chorito			
L16	I. Acui	Canal Chiloé Sur	Almeja			
L16N1	I. Chaullín	Canal Chiloé Sur	Almeja	x	x	Desplazadas entre sí, diferente transvecto

L16N1	I. Chaullín	Canal Chiloé Sur		x	x	Desplazadas entre sí, sin transvecto
L17	Auchemó	Canal Chiloé Sur	Cholga			
L17N1	E. Palvítad	Canal Chiloé Centro	Cholga			
L17N2	Este Isla Tranqui (I. Tranqui)	Canal Chiloé Sur		x	x	Desplazadas entre sí, sin transvecto
L17N2	Este Isla Tranqui (I. Tranqui)	Canal Chiloé Sur	Sin muestra	x	x	Desplazadas entre sí, sin transvecto
L18	Yaldad	Chiloé Sur	Chorito	x	x	Desplazadas entre sí, diferente transvecto
L18	Yaldad	Chiloé Sur	No disponible	x	x	Desplazadas entre sí, sin transvecto
L18N2	Quellón Viejo	Chiloé Sur	Chorito			
L19	Pta. Chiguao	Chiloé Sur	Almeja			
L19N1	Yelcho	Corcovado	Almeja	x	x	Desplazadas entre sí, diferente transvecto
L19N1	Yelcho	Corcovado	No disponible	x	x	Desplazadas entre sí, sin transvecto
L19N2	C. Coldita	Corcovado	Chorito			
L19N3	Este de Quellón (G. Corcovado)	Canal Chiloé Sur		x	x	Desplazadas entre sí, sin transvecto
L19N3	Este de Quellón (G. Corcovado)	Canal Chiloé Sur	Sin muestra	x	x	Desplazadas entre sí, sin transvecto
L19N4	Este Isla San Pedro (G. Corcovado 2)	Corcovado		x	x	Desplazadas entre sí, sin transvecto
L19N4	Este Isla San Pedro (G. Corcovado 2)	Corcovado		x	x	Desplazadas entre sí, sin transvecto
L19N4	Este Isla San Pedro (G. Corcovado 2)	Corcovado	Sin muestra	x	x	Desplazadas entre sí, sin transvecto
L19N4	Este Isla San Pedro (G. Corcovado 2)	Corcovado	Sin muestra	x	x	Desplazadas entre sí, sin transvecto
L20	I. Laitec	Canal Chiloé Sur	Almeja			
L20N1	Bco. Velahue	Corcovado	Almeja	x	x	Desplazadas entre sí, diferente transvecto
L20N1	Bco. Velahue	Corcovado		x	x	Desplazadas entre sí, sin transvecto
L21	B. Corcovado	Palena	Almeja			
L21N1	Pta. Pucaihué	Palena	Almeja	x	x	
L21N1	Pta. Pucaihué	Palena	Almeja	x	x	
L22	B. Asasao	Corcovado	Almeja			
L22N1	Ens. Quilanlar	Corcovado	Almeja	x	x	Desplazadas entre sí, diferente transvecto
L22N1	Ens. Quilanlar	Corcovado		x	x	Desplazadas entre sí, sin transvecto
L22N2	Inio	Corcovado	Almeja	x	x	Desplazadas entre sí, diferente transvecto
L22N2	Inio	Corcovado		x	x	Desplazadas entre sí, sin transvecto
L22N3	I. Redonda	Corcovado	Almeja			
L23	I. Sn. Pedro	Corcovado	Almeja	x	x	Desplazadas entre sí, diferente transvecto
L23	I. Sn. Pedro	Corcovado		x	x	Desplazadas entre sí, sin transvecto
L23N1	C. Guamblad	Corcovado	Almeja	x	x	Desplazadas entre sí, diferente transvecto
L23N1	C. Guamblad	Corcovado		x	x	Desplazadas entre sí, sin transvecto
L23N2	I. Sn. Pedro 2	Corcovado	Almeja			
L24	I. Guapiquilán	Corcovado	Almeja	x	x	
L24	I. Guapiquilán	Corcovado	Almeja	x	x	
L24N1	I. Guapiquilán 2	Corcovado				
L25	B. Tic Toc	Corcovado	Almeja			
L25N1	Este Golfo Corcovado (Boca Guafó)	Corcovado	Sin muestra			
L25N2	Oeste Golfo Corcovado (Boca Guafó 2)	Corcovado	Sin muestra			
M01N	I. Morton	Norte	Cholga			
M02N	I. Carlos	Norte	Cholga			
M03N	A. Hamond	Norte	Cholga			
M04	C. Adalberto	Norte	Cholga	x	x	Desplazadas entre sí, diferente transvecto
M04	C. Adalberto	Norte		x	x	Desplazadas entre sí, sin transvecto
M05	B. Liberta	Norte	Cholga			
M06	Pto. Eden	Norte	Cholga	x	x	Desplazadas entre sí, diferente transvecto
M06	Pto. Eden	Norte	XX	x	x	Desplazadas entre sí, sin transvecto
M07	I. Crossover	Norte	Cholga			
M08	E. Falcon	Norte	Cholga	x	x	Desplazadas entre sí, diferente transvecto
M08	E. Falcon	Norte		x	x	Desplazadas entre sí, sin transvecto
M08	E. Falcon	Norte	Ostión	x	x	Desplazadas entre sí, diferente transvecto
M09	E. Pengüin	Norte	Cholga	x	x	Desplazadas entre sí, diferente transvecto
M09	E. Pengüin	Norte		x	x	Desplazadas entre sí, sin transvecto
M09	E. Pengüin	Norte	Ostión	x	x	Desplazadas entre sí, diferente transvecto
M09	E. Pengüin	Norte	Ostión	x	x	Desplazadas entre sí, diferente transvecto
M10	S. Europa	Norte	Cholga	x	x	Desplazadas entre sí, diferente transvecto
M10	S. Europa	Norte		x	x	Desplazadas entre sí, sin transvecto
M11	I. Topar	Norte	Cholga			
M12	I. Figueroa	Norte	Cholga	x	x	Desplazadas entre sí, diferente transvecto
M12	I. Figueroa	Norte		x	x	Desplazadas entre sí, sin transvecto
M13	E. Peel	Norte	Cholga			Desplazadas entre sí, diferente transvecto
M13	E. Peel	Norte	Ostión			Desplazadas entre sí, diferente transvecto
M13	E. Peel	Norte	Ostión			Desplazadas entre sí, diferente transvecto
M14	Pto. Bueno	Norte	Cholga	x	x	Desplazadas entre sí, diferente transvecto
M14	Pto. Bueno	Norte		x	x	Desplazadas entre sí, sin transvecto
M15	I. Vancouver	Norte	Cholga	x	x	Desplazadas entre sí, diferente transvecto
M15	I. Vancouver	Norte		x	x	Desplazadas entre sí, sin transvecto
M16	I. Piazzi	Norte	Cholga	x	x	Desplazadas entre sí, diferente transvecto
M16	I. Piazzi	Norte		x	x	Desplazadas entre sí, sin transvecto
M16N1	Islas Rennell	Norte		x	x	Desplazadas entre sí, sin transvecto
M16N1	Islas Rennell	Norte	Cholga	x	x	Desplazadas entre sí, diferente transvecto
M17	C. Williams	Norte	Cholga			
M18	B. Ensenada	Norte	Cholga			
M19	B. Isthmus	Norte	Cholga			
M20	I. Larga	Norte	Cholga	x	x	Desplazadas entre sí, diferente transvecto
M20	I. Larga	Norte		x	x	Desplazadas entre sí, sin transvecto
M21	Pto. Fontaine	Norte	Cholga	x	x	Desplazadas entre sí, diferente transvecto
M21	Pto. Fontaine	Norte		x	x	Desplazadas entre sí, sin transvecto
M22	E. Montañas	Norte	Cholga			
M23	I. Ballesteros	Norte	Cholga			

0

M24	B. Fanny	Centro	Chorito			
M24N	P. del Abismo	Norte	Cholga	x	x	Desplazadas entre sí, diferente transvecto
M24N	P. del Abismo	Norte	XX	x	x	Desplazadas entre sí, sin transvecto
M25	E. Silva Palma	Centro	Chorito	x	x	Desplazadas entre sí, diferente transvecto
M25	E. Silva Palma	Centro		x	x	Desplazadas entre sí, sin transvecto
M25N	E. Ringdove	Norte	Cholga			
M26	E. Wickham	Centro	Chorito			
M27	E. Sullivan	Centro	Chorito			
M28	E. Nuñez	Centro	Chorito			
M29	Cutter Cove	Centro	Chorito	x	x	Desplazadas entre sí, diferente transvecto
M29	Cutter Cove	Centro		x	x	Desplazadas entre sí, sin transvecto
M29N1	I. Engelfield	Centro	Chorito			
M30	B. Mussel	Centro	Chorito			
M31	B. Nash	Centro	Chorito			
M32	B. Cordes	Centro	Chorito			
M33	B. Bell	Centro	Chorito			
M34	S. Pedro	Centro	Chorito			
M34N1	Canal Gabriel	Centro		x	x	Desplazadas entre sí, sin transvecto
M34N1	Canal Gabriel	Centro	Chorito	x	x	Desplazadas entre sí, diferente transvecto
M35	Cabo San Isidro	Centro	Chorito			
M36	B. Buena	Centro	Chorito	x	x	Desplazadas entre sí, diferente transvecto
M36	B. Buena	Centro		x	x	Desplazadas entre sí, sin transvecto
M37	B. Agua Fresca	Centro	Chorito			
M38	Río Seco	Centro	Chorito			
M39	Pto. Zenteno	Centro	Chorito	x	x	Desplazadas entre sí, diferente transvecto
M39	Pto. Zenteno	Centro		x	x	Desplazadas entre sí, sin transvecto
M39C1	B. Gente Grande	Centro	Chorito			
M39C2	B. Inútil	Centro	Chorito			
M39C3	C. Gabriel	Centro	Chorito			
M39N1	Segunda Angostura	Centro		x	x	Desplazadas entre sí, sin transvecto
M39N1	Segunda Angostura	Centro	Chorito	x	x	Desplazadas entre sí, diferente transvecto
M39N2	Pta. San Valentin	Centro		x	x	Desplazadas entre sí, sin transvecto
M39N2	Pta. San Valentin	Centro	Chorito	x	x	Desplazadas entre sí, diferente transvecto
M39N3	Puerto Yartou	Centro				
M40	S. Ventisquero	Sur	Chorito	x	x	Desplazadas entre sí, diferente transvecto
M40	S. Ventisquero	Sur		x	x	Desplazadas entre sí, sin transvecto
M40N1	Isla Olga	Sur		x	x	Desplazadas entre sí, sin transvecto
M40N1	Isla Olga	Sur	Chorito	x	x	Desplazadas entre sí, diferente transvecto
M41	V. España	Sur	Chorito	x	x	Desplazadas entre sí, diferente transvecto
M41	V. España	Sur		x	x	Desplazadas entre sí, sin transvecto
M42	V. Holanda	Sur	Chorito	x	x	Desplazadas entre sí, diferente transvecto
M42	V. Holanda	Sur		x	x	Desplazadas entre sí, sin transvecto
M43	B. Yendegaia	Sur	Chorito	x	x	Desplazadas entre sí, diferente transvecto
M43	B. Yendegaia	Sur		x	x	Desplazadas entre sí, sin transvecto
M44	Pto. Navarino	Sur	Chorito			
M44N1	Bahia Douglas	Sur		x	x	Desplazadas entre sí, sin transvecto
M44N1	Bahia Douglas	Sur	Chorito	x	x	Desplazadas entre sí, diferente transvecto
M45	Pto. Williams	Sur	Chorito	x	x	Desplazadas entre sí, diferente transvecto
M45	Pto. Williams	Sur		x	x	Desplazadas entre sí, sin transvecto
M46	Pto. Eugenia	Sur	Chorito	x	x	Desplazadas entre sí, diferente transvecto
M46	Pto. Eugenia	Sur		x	x	Desplazadas entre sí, sin transvecto
M46N1	Islotes Mariotti/GORE	Sur		x	x	Desplazadas entre sí, sin transvecto
M46N1	Islotes Mariotti/GORE	Sur	Chorito	x	x	Desplazadas entre sí, diferente transvecto

