

UNIVERSIDAD ARTURO PRAT
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

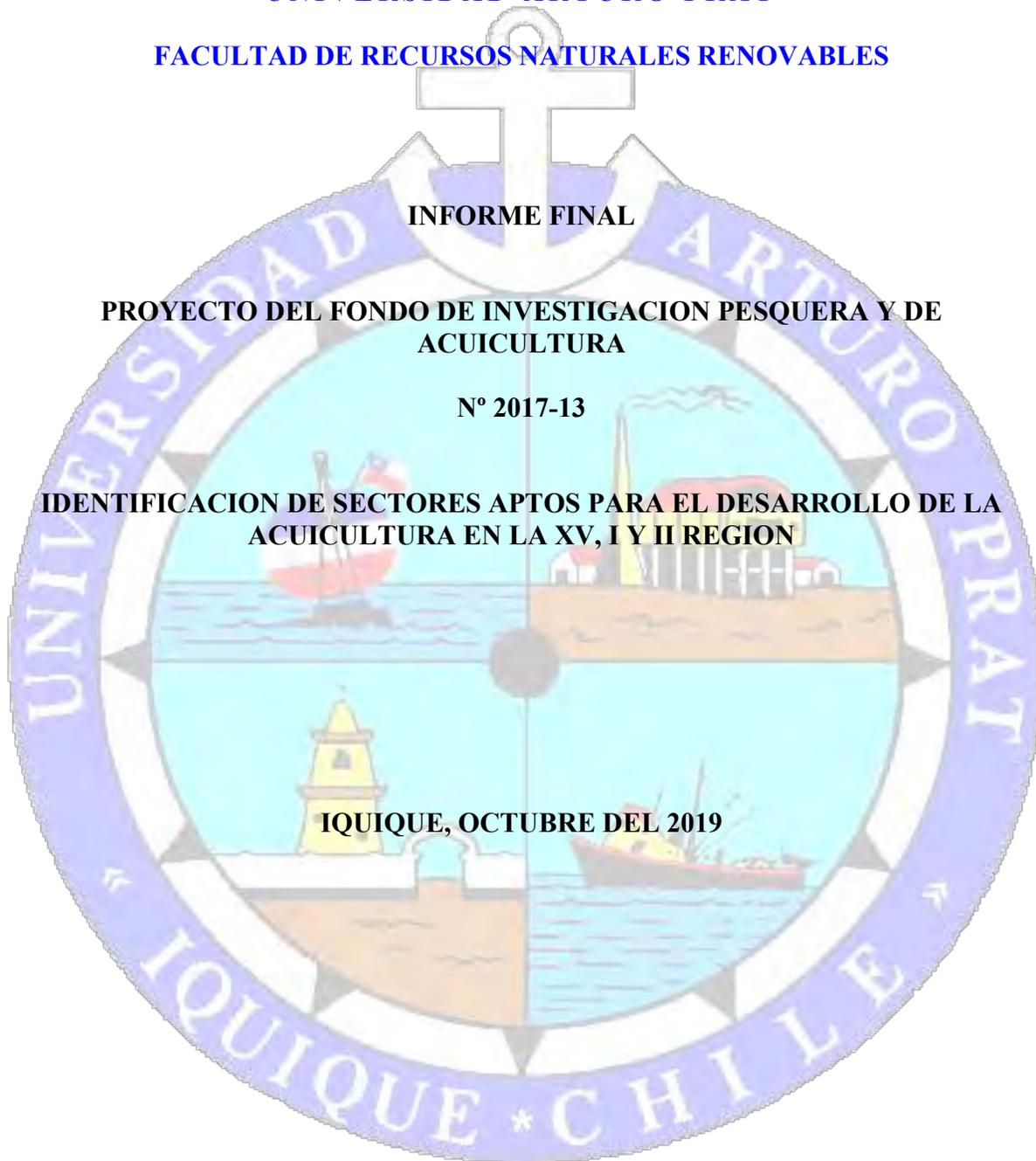
INFORME FINAL

**PROYECTO DEL FONDO DE INVESTIGACION PESQUERA Y DE
ACUICULTURA**

N° 2017-13

**IDENTIFICACION DE SECTORES APTOS PARA EL DESARROLLO DE LA
ACUICULTURA EN LA XV, I Y II REGION**

IQUIQUE, OCTUBRE DEL 2019



OFERTA TECNICA
Facultad de Recursos Naturales Renovables
Universidad Arturo Prat

PROYECTO

FIPA N° 2017-13 **Identificación de sectores aptos para el desarrollo de la acuicultura en la XV, I y II Región.**

REQUIRENTE

Fondo de Investigación Pesquera y de Acuicultura
Presidente Consejo de Investigación Pesquera y Acuicultura:
Sr. Pablo Berazaluce Maturana

UNIDAD EJECUTORA

Facultad de Recursos Naturales Renovables
Universidad Arturo Prat

SUBCONTRATOS

PROMAR PACIFICO LTDA.
Sr. Adolfo Vargas Rojas
Biologo Marino

JEFE PROYECTO

Rosalino Fuenzalida Fuenzalida
Dr. en Oceanografía
Facultad de Recursos Naturales Renovables
Universidad Arturo Prat
Casilla 121, Iquique, Chile
Tel.: 56-57-2526562
Cel: 56-9-87768219
E-mail: rfuenzal@unap.cl

Iquique, Octubre 2019

UNIVERSIDAD ARTURO PRAT

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

**IDENTIFICACION DE SECTORES APTOS PARA EL DESARROLLO DE LA
ACUICULTURA EN LA XV, I Y II REGION**

AUTORES

Rosalino Fuenzalida F.	Coordinación general, Oceanografía física
Liliana Herrera C.	Análisis CLOA, Nutrientes
Edgardo Santander P.	Análisis CLOA, Nutrientes, imágenes Satelitales
Cristian Azocar S.	Encargado Campañas y Muestras oceanográficas y meteorológicas
Jeannelle Jaque B.	Encargado Campañas y Muestras oceanográficas y meteorológicas
Elio Segovia M.	Determinación de sitios potenciales para la acuicultura
Avelino Muñoz M.	Determinación de sitios potenciales para la acuicultura
Adolfo Vargas R.	Análisis SIG, Multicriterio y aptitud
Francisco Alvanese P.	Análisis SIG, Multicriterio y aptitud
Marcelo Rivadeneira V	Análisis biológicos, Modelos Nichos ecológicos
Carlos Lara P.	Análisis SIG, Imágenes Satelitales Batimetría
José Garces-Vargas	Análisis Satelital

IQUIQUE, OCTUBRE 2019

RESUMEN EJECUTIVO

Con el objetivo identificar sitios potenciales para el desarrollo de la acuicultura en la zona costera comprendida entre Arica (18°25'S) y Rada Paposo (25°00'S), se realizaron las siguientes actividades:

1) Análisis y sistematización de la información disponible acerca de las características oceanográficas, biológicas y batimétricas (desde la costa a la isobata de 150 m). Para esto se consultaron fuentes que fueron catalogadas como primarias: información de proyectos, bases de datos, páginas web, entre otras; fuentes secundarias: bibliografía proveniente de tesis de pregrado y posgrado, informes y otros documentos no publicados en revistas científicas; y fuentes terciarias: información acerca de las condiciones ambientales y de las especies presentes en el área, obtenida a través de la experiencia de los pescadores artesanales. Como información primaria, se obtuvo una base de datos de especies de un total de 77.537 registros, y una base de datos oceanográficos provenientes del SHOA, de un total de 88.464 registros para el periodo 1965-1999. Otras fuentes fueron las páginas Bio-ORACLE (<http://www.bio-oracle.org/>) y ERDDAP (<https://coastwatch.pfeg.noaa.gov/erddap/index.html>), que permitieron obtener series de tiempo de radiación, velocidad de corriente y altura de olas. Se construyó una base de datos que fue proyectada en un sistema de información geográfica. Para la integración espacial de la información, se realizó una homogenización y estandarización de sus atributos geográficos, se analizó y procesó como capas geo-referenciadas incorporadas en un sistema de información geográfica, utilizando el software ESRI ArcGIS Desktop.

2) Análisis e interpretación de imágenes satelitales. Para la temperatura superficial del mar (TSM) se empleó información mensual de los satélites Amsr-e, Modis, Avhrr-3, Windsat para el periodo 2003-2017, (<https://coastwatch.pfeg.noaa.gov/erddap>), los datos mensuales de viento superficial se obtuvieron del periodo entre 2008 y 2017 del satélite ASCAT (<ftp://ftp.ifremer.fr/ifremer/cersat/products/gridded/MWF/L3/ASCAT/Monthly/>). Se trabajó información de clorofila-a, carbono inorgánico particulado (CIP) y carbono orgánico particulado (COP), provenientes de datos mensuales combinados, desde 1998 a 2017, de los satélites Meris, Modis, Seawifs, Viirs, Olcia, (<http://globcolour.info>).

La climatología de los vientos, predominantemente sur y suroeste, mostró una alta variabilidad espacial en la región, destacando que la zona al norte de Tocopilla (22°S) presenta las menores velocidades meridionales, mientras que al sur de la península de Mejillones (23°S), los vientos son de mayor magnitud a lo largo de todo el año. Los vientos son favorables para la ocurrencia de surgencia costera permanente. La TSM responde a los eventos de surgencia, generando una franja costera (entre la costa y las 20 mn) caracterizada por temperaturas inferiores a 18°C, y una zona oceánica (>30 mn) con temperaturas superiores a 22°C. Los eventos de surgencia favorecen la presencia de alta biomasa fitoplanctónica (>1 mg Cl-a/m³) en el margen costero. Las localidades que exhiben las mayores concentraciones son Arica (18,3°S), Chipana (21°S) y Mejillones (23°S). Los mayores valores de CIP y de COP, se observaron en Mejillones (23°S) y al sur de esta latitud.