ANEXO 3. ESTACIONES ACUMULADAS 2014

Reg	Cd. Estacion	Estacion	Area	Institución	Subprograma	Origen	Estado	Fecha eliminacion	Fecha re-incorporacion	Lat_deg	Long_deg
X	L04N2	Ilque	Est. y S. Reloncaví	Subpesca	Monit. Regular	2010	Vigente	N/A	N/A	-41.62194	-73.07306
X	L04N3	Chayahué	Seno Reloncaví	Salud	Monit. Regular	2010	Vigente	N/A	N/A	-41.77361	-73.36639
X	L04N4	Puluqui	Seno Reloncaví	Salud	Monit. Regular	2010	Vigente	N/A	N/A	-41.84306	-70.08056
X	L22N3	I. Redonda	Corcovado	Salud	Monit. Regular	2010	Vigente	N/A	N/A	-43.36083	-74.18889
X	L06N2	Paso Nao	Est. y S. Reloncaví	Subpesca	Monit. Regular	2011	Vigente	N/A	N/A	-41.84472	-72.89639
X	L09N1	Golfo Ancud (I. Butachauques N)	Canal Chiloé Norte	Subpesca	Monit. Regular	2011	Vigente	N/A	N/A	-42.19222	-72.94306
X	L13N1	Isla Desertores (I. Chaulinec N)	Canal Chiloé Norte	Subpesca	Monit. Regular	2011	Vigente	N/A	N/A	-42.56528	-73.12083
X	L17N2	Este Isla Tranqui (I. Tranqui)	Canal Chiloé Sur	Subpesca	Monit. Regular	2011	Vigente	N/A	N/A	-43.02111	-73.12444
X	L19N3	Este de Quellón (G. Corcovado)	Canal Chiloé Sur	Subpesca	Vigilancia	2011	Vigente	N/A	N/A	-43.32667	-73.39889
X	L19N4	Este Isla San Pedro (G. Corcovado)	Corcovado	Subpesca	Vigilancia	2011	Vigente	N/A	N/A	-43.50194	-73.33444
X	L25N1	Este Golfo Corcovado (Boca Guafu)	Corcovado	Subpesca	Monit. Regular	2011	Vigente	N/A	N/A	-43.56167	-73.81778
X	L25N2	Oeste Golfo Corcovado (Boca Guafu)	Corcovado	Subpesca	N/A	2011	Eliminada	2013	N/A	-43.54528	-74.39806
X	L01	Metri	Est. y S. Reloncaví	Subpesca	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-41.59667	-72.70556
X	L02	Yates	Estuario Reloncaví	Salud	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-41.69194	-72.39417
X	L02N1	Sotomó	Estuario Reloncaví	Salud	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-41.66611	-72.40083
X	L02N2	Cochamó	Est. y S. Reloncaví	Subpesca	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-41.49639	-72.31139
X	L02N3	Marimelí	Estuario Reloncaví	Salud	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-41.7	-72.45
X	L03	Cta. La Arena	Est. y S. Reloncaví	Subpesca	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-41.68778	-72.64417
X	L03N1	Potrerrillos	Estuario Reloncaví	Salud	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-41.715	-72.44944
X	L04	Calbuco	Est. y S. Reloncaví	Subpesca	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-41.80731	-73.16714
X	L04N1	Punta Trincao	Chiloé Sur	xx	N/A	2006-07	Eliminada	2007-08	N/A	-43.15167	-73.74083
X	L04N1	Punta Trincao	Chiloé Sur	xx	N/A	2006-07	Eliminada	2007-08	N/A	-43.15167	-73.74083
X	L05	Quetalmahue	Chiloé Norte	Subpesca	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-41.8525	-73.94694
X	L05N1	I. Caulín	Chiloé Norte	xx	N/A	2006-07	Eliminada	2007-08	N/A	-48.81111	-73.615
X	L06	Hueihue	Chiloé Norte	Subpesca	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-41.90333	-73.4975
X	L06N1	I. Caicura	Seno Reloncaví	Salud	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-41.73306	-72.68306
X	L07	C. Caucahué	Canal Chiloé Norte	Subpesca	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-42.1375	-73.47306
X	L08	I. Mechuque	Canal Chiloé Norte	Subpesca	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-42.31694	-73.24917
X	L09	I. Butachauques	Canal Chiloé Centro	Salud	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-42.33861	-73.11056
X	L10	Ayacara	Canal Chiloé Norte	Subpesca	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-42.32367	-72.79094
X	L10N1	I. Chulín	Palena	xx	N/A	2006-07	Eliminada	2011	N/A	-42.6475	-73.00111
X	L10N2	I. Talcán 2	Canal Chiloé Centro	Salud	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-42.70111	-72.99333
X	L10N3	B. Pumalín	Canal Chiloé Norte	Subpesca	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-42.68972	-72.81944
X	L11	C. Dalcahue	Canal Chiloé Norte	Subpesca	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-42.36667	-73.59417
X	L12	I. Quehui	Canal Chiloé Norte	Subpesca	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-42.61611	-73.53083
X	L13	I. Chaulinec	Canal Chiloé Centro	Salud	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-42.6625	-73.25333
X	L14	I. Talcán	Canal Chiloé Norte	Subpesca	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-42.74125	-73.00961
X	L15	Compu	Chiloé Centro	xx	N/A	2006-07	Eliminada	2007-08	N/A	-42.84972	-73.68917
X	L16	I. Acui	Canal Chiloé Sur	Subpesca	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-42.92472	-73.40722
X	L17	Auchemó	Canal Chiloé Sur	Subpesca	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-43.10556	-72.90444
X	L18	Yaldad	Chiloé Sur	xx	Vigilancia	2006-07	Vigente	2007-08	2013	-43.12667	-73.71917
X	L18N2	Quellón Viejo	Chiloé Sur	xx	Vigilancia	2006-07	Vigente	2007-08	2013	-43.14028	-73.65917
X	L19	Pta. Chiguao	Chiloé Sur	Salud	Vigilancia	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-43.14833	-73.48028
X	L19N1	Yelcho	Corcovado	Salud	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-43.17	-73.58
X	L19N2	C. Coldita	Corcovado	Salud	Vigilancia	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-43.24722	-73.69222
X	L20	I. Laitec	Canal Chiloé Sur	Subpesca	Vigilancia	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-43.26389	73.57667
X	L21	B. Corcovado	Palena	xx	N/A	2006-07	Eliminada	2011	N/A	-43.25528	-72.95917
X	L21N1	Pta. Pucaihuen	Palena	xx	N/A	2006-07	Eliminada	2007-08	N/A	-43.5	-73.11667
X	L22	B. Asasao	Corcovado	Subpesca	Vigilancia	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-43.37944	-73.98417
X	L23	I. Sn. Pedro	Corcovado	Subpesca	Vigilancia	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-43.31333	-73.66167
X	L24	I. Guapiquilán	Corcovado	Subpesca	Vigilancia	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-43.41389	-74.24389
X	L25	B. Tic Toc	Corcovado	Subpesca	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-43.60722	-72.95806
X	L02N4	Pocoahuén	Estuario Reloncaví	Salud	Monit. Regular	2007-08	Vigente	N/A	N/A	-41.50056	-72.32528
X	L16N1	I. Chaulín	Canal Chiloé Sur	Subpesca	Monit. Regular	2007-08	Vigente	N/A	N/A	-43.07806	-73.43667
X	L17N1	E. Palvítad	Canal Chiloé Centro	Salud	Monit. Regular	2007-08	Vigente	N/A	N/A	-43.0425	-72.77528
X	L20N1	Bco. Velahue	Corcovado	Salud	Vigilancia	2007-08	Vigente	N/A	N/A	-43.19611	-73.52389
X	L22N1	Ens. Quilanlar	Corcovado	Salud	Monit. Regular	2007-08	Vigente	N/A	N/A	-43.39056	-74.08028
X	L22N2	Inio	Corcovado	Salud	Monit. Regular	2007-08	Vigente	N/A	N/A	-43.38306	-74.11972
X	L23N1	C. Guamblad	Corcovado	Salud	Monit. Regular	2007-08	Vigente	N/A	N/A	-43.39806	-73.79417
X	L23N2	I. Sn. Pedro 2	Corcovado	Salud	Monit. Regular	2007-08	Vigente	N/A	N/A	-43.38861	-73.75444
X	L24N1	I. Guapiquilán 2	Corcovado	Salud	Monit. Regular	2007-08	Vigente	N/A	N/A	-43.39417	-74.24444
X	A08N1	Mallín	Raúl Marín Balmaceda	Salud	RM Balmaceda	2010	Vigente	N/A	N/A	-43.79556	-72.94056
X	A08N2	Playa Corta	Raúl Marín Balmaceda	Salud	RM Balmaceda	2010	Vigente	N/A	N/A	-43.82417	-73.00167
X	A10N1	Añihue Interior	Norte Raúl Marín	Salud	N/A	2010	Eliminada	2013	N/A	-43.87417	-73.02444
X	A12N1	Seno Gala interior	Canal Yacaf	Salud	N/A	2010	Eliminada	2013	N/A	-44.18333	-73.12278
X	A18N1	Isla Atilio	Aysén Norte	Subpesca	Monit. Regular	2010	Vigente	N/A	N/A	-44.37556	-73.29417
X	A18N2	Seno Canalad	Canal Moraleda (I. Magdalena)	Salud	Monit. Regular	2010	Vigente	N/A	N/A	-44.54667	-73.16556
X	A18N3	Seno Medio	Canal Moraleda (I. Magdalena)	Salud	Monit. Regular	2010	Vigente	N/A	N/A	-44.60944	-73.24722
X	A19N1	Seno Ventisquero 1	Canal Puyuhuapi	Salud	Monit. Regular	2010	Vigente	N/A	N/A	-44.37861	-72.59611
X	A19N2	Seno Ventisquero 2	Canal Puyuhuapi	Salud	Monit. Regular	2010	Vigente	N/A	N/A	-44.45806	-72.59917
X	A19N3	Seno Queulat	Canal Puyuhuapi	Salud	N/A	2010	Eliminada	2013	N/A	-44.49111	-72.60333
X	A48N1	Canal Carrera del Cuchi	Canal Moraleda (P. Aguirre)	Salud	Monit. Regular	2010	Vigente	N/A	N/A	-45.36667	-73.81667
X	A61	Gr. Ratonés	Tortel	xx	N/A	2010	Eliminada	2011	N/A	-47.66222	-75.06361
X	A62	Islote Porvenir	Tortel	Subpesca	Monit. Regular	2010	Vigente	N/A	N/A	-47.78972	-74.93611
X	A03N1	Canal Tuamapu	Aysén Norte	Subpesca	Monit. Regular	2011	Vigente	N/A	N/A	-43.98194	-74.19444
X	A04N1	Canal Moraleda 1	Aysén Norte	Subpesca	Vigilancia	2011	Vigente	N/A	N/A	-43.90556	-73.42889
X	A05N2	Islas Broken	Aysén Norte	Subpesca	Monit. Regular	2011	Vigente	N/A	N/A	-44.38694	-74.43444
X	A11N1	Canal Moraleda 2	Aysén Norte	Subpesca	Vigilancia	2011	Vigente	N/A	N/A	-44.19667	-73.38583
X	A18N4	Canal Moraleda 3	Aysén Norte	Subpesca	Monit. Regular	2011	Vigente	N/A	N/A	-44.49278	-73.45389
X	A30N1	Isla Viola	Aysén Norte	Subpesca	Monit. Regular	2011	Vigente	N/A	N/A	-45.01805	-73.48722
X	A35N1	Canal Moraleda Isla Cuptana	Aysén Norte	Subpesca	Monit. Regular	2011	Vigente	N/A	N/A	-44.70805	-73.48833
X	A41N1	Isla James	Aysén Norte	Subpesca	Monit. Regular	2011	Vigente	N/A	N/A	-45.02528	-74.33333
X	A49N1	Isla Isquiliac	Aysén Sur	Subpesca	Monit. Regular	2011	Vigente	N/A	N/A	-45.42917	-74.26278
X	A50N1	Isla Renaico	Aysén Sur	Subpesca	Monit. Regular	2011	Vigente	N/A	N/A	-45.43806	-73.63722
X	A35N2	Isla Filomena	Aysén Norte	Subpesca	Monit. Regular	2012	Vigente	N/A	N/A	-44.49472	-73.57667

XI	A35N3	Isla Francisco	Aysén Norte	Subpesca	Monit. Regular	2012	Vigente	N/A	N/A	-44.49944	-73.68556
XI	A38N2	NW isla Rowlet	Aysén Norte	Subpesca	Monit. Regular	2012	Vigente	N/A	N/A	-44.73053	-74.54652
XI	A38N3	Sur Isla Stokes	Aysén Norte	Subpesca	Monit. Regular	2012	Vigente	N/A	N/A	-44.68986	-74.59454
XI	A38N4	Sur Isla Ipun	Aysén Norte	Subpesca	Monit. Regular	2012	Vigente	N/A	N/A	-44.63589	-74.71302
XI	A02N1	Repollal Bajo-Canal Puquitrín	Aysén Norte	Salud	Monit. Regular	2013	Vigente	N/A	N/A	-43.90028	-73.88355
XI	A08N3	Islote Las Hermanas	RM Balmaceda	Subpesca	RM Balmaceda	2013	Vigente	N/A	N/A	-43.76827	-73.03595
XI	A16N1	Punta Apablaza	Aysén Norte	Salud	Monit. Regular	2013	Vigente	N/A	N/A	-44.47778	-72.71944
XI	A20N1	Uspallante	Aysén Sur	Salud	Monit. Regular	2013	Vigente	N/A	N/A	-44.935	-73.11139
XI	A32N1	Isla Ester	Aysén Sur	Salud	Monit. Regular	2013	Vigente	N/A	N/A	-45.14722	-73.42167
XI	A51N1	Isla Traiguén-Sector Las Mentas	Aysén Sur	Salud	Monit. Regular	2013	Vigente	N/A	N/A	-45.59611	-73.77556
XI	A01	Isla Virginia-Bahía Low	Aysén Norte	Subpesca	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-43.78611	-73.8775
XI	A02	Repollal-Canal Puquitrín	Melinka	Salud	Vigilancia	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-43.84333	-73.81417
XI	A03	Puerto Barrientos	Aysén Norte	Subpesca	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-43.93972	-73.97333
XI	A04	Isla Julia-Grupo Peligroso	Aysén Norte	Subpesca	Vigilancia	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-43.92778	-73.63583
XI	A05	Isla Ovalada	Melinka	Salud	Vigilancia	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-44.06222	-73.73
XI	A06	Laja Brazo Pillán 1	Raúl Marín Balmaceda	Salud	RM Balmaceda	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-43.75417	-72.83056
XI	A07	Canal	Raúl Marín Balmaceda	Salud	RM Balmaceda	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-43.78056	-72.93333
XI	A08	Repollal - E. Las Islas	Raúl Marín Balmaceda	Salud	RM Balmaceda	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-43.76528	-72.90417
XI	A09	Santo Domingo	Raúl Marín Balmaceda	Salud	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-43.97	-73.11417
XI	A10	Añihué	Raúl Marín Balmaceda	Salud	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-43.87057	-73.05833
XI	A11	Melimoyu	Aysén Norte	Subpesca	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-44.06472	-73.19028
XI	A12	Seno Gala	Canal Yacaf	Salud	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-44.21722	-73.17389
XI	A13	Isla Toto	Canal Yacaf	Salud	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-44.25194	-73.20917
XI	A14	Seno Miller	Aysén Sur	Subpesca	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-44.26333	-73.07056
XI	A15	Isla Manuel	Canal Yacaf	Salud	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-44.35389	-72.99
XI	A16	IslaGamaZañartu-CanalYacaf	Canal Yacaf	Salud	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-44.39722	-72.82028
XI	A17	Isla Bobadilla-Seno Soto	Aysén Sur	Subpesca	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-44.43333	-72.9
XI	A18	Punta Cáiqueman	Canal Moraleda (I. Magdalena)	Salud	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-44.66139	-73.44556
XI	A19	Seno Magdalena	Canal Puyuhuapi	Salud	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-44.67611	-72.78806
XI	A20	Faro Marta-Canal Puyuhuapi	Canal Puyuhuapi	Salud	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-44.825	-72.96944
XI	A21	Puerto Amparo	Aysén Norte	Subpesca	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-44.91667	-73.28167
XI	A22	Isla San Andrés	Canal Moraleda (P. Aguirre)	Salud	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-44.9325	-73.32444
XI	A23	Isla Orestes	Canal Moraleda (P. Aguirre)	Salud	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-45.02944	-73.44556
XI	A24	Cinco Hermanas	Aysén Sur	Subpesca	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-45.27	-73.24917
XI	A25	Isla Elena	Aysén Sur	Subpesca	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-45.34694	-73.41722
XI	A26	Isla Canquenes	Aysén Sur	Subpesca	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-45.72528	-74.11417
XI	A27	Estero Quitralko	Isla Traiguén	Salud	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-45.76389	-73.49056
XI	A28	Punta Lynch	Aysén Sur	Subpesca	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-45.7778	-73.55639
XI	A29	Puerto Bonito	Aysén Sur	Subpesca	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-45.94472	-73.57139
XI	A30	Isla Julián	Canal Moraleda (P. Aguirre)	Salud	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-45.105	-73.50361
XI	A31	Islas Huchas	Canal Moraleda (P. Aguirre)	Salud	N/A	2006-07	Eliminada	2013	N/A	-45.18028	-73.48611
XI	A32	Isla Vergara	Canal Moraleda (P. Aguirre)	Salud	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-45.19917	-73.51222
XI	A33	Isla Concoto	Melinka	Salud	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-44.20306	-73.83417
XI	A34	Isla García	Melinka	Salud	Vigilancia	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-44.25306	-73.74444
XI	A35	Isla Sierra	Canal Moraleda (I. Magdalena)	Salud	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-44.72694	-73.58389
XI	A36	Grupo Enjambre	Canal Moraleda (I. Magdalena)	Salud	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-44.80444	-73.57056
XI	A37	Isla Teresa	Canal Moraleda (P. Aguirre)	Salud	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-44.84611	-73.85111
XI	A38	I. Jorge	Sur Insular	xx	N/A	2006-07	Eliminada	2007-08	N/A	-44.85556	-73.96778
XI	A39	Puerto Lampazo	Canal Moraleda (P. Aguirre)	Salud	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-44.93778	-73.74417
XI	A40	Isla Silachilu	Canal Moraleda (P. Aguirre)	Salud	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-44.98	-73.67333
XI	A41	Canal Ninualac	Aysén Sur	Subpesca	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-44.99667	-73.92528
XI	A42	Canal Pilcomayo	Canal Moraleda (P. Aguirre)	Salud	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-45.24444	-73.48889
XI	A43	Playas Largas	Aysén Sur	Subpesca	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-45.25	-73.69556
XI	A44	Canal Carrera del Chivato	Canal Moraleda (P. Aguirre)	Salud	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-45.30472	-73.76222
XI	A45	Canal Rodriguez	Canal Moraleda (P. Aguirre)	Salud	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-45.31583	-73.54167
XI	A46	Isla Churecuc	Canal Moraleda (P. Aguirre)	Salud	N/A	2006-07	Eliminada	2013	N/A	-45.32028	-73.49167
XI	A47	Isla Castillo	Canal Moraleda (P. Aguirre)	Salud	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-45.33417	-73.74528
XI	A48	Isla Palumbo	Canal Moraleda (P. Aguirre)	Salud	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-45.37194	-73.83778
XI	A49	Canal Darwin	Aysén Sur	Subpesca	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-45.45861	-73.83861
XI	A50	Tronador	Isla Traiguén	Salud	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-45.51972	-73.55417
XI	A51	Canal Vicuña	Isla Traiguén	Salud	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-45.57861	-73.835
XI	A52	Colonia Grande	Isla Traiguén	Salud	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-45.64361	-73.55861
XI	A53	Canal Chacabuco	Aysén Sur	Subpesca	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-45.74806	-73.79472
XI	A54	Isla Rojas-Paso Tres Cruces	Isla Traiguén	Salud	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-45.74778	-72.69583
XI	A55	Isla Orlebar	Tortel	Salud	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-47.96	-74.58
XI	A56	Isla Alert - Roca Lobo	Tortel	Salud	N/A	2006-07	Eliminada	2013	N/A	-47.93278	-74.63917
XI	A57	Isla Scout	Tortel	Subpesca	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-47.96528	-74.7
XI	A58	Isla Porcia	Tortel	Salud	N/A	2006-07	Eliminada	2013	N/A	-47.86667	-74.63389
XI	A59	Isla Zealous	Tortel	Subpesca	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-47.8875	-74.63333
XI	A60	Punta Baker	Tortel	Subpesca	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-47.90833	-74.50833
XI	A05N1	Isla Valverde	Aysén Norte	Subpesca	Monit. Regular	2007-08	Vigente	N/A	N/A	-44.29472	-73.89028
XI	A38N1	Isla Jesús	Aysén Sur	Subpesca	Monit. Regular	2007-08	Vigente	N/A	N/A	-44.74444	-73.88694
XII	M29N1	I. Engelfield	Centro	Salud	Monit. Regular	2010	Vigente	N/A	N/A	-53.07444	-71.82722
XII	M39C1	B. Gente Grande	Centro	Salud	Monit. Regular	2010	Vigente	N/A	N/A	-52.96055	-70.235
XII	M39C2	B. Inútil	Centro	xx	N/A	2010	Eliminada	2011	N/A	-53.52944	-69.83833
XII	M39C3	C. Gabriel	Centro	Salud	Monit. Regular	2010	Vigente	N/A	N/A	-54.30417	-70.23611
XII	M16N1	Islas Rennell	Norte	Subpesca	Monit. Regular	2011	Vigente	N/A	N/A	-51.75083	-74.28056
XII	M34N1	Canal Gabriel	Centro	Subpesca	Monit. Regular	2011	Vigente	N/A	N/A	-54.07361	-70.93972
XII	M39N1	Segunda Angostura	Centro	Subpesca	Monit. Regular	2011	Vigente	N/A	N/A	-52.69556	-70.2175
XII	M39N2	Pla. San Valentin	Centro	Subpesca	Monit. Regular	2011	Vigente	N/A	N/A	-53.60972	-70.43611
XII	M39N3	Puerto Yartou	Centro	Subpesca	Monit. Regular	2011	Vigente	N/A	N/A	-53.87694	-70.16611
XII	M40N1	Isla Olga	Sur	Subpesca	Monit. Regular	2011	Vigente	N/A	N/A	-55.09278	-70.135
XII	M44N1	Bahía Douglas	Sur	Subpesca	Monit. Regular	2011	Vigente	N/A	N/A	-55.2925	-60.08611
XII	M46N1	Islotes Mariotti/GORE	Sur	Subpesca	Monit. Regular	2011	Vigente	N/A	N/A	-55.21194	-67.10056
XII	M06N1	Seno Duque Edimburgo	Norte	Salud	Monit. Regular	2013	Vigente	N/A	N/A	-40.08333	-74.4
XII	M08N1	Estero Falcon/GORE	Norte	Subpesca	Monit. Regular	2013	Vigente	N/A	N/A	-49.54667	-73.90306
XII	M09N1	Estero Pengüin/GORE	Norte	Subpesca	Monit. Regular	2013	Vigente	N/A	N/A	-49.96833	-74.17028

XI	M09N2	Estero Penguin/GORE	Norte	Subpesca	Monit. Regular	2013	Vigente	N/A	N/A	-49.94917	-73.97528
XI	M13N1	Estero Peel/GORE	Norte	Subpesca	Monit. Regular	2013	Vigente	N/A	N/A	-50.79722	-73.81222
XI	M13N2	Estero Peel/GORE	Norte	Subpesca	Monit. Regular	2013	Vigente	N/A	N/A	-50.65917	-73.70444
XI	M24N1	Paso Piloto Pardo	Norte	Salud	Monit. Regular	2013	Vigente	N/A	N/A	-49.55833	-74.4375
XI	M39N4	Bahia Inutili - Dalmacia	Centro	Salud	Monit. Regular	2013	Vigente	N/A	N/A	-	-
XI	M39N5	Bahia Inutili - Santa Maria	Centro	Salud	Monit. Regular	2013	Vigente	N/A	N/A	-	-
XI	M01N	I. Morton	Norte	Salud	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-49.13889	-74.40972
XI	M02N	I. Carlos	Norte	Salud	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-49.16389	-74.42972
XI	M03N	A. Hamond	Norte	Salud	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-49.18611	-74.43556
XI	M04	C. Adalberto	Norte	Subpesca	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-48.66861	-74.60056
XI	M05	B. Liberta	Norte	Subpesca	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-48.915	-74.37056
XI	M06	Pto. Eden	Norte	Subpesca	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-49.11806	-74.42167
XI	M07	I. Crossover	Norte	Subpesca	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-49.28806	-74.38306
XI	M08	E. Falcon	Norte	Subpesca	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-49.56028	-74.14722
XI	M09	E. Penguin	Norte	Subpesca	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-49.91694	-74.33278
XI	M10	S. Europa	Norte	Subpesca	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-50.00583	-74.36056
XI	M11	I. Topar	Norte	Subpesca	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-50.1125	-74.69944
XI	M12	I. Figueroa	Norte	Subpesca	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-50.41944	-74.51222
XI	M13	E. Peel	Norte	Subpesca	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-50.85139	-74.09861
XI	M14	Pto. Bueno	Norte	Subpesca	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-50.99222	-74.22306
XI	M15	I. Vancouver	Norte	Subpesca	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-51.35017	-74.09028
XI	M16	I. Piazzzi	Norte	Subpesca	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-51.66194	-73.97056
XI	M17	C. Williams	Norte	Subpesca	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-51.97806	-73.69167
XI	M18	B. Ensenada	Norte	Subpesca	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-52.09917	-73.7975
XI	M19	B. Isthmus	Norte	Subpesca	N/A	2006-07	Eliminada	2013	N/A	-52.16861	-73.60861
XI	M20	I. Larga	Norte	Subpesca	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-52.19417	-73.61528
XI	M21	Pto. Fontaine	Norte	Subpesca	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-52.07444	-73.46917
XI	M22	E. Montañas	Norte	Subpesca	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-52.09389	-73.2625
XI	M23	I. Ballesteros	Norte	Subpesca	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-51.80806	-72.90778
XI	M24	B. Fanny	Centro	Subpesca	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-53.18889	-72.1925
XI	M24N	P. del Abismo	Norte	Subpesca	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-49.59667	-74.44361
XI	M25	E. Silva Palma	Centro	Subpesca	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-53.23194	-71.85583
XI	M25N	E. Ringdove	Norte	Subpesca	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-49.78917	-74.30306
XI	M26	E. Wickham	Centro	Subpesca	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-53.25278	-72.11861
XI	M27	E. Sullivan	Centro	Subpesca	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-53.25611	-72.42056
XI	M28	E. Nuñez	Centro	Subpesca	N/A	2006-07	Eliminada	2013	N/A	-53.32056	-72.48222
XI	M29	Cutter Cove	Centro	Subpesca	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-53.36944	-72.45528
XI	M30	B. Mussel	Centro	Subpesca	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-53.6125	-72.29694
XI	M31	B. Nash	Centro	Subpesca	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-53.69583	-72.32889
XI	M32	B. Cordes	Centro	Subpesca	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-53.72333	-71.92361
XI	M33	B. Bell	Centro	Subpesca	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-53.88583	-71.83722
XI	M34	S. Pedro	Centro	Subpesca	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-53.93	-71.61361
XI	M35	Cabo San Isidro	Centro	Subpesca	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-53.78639	-70.97861
XI	M36	B. Buena	Centro	Subpesca	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-53.625	-70.92417
XI	M37	B. Agua Fresca	Centro	Subpesca	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-53.4075	-70.91611
XI	M38	Rio Seco	Centro	Subpesca	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-53.10556	-70.84139
XI	M39	Pto. Zenteno	Centro	Subpesca	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-52.81333	-70.76028
XI	M40	S. Ventisquero	Sur	Subpesca	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-54.82528	-70.33278
XI	M41	V. España	Sur	Subpesca	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-54.82722	-69.77139
XI	M42	V. Holanda	Sur	Subpesca	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-54.94194	-69.15139
XI	M43	B. Yendegaia	Sur	Subpesca	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-54.88389	-68.74
XI	M44	Pto. Navarino	Sur	Subpesca	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-54.91028	-68.31833
XI	M45	Pto. Williams	Sur	Subpesca	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-54.92444	-67.60778
XI	M46	Pto. Eugenia	Sur	Subpesca	Monit. Regular	2006-07	Vigente	N/A	N/A	-54.92833	-67.30556