3) Obtención y evaluación de información climatológica y oceanográfica (temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, nutrientes y clorofila-a) en sitios seleccionados del borde costero del área de estudio. Para la obtención de la información oceanográfica *in situ* se llevaron a cabo dos cruceros bio-oceanográficos, uno durante la época de verano (7-20 de febrero) y el otro a principios de primavera (27 de septiembre-7 de octubre) de 2018. Se trabajó en 15 transectas equidistantes (30 mn) perpendiculares a la costa, con estaciones ubicadas a 200, 400, 800, 1200, 1800, 2400, 3000, 3600, 4600 y 5600 m, considerando una profundidad máxima de 150 m. Durante cada periodo se determinó la condición climatológica, mediante el cálculo del índice de surgencia. Para esto, los datos de viento provinieron de las estaciones de la Dirección Meteorológica de Chile localizadas en Arica, Iquique, Campus Huayquique de la UNAP y Antofagasta. Los datos obtenidos desde la estación del Campus Huayquique, proporcionaron los valores de surgencia costera más representativos. En verano y principio de primavera, la distribución de la temperatura y del oxígeno disuelto, determinaron zonas alternadas de aguas templadas y frías, asociadas a focos de surgencia y de convergencia. La distribución vertical de la temperatura mostró una capa isotermal somera en ambas épocas, y la isoterma de 15°C, representante de la termoclina, se ubicó entre 5 y 20 m de profundidad. La oxiclina siguió el mismo patrón, específicamente entre Arica y Mejillones y la zona de mínima concentración de oxígeno (ZMO) se profundizó hacia el sur, lo cual es propio de la región. Las concentraciones

máximas de nitrito, nitrato y fosfato en verano fueron de 9,7, 27,9 y 4,5 μM respectivamente, y a principio de primavera, alcanzaron los 12,3, 21,2 y 4,0 μM respectivamente, valores que se encuentran dentro de los rangos informados para la región. La distribución en ambos periodos se caracterizó por el aumento de los valores con la profundidad y por exhibir las menores concentraciones en el sector entre punta Patache y Mejillones. Durante el verano se detectó la señal de procesos de desnitrificación, revelada por la asociación entre altos valores de nitrito y bajas concentraciones de nitrato, lo que sería producto de una localización más somera de la ZMO. Si bien el nitrato y el fosfato exhibieron diferencias estadísticamente significativas entre verano y principio de primavera, se registró en general una baja variabilidad asociada a la débil estacionalidad imperante en la zona debido a los permanentes eventos de surgencia. La biomasa fitoplanctónica presentó valores máximos de 51,5 mg Cl-a/ m^3 en verano y 65,8 mg Cl-a/ m^3 a principios de primavera, los que se registraron entre la superficie y los 10 m de profundidad. En este estrato la distribución presentó el mismo patrón, el cual se caracterizó por la presencia de las mayores concentraciones entre caleta Buena y Mejillones, asociadas a las menores concentraciones de nutrientes, lo que sugiere un aporte permanente de nutrientes por la surgencia y una activa incorporación por parte de la comunidad autotrófica.

4) Levantamiento batimétrico. Se descargaron los datos procesados de batimetría desde el sitio web de la NOAA (<https://www.ngdc.noaa.gov/mgg/global/global.html>) y posteriormente fue exportada a formato .GeoTIF, para facilitar su posterior procesamiento y lectura en programas SIG.

5) Identificación de los sitios potenciales para el desarrollo de la acuicultura en la zona costera de la XV, I y II regiones. Se levantó información espacial referente a zonas con restricciones administrativas (de orden legal y social) y de disponibilidad de recursos en torno al área de estudio. Las variables relacionadas a los recursos disponibles fueron: Centros Poblados (Caletas y Ciudades), Terminales Marítimos (Puertos), Ciudades Principales, Líneas de Transmisión de Electricidad (Red Eléctrica) y Accesibilidad (Red Vial). Desde las imágenes satelitales, se obtuvo la información de las variables batimetría (m), velocidad de corrientes (m/s), temperatura ($^{\circ}\text{C}$), clorofila-a (mg/m^3), oxígeno disuelto (mL/L) y altura de ola (m), la que fue complementada con datos técnicos relacionados con

las características básicas necesarias para el desarrollo de cultivos acuícolas de orden general (peces, moluscos, algas, etc.). Con esto se procedió a realizar un modelo de selección a través de una evaluación multicriterio, generando mapas temáticos de las diferentes variables y mapas regionales con las zonas seleccionadas para acuicultura con su respectiva categorización. Con la información de segunda fuente, se logró identificar un total de 21 capas de coberturas geográficas de interés y pertinencia para el presente estudio. Para el análisis multicriterio se utilizaron las capas de las variables físicas, químicas, biológicas y de recursos. Para determinar el peso relativo de cada variable, se utilizó la metodología AHP (Analytical Hierarchy Process) utilizando el proceso Weighted Overlay en el SIG (ArcGis 10.1). La salida fue una imagen raster con una calificación para cada pixel desde el valor 1 calificado como “Malo”, 3 calificado como “Aceptable” y 5 calificado como “Bueno”.

Los resultados muestran que en la zona costera de la XV Región existe un 43,2% de zonas con clasificación “Buena”, un 36,5% de zonas “Aceptables” y un 20,3% de zonas “Malas”. En la I Región el análisis arrojó la existencia de un 55,4% de zonas “Buenas”, 11,0% de zonas “Aceptables” y un 33,7% de zonas “Malas”, y en la II Región el resultado fue de 75,4% de zonas “Buenas”, 8,1% de zonas “Aceptables” y 16,5% de zonas “Malas”. El resultado final de la selección y clasificación de zonas, con condiciones oceanográficas y disponibilidad de recursos adecuados, arrojó que existen 194.763 Ha, equivalentes a un 68,8%, de zonas “Buenas”, 48.008 Ha (16,9%) con categoría de “Aceptables”, y 40.481 Ha de zonas “Malas” (14,3%).

EXECUTIVE SUMMARY

In order to identify potential sites for the development of aquaculture in the coastal area between Arica (18°25'S) and rada Paposo (25°00'S), the following activities were carried out:

1) Analysis and systematization of the available information about the oceanographic, biological and bathymetric characteristics (from the coast to the isobath of 150 m) of the study area. The consulted sources were cataloged as primary: information on projects, databases, web pages, among others; secondary sources: bibliography from undergraduate and postgraduate theses, reports and other documents not published in scientific journals; and tertiary sources: information about the environmental conditions and the species present in the area, obtained through the experience of artisanal fishermen. As primary information, a database of species from a total of 77,537 records was obtained, as well as historical information from SHOA of oceanographic data of a total of 88,464 records from the 1965-1999 periods. Complementary sources were the Bio-ORACLE (<http://www.bio-oracle.org/>) and ERDDAP (<https://coastwatch.pfeg.noaa.gov/erddap/index.html>) web pages, which allowed us to obtain time series of radiation, current speed and wave height among others. A database was constructed which was projected in a geographic information system. For the spatial integration of information, a homogenization and standardization of its geographic attributes was performed, and analyzed and processed as geo-referenced layers incorporated in a geographic information system, for which the ESRI ArcGIS Desktop software was used.

2) Analysis and interpretation of satellite images. Images of chlorophyll-a, particulate inorganic carbon (PIC) and particulate organic carbon (POC) were analyzed. These were obtained from 1998 to 2017 monthly information, from the satellites Meris, Modis, SeaWiFS, Viirs, OlciA, (<http://globcolour.info>). For the sea surface temperature (SST), monthly information was used from the satellites Amsr-e, Modis, Avhrr-3, Windsat for the period 2003-2017 (<https://coastwatch.pfeg.noaa.gov/erddap>), and the monthly surface wind data were obtained from the period between 2008 and 2017 of the ASCAT satellite (<ftp://ftp.ifremer.fr/ifremer/cersat/products/gridded/MWF/L3/ASCAT/Monthly/>). The climatology of the winds, predominantly south and southwest, showed a high spatial variability, highlighting the area north of Tocopilla (22°S) which showed the lowest

meridional velocities, while to the south of Mejillones (23°S), the winds have the greater magnitude throughout the whole year. The winds are favorable for the occurrence of permanent coastal upwelling. The SST responds to upwelling events, generating a coastal band (between the coast and 20 nm) characterized by temperatures below 18°C, and an oceanic area (>30 nm) with temperatures above 22°C. The upwelling events favor the presence of high phytoplankton biomass (>1 mg C1-a m⁻³) in the coastal margin. The localities that exhibit the highest concentrations are Arica (18,3°S), Chipana (21°S) and Mejillones (23°S). The highest CIP and COP values were observed in Mejillones (23°S) and to the south of this latitude.