ANEXO 4. ESTACIONES 2014

Región	Código	Estación	Sector	Transvector	Institución	Latitud	Longitud	Subprog.	S_UTM_18S	W_UTM_18S
X	L01	Metri	Est. y S. Rel	Cholga	Subpesca	41°35'48"	72°42'20"	Regular	5392461.24	691221.799
X	L02	Yates	Estuario Relo	Chorito	Salud	41°41'31"	72°23'39"	Regular	5381144.75	716855.404
X	L02N1	Sotomó	Estuario Relo	Chorito	Salud	41°39'58"	72°24'03"	Regular	5384029.96	716387.151
X	L02N2	Cochamó	Est. y S. Rel	Chorito	Subpesca	41°29'47"	72°18'41"	Regular	5402646.53	724421.594
X	L02N3	Marimeli	Estuario Relo	Chorito	Salud	41°42'00"	72°27'00"	Regular	5380389.45	712182.139
X	L02N4	Pocoihuen	Estuario Relo	Chorito	Salud	41°30'02"	72°19'31"	Regular	5402219.87	723247.846
X	L03	Caleta La Are	Est. y S. Rel	Chorito	Subpesca	-41°41'16"	-72°38'39"	Regular	5382206.97	696061.817
X	L03N1	Potrerillos	Estuario Relo	Chorito	Salud	41°42'54"	72°26'58"	Regular	5378722.54	712179.007
X	L04	Calbuco Pas	Est. y S. Rel	Chorito	Subpesca	-41°48'26.3"	-73°10'01.7"	Regular	5369994.36	652253.227
X	L04N2	Bahía Ilque*	Est. y S. Rel	Sin muestra	Subpesca	-41°37'19"	-73°4'23"	Regular	5390404.11	660529.677
X	L04N3	Chayahué	Seno Relonc	Chorito	Salud	41°46'25"	73°21'59"	Regular	5374069.34	635772.37
X	L04N4	IslaPuluqui	Seno Relonc	Chorito	Salud	41°50'35"	73°4'50"	Regular	5365867.89	659357.17
X	L05	Ancud, Queta	Chiloé Norte	Chorito	Subpesca	41°51'09"	73°56'49"	Regular	5366064.32	587413.219
X	L06	Hueihue	Chiloé Norte	Cholga	Subpesca	41°54'12"	73°29'51"	Regular	5359865.01	624623.195
X	L06N1	Isla Caicura	Seno Relonc	Cholga	Salud	41°43'59"	72°40'59"	Regular	5377267.44	692689.779
X	L06N2	Paso Nao	Est. y S. Rel	Sin muestra	Subpesca	-41°50'41"	-72°53'47"	Regular	5365324.57	674643.356
X	L07	Canal Cauca	Canal Chiloé	Cholga	Subpesca	42°08'15"	73°28'23"	Regular	5333828.88	626186.821
X	L08	Isla Mechuqu	Canal Chiloé	Cholga	Subpesca	42°19'01"	73°14'57"	Regular	5313548.48	644280.232
X	L09	Isla Butachau	Canal Chiloé	Almeja	Salud	42°20'19"	73°06'38"	Regular	5310898.21	655649.639
X	L09N1	Isla Butachau	Canal Chiloé	Sin muestra	Subpesca	42°11'32"	72°56'35"	Regular	5326833.18	669841.236
X	L10	Ayacará	Canal Chiloé	Cholga	Subpesca	-42°19'25.2"	-72°47'27.4"	Regular	5311923.15	682022.98
X	L10N2	Isla Talcán 2	Canal Chiloé	Almeja	Salud	42°42'04"	72°59'36"	Regular	5270423.19	664353.392
X	L10N3	Bahía Pumali	Canal Chiloé	Almeja	Subpesca	42°41'23"	72°49'10"	Regular	5271334.81	678628.727
X	L11	Canal Dalcab	Canal Chiloé	Chorito	Subpesca	-42°22'00"	-73°35'39"	Regular	5308554.79	615758.08
X	L12	Isla Quehui	Canal Chiloé	Almeja	Subpesca	-42°36'58"	-73°31'51"	Regular	5280767.88	620493.269
X	L13	Isla Chauline	Canal Chiloé	Almeja	Salud	42°39'45"	73°15'12"	Regular	5275184.02	643146.493
X	L13N1	Isla Chauline	Canal Chiloé	Sin muestra	Subpesca	42°33'55"	73°07'15"	Regular	5285747.21	654245.547
X	L14	Isla Talcán	Canal Chiloé	Almeja	Subpesca	42°44'28.5"	73°00'34.6"	Regular	5265997.38	662915.045
X	L16	Isla Acui	Canal Chiloé	Almeja	Subpesca	42°55'29"	73°24'26"	Regular	5246314	629984.308
X	L16N1	Isla Chaulín	Canal Chiloé	Almeja	Subpesca	43°04'41"	73°26'12"	Regular	5229331.22	627264.393
X	L17	Auchemó	Canal Chiloé	Cholga	Subpesca	43°06'20"	72°54'16"	Regular	5225332	670515.181
X	L17N1	Estero Palvit	Canal Chiloé	Cholga	Salud	43°02'33"	72°46'31"	Regular	5232063.75	681211.598
X	L17N2	Isla Tranqui	Canal Chiloé	Sin muestra	Subpesca	43°01'16"	73°07'28"	Regular	5235133.97	652823.025
X	L18	Estero Yaldar	Chiloé Sur	No disponible	Subpesca	-43°08'03"	-73°43'3.4"	Vigilancia	5223487.96	604298.275
X	L18N2	San Antonio	Chiloé Sur	No disponible	Subpesca	-43°7'13.6"	-73°34'45.9"	Vigilancia	5224830.55	615563.781
X	L19	Pta. Chiguao	Chiloé Sur	Almeja	Salud	43°08'54"	73°28'49"	Vigilancia	5221591.91	623572.626
X	L19N1	Yelcho	Corcovado	Almeja	Salud	-43°10'12"	-73°34'48"	Regular	5219328.04	615423.035
X	L19N2	Canal Coldita	Corcovado	Chorito	Salud	43°14'50"	73°41'32"	Vigilancia	5210900.78	606167.034
X	L19N3	Canal Chiloé	Golfo Corcov	Sin muestra	Subpesca	-43°19'36"	-73°23'56"	Vigilancia	5201663.69	629811.462
X	L19N4	Corcovado	Golfo Corcov	Sin muestra	Subpesca	43°29'59.51"	73°24'2.62"	Vigilancia	5182431.47	629293.286
X	L20	Isla Laitec	Canal Chiloé	Almeja	Subpesca	43°15'50"	73°34'36"	Vigilancia	5208896.64	615516.58
X	L20N1	Bco. Velahue	Chiloé Sur	Almeja	Salud	-43°11'46"	-73°31'26"	Vigilancia	5216349.41	619932.891
X	L22	Bahía Asasar	Corcovado	Almeja	Subpesca	43°22'46"	73°59'03"	Vigilancia	5196546.1	582287.831
X	L22N1	Ensenada Qu	Corcovado	Almeja	Salud	43°23'26"	74°04'49"	Regular	5195402.46	574488.678
X	L22N2	Inio	Corcovado	Almeja	Salud	43°22'59"	74°07'11"	Regular	5196269.86	571302.833
X	L22N3	Isla Redonda	Corcovado	Almeja	Salud	43°21'39"	74°11'20"	Regular	5198794.59	565724.278
X	L23	I. Sn. Pedro	Corcovado	Almeja	Subpesca	-43°18'48"	-73°39'42"	Vigilancia	5203519.52	608530.006
X	L23N1	Canal Guamt	Corcovado	Almeja	Salud	43°23'53"	73°47'39"	Regular	5194274.22	597649.063
X	L23N2	Isla San Pedr	Corcovado	Almeja	Salud	43°23'19"	73°45'16"	Regular	5195275.81	600881.487
X	L24	Isla Guapiqui	Corcovado	Almeja	Subpesca	43°24'50"	74°14'38"	Vigilancia	5192944.28	561214.199
X	L24N1	Isla Guapiqui	Corcovado	Almeja	Salud	43°23'39"	74°14'40"	Regular	5195134.97	561189.07
X	L25	Bahía Tic Toc	Corcovado	Almeja	Subpesca	43°36'26"	72°57'29"	Regular	5169724.89	664788.964
X	L25N1	Boca Guafo	Corcovado	Sin muestra	Subpesca	43°33'42"	73°49'04"	Regular	5176131.13	595478.985
XI	A01	Isla VirginiaB	Aysén Norte	Almeja y Cul	Subpesca	43°47'10"	73°52'39"	Regular	5151270.64	590318.367
XI	A02	Melinka	Repollal-Canc	Cholga, Chori	Salud	-43°50'36"	-73°48'51"	Vigilancia	5144844.2	595323.233
XI	A02N1	Repollal Bajo	Aysén Norte	cholga, chori	Salud	43°54'01"	73°53'0.79"	Regular	5138597.23	589660.177
XI	A03	Puerto Barrie	Aysén Norte	Almeja y Cul	Subpesca	43°56'23"	73°58'24"	Regular	5134309.77	582395.546
XI	A03N1	Canal Tuama	Aysén Norte	Sin muestra	Subpesca	43°58'55"	74°11'40"	Regular	5129817.16	564604.362
XI	A04	Isla JuliaGrup	Aysén Norte	Cholga y Alm	Subpesca	43°54'5.46"	73°42'4.88"	Vigilancia	5138245.77	604290.089
XI	A04N1	Aysén Norte	Canal Morale	Sin muestra	Subpesca	-43°54'20"	-73°25'44"	Vigilancia	5137417.12	626162.706
XI	A05	Melinka	Isla Ovalada	Cholga, Chori	Salud	-44°03'44"	-73°43'48"	Vigilancia	5120432.21	601714.936
XI	A05N1	Isla Valverde	Aysén Norte	Almeja	Subpesca	44°17'41"	73°53'25"	Regular	5094793.41	588529.539
XI	A05N2	Islas Broken	Aysén Norte	Sin muestra	Subpesca	44°23'13"	74°26'4"	Regular	5084993.11	545047.206
XI	A06	Laja Brazo Pi	RM Balmace	Cholga, Chori	Salud	-43°45'15"	-72°49'50"	RM Balmace	5153143.51	674651.716
XI	A07	Canal	RM Balmace	Cholga y Cho	Salud	-43°46'50"	-72°55'60"	RM Balmace	5150424.22	664304.237
XI	A08	Repollal - E.	RM Balmace	Cholga, Chori	Salud	-43°45'55"	-72°54'15"	RM Balmace	5152062.06	668694.277
XI	A08N1	Mallín	RM Balmace	Chorito	Salud	-43°47'44"	-72°56'26"	RM Balmace	5148772.71	665681.599

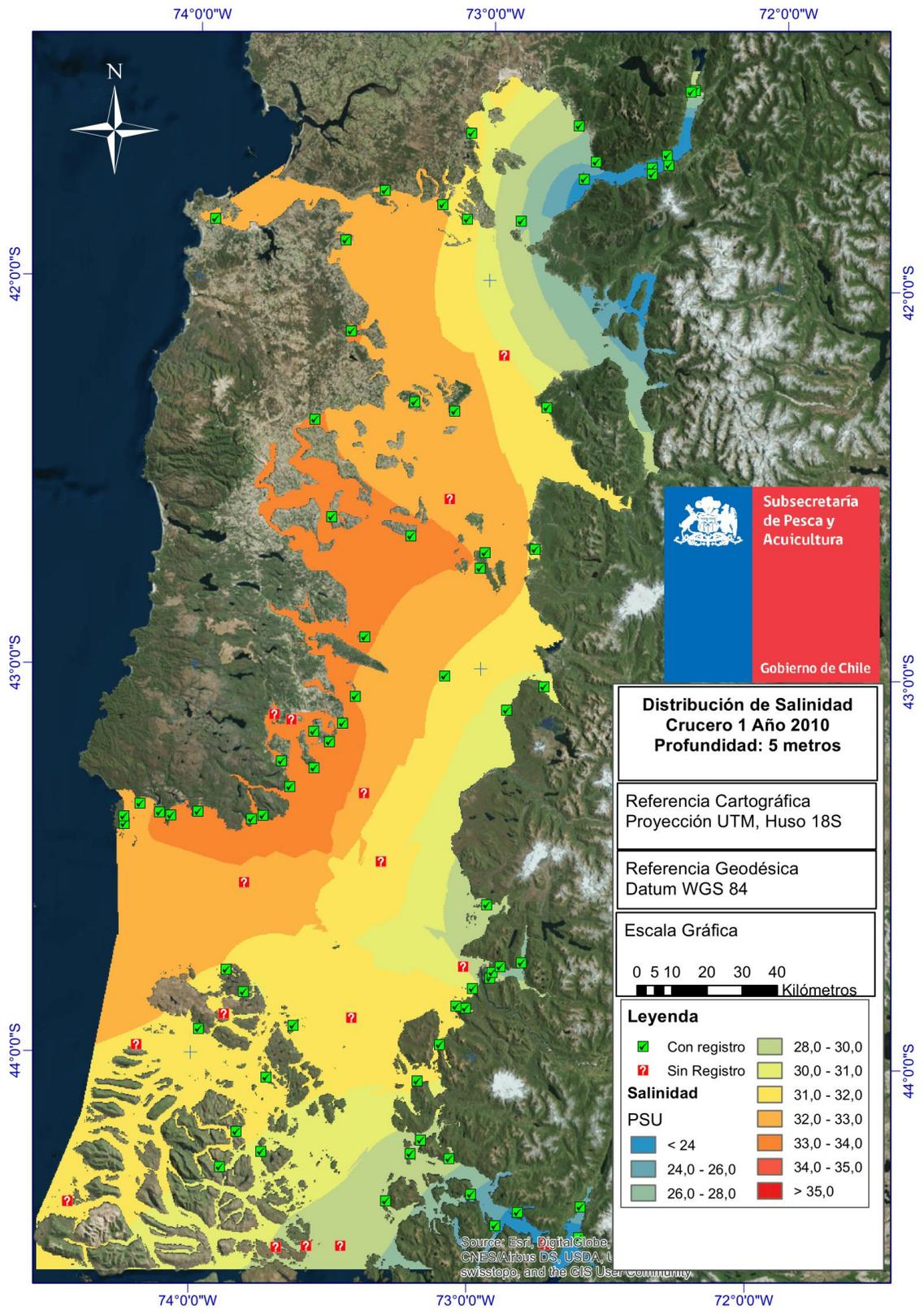
XI	A08N2	Playa Corta	RM Balmaceda	Almeja	Salud	-43°49'27"	-73°00'06"	RM Balmaceda	5145715.5	660688.386
XI	A08N3	Islote Las Heras	RM Balmaceda	Sin Muestra	Subpesca	43° 46' 5,76	73°02'9,43	RM Balmaceda	5151990.16	658078.706
XI	A09	Santo Domingo	Raúl Marín B	Chorito y Alm	Salud	43°58'12"	73°06'51"	Regular	5129730.46	651272.2
XI	A10	Añihué	Aysén Norte	Cholga y Alm	Subpesca	-43°52'14"	-73°03'30"	Regular	5140671.73	656010.675
XI	A11	Melimoyu	Aysén Norte	Cholga, Chori	Subpesca	-44°03'53"	-73°11'25"	Regular	5119346.4	644935.877
XI	A11N1	Aysén Norte	Canal Morale	Sin muestra	Subpesca	-44°11'48"	-73°23'9"	Vigilancia	5105016.65	628986.637
XI	A12	Seno Gala	Canal Yacaf	Cholga, Chori	Salud	-44°13'02"	-73°10'26"	Regular	5102378.9	645872.335
XI	A13	Isla Toto	Canal Yacaf	Cholga, Chori	Salud	-44°15'07"	-73°12'33"	Regular	5098584.22	642970.15
XI	A14	Seno Miller	Aysén Sur	Cholga, Chori	Subpesca	-44°15'48"	-73°04'14"	Regular	5097068.41	654006.459
XI	A15	Isla Manuel	Canal Yacaf	Cholga, Chori	Salud	-44°21'14"	-72°59'24"	Regular	5086855.56	660189.813
XI	A16	IslaGamaZañ	Canal Yacaf	Cholga, Chori	Salud	-44°23'50"	-72°49'13"	Regular	5081696.33	673588.092
XI	A16N1	Punta Apabla	Aysén Norte	Cholga y Cho	Salud	44°28'40"	72°43'10"	Regular	5072529.57	681368.831
XI	A17	Isla Bobadilla	Aysén Sur	Cholga y Cho	Subpesca	-44°25'60"	-72°54'00"	Regular	5077851.17	667136.196
XI	A18	Punta Cálque	Canal Morale	Cholga, Chori	Salud	-44°39'41"	-73°26'44"	Regular	5053488.69	623233.656
XI	A18N1	Isla Atilio	Aysén Norte	Cholga, Chori	Subpesca	-44°22'32"	-73°17'39"	Regular	5084998.63	635898.515
XI	A18N2	Seno Canal	Canal Morale	Cholga, Chori	Salud	-44°32'48"	-73°09'56"	Regular	5065770.5	645718.265
XI	A18N3	Seno Medio	Canal Morale	Cholga, Chori	Salud	-44°36'34"	-73°14'50"	Regular	5058939.66	639081.297
XI	A18N4	Canal Morale	Aysén Norte	Sin muestra	Subpesca	-44°29'34"	-73°27'14"	Regular	5072230.53	622927.815
XI	A19	Seno Magdal	Canal Puyuhu	Cholga y Cho	Salud	-44°40'34"	-72°47'17"	Regular	5050648.59	675314.999
XI	A19N1	Seno Ventisq	Canal Puyuhu	Cholga, Chori	Salud	-44°22'43"	-72°35'46"	Regular	5083263.74	691501.143
XI	A19N2	Seno Ventisq	Canal Puyuhu	Cholga, Chori	Salud	-44°27'29"	-72°35'57"	Regular	5074446.35	690998.774
XI	A20	Faro Marta-C	Canal Puyuhu	Cholga, Chori	Salud	-44°49'30"	-72°58'10"	Regular	5034483.95	660525.511
XI	A20N1	Uspallante	Aysen Sur	Almeja y Cho	Salud	44°56'06"	73°06'41"	Regular	5022535.21	649019.75
XI	A21	Puerto Ampa	Aysén Norte	Cholga y Cho	Subpesca	-44°55'00"	-73°16'54"	Regular	5024870.59	635627.212
XI	A22	Isla San Andr	Canal Morale	Cholga, Chori	Salud	-44°55'57"	-73°19'28"	Regular	5023182.36	632214.446
XI	A23	Isla Orestes	Canal Morale	Cholga, Chori	Salud	-45°01'46"	-73°26'44"	Regular	5012603.39	622451.243
XI	A24	Cinco Herman	Aysén Sur	Cholga	Subpesca	-45°16'12"	-73°14'57"	Regular	4985564.28	637342.649
XI	A25	Isla Elena	Aysén Sur	Cholga	Subpesca	-45°20'49"	-73°25'02"	Regular	4977288.83	623991.788
XI	A26	Isla Canquén	Aysén Sur	Chorito	Subpesca	-45°43'31"	-74°06'51"	Regular	4936093.75	568930.731
XI	A27	Estero Quitra	Isla Traiguén	Cholga	Salud	-45°45'50"	-73°29'26"	Regular	4931077.65	617375.581
XI	A28	Punta Lynch	Aysén Sur	Cholga	Subpesca	-45°46'39"	-73°33'23"	Regular	4929659.98	612229.05
XI	A29	Puerto Bonit	Aysén Sur	Cholga	Subpesca	-45°56'41"	-73°34'17"	Regular	4911102.01	610730.409
XI	A30	Isla Julián	Canal Morale	Cholga, Chori	Salud	-45°06'18"	-73°30'13"	Regular	5004296.19	617722.699
XI	A30N1	Isla Viola	Aysén Norte	Sin muestra	Subpesca	45°01'05"	73°29'14"	Regular	5013930.73	619192.589
XI	A32	Isla Vergara	Canal Morale	Chorito	Salud	-45°11'57"	-73°30'44"	Regular	4993847.7	616852.624
XI	A32N1	Isla Ester	Aysen Sur	Cholga	Salud	45°08'50"	73°25'18"	Regular	4999483.17	624077.774
XI	A33	Isla Concoto	Melinka	Cholga	Salud	-44°12'11"	-73°50'03"	Regular	5104913.04	593150.473
XI	A34	Melinka	Isla Garcia	Cholga	Salud	-44°15'11"	-73°44'40"	Vigilancia	5099253.76	600234.439
XI	A35	Isla Sierra	Canal Morale	Chorito	Salud	-44°43'37"	-73°35'02"	Regular	5046406.54	612140.188
XI	A35N1	Canal Morale	Aysén Norte	Sin muestra	Subpesca	44°42'29"	73°29'18"	Regular	5048368.68	619746.099
XI	A35N2	Isla Filomena	Aysén Norte	Almeja	Subpesca	44°29'41"	73°34'36"	Regular	5072191.87	613162.229
XI	A35N3	Isla Francisc	Aysén Norte	Almeja	Subpesca	44°29'58"	-73°41'08"	Regular	5071812.32	604496.544
XI	A36	Grupo Enjam	Canal Morale	Chorito	Salud	-44°48'16"	-73°34'14"	Regular	5037779.15	613044.759
XI	A37	Isla Teresa	Canal Morale	Cholga	Salud	-44°50'46"	-73°51'04"	Regular	5033502.5	590792.12
XI	A38N1	Isla Jesús	Aysén Sur	Cholga	Subpesca	-44°44'40"	-73°53'13"	Regular	5044835.41	588114.95
XI	A38N2	NW isla Row	Aysén Norte	Almeja	Subpesca	44°43'49,9"	74°32'47,47"	Regular	5046883.83	535908.343
XI	A38N3	Sur Isla Stok	Aysén Norte	Almeja	Subpesca	44°41'23,5"	74°35'40,34"	Regular	5051421.21	532128.467
XI	A38N4	Sur Isla Ipu	Aysén Norte	Almeja	Subpesca	44°38'9,21"	74°42'46,87"	Regular	5057456.08	522761.253
XI	A39	Puerto Lamp	Canal Morale	Cholga	Salud	-44°56'16"	-73°44'39"	Regular	5023194.58	599085.976
XI	A40	Isla Silachilu	Canal Morale	Cholga	Salud	-44°58'48"	-73°40'24"	Regular	5018415.28	604598.018
XI	A41	Canal Ninual	Aysén Sur	Cholga	Subpesca	-44°59'48"	-73°55'31"	Regular	5016858.12	584709.47
XI	A41N1	Isla James	Aysén Norte	Sin muestra	Subpesca	45°01'31"	74°20'00"	Regular	5014025.4	552520.423
XI	A42	Canal Pilcom	Canal Morale	Cholga	Salud	-45°14'40"	-73°29'20"	Regular	4988783.69	618591.073
XI	A43	Playas Larga	Aysén Sur	Almeja	Subpesca	-45°15'00"	-73°41'44"	Regular	4988449.56	602362.041
XI	A44	Canal Carrera	Canal Morale	Cholga y Cho	Salud	-45°18'17"	-73°45'44"	Regular	4982452.76	597037.268
XI	A45	Canal Rodrígu	Canal Morale	Cholga	Salud	-45°18'57"	-73°32'30"	Regular	4980929.16	614305.648
XI	A47	Isla Castillo	Canal Morale	Cholga	Salud	-45°20'03"	-73°44'43"	Regular	4979161.14	598314.707
XI	A48	Isla Palumbo	Canal Morale	Cholga	Salud	-45°22'19"	-73°50'16"	Regular	4975073	591006.234
XI	A48N1	Canal Carrera	Canal Morale	Chorito, Chor	Salud	-45°22'00"	-73°49'00"	Regular	4975635.25	592667.928
XI	A49	Canal Darwin	Aysén Sur	Chorito	Subpesca	-45°27'31"	-73°50'19"	Regular	4965445.7	590801.963
XI	A49N1	Isla Isquiliac	Aysén Sur	Sin muestra	Subpesca	45°25'45"	74°15'46"	Regular	4969108.51	557668.968
XI	A50	Tronador	Isla Traiguén	Cholga	Salud	-45°31'11"	-73°33'15"	Regular	4958295.77	612918.69
XI	A50N1	Isla Renaico	Aysén Sur	Sin muestra	Subpesca	45°26'17"	73°38'14"	Regular	4967482.09	606586.015
XI	A51	Canal Vicuña	Isla Traiguén	Cholga	Salud	-45°34'43"	-73°50'06"	Regular	4952109.96	590890.862
XI	A51N1	Isla Traiguen-	Aysen Sur	Almeja, Chol	Salud	45°35'46"	73°46'32"	Regular	4950096.66	595498.896
XI	A52	Colonia Gran	Isla Traiguén	Cholga	Salud	-45°38'37"	-73°33'31"	Regular	4944538.2	612324.218
XI	A53	Canal Chacal	Aysén Sur	Cholga	Subpesca	-45°44'53"	-73°47'41"	Regular	4933238.3	593749.956
XI	A54	Isla Rojas-Pa	Isla Traiguén	Cholga	Salud	-45°44'52"	-73°41'45"	Regular	4933148.49	601442.288
XI	A55	Isla Orlebar	Tortel	Cholga y Alm	Salud	-47°57'36"	-74°34'48"	Regular	4688060.25	531354.294