3) Obtaining and evaluation of climatological and oceanographic information (temperature, salinity, dissolved oxygen, nutrients and chlorophyll-a) in selected sites of the coastal band of the study area. To obtain the oceanographic information *in situ*, two bio-oceanographic cruises were carried out, one during the summer season (7th and the 20th of February) and the other at the beginning of spring (September 27 and October 7). Sampling was performed on 15 transects perpendicular to the coast, equidistant from each other for 30 nm, with stations located at 200, 400, 800, 1200, 1800, 2400, 3000, 3600, 4600 and 5600 m, considering a maximum depth of 150 m. During each period, the climatology was determined through the upwelling index. For this, data wind from the stations of Dirección Meteorológica de Chile located in Arica, Iquique, Huayquique Campus of UNAP and Antofagasta were used. The data wind obtained from the Huayquique Campus station, provided the most representative coastal upwelling values. In summer and early spring, the distribution of temperature and dissolved oxygen showed alternating zones of temperate and colder waters, associated with upwelling and convergence processes. The vertical distribution of the temperature showed a shallow isothermal layer in both periods, and the 15°C isotherm, representative of the thermocline, was located between 5 and 20 m depth. Oxycline followed the same pattern, specifically between Arica and Mejillones and the zone of oxygen minimum concentration (OMZ) deepened to the south, which is typical of the region. The maximum concentrations of nitrite, nitrate and phosphate in summer were 9.7, 27.9 and 4.5 µM respectively, and at the beginning of spring, they reached 12.3, 21.2 and 4.0 µM respectively, values within the ranges reported for the region. The distribution in both periods was characterized by the increase in values with depth and by exhibiting the

lowest concentrations in the sector between punta Patache and Mejillones. During the summer the denitrification process signal was detected, revealed by the association between high values of nitrite and low concentrations of nitrate, which would be the product of a more shallow location of the OMZ. Although nitrate and phosphate exhibited statistically significant differences between summer and early spring, a low variability was observed associated with the weak seasonality prevailing in the area due to permanent upwelling events. Phytoplankton biomass showed maximum values of 51.5 mg Cl-a m⁻³ in summer and 65.8 mg Cl-a m⁻³ in early spring, between the surface and 10 m depth. The distribution showed the same pattern, characterized by the presence of the highest concentrations between Caleta Buena and Mejillones, associated with the lower concentrations of nutrients, which suggests a permanent input of nutrients from upwelling and an active incorporation by the autotrophic community.

4) Bathymetric survey. The processed bathymetry data was downloaded from the NOAA website (<https://www.ngdc.noaa.gov/mgg/global/global.html>) and subsequently exported to the .GeoTIF format, to facilitate further processing and reading in GIS programs.

5) Identification of the potential sites for the development of aquaculture in the coastal zone of the XV, I and II regions. Spatial information about administrative restrictions (legal and social) and availability of resources around the study area was collected. The variables related to the available resources were: Town Centers (Caletas and Cities), Maritime Terminals (Ports), Main Cities, Electricity Transmission Lines (Electricity Network) and Accessibility (Road Network). From the satellite images, information of bathymetry (m), speed of currents (m s⁻¹), temperature (°C), chlorophyll-a (mg m⁻³), dissolved oxygen (mL L⁻¹) and height of wave (m), was obtained and supplemented with technical data related to the basic characteristics necessary for the development of aquaculture of general order (fish, molluscs, algae, etc.). A selection model through a multicriteria evaluation was applied, generating thematic maps of the different variables and regional maps with the selected areas for aquaculture with their respective categorization. With the information from the second source, it was possible to identify a total of 21 layers of geographical coverage of interest and relevance for the present study. For the multicriteria analysis, the layers of the physical, chemical, biological and resource variables were used. To determine the relative weight of each variable, the AHP (Analytical Hierarchy Process) methodology

was used, using the Weighted Overlay process in the GIS (ArcGis 10.1). The output was a raster image with a rating for each pixel from value 1, qualified as "Bad", 3 qualified as "Acceptable" and 5 qualified as "Good". Based on the analysis of physical, chemical and biological variables, the results showed that on the coast of XV Region there are 43.2% of "Good" zones, 36.5% of "Acceptable" zones and 20.3% of zones "Bad". In I Region there are 55.4% of "Good" zones, 11.0% of "Acceptable" zones and 33.7% of "Bad" zones and in II Region a 75.4% of zones "Good", 8.1% of "Acceptable" zones and 16.5% of "Bad" zones. The final result of the selection and classification of zones, with adequate oceanographic conditions and availability of resources, showed that there are 194,763 Ha, equivalent to 68.8%, of "Good" zones, 48,008 Ha (16.9%) with category of "Acceptable", and 40,481 Ha of "Bad" areas (14.3%).

INDICE GENERAL

RESUMEN EJECUTIVO	4
EXECUTIVE SUMMARY	8
1.- OBJETIVO GENERAL	23
2.- OBJETIVOS ESPECIFICOS	23
3.- ANTECEDENTES	23
4.- METODOLOGIA DE TRABAJO	27
4.1. Objetivo específico 1: Analizar y sistematizar la información disponible referente a la batimetría y características oceanográficas y biológicas del área de estudio, para contribuir a la selección de sitios potenciales de cultivos costeros	29
4.1.1. Información Oceanográfica, Variabilidad temporal de la concentración de oxígeno disuelto, Información de las comunidades biológicas y conocimiento tradicional	29
4.1.2. Sistematización de la información recopilada	30
4.1.2.1 Recolección y revisión bibliográfica	31
4.1.2.2 Revisión Bibliográfica	32
4.1.2.3 Diseño y programación de la base de datos bibliográfica	32
4.1.2.4 Digitación e ingreso de la información en la base de datos bibliográfica	33
4.1.2.5 Recolección de Información Oceanográfica, Variabilidad temporal de la concentración de oxígeno disuelto e Información de las comunidades biológicas	33
4.1.2.6 Recolección de información del conocimiento ecológico local	34
4.1.2.7 Distribución Batimetrica	35
4.1.3. Generación de un sistema de información geográfica	35
4.1.4 Modelo de distribución de especies	36
4.1.5 Desarrollo de imágenes Raster satelital y cruceros oceanográficos	38
4.2. Objetivo específico 2: Analizar e interpretar las imágenes satelitales disponibles, para el borde costero de la XV, I y II Región, que contribuyan a la selección de sitios potenciales de cultivos costeros	39
4.2.1. Analisis e interpretación de data satelital	39
4.3. Objetivo específico 3: Evaluar y levantar información oceanográfica (temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, nutriente y clorofila) en sitios seleccionados del borde costero del área de estudio	43
4.3.1. Levantamiento de la información Oceanográfica	43
4.3.2. Determinación de la condición climatológica	44
4.3.3. Levantamiento batimetrico	54
4.4. Objetivo específico 4: Identificar mediante imágenes satelitales y observaciones directas de condiciones hidrográficas, los sitios potenciales para el desarrollo de la acuicultura costera de la XV, I y II Región	57
4.4.1. Generación de mapa base y Selección de capas de información necesarias para la definición de sitios potenciales	57
4.4.2. Análisis y representación geográfica de Afecciones y/o Restricciones	57
4.4.3. Análisis de Disponibilidad de Recursos	61
4.4.4. Análisis de Aptitudes Físicas	62
4.4.5. Análisis Multicriterio y Evaluación de Aptitud	62
4.4.6. Cruce de Resultados con Datos Registrados In Situ	69
5.- RESULTADOS	70

6.- ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	269
7.- CONCLUSIONES	304
8.- REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	305
9.- PERSONAL PARTICIPANTE Y HORAS HOMBRE	316
9.1 Asignación de funciones.....	316
9.2 Cronograma mensual de la asignación de horas-hombre	317
10.- ANEXOS.....	318
Anexo 1: Embarcación utilizada en Cruceros:	318
Anexo 2: Modelo de Distribución de Especies (MDE).....	319
Anexo 3: Bibliografía Revisada	340
Anexo 4: Talleres Pescadores Artesanales	349
Anexo 5: Kriging; error de los procesos de interpolación.....	356
Anexo 6: Taller FIPA 2017-13	365
Anexo 7: Manual de obtención de datos provenientes de sensores satelitales.....	371

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. ESQUEMA GENERAL DEL PROYECTO	28
FIGURA 2. ÁREA DE ESTUDIO COMPRENDIDA ENTRE ARICA (18°25’S) Y RADA PAPOSO (25°00’S).....	30
FIGURA 3. DIAGRAMA QUE RESUME LA SISTEMATIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN RECOPIADA.....	31
FIGURA 4. PROCESO DE RECOLECCIÓN Y SISTEMATIZACIÓN DEL CONOCIMIENTO ECOLÓGICO LOCAL	34
FIGURA 5. DIAGRAMA QUE RESUME LA GENERACIÓN DE LA BATIMETRÍA.	35
FIGURA 6. EJEMPLOS DE ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS EN FUNCIÓN DEL MODELO PREDICTIVO USADO MEDIANTE LA TÉCNICA KRIGING DEL MÓDULO GEOSTATICAL ANALYST DEL SOFTWARE ARCGIS.	39
FIGURA 7. ÁREA DE ESTUDIO DEMARCADA POR EL POLÍGONO ROJO QUE DENOTA LA REGIÓN EMPLEADA PARA CADA UNA DE LAS VARIABLES SATELITALES Y LAS LÍNEAS AZULES MUESTRAN LAS TRANSECTAS DE LAS ESTACIONES BIO-OCEANOGRÁFICAS.	42
FIGURA 8. DISTRIBUCIÓN DE LAS 15 TRANSECTAS DISTRIBUIDAS ENTRE ARICA (18°25’S) Y RADA PAPOSO (25°00’S), VERANO DE 2018 (7 AL 20 DE FEBRERO 2018; PANEL IZQUIERDO) Y B) PRINCIPIO DE PRIMAVERA DE 2018 (27 DE SEPTIEMBRE AL 7 DE OCTUBRE DE 2018; PANEL DERECHO)	45
FIGURA 9. CREACIÓN DE USUARIO EN SCIHUB	55
FIGURA 10. ÁREA PROSPECTADA	56
FIGURA 11. CRITERIOS DE BÚSQUEDA SEGÚN A) TIEMPO Y B) NUBOSIDAD	56
FIGURA 12. MODELO DE SUSTRACCIÓN DE CAPAS	59
FIGURA 13. MAPA DE ZONAS CON RESTRICCIONES	60
FIGURA 14. HERRAMIENTA UTILIZADA PARA GENERAR EL MODELO DE SUPERPOSICIÓN DE CAPAS PONDERADAS VARIABLES BIOFÍSICAS.....	66
FIGURA 15. HERRAMIENTA UTILIZADA PARA GENERAR EL MODELO DE SUPERPOSICIÓN DE CAPAS PONDERADAS VARIABLES DE RECURSOS.....	67
FIGURA 16. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE REGISTROS DE ESPECIES DISPONIBLES PARA LA ZONA DE ESTUDIO.	71
FIGURA 17. DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIA DE DATOS DE BATIMETRÍA DISPONIBLE EN RASTER GENERADO PARA EL ÁREA DE ESTUDIO.....	72
FIGURA 18. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE DATOS DE PROFUNDIDAD DISPONIBLES DE LA DIGITALIZACIÓN DE LAS CARTAS SHOA 1000 Y 2000 PARA LAS REGIONES XV, I Y II.	73
FIGURA 19. DISTRIBUCIÓN DE VERILES DE PROFUNDIDAD DISPONIBLES DE LA DIGITALIZACIÓN DE LAS CARTAS SHOA 1000 Y 2000.....	74
FIGURA 20. DISTRIBUCIÓN DE VERILES DE PROFUNDIDAD DISPONIBLES DE LA BASE DE DATOS CENDHOC. 75	
FIGURA 21. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE DATOS OCEANOGRÁFICOS DISPONIBLES PARA EL ÁREA DE ESTUDIO.....	76
FIGURA 22. SERIE DE TIEMPO SEMANAL DE LA DISTRIBUCIÓN VERTICAL DEL OXÍGENO DISUELTO (ML/L) ENTRE EL 09 DE JULIO AL 10 DE SEPTIEMBRE DE 2008 EN CALETA CHIPANA (21° 18’S). A) 1 MN, B) 3 MN, C) 5 MN Y D) 7 MN DE LA COSTA. EN LA BASE DE CADA PANEL SE INDICA EL DÍA DEL AÑO EN JULIANO. PROYECTO FIP 2007-43.	79
FIGURA 23. SERIE DE TIEMPO SEMANAL DE LA DISTRIBUCIÓN VERTICAL DEL OXÍGENO DISUELTO (ML/L) ENTRE EL 15 DE ENERO AL 20 DE MARZO DE 2009 EN CALETA CHIPANA (21° 18’S). A) 1 MN, B) 3 MN, C) 5 MN Y D) 7 MN DE LA COSTA. EN LA BASE DE CADA PANEL SE INDICA EL DÍA DEL AÑO EN JULIANO. PROYECTO FIP 2007-43.....	80
FIGURA 24. SERIES DE TIEMPO DE A) TEMPERATURA (°C), B) SALINIDAD (PSU), C) CONCENTRACIÓN DE OXÍGENO DISUELTO (ML/L) Y D) CLOROFILA-A (MG CL-A/M ³), EN LA ESTACIONE FIJAS DE ARICA, ENTRE SEPTIEMBRE 2014 Y AGOSTO 2018 (FUENTE: BOLETÍN BIO-OCEANOGRÁFICO N°1, SEPTIEMBRE 2018 “CONDICIONES BIO-OCEANOGRÁFICAS Y EVALUACIÓN DE STOCK DESOVANTE DE ANCHOVETA EN LA XV Y II REGIONES, AÑO 2017. SUBSECRETARIA ECONOMÍA Y EMT/AGOSTO 2018).	81
FIGURA 25. SERIES DE TIEMPO DE A) TEMPERATURA (°C), B) SALINIDAD (PSU), C) CONCENTRACIÓN DE OXÍGENO DISUELTO (ML/L) Y D) CLOROFILA-A (MG CL-A/M ³), EN LA ESTACIONE FIJAS DE IQUIQUE, ENTRE SEPTIEMBRE 2014 Y AGOSTO 2018 (FUENTE: BOLETÍN BIO-OCEANOGRÁFICO N°1, SEPTIEMBRE 2018 “CONDICIONES BIO-OCEANOGRÁFICAS Y EVALUACIÓN DE STOCK DESOVANTE DE ANCHOVETA EN LA XV Y II REGIONES, AÑO 2017. SUBSECRETARIA ECONOMÍA Y EMT/AGOSTO 2018).	82

FIGURA 26. SERIES DE TIEMPO DE A) TEMPERATURA (°C), B) SALINIDAD (PSU), C) CONCENTRACIÓN DE OXÍGENO DISUELTO (ML/L) Y D) CLOROFILA-A (MG CL-A/M ³), EN LA ESTACIÓN FIJA DE MEJILLONES, ENTRE SEPTIEMBRE 2014 Y AGOSTO 2018 (FUENTE: BOLETÍN BIO-OCEANOGRÁFICO N°1, SEPTIEMBRE 2018 “CONDICIONES BIO-OCEANOGRÁFICAS Y EVALUACIÓN DE STOCK DESOVANTE DE ANCHOVETA EN LA XV Y II REGIONES, AÑO 2017. SUBSECRETARIA ECONOMÍA Y EMT/AGOSTO 2018).	83
FIGURA 27. EJEMPLO DE ALGUNAS COBERTURAS GEOGRÁFICAS PROYECTADAS EN ARCMAP	86
FIGURA 28. CLIMATOLOGÍA DE LOS VIENTOS SUPERFICIALES (M S ⁻¹) PARA EL PERIODO ENTRE 2008 Y 2017. LAS FLECHAS CORRESPONDEN A VECTORES QUE INDICAN DIRECCIÓN, Y LA LONGITUD Y EL COLOR REPRESENTAN LA MAGNITUD.	87
FIGURA 29. CLIMATOLOGÍA DEL TRANSPORTE DE EKMAN (M ³ S ⁻¹) ENTRE LA COSTA Y LOS 70,5°W. (A) VARIABILIDAD MENSUAL Y (B) VARIABILIDAD LATITUDINAL	88
FIGURA 30. CLIMATOLOGÍA MENSUAL DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR (°C) ENTRE EL 2003 AL 2017.	89
FIGURA 31 CLIMATOLOGÍA MENSUAL DE LA CONCENTRACIÓN DE CLOROFILA-A (LOG MG M ⁻³) ENTRE 2002 Y 2017.	90
FIGURA 32. VARIABILIDAD MENSUAL (A) Y LATITUDINAL (B) DE LA CONCENTRACIÓN DE CLOROFILA-A (MG M ⁻³), DERIVADA DE DATOS SATELITALES, PARA LA REGIÓN ENTRE LA COSTA Y LOS 70,5°W.	91
FIGURA 33. CLIMATOLOGÍA MENSUAL DEL CARBONO INORGÁNICO PARTICULADO (MOL M ⁻³) ENTRE EL 2002 AL 2017.	92
FIGURA 34. VARIABILIDAD MENSUAL (A) Y LATITUDINAL (B) DE LA CONCENTRACIÓN DE CARBONO INORGÁNICO PARTICULADO (MOL M ⁻³), DERIVADA DE LOS DATOS SATELITALES, PARA LA REGIÓN ENTRE LA COSTA Y LOS 70,5°W.....	92
FIGURA 35. CLIMATOLOGÍA MENSUAL DEL CARBONO ORGÁNICO PARTICULADO (MG M ⁻³) ENTRE EL 2002 AL 2017.	93
FIGURA 36. VARIABILIDAD MENSUAL (A) Y LATITUDINAL (B) DE LA CONCENTRACIÓN DE CARBONO ORGÁNICO PARTICULADO (MG M ⁻³) DERIVADA DE LOS DATOS SATELITALES PARA LA REGIÓN ENTRE LA COSTA Y LOS 70,5°W.....	94
FIGURA 37. PROMEDIO DE 8 DÍAS DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR (°C) ENTRE EL 25 DE ENERO Y 21 DE MARZO DE 2018 PARA LA ZONA NORTE DE CHILE.	95
FIGURA 38. PROMEDIO DE 8 DÍAS DE LOS VIENTOS SUPERFICIALES (M S ⁻¹) ENTRE EL 25 DE ENERO Y 21 DE MARZO DE 2018 PARA LA ZONA NORTE DE CHILE. LAS FLECHAS CORRESPONDEN A LOS VECTORES DE DIRECCIÓN, Y SU LONGITUD Y EL COLOR REPRESENTAN LA MAGNITUD.....	96
FIGURA 39. PROMEDIO DE 8 DÍAS DE LA CONCENTRACIÓN DE CLOROFILA A (MG M ⁻³) ENTRE EL 25 DE ENERO Y 21 DE MARZO DE 2018 PARA LA ZONA NORTE DE CHILE.	97
FIGURA 40. PROMEDIO DE 8 DÍAS DEL CARBONO INORGÁNICO PARTICULADO (MOL M ⁻³) ENTRE EL 25 DE ENERO Y 21 DE MARZO DE 2018 PARA LA ZONA NORTE DE CHILE.	98
FIGURA 41. PROMEDIO DE 8 DÍAS DEL CARBONO ORGÁNICO PARTICULADO (MG M ⁻³) ENTRE EL 25 DE ENERO Y 21 DE MARZO DE 2018 PARA LA ZONA NORTE DE CHILE.	99
FIGURA 42. PROMEDIO DE 8 DÍAS DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR (°C) ENTRE EL 21 DE AGOSTO Y 15 DE OCTUBRE DE 2018 PARA LA ZONA NORTE DE CHILE	101
FIGURA 43. PROMEDIO DE 8 DÍAS DE LOS VIENTOS SUPERFICIALES (M S ⁻¹) ENTRE EL 21 DE AGOSTO Y 15 DE OCTUBRE DE 2018 PARA LA ZONA NORTE DE CHILE. LAS FLECHAS CORRESPONDEN A LOS VECTORES DE DIRECCIÓN, Y SU LONGITUD Y EL COLOR REPRESENTAN LA MAGNITUD.	102
FIGURA 44. PROMEDIO DE 8 DÍAS DE LA CONCENTRACIÓN DE CLOROFILA A (MG M ⁻³) ENTRE EL 21 DE AGOSTO Y 15 DE OCTUBRE DE 2018 PARA LA ZONA NORTE DE CHILE.....	103
FIGURA 45. PROMEDIO DE 8 DÍAS DEL CARBONO INORGÁNICO PARTICULADO (MOL M ⁻³) ENTRE EL 21 DE AGOSTO Y 15 DE OCTUBRE DE 2018 PARA LA ZONA NORTE DE CHILE.....	104
FIGURA 46. PROMEDIO DE 8 DÍAS DEL CARBONO ORGÁNICO PARTICULADO (MG M ⁻³) ENTRE EL 21 DE AGOSTO Y 15 DE OCTUBRE DE 2018 PARA LA ZONA NORTE DE CHILE.....	105
FIGURA 47. INDICE DE SURGENCIA (M ³ S ⁻¹) EN A) ARICA (18.5°S), B) IQUIQUE (20.27°S), C) IQUIQUE (20.54°S) Y D) ANTOFAGASTA (23.68°S), PARA LOS PERIODOS DEL 7 AL 20 DE FEBRERO DE 2018 (PANEL IZQUIERDO) Y DEL 27 AL 10 DE OCTUBRE DE 2018 (PANEL DERECHO).	107