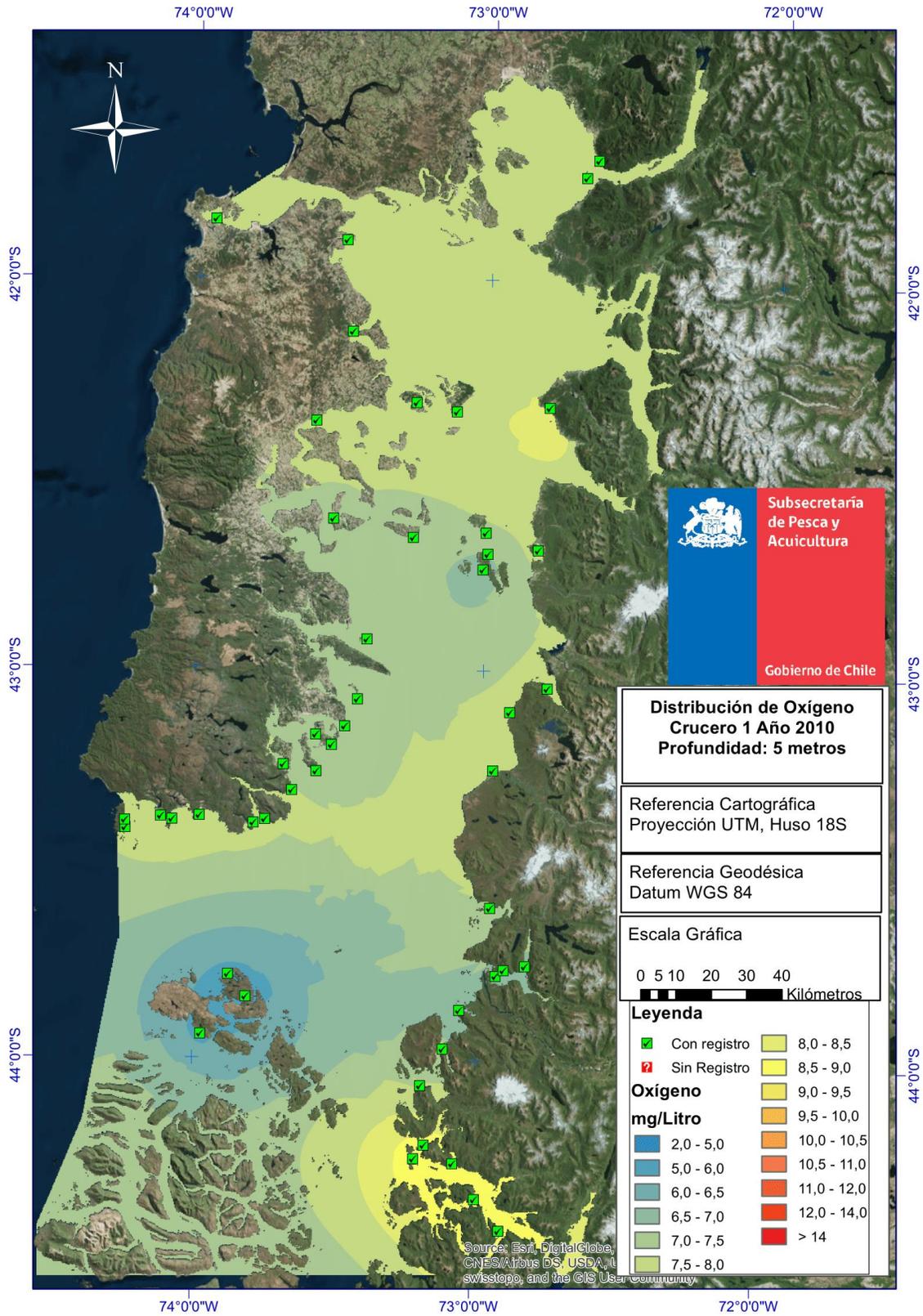
XI	A57	Isla Scout	Tortel	Cholga y Alm	Subpesca	-47°57'55"	-74°42'00"	Regular	4687515.45	522393.653
XI	A59	Isla Zealous	Tortel	Cholga y Cho	Subpesca	-47°53'15"	-74°37'60"	Regular	4696138.5	527411.079
XI	A60	Punta Baker	Tortel	Cholga y Cho	Subpesca	-47°54'30"	-74°30'30"	Regular	4693771.08	536741.002
XI	A62	Islote Porvern	Tortel	Sin muestra	Subpesca	-47°47'23"	-74°56'10"	Regular	4707068.87	504785.158
XII	M01N	Isla Morton	Puerto Edén	Cholga	Salud	-49°08'20"	-74°24'35"	Regular	4556936.68	543054.124
XII	M02N	Isla Carlos	Puerto Edén	Cholga	Salud	-49°09'50"	-74°25'47"	Regular	4554168.67	541574.43
XII	M03N	Arrecife Hamo	Puerto Edén	Cholga	Salud	-49°11'10"	-74°26'08"	Regular	4551701.46	541130.754
XII	M04	Canal Adalbe	Norte	Cholga	Subpesca	-48°40'07"	-74°36'02"	Regular	4609305.1	529409.681
XII	M05	Bahía Liberta	Norte	Cholga	Subpesca	-48°54'54"	-74°22'14"	Regular	4581802.26	546117.323
XII	M06	Puerto Edén	Norte	Cholga	Subpesca	-49°07'05"	-74°25'18"	Regular	4559259.38	542200.593
XII	M06N1	Seno Duque	Norte	XX	Salud	49°04'60"	74°24'00"	Regular	4563107.03	543812.141
XII	M07	Isla Crossove	Norte	Cholga	Subpesca	-49°17'17"	-74°22'59"	Regular	4540338.56	544863.947
XII	M08	Estero Falcor	Norte	Cholga/Ostión	Subpesca	-49°33'37"	-74°08'50"	Regular	4509908.45	561671.339
XII	M08N1	Estero Falcor	Norte	/Ostión	Subpesca	-49°32'48"	-73°54'11"	Regular	4511192.95	579350.777
XII	M09	Estero Pengü	Norte	Cholga	Subpesca	-49°55'01"	-74°19'58"	Regular	4470390.33	547900.01
XII	M09N1	Estero Pengü	Norte	Ostión	Subpesca	-49°58'06"	-74°10'13"	Regular	4464560.23	559502.457
XII	M09N2	Estero Pengü	Norte	Ostión	Subpesca	-49°56'57"	-73°58'31"	Regular	4466517.9	573515.58
XII	M10	Seno Europa	Norte	Cholga	Subpesca	-50°00'21"	-74°21'38"	Regular	4460524.83	545821.404
XII	M11	Isla Topar	Norte	Cholga	Subpesca	-50°06'45"	-74°41'58"	Regular	4448817.66	521489.615
XII	M12	Isla Figueroa	Norte	Cholga	Subpesca	-50°25'10"	-74°30'44"	Regular	4414618.17	544863.247
XII	M13	Estero Peel	Norte	Cholga	Subpesca	-50°51'05"	-74°05'55"	Regular	4366313.93	563451.405
XII	M13N1	Estero Peel/C	Norte	Ostión	Subpesca	-50°47'50"	-73°48'44"	Regular	4372051.97	583707.455
XII	M13N2	Estero Peel/C	Norte	Ostión	Subpesca	-50°39'33"	-73°42'16"	Regular	4387275.21	591571.498
XII	M14	Puerto Buenc	Norte	Cholga	Subpesca	-50°59'32"	-74°13'23"	Regular	4350752.74	554526.649
XII	M15	Isla Vancouver	Norte	Cholga	Subpesca	-51°21'33"	-74°05'25"	Regular	4309840.41	563340.159
XII	M16	Isla Piazzzi	Norte	Cholga	Subpesca	-51°39'43"	-73°58'14"	Regular	4276058.46	571202.144
XII	M16N1	Islas Rennell	Norte	Cholga	Subpesca	-51°45'03"	-74°16'50"	Regular	4266429.35	549663.692
XII	M17	Caleta Williar	Norte	Cholga	Subpesca	-51°58'41"	-73°41'30"	Regular	4240594.22	598959.831
XII	M18	Bahía Ensen	Norte	Cholga	Subpesca	-52°05'57"	-73°43'51"	Regular	4227172.28	586934.589
XII	M20	Isla Larga	Norte	Cholga	Subpesca	-52°11'39"	-73°36'55"	Regular	4216461.94	594647.82
XII	M21	Puerto Fontai	Norte	Cholga	Subpesca	-52°04'28"	-73°28'09"	Regular	4229576.13	604915.086
XII	M22	Estero de las	Norte	Cholga	Subpesca	-52°05'38"	-73°15'45"	Regular	4227094.95	619026.162
XII	M23	Isla Ballester	Norte	Cholga	Subpesca	-51°48'29"	-72°54'28"	Regular	4258239.84	644238.168
XII	M24	Bahía Fanny	Centro	Chorito	Subpesca	-53°11'20"	-72°11'33"	Regular	4103036.37	687567.925
XII	M24N	Paso del Abic	Norte	Cholga	Subpesca	-49°35'48"	-74°26'37"	Regular	4506063.51	540207.259
XII	M24N1	Paso Piloto F	Norte	XX	Salud	49° 33' 30"	74° 26' 15"	Regular	4510321.96	540680.727
XII	M25	Estero Silva F	Centro	Chorito	Subpesca	-53°13'35"	-71°51'21"	Regular	4097312.77	709843.845
XII	M25N	Estero Ringd	Norte	Cholga	Subpesca	-49°47'21"	-74°18'11"	Regular	4484577.27	550165.854
XII	M26	Estero Wickh	Centro	Chorito	Subpesca	-53°15'10"	-72°07'07"	Regular	4095735.21	692216.832
XII	M27	Estero Sulliv	Centro	Chorito	Subpesca	-53°15'22"	-72°25'14"	Regular	4096134.07	672064.892
XII	M29	Cutter Cove	Centro	Chorito	Subpesca	-53°22'10"	-72°27'19"	Regular	4083612.59	669299.924
XII	M29N1	Isla Engelfield	Seno Otway	Chorito	Salud	-53°04'28"	-71°49'38"	Regular	4114741.88	712529.703
XII	M30	Bahía Musse	Centro	Chorito	Subpesca	-53°36'45"	-72°17'49"	Regular	4056193.89	678805.856
XII	M31	Bahía Nash	Centro	Chorito	Subpesca	-53°41'45"	-72°19'44"	Regular	4047005.53	676344.929
XII	M32	Bahía Cordes	Centro	Chorito	Subpesca	-53°43'24"	-71°55'25"	Regular	4042865.22	702961.431
XII	M33	Bahía Bell	Centro	Chorito	Subpesca	-53°53'09"	-71°50'14"	Regular	4024543.98	707853.297
XII	M34	Seno Pedro	Centro	Chorito	Subpesca	-53°55'48"	-71°36'49"	Regular	4018953.68	722308.812
XII	M34N1	Canal Gabriel	Centro	Chorito	Subpesca	-54°04'25"	-70°56'23"	Regular	4000661.9	765610.338
XII	M35	Cabo San Isic	Centro	Chorito	Subpesca	-53°47'11"	-70°58'43"	Regular	4032739.28	764882.198
XII	M36	Bahía Buena	Centro	Chorito	Subpesca	-53°37'30"	-70°55'27"	Regular	4050476.3	769496.979
XII	M37	Bahía Agua F	Centro	Chorito	Subpesca	-53°24'27"	-70°54'58"	Regular	4074624.88	771417.384
XII	M38	Río Seco	Centro	Chorito	Subpesca	-53°06'20"	-70°50'29"	Regular	4107902.82	778336.58
XII	M39	Puerto Zenter	Centro	Chorito	Subpesca	-52°48'48"	-70°45'37"	Regular	4140066.85	785684.723
XII	M39C1	Bahía Gente	Tierra del Fue	Chorito	Salud	-52°57'38"	-70°14'06"	Regular	4121486.24	819970.998
XII	M39C3	Canal Gabriel	Tierra del Fue	Chorito	Salud	-54° 18'15"	-70° 14' 10"	Regular	3972163.45	809875.831
XII	M39N1	Segunda Ang	Centro	Chorito	Subpesca	-52°41'44"	-70°13'03"	Regular	4150858.35	823108.735
XII	M39N2	Pta. San Val	Centro	Chorito	Subpesca	-53°36'35"	-70°26'10"	Regular	4050212.84	801857.463
XII	M39N3	Puerto Yartol	Centro	Chorito	Subpesca	-53°52'37"	-70°09'58"	Regular	4019333.95	817677.894
XII	M39N4	Bahía Inutil -	Centro	XX	Salud			Regular	4082548	436630
XII	M39N5	Bahía Inutil -	Centro	XX	Salud			Regular	4075036	422089
XII	M40	Seno Ventisq	Sur	Chorito	Subpesca	-54°49'31"	-70°19'58"	Regular	3914663.06	799739.71
XII	M40N1	Isla Olga	Sur	Chorito	Subpesca	-55°05'34"	-70°08'06"	Regular	3884067.83	810359.526
XII	M41	Ventisquero E	Sur	Chorito	Subpesca	-54°49'38"	-69°46'17"	Regular	3911897.91	835745.224
XII	M42	Ventisquero I	Sur	Chorito	Subpesca	-54°56'31"	-69°09'05"	Regular	3896002.39	874445.224
XII	M43	Bahía Yende	Sur	Chorito	Subpesca	-54°53'02"	-68°44'24"	Regular	3900165.8	901327.487
XII	M44	Puerto Navari	Sur	Chorito	Subpesca	-54°54'37"	-68°19'06"	Regular	3894731.85	928039.141
XII	M44N1	Bahía Dougla	Sur	Chorito	Subpesca	-55°17'33"	-68°05'10"	Regular	3850857	938671.924
XII	M45	Puerto Williar	Sur	Chorito	Subpesca	-54°55'28"	-67°36'28"	Regular	3888570.5	973309.162
XII	M46	Puerto Euger	Sur	Chorito	Subpesca	-54°55'42"	-67°18'20"	Regular	3886046.21	992572.87
XII	M46N1	Islotes Mariot	Sur	Chorito	Subpesca	-55°12'43"	-67°06'02"	Regular	3853122.83	1002089.65