FIGURA 48. DISTRIBUCIÓN SUPERFICIAL DE (A) TEMPERATURA (°C), (B) OXÍGENO DISUELTO (ML/L), (C) SALINIDAD (PSU) Y (D) DENSIDAD (KG/M ³), DURANTE EL VERANO DE 2018, ENTRE ARICA (18°25'S) Y RADA PAPOSO (25°00'S).....	109
FIGURA 49. A) DISTRIBUCIÓN SUPERFICIAL DE TEMPERATURA (°C) Y B) DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE TEMPERATURA (°C) EN LAS TRANSECTA I, II Y III, DURANTE EL VERANO DE 2018.	110
FIGURA 50. A) DISTRIBUCIÓN SUPERFICIAL DE TEMPERATURA (°C) Y B) DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE TEMPERATURA (°C) EN LAS TRANSECTA IV, V Y VI, DURANTE EL VERANO DE 2018.	111
FIGURA 51. A) DISTRIBUCIÓN SUPERFICIAL DE TEMPERATURA (°C) Y B) DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE TEMPERATURA (°C) EN LAS TRANSECTA VII, VIII Y IX, DURANTE EL VERANO DE 2018.	112
FIGURA 52. A) DISTRIBUCIÓN SUPERFICIAL DE TEMPERATURA (°C) Y B) DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE TEMPERATURA (°C) EN LAS TRANSECTA X, XI Y XII, DURANTE EL VERANO DE 2018.	113
FIGURA 53. A) DISTRIBUCIÓN SUPERFICIAL DE TEMPERATURA (°C) Y B) DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE TEMPERATURA (°C) EN LAS TRANSECTA XIII, XIV Y XV, DURANTE EL VERANO DE 2018.	114
FIGURA 54. A) DISTRIBUCIÓN SUPERFICIAL DE OXÍGENO DISUELTO (ML/L) Y B) DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE OXÍGENO DISUELTO (ML/L) EN LAS TRANSECTA I, II Y III, DURANTE EL VERANO DE 2018.....	115
FIGURA 55. A) DISTRIBUCIÓN SUPERFICIAL DE OXÍGENO DISUELTO (ML/L) Y B) DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE OXÍGENO DISUELTO (ML/L) EN LAS TRANSECTA IV, V Y VI, DURANTE EL VERANO DE 2018.	116
FIGURA 56. A) DISTRIBUCIÓN SUPERFICIAL DE OXÍGENO DISUELTO (ML/L) Y B) DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE OXÍGENO DISUELTO (ML/L) EN LAS TRANSECTA VII, VIII Y IX, DURANTE EL VERANO DE 2018.	117
FIGURA 57. A) DISTRIBUCIÓN SUPERFICIAL DE OXÍGENO DISUELTO (ML/L) Y B) DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE OXÍGENO DISUELTO (ML/L) EN LAS TRANSECTA X, XI Y XII, DURANTE EL VERANO DE 2018.....	118
FIGURA 58. A) DISTRIBUCIÓN SUPERFICIAL DE OXÍGENO DISUELTO (ML/L) Y B) DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE OXÍGENO DISUELTO (ML/L) EN LAS TRANSECTA XIII, XIV Y XV, DURANTE EL VERANO DE 2018.	119
FIGURA 59. A) DISTRIBUCIÓN SUPERFICIAL DE SALINIDAD (PSU) Y B) DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE SALINIDAD (PSU) EN LAS TRANSECTA I, II Y III, DURANTE EL VERANO DE 2018.....	120
FIGURA 60. A) DISTRIBUCIÓN SUPERFICIAL DE SALINIDAD (PSU) Y B) DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE SALINIDAD (PSU) EN LAS TRANSECTA IV, V Y VI, DURANTE EL VERANO DE 2018.	121
FIGURA 61. A) DISTRIBUCIÓN SUPERFICIAL DE SALINIDAD (PSU) Y B) DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE SALINIDAD (PSU) EN LAS TRANSECTA VII, VIII Y IX, DURANTE EL VERANO DE 2018.	122
FIGURA 62. A) DISTRIBUCIÓN SUPERFICIAL DE SALINIDAD (PSU) Y B) DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE SALINIDAD (PSU) EN LAS TRANSECTA X, XI Y XII, DURANTE EL VERANO DE 2018.	123
FIGURA 63. A) DISTRIBUCIÓN SUPERFICIAL DE SALINIDAD (PSU) Y B) DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE SALINIDAD (PSU) EN LAS TRANSECTA XIII, XIV Y XV, DURANTE EL VERANO DE 2018.	124
FIGURA 64. A) DISTRIBUCIÓN SUPERFICIAL DE DENSIDAD (KG/M ³) Y B) DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE DENSIDAD (KG/M ³) EN LAS TRANSECTA I, II Y III, DURANTE EL VERANO DE 2018.	125
FIGURA 65. A) DISTRIBUCIÓN SUPERFICIAL DE DENSIDAD (KG/M ³) Y B) DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE DENSIDAD (KG/M ³) EN LAS TRANSECTA IV, V Y VI, DURANTE EL VERANO DE 2018.....	126
FIGURA 66. A) DISTRIBUCIÓN SUPERFICIAL DE DENSIDAD (KG/M ³) Y B) DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE DENSIDAD (KG/M ³) EN LAS TRANSECTA VII, VIII Y IX, DURANTE EL VERANO DE 2018.	127
FIGURA 67. A) DISTRIBUCIÓN SUPERFICIAL DE DENSIDAD (KG/M ³) Y B) DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE DENSIDAD (KG/M ³) EN LAS TRANSECTA X, XI Y XII, DURANTE EL VERANO DE 2018.	128
FIGURA 68. A) DISTRIBUCIÓN SUPERFICIAL DE DENSIDAD (KG/M ³) Y B) DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE DENSIDAD (KG/M ³) EN LAS TRANSECTA XIII, XIV Y XV, DURANTE EL VERANO DE 2018.....	129
FIGURA 69. DISTRIBUCIÓN HORIZONTAL DE NITRATO (µM) ENTRE LA SUPERFICIE Y LOS 25 M DE PROFUNDIDAD DURANTE EL VERANO 2018.	132
FIGURA 70. DISTRIBUCIÓN HORIZONTAL DE NITRATO (µM) ENTRE LOS 50 Y 100 M DE PROFUNDIDAD DURANTE EL VERANO 2018.	133
FIGURA 71. DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE NITRATO (µM) ENTRE ARICA (18°33'S) E IQUIQUE (20°00'S) DURANTE EL VERANO 2018.	134
FIGURA 72. DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE NITRATO (µM) ENTRE PUNTA PATACHE (20°29'S) Y CALETA COBIJA (22°32'S) DURANTE EL VERANO 2018.....	135
FIGURA 73. DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE NITRATO (µM) ENTRE MEJILLONES (23°00'S) Y RADA PAPOSO (25°00'S) DURANTE EL VERANO 2018.....	136

FIGURA 74. DISTRIBUCIÓN HORIZONTAL DE NITRITO (μM) ENTRE LA SUPERFICIE Y LOS 25 M DE PROFUNDIDAD DURANTE EL VERANO 2018.	137
FIGURA 75. DISTRIBUCIÓN HORIZONTAL DE NITRITO (μM) ENTRE LOS 50 Y 100 M DE PROFUNDIDAD DURANTE EL VERANO 2018.	138
FIGURA 76. DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE NITRITO (μM) ENTRE ARICA ($18^{\circ}33'S$) E IQUIQUE ($20^{\circ}00'S$) DURANTE EL VERANO 2018.	139
FIGURA 77. DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE NITRITO (μM) ENTRE PUNTA PATACHE ($20^{\circ}29'S$) Y CALETA COBIJA ($22^{\circ}32'S$) DURANTE EL VERANO 2018.	140
FIGURA 78. DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE NITRITO (μM) ENTRE MEJILLONES ($23^{\circ}00'S$) Y RADA PAPOSO ($25^{\circ}00'S$) DURANTE EL VERANO 2018.	141
FIGURA 79. DISTRIBUCIÓN HORIZONTAL DE FOSFATO (μM) ENTRE LA SUPERFICIE Y LOS 25 M DE PROFUNDIDAD DURANTE EL VERANO 2018.	142
FIGURA 80. DISTRIBUCIÓN HORIZONTAL DE FOSFATO (μM) ENTRE LOS 50 Y 100 M DE PROFUNDIDAD DURANTE EL VERANO 2018.	143
FIGURA 81. DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE FOSFATO (μM) ENTRE ARICA ($18^{\circ}33'S$) E IQUIQUE ($20^{\circ}00'S$) DURANTE EL VERANO 2018.	144
FIGURA 82. DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE FOSFATO (μM) ENTRE PUNTA PATACHE ($20^{\circ}29'S$) Y CALETA COBIJA ($22^{\circ}32'S$) DURANTE EL VERANO 2018.	145
FIGURA 83. DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE FOSFATO (μM) ENTRE MEJILLONES ($23^{\circ}00'S$) Y RADA PAPOSO ($25^{\circ}00'S$) DURANTE EL VERANO 2018.	146
FIGURA 84. DISTRIBUCIÓN HORIZONTAL DE LA BIOMASA FITOPLANCTÓNICA (MG CL-A/M^3) ENTRE LA SUPERFICIE Y LOS 10 M DE PROFUNDIDAD DURANTE EL VERANO 2018.	148
FIGURA 85. DISTRIBUCIÓN HORIZONTAL DE LA BIOMASA FITOPLANCTÓNICA (MG CL-A/M^3) ENTRE LOS 25 Y 50 M DE PROFUNDIDAD DURANTE EL VERANO 2018.	149
FIGURA 86. DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE LA BIOMASA FITOPLANCTÓNICA (MG CL-A/M^3) ENTRE ARICA ($18^{\circ}33'S$) E IQUIQUE ($20^{\circ}00'S$) DURANTE EL VERANO 2018.	150
FIGURA 87. DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE LA BIOMASA FITOPLANCTÓNICA (MG CL-A/M^3) ENTRE PUNTA PATACHE ($20^{\circ}29'S$) Y CALETA COBIJA ($22^{\circ}32'S$) DURANTE EL VERANO 2018.	151
FIGURA 88. DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE LA BIOMASA FITOPLANCTÓNICA (MG CL-A/M^3) ENTRE MEJILLONES ($23^{\circ}00'S$) Y RADA PAPOSO ($25^{\circ}00'S$) DURANTE EL VERANO 2018.	152
FIGURA 89. DISTRIBUCIÓN SUPERFICIAL DE (A) TEMPERATURA ($^{\circ}\text{C}$), (B) OXÍGENO DISUELTO (ML/L), (C) SALINIDAD (PSU) Y (D) DENSIDAD (KG/M^3), DURANTE EL PRINCIPIO DE PRIMAVERA 2018, ENTRE ARICA ($18^{\circ}25'S$) Y RADA PAPOSO ($25^{\circ}00'S$).	154
FIGURA 90. A) DISTRIBUCIÓN SUPERFICIAL DE TEMPERATURA ($^{\circ}\text{C}$) Y B) DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE TEMPERATURA ($^{\circ}\text{C}$) EN LAS TRANSECTA I, II Y III, DURANTE EL PRINCIPIO DE PRIMAVERA 2018.	155
FIGURA 91. A) DISTRIBUCIÓN SUPERFICIAL DE TEMPERATURA ($^{\circ}\text{C}$) Y B) DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE TEMPERATURA ($^{\circ}\text{C}$) EN LAS TRANSECTA IV, V Y VI, DURANTE EL PRINCIPIO DE PRIMAVERA 2018.	156
FIGURA 92. A) DISTRIBUCIÓN SUPERFICIAL DE TEMPERATURA ($^{\circ}\text{C}$) Y B) DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE TEMPERATURA ($^{\circ}\text{C}$) EN LAS TRANSECTA VII, VIII Y IX, DURANTE EL PRINCIPIO DE PRIMAVERA 2018.	157
FIGURA 93. A) DISTRIBUCIÓN SUPERFICIAL DE TEMPERATURA ($^{\circ}\text{C}$) Y B) DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE TEMPERATURA ($^{\circ}\text{C}$) EN LAS TRANSECTA X Y XI, DURANTE EL PRINCIPIO DE PRIMAVERA 2018.	158
FIGURA 94. A) DISTRIBUCIÓN SUPERFICIAL DE TEMPERATURA ($^{\circ}\text{C}$) Y B) DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE TEMPERATURA ($^{\circ}\text{C}$) EN LAS TRANSECTA XIII, XIV Y XV, DURANTE EL PRINCIPIO DE PRIMAVERA 2018.	159
FIGURA 95. A) DISTRIBUCIÓN SUPERFICIAL DE OXÍGENO DISUELTO (ML/L) Y B) DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE OXÍGENO DISUELTO (ML/L) EN LAS TRANSECTA I, II Y III, DURANTE EL PRINCIPIO DE PRIMAVERA 2018.	160
FIGURA 96. A) DISTRIBUCIÓN SUPERFICIAL DE OXÍGENO DISUELTO (ML/L) Y B) DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE OXÍGENO DISUELTO (ML/L) EN LAS TRANSECTA IV, V Y VI, DURANTE EL PRINCIPIO DE PRIMAVERA 2018.	161
FIGURA 97. A) DISTRIBUCIÓN SUPERFICIAL DE OXÍGENO DISUELTO (ML/L) Y B) DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE OXÍGENO DISUELTO (ML/L) EN LAS TRANSECTA VII, VIII Y IX, DURANTE EL PRINCIPIO DE PRIMAVERA 2018.	162

FIGURA 98. A) DISTRIBUCIÓN SUPERFICIAL DE OXÍGENO DISUELTO (ML/L) Y B) DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE OXÍGENO DISUELTO (ML/L) EN LAS TRANSECTA X Y XI, DURANTE EL PRINCIPIO DE PRIMAVERA 2018.	163
FIGURA 99. A) DISTRIBUCIÓN SUPERFICIAL DE OXÍGENO DISUELTO (ML/L) Y B) DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE OXÍGENO DISUELTO (ML/L) EN LAS TRANSECTA XIII, XIV Y XV, DURANTE EL PRINCIPIO DE PRIMAVERA 2018.	164
FIGURA 100. A) DISTRIBUCIÓN SUPERFICIAL DE SALINIDAD (PSU) Y B) DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE SALINIDAD (PSU) EN LAS TRANSECTA I, II Y III, DURANTE EL PRINCIPIO DE PRIMAVERA 2018.	165
FIGURA 101. A) DISTRIBUCIÓN SUPERFICIAL DE SALINIDAD (PSU) Y B) DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE SALINIDAD (PSU) EN LAS TRANSECTA IV, V Y VI, DURANTE EL PRINCIPIO DE PRIMAVERA 2018.	166
FIGURA 102. A) DISTRIBUCIÓN SUPERFICIAL DE SALINIDAD (PSU) Y B) DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE SALINIDAD (PSU) EN LAS TRANSECTA VII, VIII Y IX, DURANTE EL PRINCIPIO DE PRIMAVERA 2018.	167
FIGURA 103. A) DISTRIBUCIÓN SUPERFICIAL DE SALINIDAD (PSU) Y B) DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE SALINIDAD (PSU) EN LAS TRANSECTA X Y XI, DURANTE EL PRINCIPIO DE PRIMAVERA 2018.	168
FIGURA 104. A) DISTRIBUCIÓN SUPERFICIAL DE SALINIDAD (PSU) Y B) DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE SALINIDAD (PSU) EN LAS TRANSECTA XIII, XIV Y XV, DURANTE EL PRINCIPIO DE PRIMAVERA 2018.	169
FIGURA 105. A) DISTRIBUCIÓN SUPERFICIAL DE DENSIDAD (KG/M ³) Y B) DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE DENSIDAD (KG/M ³) EN LAS TRANSECTA I, II Y III, DURANTE EL PRINCIPIO DE PRIMAVERA 2018.	170
FIGURA 106. A) DISTRIBUCIÓN SUPERFICIAL DE DENSIDAD (KG/M ³) Y B) DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE DENSIDAD (KG/M ³) EN LAS TRANSECTA IV, V Y VI, DURANTE EL PRINCIPIO DE PRIMAVERA 2018.	171
FIGURA 107. A) DISTRIBUCIÓN SUPERFICIAL DE DENSIDAD (KG/M ³) Y B) DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE DENSIDAD (KG/M ³) EN LAS TRANSECTA VII, VIII Y IX, DURANTE EL PRINCIPIO DE PRIMAVERA 2018.	172
FIGURA 108. A) DISTRIBUCIÓN SUPERFICIAL DE DENSIDAD (KG/M ³) Y B) DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE DENSIDAD (KG/M ³) EN LAS TRANSECTA X Y XI, DURANTE EL PRINCIPIO DE PRIMAVERA 2018.	173
FIGURA 109. A) DISTRIBUCIÓN SUPERFICIAL DE DENSIDAD (KG/M ³) Y B) DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE DENSIDAD (KG/M ³) EN LAS TRANSECTA XIII, XIV Y XV, DURANTE EL PRINCIPIO DE PRIMAVERA 2018.	174
FIGURA 110. DISTRIBUCIÓN HORIZONTAL DE NITRATO (μM) ENTRE LA SUPERFICIE Y LOS 25 M DE PROFUNDIDAD DURANTE EL PRICIPIO DE PRIMAVERA 2018.	177
FIGURA 111. DISTRIBUCIÓN HORIZONTAL DE NITRATO (μM) ENTRE LOS 50 Y 75 M DE PROFUNDIDAD DURANTE EL PRICIPIO DE PRIMAVERA 2018.	178
FIGURA 112. DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE NITRATO (μM) ENTRE ARICA (18°33'S) E IQUIQUE (20°00'S) DURANTE EL PRICIPIO DE PRIMAVERA 2018.	179
FIGURA 113. DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE NITRATO (μM) ENTRE PUNTA PATACHE (20°29'S) Y CALETA COBIJA (22°32'S) DURANTE EL PRICIPIO DE PRIMAVERA 2018.	180
FIGURA 114. DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE NITRATO (μM) ENTRE MEJILLONES (23°00'S) Y RADA PAPOSO (25°00'S) DURANTE EL PRICIPIO DE PRIMAVERA 2018.	181
FIGURA 115. DISTRIBUCIÓN HORIZONTAL DE NITRITO (μM) ENTRE LA SUPERFICIE Y LOS 25 M DE PROFUNDIDAD DURANTE EL PRICIPIO DE PRIMAVERA 2018.	182
FIGURA 116. DISTRIBUCIÓN HORIZONTAL DE NITRITO (μM) ENTRE LOS 50 Y 75 M DE PROFUNDIDAD DURANTE EL PRICIPIO DE PRIMAVERA 2018.	183
FIGURA 117. DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE NITRITO (μM) ENTRE ARICA (18°33'S) E IQUIQUE (20°00'S) DURANTE EL PRICIPIO DE PRIMAVERA 2018.	184
FIGURA 118. DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE NITRITO (μM) ENTRE PUNTA PATACHE (20°29'S) Y CALETA COBIJA (22°32'S) DURANTE EL PRICIPIO DE PRIMAVERA 2018.	185
FIGURA 119. DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE NITRITO (μM) ENTRE MEJILLONES (23°00'S) Y RADA PAPOSO (25°00'S) DURANTE EL PRICIPIO DE PRIMAVERA 2018.	186
FIGURA 120. DISTRIBUCIÓN HORIZONTAL DE FOSFATO (μM) ENTRE LA SUPERFICIE Y LOS 25 M DE PROFUNDIDAD DURANTE EL PRICIPIO DE PRIMAVERA 2018.	187
FIGURA 121. DISTRIBUCIÓN HORIZONTAL DE FOSFATO (μM) ENTRE LOS 50 Y 75 M DE PROFUNDIDAD DURANTE EL PRICIPIO DE PRIMAVERA 2018.	188
FIGURA 122. DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE FOSFATO (μM) ENTRE ARICA (18°33'S) E IQUIQUE (20°00'S) DURANTE EL PRICIPIO DE PRIMAVERA 2018.	189