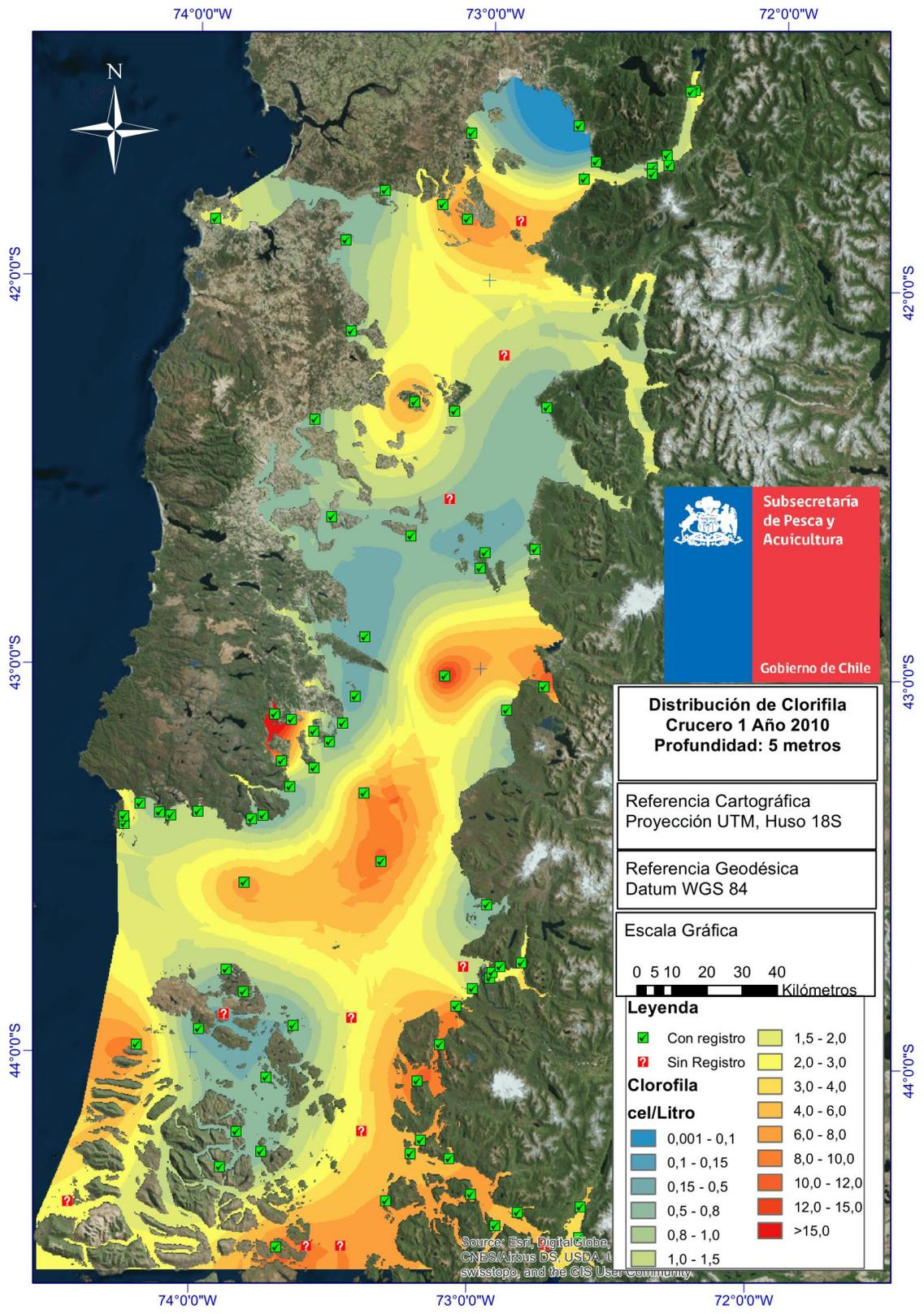
ANEXO 5. FORMATO ISO 19139

INFORMACIÓN DE CONTACTO PARA EL METADATO	
Responsable del Metadato	
Nombre organización	
Teléfono	
Dirección	
Ciudad	
Región	
Comuna	
País	
E-Mail	
Enlace	
Fecha de creación	
Código postal	
IDENTIFICACIÓN DEL DATO	
Título	
Fecha Publicación	
Edición Definir	
Autor	
Publicador	
Forma de presentación	
Resumen	
Propósito	
Estatus del dato	
Mantenimiento y actualización	
Categorías ISO	
Palabras Claves	
BUSCADOR GRÁFICO	
Buscador Gráfico URL	
Buscador Gráfico Caption	
Buscador de archivos gráficos	
IDENTIFICACIÓN ESPACIAL DEL DATO	
Datum	World Geodetic System 1984 (WGS 84)
Proyección	Universal Transversal de Mercator (UTM)
Representación Espacial	Definir
Escala 1:	Definir
RESTRICCIONES	
Limitaciones de uso	
Restricciones de acceso	
Restricciones de uso	
Otra restricción	
COORDENADAS GEOGRÁFICAS	
Coordenada límite norte	
Coordenada límite sur	
Coordenada límite este	
Coordenada límite oeste	
Datum	
Huso	18 sur
DISTRIBUCIÓN DE LA INFORMACIÓN DATO	
Nombre	
Nombre de la organización	
Dirección	
Código postal	
Comuna	
Región	
País	
Teléfono	
E-mail de contacto	
Enlace	
Formato	
Versión del formato de datos	
SERVICIO	
Tipo de servicio	

**ANEXO 6. EJEMPLOS DE PRODUCTOS
CARTOGRÁFICOS OBTENIDOS (MODELO REPLA)**







ANEXO 7. FACTURA COMPRA EXTENSIONES ARCGIS



PONTIFICIA UNIVERSIDAD
CATOLICA
DE VALPARAISO

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
ESCUELA DE CIENCIAS DEL MAR

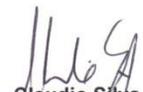
Valparaíso, 23 Enero de 2015.-

Señores
Subsecretaría de Pesca
Presente

De mi consideración:

De acuerdo a las Bases Administrativas del proyecto FIP N° 2014-76 denominado "MODELO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE SEGUIMIENTO Y VIGILANCIA DE MAREA ROJA AL SISTEMA DE INFORMACION GEOGRAFICA DE LA SUBSECRETARIA DE PESCA Y ACUICULTURA", Proyecto ID 4728-93-LP14, tengo a bien a entregar a usted las extensiones spatial analysis, geostatistical y tracking analysis de ArcGIS 10.2.

Sin otro particular, se despide atentamente


Claudio Silva
Jefe Proyecto
PUCV

Incl. Lo que indica
c.c. Archivo

JENNIFER PACHECO
16.106.929 - 3
SUBPESCA / FIP

ESRI Chile S.A.

COMERCIALIZACIÓN, COMPRA VENTA, IMPORTACIÓN, EXPORTACIÓN
Y COMERCIO EN GENERAL, MANTENCIÓN DE EQUIPOS DE COMPUTACIÓN,
ASISTENCIA TÉCNICA, SOFTWARE Y CAPACITACIÓN.

Marchant Pereira 201, Piso 9 y 10, Providencia, Santiago.
Fono: (56-2) 4819000 - Fax.: (56-2) 4819099
Email: info@esri-chile.com - Web: www.esri-chile.com

R.U.T. 76.504.980-6
FACTURA ELECTRONICA

N° 2623

S.I.I. - SANTIAGO ORIENTE



Nombre: PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE VALPARAISO Fecha: 21/01/2015
Dirección: Avda. Brasil N° 2950, Piso 2 R.U.T.: 81.669.200-8
Comuna: Valparaíso Giro: Educación Superior
Teléfono: 32-2273067 Vendedor: Francisca Estay
C. de Venta: 30 DIAS
Descripción: O/C. 17015 Corr.021

Por lo siguiente: a: **ESRI CHILE S. A.** DEBE

Cantidad	Descripción	P.Unit	Desccto.	Valor Total
1	Extensión Spatial Analyst Concurrent Use.	2,464,800		2,464,800
2	Extensión Geostatistical Concurrent Use.	2,243,600		4,487,200
1	Extensión Tracking Analyst Concurrent Use.	2,464,800		2,464,800
Incluye: KIT para La Habilitación, Cód.140736.				
Observ.: Según Orden de Compra N° 17015 del 15.Ene.2015 y Ech/074/2015.				
Atención: Sr.Claudio Silva				

Son:
ONCE MILLONES DOSCIENTOS CINCO MIL NOVECIENTOS NOVENTA Y DOS

0.00 %

Neto	9,416,800
Exento	
Desccto.	
IVA (19%)	1,789,192
Total	11,205,992

PERSONA QUE RECIBE	
Nombre:	_____
RUT:	_____
Fecha:	_____
Recinto:	_____
Firma:	_____

El acuse de recibo que se declara en este acto, de acuerdo a los dispuesto en las letras b) del artículo 4º la letra c) del artículo 5º de la ley 19.983 acredita que la entrega de mercadería(s) o servicio(s) prestado(s) ha(n) sido recibido(s).

Timbre Electrónico SII



Res. N° 124 de 2010 Verifique documento en www.sii.cl

ORIGINAL: CLIENTE

ANEXO 8. FACTURA COMPRA ENVI 5



PONTIFICIA UNIVERSIDAD
CATOLICA
DE VALPARAISO

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
ESCUELA DE CIENCIAS DEL MAR

Valparaíso, 13 Marzo de 2015.-

Señores
Subsecretaría de Pesca
Presente

De mi consideración:

De acuerdo a las Bases Administrativas del proyecto FIP N° 2014-76 denominado "MODELO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE SEGUIMIENTO Y VIGILANCIA DE MAREA ROJA AL SISTEMA DE INFORMACION GEOGRAFICA DE LA SUBSECRETARIA DE PESCA Y ACUICULTURA", Proyecto ID 4728-93-LP14, tengo a bien a entregar a usted el DVD del software ENVI 5.2 adquirido en el marco del proyecto.

Sin otro particular, se despide atentamente

Claudio Silva
Jefe Proyecto
PUCV

Incl. Lo que indica
c.c. Archivo



ESRI Chile S.A.

COMERCIALIZACIÓN, COMPRA VENTA, IMPORTACIÓN, EXPORTACIÓN
Y COMERCIO EN GENERAL, MANTENCIÓN DE EQUIPOS DE COMPUTACIÓN,
ASISTENCIA TÉCNICA, SOFTWARE Y CAPACITACIÓN.

Marchant Pereira 201, Piso 9 y 10, Providencia, Santiago.
Fono: (56-2) 4819000 - Fax.: (56-2) 4819099
Email: info@esri-chile.com - Web: www.esri-chile.com



R.U.T. 76.504.980-6
FACTURA ELECTRONICA

N° 2695

S.I.I. - SANTIAGO ORIENTE

Nombre: PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE VALPARAISO Fecha: 10/03/2015
Dirección: Avda. Brasil N° 2950, Piso 2 R.U.T.: 81.669.200-8
Comuna: Valparaíso Giro: Educación Superior
Teléfono: 32-2273067 Vendedor: Francisca Estay
C. de Venta: 30 DIAS
Descripción: O/C. N° 17145 Corr.074

Por lo siguiente:		a: ESRI CHILE S. A.		
		DEBE		
Cantidad	Descripción	P.Unit	Descto.	Valor Total
1	ENVI Single Node	4,684,200		4,684,200
1	Atmospheric Correction	1,867,350		1,867,350
Observ.: Según Orden de Compra N° 17145 del 05.Mar.2015 y Ech/075/2015				
Atención: Sr.Claudio Silva				
				Total 4,684,200 1,867,350

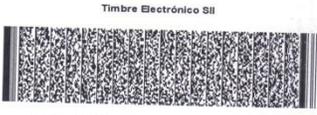
Son:
SIETE MILLONES SETECIENTOS NOVENTA Y SEIS MIL TRESCIENTOS
CUARENTA Y CINCO

Neto	6,551,550
Exento	
Descto.	
IVA (19%)	1,244,795
Total	7,796,345

PERSONA QUE RECIBE

Nombre: _____
RUT: _____
Fecha: _____
Recinto: _____

Firma: _____
El acuse de recibo que se declara en este acto, de acuerdo a los dispuesto en las letras b) del artículo 4° la letra c) del artículo 5° de la ley 19.983 acredita que la entrega de mercadería(s) o servicio(s) prestado(s) ha(n) sido recibido(s).



Res.N° 124 de 2010 Verifique documento en www.sii.cl

ORIGINAL: CLIENTE

4,684,200
1,244,795
7,796,345

ANEXO 9. PLAN DE ACTIVIDADES

PROYECTO FIP N° 2014-76: "MODELO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE SEGUIMIENTO Y VIGILANCIA DE MAREA ROJA AL SISTEMA DE INFORMACION GEOGRAFICA DE LA SUBSECRETARIA DE PESCA Y ACUICULTURA"	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
COORDINACION Y PLANIFICACION GENERAL	←→												
Coordinación general	█												
1era Reunión de presentación y coordinación	█												
2da Reunión de coordinación en la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura			█										
3a Reunión de coordinación en la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura			█										
4a Reunión de coordinación en la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura			█										
IMPLEMENTACION E INSTRUCCION	█												
RECOPIACION DATOS	←→												
Entrega de información del Programa Marea Roja	█												
OBJETIVO 1. Modelo FAN - REPLA de sistematización información compatible con SIG SUBPESCA	←→												
Ejecución plan piloto 1. Modelo evaluación métodos interpolación y cartografía temática.	█												
Implementación modelo sistematización y visualización													
Elaboración protocolo de migración de información													
OBJETIVO 2. Modelo análisis geoespacial relaciones entre variables (biol, oce, meteor) del PMR	←→												
Ejecución plan piloto 2. Modelo geoespacial para predicción de mareas rojas													
Implementación modelo geoespacial													
OBJETIVO 3. Uso de imágenes multiespectrales	←→												
Adquisición imágenes multiespectrales													
Comparación imágenes satelitales con datos in situ													
OBJETIVO 4. Adquisición software y extensiones compatibles con ArcGIS	←→												
Adquisición 4 licencias extensiones ArcGIS 10													
Adquisición 1 licencia ENVI 5.1.													
OBJETIVO 5. Creación de productos cartográficos para visualizador SUBPESCA	←→												
Difusión de resultados: Generación de productos para el visualizador de mapas SUBPESCA.													
OBJETIVO 6. Programa de capacitación	←→												
Curso "Análisis espacial de datos geográficos para monitoreo de recursos en ambiente marino"													
Aula Virtual PUCV, período de garantía de 120 días													
Difusión de resultados: Taller de difusión y discusión de resultados del estudio en SUBPESCA													
Confección bases de datos con toda la información generada en el proyecto													
ELABORACION INFORMES	←→												
Informe de Avance N°1													
Informe de Avance N°2													
Pre-informe Final													
Elaborar resumen del proyecto en inglés para fines de difusión													
Informe Final													

**ANEXO 10. RESPUESTA DE ESRI A PREGUNTA SOBRE
ArcSDE SUBPESCA**

De: Soporte [mailto:soporte@esri.cl]

Enviado el: miércoles, 12 de agosto de 2015 12:33

Para: Camila Lagunas

CC: Lino Arancibia

Asunto: HelpDesk N° 2423 // Caso: Problemas migración de datos a GDB ArcSDE

Estimada Camila.

Un cordial saludo, te escribe Braulio Gálvez S de soporte y podré ayudarte con estas consultas. Paso a responder

para poder resolver dos situaciones:

- 1- *En la Subsecretaria estamos llevando a cabo un proyecto el cual utiliza un modelo construido en model builder. Estuvimos haciendo pruebas utilizando GDB de archivos y no se tuvo ningún inconveniente, pero cuando quisimos integrar los resultados de este modelo a nuestra GDB ArcSDE tuvimos una serie de inconvenientes principalmente referidos a las tablas, por lo cual tengo las siguientes dudas:*

¿Por qué las tablas de datos almacenadas y con permisividad de valores null (short integer) se cambian en precisión de 2 a 5 y los valores null los pasa a 0?

R: Tiene que ver con el modelo de la base de datos. Seguramente Uds. tienen SQL que integra características y el short integer al ser numérico, al igual que el long o el double, los pasa a cero automáticamente. Es porque te solicita colocar valores y al no tenerlos, el valor Null es algo propio del software, no de la base de datos corporativa, que si te pide un cierto número y si no existe, por defecto un valor nulo es definido como "cero". No se trata de un error, es una conducta absolutamente normal.

¿Por qué hay un cambio de tipo de campo de float a double en los campos numéricos de coordenadas?

R: Debido a que en su generación, quisieron colocar decimales o tenían esta característica. Las coordenadas por lo general, si están en proyección UTM se manejan con 3 decimales. El double te da la propiedad de asignar precisión al dato y además, existe el tema de la tolerancia, que corresponde a 0,001 por default al pasar un dato de una GDB a otra.

¿Existe algún criterio de almacenamiento que impida la configuración automática de los campos o una limitante en este proceso?

R: Como decía anteriormente, se trata de una conducta normal en el software y del tipo de base de datos que se maneja. de todas maneras, siempre las exigencias a lo largo del tiempo de nuestro usuarios serán mayores, y por ende, actualizar versiones, software desktop, server y base de datos no es malo, lo que implica un gran impacto en el desarrollo productivo, pero como información y sobretodo mejorar productividad en cuanto a escalar a una versión más actualizada, siempre será una ventaja.

¿Existe algún problema de compatibilidad entre las herramientas generadas en modelos (con precisión y escala adaptaba al GDB) y el ArcSDE que tenemos en Subpesca?

R: Para eso, tendríamos que conocer toda su arquitectura y revisar los modelos que tienen y versiones, el cual no está a nuestro alcance. Para cualquier duda sobre compatibilidades, puede consultar los links de ayuda de ESRI que tiene para eso:

<http://desktop.arcgis.com/es/desktop/latest/manage-data/geodatabases/client-geodatabase-compatibility.htm>

Además en ese mismo recurso de ayuda, podrás encontrar mucha más documentación para entender mejor la tecnología de Geodatabase corporativa.

Espero sus comentarios.

Saludos cordiales,

Se despide muy atentamente de usted.

Servicio de Soporte Técnico.

ESRI Chile S.A | Marchant Pereira 201, Piso 9 | Providencia Santiago- CH.

sosporte@esri.cl | www.esri.cl

Soporte vía Skype: soporte_esri

Soporte vía Correo: sosporte@esri.cl

ANEXO 11. PERSONAL PARTICIPANTE POR ACTIVIDAD

Nombre	Actividad	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV.	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.	
Claudio Silva - PUCV	A. COORDINACIÓN Y PLANIFICACIÓN	15	15	15	15	15	12	12	10	10	10	10	5	5			10	
	B. IMPLEMENTACIÓN E INSTRUCCIÓN	10	10	10	5	10	7	7	2	2	2	2						
	C. RECOPIACION DE DATOS	10	10	10	5	10	10	10										
	D. RECOPIACIÓN MATERIAL VISUAL																	
	E. PROCESAMIENTO DATOS	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5					
	F. ANÁLISIS INFORMACION	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	5					
	G. ELABORACION INFORMES				10			10		10		10	5				15	
		42	42	42	42	42	36	46	19	29	19	29	20	5	0	0	25	438

Nombre	Actividad	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV.	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.	
Eleuterio Yáñez - PUCV	A. COORDINACIÓN Y PLANIFICACIÓN	5	5	5		5	5	5	3	3	3	3	5	5			10	
	B. IMPLEMENTACIÓN E INSTRUCCIÓN																	
	C. RECOPIACION DE DATOS	4	4	4	4	4	4											
	D. RECOPIACIÓN MATERIAL VISUAL																	
	E. PROCESAMIENTO DATOS												5					
	F. ANÁLISIS INFORMACION	4	4	4	4	4	4						5					
	G. ELABORACION INFORMES				5			5		5		3	5				15	
		13	13	13	13	13	13	10	3	8	3	6	20	5	0	0	25	158

Nombre	Actividad	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV.	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.	
Viviana Vargas - PUCV	A. COORDINACIÓN Y PLANIFICACIÓN	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	5	5			10	
	B. IMPLEMENTACIÓN E INSTRUCCIÓN																	
	C. RECOPIACION DE DATOS	10	10	10	10	10	10	4	4	4	4	4						
	D. RECOPIACIÓN MATERIAL VISUAL																	
	E. PROCESAMIENTO DATOS	12	12	12	6	12	6	6	6	6	6	6	5					
	F. ANÁLISIS INFORMACION	11	11	11	7	11	7	7	7	5	5	5	5					
	G. ELABORACION INFORMES				10			10		10		10	5				15	
		35	35	35	35	35	25	29	19	27	17	27	20	5	0	0	25	369

Nombre	Actividad	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV.	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.	
Jaime Aguilera - PUCV	A. COORDINACIÓN Y PLANIFICACIÓN	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	5	5			10	
	B. IMPLEMENTACIÓN E INSTRUCCIÓN																	
	C. RECOPIACION DE DATOS	12	12	12	12	12	12	12	4	4	4	4						
	D. RECOPIACIÓN MATERIAL VISUAL																	
	E. PROCESAMIENTO DATOS	14	14	14	10	14	14	14	14	14	10	10	5					
	F. ANÁLISIS INFORMACION	14	14	14	8	14	14	14	14	14	8	8	5					
	G. ELABORACION INFORMES				10			10		10		10	5				15	
		42	42	42	42	42	42	52	34	44	24	34	20	5	0	0	25	490

Nombre	Actividad	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV.	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.	
José Lastra - PUCV	A. COORDINACIÓN Y PLANIFICACIÓN	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	5	5			10	
	B. IMPLEMENTACIÓN E INSTRUCCIÓN																	
	C. RECOPIACION DE DATOS	12	12	12	12	12	12	12	4	4	4	4						
	D. RECOPIACIÓN MATERIAL VISUAL																	
	E. PROCESAMIENTO DATOS	14	14	14	10	14	14	14	14	14	10	10	5					
	F. ANÁLISIS INFORMACION	14	14	14	8	14	14	14	14	14	8	8	5					
	G. ELABORACION INFORMES				10			10		10		10	5				15	
		42	42	42	42	42	42	52	34	44	24	34	20	5	0	0	25	490

Nombre	Actividad	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV.	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.	
Felipe Sánchez - PUCV	A. COORDINACIÓN Y PLANIFICACIÓN												5	5			10	
	B. IMPLEMENTACIÓN E INSTRUCCIÓN																	
	C. RECOPIACION DE DATOS	12	12	12	10	12	10	10	10									
	D. RECOPIACIÓN MATERIAL VISUAL																	
	E. PROCESAMIENTO DATOS	13	13	13	10	13	10	10	10	10	10		5					
	F. ANÁLISIS INFORMACION												5					
	G. ELABORACION INFORMES				5			10		10		5	5				15	
		25	25	25	25	25	20	30	20	20	10	5	20	5	0	0	25	280

ANEXO 12. TALLER DE DIFUSIÓN DE RESULTADOS

INVITACIÓN



INVITACIÓN

Raúl Súnico Galdames, Subsecretario de Pesca y Acuicultura, tiene el agrado de invitar a Ud. al taller de difusión de resultados del proyecto FIP 2014-76 ***Modelo e implementación de un sistema de seguimiento y vigilancia de marea roja al sistema de información geográfica de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura***, que ejecuta la Escuela de Ciencias del Mar de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Este taller se llevará a cabo el día 18 de marzo de 2016 entre las 9:30 y las 14:00 horas, en el Aula Ximena Reyes de Elton, Escuela de Ciencias del Mar, Avenida Altamirano 1424, Valparaíso.

Esperamos contar con su valiosa asistencia.

S.R.C.: 32 - 2502773
dguajardo@subpesca.cl

PROGRAMA



Modelo e Implementación de un Sistema de Seguimiento y
Vigilancia de Marea Roja al Sistema de Información
Geográfica de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura.
Proyecto FIP N°2014-76



TALLER DE DIFUSION DE RESULTADOS PROYECTO FIP 2014-76

**"Modelo e implementación de un Sistema de Seguimiento y Vigilancia de Marea Roja al
Sistema de Información Geográfica de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura"**

Fecha: 18 de Marzo del 2016

Lugar: Escuela de Ciencias del Mar - PUCV

9:30 - 9:35 hrs.	Palabras de bienvenida. Secretario Académico Escuela de Ciencias del Mar - PUCV (Dante Queirolo Palma)
9:35 - 10:15 hrs.	Presentación Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (Bióloga Marina Daniela Guajardo - Geógrafa Camila Lagunas)
10:15 - 10:45 hrs.	Proyecto FIP2014-76: contexto y descripción. (Dr. Claudio Silva)
10:45 - 11:00 hrs.	Café - break
11:00 - 11:30 hrs.	Objetivo 1: Bases de datos, modelos SIG, migración. (Geógrafo José Lastra)
11:30 - 12:00 hrs.	Objetivo 2: Modelos multivariados. (Dr. Claudio Silva)
12:00 - 12:30 hrs.	Objetivo 3: Imágenes satelitales. (Ingeniero Pesquero Jaime Aguilera)
12:30 - 13:00 hrs.	Objetivos 5 y 6, conclusiones. (MSc. Viviana Vargas)
13:00 - 13:30 hrs.	Preguntas/Discusión
13:30 - 14:00 hrs.	Cocktail de cierre

LISTA DE ASISTENTES



Modelo e Implementación de un Sistema de Seguimiento y Vigilancia de Marea Roja al Sistema de Información Geográfica de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura.
Proyecto FIP N°2014-76



TALLER DE DIFUSION DE RESULTADOS PROYECTO FIP 2014-76

"Modelo e implementación de un Sistema de Seguimiento y Vigilancia de Marea Roja al Sistema de Información Geográfica de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura"

Fecha: 18 de Marzo del 2016

Lugar: Escuela de Ciencias del Mar - PUCV

LISTADO DE ASISTENTES

	NOMBRE	APELLIDO	RUT	INSTITUCIÓN	FIRMA
1.	Jorge	Nicholson	17432105-1	SUBPESCA	[Firma]
2.	Rodrigo	Douglas	14.408.494-2	Semapesca	[Firma]
3.	Leonora	Acuña S.	13.023022-2	Semapesca	[Firma]
4.	David	Borges J.	16484124-3	Subpesca	[Firma]
5.	CAMILA	LABURUS	15-331.856-5	Subpesca	[Firma]
6.	Gustavo	Escobar	12884362-0	Subpesca	[Firma]
7.	Nelson	Silva	5004919-3	PUCV	[Firma]
8.	ANTONIO	CANEPÀ	10.785.746-6	PUCV	[Firma]
9.	Sergio	PALMA	5337963-1	PUCV	[Firma]
10.	Eduardo	Uvise	54256705	UCV	[Firma]
11.	Gabriel	YANT	GONZALEZ	PUCV	[Firma]
12.	Dante	Queiroz	Palma	PUCV	[Firma]
13.	Daniela G	Goajardo	14.000.600-8	Subpesca	[Firma]
14.	Hector	Hidalgo	16.142.744-2	SubPesca	[Firma]
15.	Jorge	MORA	15.335.576-7	Subpesca	[Firma]
16.	MARGARITA	CALLARAO	12042.395-3	PUCV	[Firma]
17.	JAIQUE	AGUIRRE	12283.812	PUCV	[Firma]
18.	José	Lozano	20.898.376-2	PUCV	[Firma]
19.	Claudio	CILVA	8.390.045-8	PUCV	[Firma]
20.	Viviana	Vargas	15.720.391-9	PUCV	[Firma]

DIFUSIÓN DEL TALLER

Se adjuntan fotografías y los link donde se difundió la noticia de la realización del Taller.

<http://www.cienciasdelmar-pucv.cl/ecm-desarrolla-sistema-de-visualizacion-para-monitorear-la-aparicion-de-mareas-rojas/>

<http://www.mundoacuicola.cl/?%2F8%2F61982%2Fdesarrollan-sistema-de-visualizacion-para-monitorear-la-aparicion-de-mareas-rojas>

Martes
29/03/2016

MUNDO ACUICOLA

DIRECTORIO REVISTA

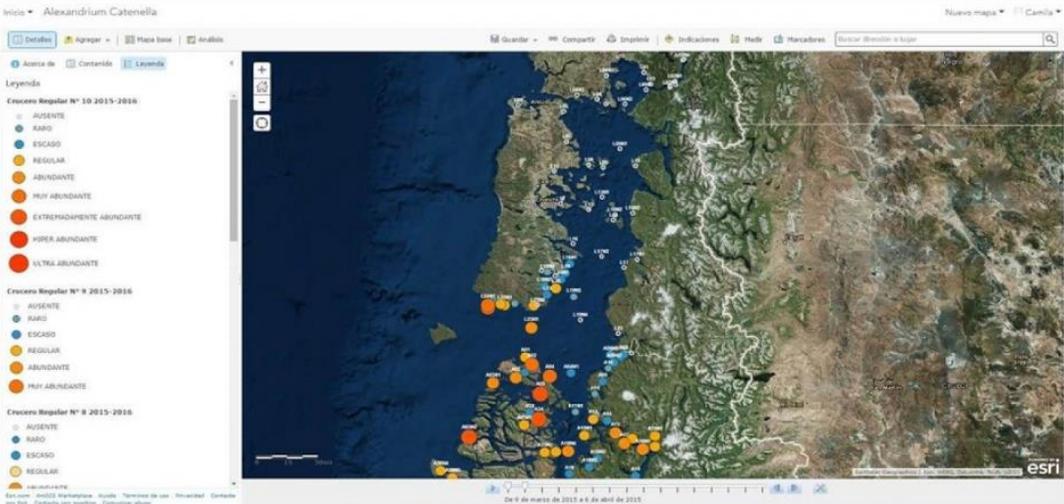
Salmonicultura Mitilicultura Acuicultura Pesca Empresas Investigación Sustentabilidad Marítimo

Desarrollan sistema de visualización para monitorear la aparición de mareas rojas

Problemática llevó a Subpesca a licitar el diseño y la implementación de un modelo de sistematización de información compatible con el Sistema de Información Geográfica (SIG) ArcGIS, implementado en esa institución (Mundo Acuicola).

28/03/2016

347 >veces leída Suscripción Boletín Enviar Nota Imprimir [Twitter](#) [Me gusta](#) 28 [G+](#) 0



Con representantes de instituciones públicas y del mundo académico se realizó el 18 de marzo, en la Escuela de Ciencias del Mar de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, el taller de difusión de resultados del proyecto Modelo e implementación de un sistema de seguimiento y vigilancia de marea roja al sistema de información geográfica de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (FIP N° 2014-76).