FIGURA 123. DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE FOSFATO (μM) ENTRE PUNTA PATACHE ($20^{\circ}29'S$) Y CALETA COBIJA ($22^{\circ}32'S$) DURANTE EL PRICIPIO DE PRIMAVERA 2018.	190
FIGURA 124. DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE FOSFATO (μM) ENTRE MEJILLONES ($23^{\circ}00'S$) Y RADA PAPOSO ($25^{\circ}00'S$) DURANTE EL PRICIPIO DE PRIMAVERA 2018.	191
FIGURA 125. DISTRIBUCIÓN HORIZONTAL DE LA BIOMASA FITOPLANCTÓNICA (MG CL-A/M^3) ENTRE LA SUPERFICIE Y LOS 10 M DE PROFUNDIDAD DURANTE EL PRINCIPIO DE PRIMAVERA 2018.	193
FIGURA 126. DISTRIBUCIÓN HORIZONTAL DE LA BIOMASA FITOPLANCTÓNICA (MG CL-A/M^3) ENTRE LOS 25 Y 50 M DE PROFUNDIDAD DURANTE EL PRINCIPIO DE PRIMAVERA 2018.	194
FIGURA 127. DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE LA BIOMASA FITOPLANCTÓNICA (MG CL-A/M^3) ENTRE ARICA ($18^{\circ}33'S$) E IQUIQUE ($20^{\circ}00'S$) DURANTE EL PRINCIPIO DE PRIMAVERA 2018.	195
FIGURA 128. DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE LA BIOMASA FITOPLANCTÓNICA (MG CL-A/M^3) ENTRE PUNTA PATACHE ($20^{\circ}29'S$) Y CALETA COBIJA ($22^{\circ}32'S$) DURANTE EL PRINCIPIO DE PRIMAVERA 2018.	196
FIGURA 129. DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE LA BIOMASA FITOPLANCTÓNICA (MG CL-A/M^3) ENTRE MEJILLONES ($23^{\circ}00'S$) Y RADA PAPOSO ($25^{\circ}00'S$) DURANTE EL PRINCIPIO DE PRIMAVERA 2018.	197
FIGURA 130. GRÁFICO DE CAJAS Y BIGOTES RESULTANTE DEL ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA BIOMASA FITOPLANCTÓNICA (MG CL-A/M^3) REGISTRADA DURANTE LAS CAMPAÑAS DE VERANO (VER) E INICIOS DE LA PRIMAVERA DE 2018 (IN_PRI).	198
FIGURA 131. GRÁFICOS DE CAJAS Y BIGOTES RESULTANTE DEL ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA CONCENTRACIÓN (μM) DE NITRATO (PANEL IZQUIERDO) Y FOSFATO (PANEL DERECHO) REGISTRADA DURANTE LAS CAMPAÑAS DE VERANO (VER) E INICIOS DE LA PRIMAVERA DE 2018 (IN_PRI).	198
FIGURA 132. BATIMETRÍA DEL ÁREA DE ESTUDIO SEGÚN REQUERIMIENTOS.	199
FIGURA 133. EJEMPLO DE USO DE IMÁGENES SATELITALES SENTINEL-2 PROYECTADAS EN SOFTWARE ARCMAP.	203
FIGURA 134. MAPA DE ÁREAS LIBRES DE RESTRICCIONES EN LA ZONA DE ESTUDIO. A: ENTRE ARICA E IQUIQUE, B: ENTRE CALETA LOS VERDES Y TOCOPILLA, C: ENTRE PUNTA ATALA Y CALETA AMARILLA, D: ENTRE CALETA AGUA SALADA Y CIFUNCHO.	206
FIGURA 135. MAPAS DE ZONAS DE INFLUENCIA CON RECURSOS.	209
FIGURA 136. CAPAS RÁSTER DE LAS VARIABLES FÍSICAS, QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS.	211
FIGURA 137. CAPAS RÁSTER DE LAS VARIABLES FÍSICAS, QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS RECLASIFICADAS POR RANGOS.	212
FIGURA 138. MAPA DE ZONAS CON NÚCLEOS CONCENTRADOS DE RECURSOS Y DE ZONAS EXTENDIDAS CON DISPONIBILIDAD DE RECURSOS DENTRO DEL ÁREA DE ESTUDIO. A: ENTRE ARICA E IQUIQUE, B: ENTRE CALETA LOS VERDES Y TOCOPILLA, C: ENTRE PUNTA ATALA Y CALETA AMARILLA, D: ENTRE CALETA AGUA SALADA Y CIFUNCHO.	214
FIGURA 139. MAPA DE ZONAS CLASIFICADAS DE ACUERDO A LAS VARIABLES FÍSICAS, QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS. A: ENTRE ARICA E IQUIQUE, B: ENTRE CALETA LOS VERDES Y TOCOPILLA, C: ENTRE PUNTA ATALA Y CALETA AMARILLA, D: ENTRE CALETA AGUA SALADA Y CIFUNCHO.	215
FIGURA 140. CRUCE FINAL DE RESULTADOS.	216
FIGURA 141. MAPA DE LAS ZONAS SELECCIONADAS DENTRO DEL ÁREA DE ESTUDIO, LIBRES DE RESTRICCIONES, CON APTITUDES FÍSICAS, QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS, Y CON RECURSOS DISPONIBLES. A: ENTRE ARICA E IQUIQUE, B: ENTRE CALETA LOS VERDES Y TOCOPILLA, C: ENTRE PUNTA ATALA Y CALETA AMARILLA, D: ENTRE CALETA AGUA SALADA Y CIFUNCHO.	217
FIGURA 142. TEMPERATURA ($^{\circ}\text{C}$) A 1 M DE PROFUNDIDAD EN LAS ZONAS SELECCIONADAS DURANTE EL VERANO DE 2018. A: ENTRE ARICA E IQUIQUE, B: ENTRE CALETA LOS VERDES Y TOCOPILLA, C: ENTRE PUNTA ATALA Y CALETA AMARILLA, D: ENTRE CALETA AGUA SALADA Y CIFUNCHO.	219
FIGURA 143. TEMPERATURA ($^{\circ}\text{C}$) A 10 M DE PROFUNDIDAD EN LAS ZONAS SELECCIONADAS DURANTE EL VERANO DE 2018. A: ENTRE ARICA E IQUIQUE, B: ENTRE CALETA LOS VERDES Y TOCOPILLA, C: ENTRE PUNTA ATALA Y CALETA AMARILLA, D: ENTRE CALETA AGUA SALADA Y CIFUNCHO.	220
FIGURA 144. TEMPERATURA ($^{\circ}\text{C}$) A 25 M DE PROFUNDIDAD EN LAS ZONAS SELECCIONADAS DURANTE EL VERANO DE 2018. A: ENTRE ARICA E IQUIQUE, B: ENTRE CALETA LOS VERDES Y TOCOPILLA, C: ENTRE PUNTA ATALA Y CALETA AMARILLA, D: ENTRE CALETA AGUA SALADA Y CIFUNCHO.	221

FIGURA 145. OXÍGENO DISUELTO (ML/L) A 1 M DE PROFUNDIDAD EN LAS ZONAS SELECCIONADAS DURANTE EL VERANO DE 2008. A: ENTRE ARICA E IQUIQUE, B: ENTRE CALETA LOS VERDES Y TOCOPILLA, C: ENTRE PUNTA ATALA Y CALETA AMARILLA, D: ENTRE CALETA AGUA SALADA Y CIFUNCHO.	222
FIGURA 146. OXÍGENO DISUELTO (ML/L) A 10 M DE PROFUNDIDAD EN LAS ZONAS SELECCIONADAS DURANTE EL VERANO DE 2008. A: ENTRE ARICA E IQUIQUE, B: ENTRE CALETA LOS VERDES Y TOCOPILLA, C: ENTRE PUNTA ATALA Y CALETA AMARILLA, D: ENTRE CALETA AGUA SALADA Y CIFUNCHO.	223
FIGURA 147. OXÍGENO DISUELTO (ML/L) A 25 M DE PROFUNDIDAD EN LAS ZONAS SELECCIONADAS DURANTE EL VERANO DE 2008. A: ENTRE ARICA E IQUIQUE, B: ENTRE CALETA LOS VERDES Y TOCOPILLA, C: ENTRE PUNTA ATALA Y CALETA AMARILLA, D: ENTRE CALETA AGUA SALADA Y CIFUNCHO.	224
FIGURA 148. SECCIONES VERTICALES DE TEMPERATURA (°C) (PANEL IZQUIERDO) Y OXÍGENO DISUELTO (ML/L) (PANEL DERECHO) EN LAS TRANSECTAS I Y II, CORRESPONDIENTE AL SECTOR A.	225
FIGURA 149. SECCIONES VERTICALES DE TEMPERATURA (°C) (PANEL IZQUIERDO) Y OXÍGENO DISUELTO (ML/L) (PANEL DERECHO) EN LAS TRANSECTAS III, IV Y V CORRESPONDIENTE AL SECTOR A.	226
FIGURA 150. SECCIONES VERTICALES DE TEMPERATURA (°C) (PANEL IZQUIERDO) Y OXÍGENO DISUELTO (ML/L) (PANEL DERECHO) EN LAS TRANSECTAS VI Y VII CORRESPONDIENTE AL SECTOR B.	227
FIGURA 151. SECCIONES VERTICALES DE TEMPERATURA (°C) (PANEL IZQUIERDO) Y OXÍGENO DISUELTO (ML/L) (PANEL DERECHO) EN LAS TRANSECTAS VIII Y IX CORRESPONDIENTE AL SECTOR B.	228
FIGURA 152. SECCIONES VERTICALES DE TEMPERATURA (°C) (PANEL IZQUIERDO) Y OXÍGENO DISUELTO (ML/L) (PANEL DERECHO) EN LAS TRANSECTAS X Y XI CORRESPONDIENTE AL SECTOR C.	229
FIGURA 153. SECCIONES VERTICALES DE TEMPERATURA (°C) (PANEL IZQUIERDO) Y OXÍGENO DISUELTO (ML/L) (PANEL DERECHO) EN LAS TRANSECTAS XII Y XIII CORRESPONDIENTE AL SECTOR C.	230
FIGURA 154. SECCIONES VERTICALES DE TEMPERATURA (°C) (PANEL IZQUIERDO) Y OXÍGENO DISUELTO (ML/L) (PANEL DERECHO) EN LAS TRANSECTAS XIV Y XV CORRESPONDIENTE AL SECTOR D.	231
FIGURA 155. TEMPERATURA (°C) A 1 M DE PROFUNDIDAD EN LAS ZONAS SELECCIONADAS DURANTE EL PRINCIPIO DE LA PRIMAVERA DE 2018. A: ENTRE ARICA E IQUIQUE, B: ENTRE CALETA LOS VERDES Y TOCOPILLA, C: ENTRE PUNTA ATALA Y CALETA AMARILLA, D: ENTRE CALETA AGUA SALADA Y CIFUNCHO.	234
FIGURA 156. TEMPERATURA (°C) A 10 M DE PROFUNDIDAD EN LAS ZONAS SELECCIONADAS DURANTE EL PRINCIPIO LA DE PRIMAVERA DE 2018. A: ENTRE ARICA E IQUIQUE, B: ENTRE CALETA LOS VERDES Y TOCOPILLA, C: ENTRE PUNTA ATALA Y CALETA AMARILLA, D: ENTRE CALETA AGUA SALADA Y CIFUNCHO.	235
FIGURA 157. TEMPERATURA (°C) A 25 M DE PROFUNDIDAD EN LAS ZONAS SELECCIONADAS DURANTE EL PRINCIPIO DE LA PRIMAVERA DE 2018. A: ENTRE ARICA E IQUIQUE, B: ENTRE CALETA LOS VERDES Y TOCOPILLA, C: ENTRE PUNTA ATALA Y CALETA AMARILLA, D: ENTRE CALETA AGUA SALADA Y CIFUNCHO.	236
FIGURA 158. OXÍGENO DISUELTO (ML/L) A 1 M DE PROFUNDIDAD EN LAS ZONAS SELECCIONADAS DURANTE EL PRINCIPIO DE LA PRIMAVERA DE 2018. A: ENTRE ARICA E IQUIQUE, B: ENTRE CALETA LOS VERDES Y TOCOPILLA, C: ENTRE PUNTA ATALA Y CALETA AMARILLA, D: ENTRE CALETA AGUA SALADA Y CIFUNCHO.	237
FIGURA 159. OXÍGENO DISUELTO (ML/L) A 10 M DE PROFUNDIDAD EN LAS ZONAS SELECCIONADAS DURANTE EL PRINCIPIO DE LA PRIMAVERA DE 2018. A: ENTRE ARICA E IQUIQUE, B: ENTRE CALETA LOS VERDES Y TOCOPILLA, C: ENTRE PUNTA ATALA Y CALETA AMARILLA, D: ENTRE CALETA AGUA SALADA Y CIFUNCHO.	238
FIGURA 160. OXÍGENO DISUELTO (ML/L) A 25 M DE PROFUNDIDAD EN LAS ZONAS SELECCIONADAS DURANTE EL PRINCIPIO DE LA PRIMAVERA DE 2018. A: ENTRE ARICA E IQUIQUE, B: ENTRE CALETA LOS VERDES Y TOCOPILLA, C: ENTRE PUNTA ATALA Y CALETA AMARILLA, D: ENTRE CALETA AGUA SALADA Y CIFUNCHO.	239
FIGURA 161. SECCIONES VERTICALES DE TEMPERATURA (°C) (PANEL IZQUIERDO) Y OXÍGENO DISUELTO (ML/L) (PANEL DERECHO) EN LAS TRANSECTAS I, II Y III, CORRESPONDIENTE AL SECTOR A.	240
FIGURA 162. SECCIONES VERTICALES DE TEMPERATURA (°C) (PANEL IZQUIERDO) Y OXÍGENO DISUELTO (ML/L) (PANEL DERECHO) EN LAS TRANSECTAS IV Y V, CORRESPONDIENTE AL SECTOR A.	241

FIGURA 163. SECCIONES VERTICALES DE TEMPERATURA (°C) (PANEL IZQUIERDO) Y OXÍGENO DISUELTO (ML/L) (PANEL DERECHO) EN LAS TRANSECTAS VI Y VII, CORRESPONDIENTE AL SECTOR B.	242
FIGURA 164. SECCIONES VERTICALES DE TEMPERATURA (°C) (PANEL IZQUIERDO) Y OXÍGENO DISUELTO (ML/L) (PANEL DERECHO) EN LAS TRANSECTAS VIII Y IX, CORRESPONDIENTE AL SECTOR B.	243
FIGURA 165. SECCIONES VERTICALES DE TEMPERATURA (°C) (PANEL IZQUIERDO) Y OXÍGENO DISUELTO (ML/L) (PANEL DERECHO) EN LAS TRANSECTAS X Y XI, CORRESPONDIENTE AL SECTOR C.	244
FIGURA 166. SECCIONES VERTICALES DE TEMPERATURA (°C) (PANEL IZQUIERDO) Y OXÍGENO DISUELTO (ML/L) (PANEL DERECHO) EN LA TRANSECTA XIII, CORRESPONDIENTE AL SECTOR C.	245
FIGURA 167. SECCIONES VERTICALES DE TEMPERATURA (°C) (PANEL IZQUIERDO) Y OXÍGENO DISUELTO (ML/L) (PANEL DERECHO) EN LA TRANSECTA XIV Y XV, CORRESPONDIENTE AL SECTOR D.	245
FIGURA 168. CONCENTRACIONES PROMEDIO DE CARBONO ORGÁNICO PARTICULADO (COP) (MG M ⁻³) POR SECTOR DENTRO DEL ÁREA DE ESTUDIO. SECTOR 1: TRANSECTA I, SECTOR 2: TRANSECTA II, SECTOR 3: TRANSECTAS III Y IV, SECTOR 4: TRANSECTAS V A LA VII, SECTOR 5: TRANSECTAS IX, X Y XI, SECTOR 6: TRANSECTAS XII Y XIII, SECTOR 7: TRANSECTAS XIV Y XV.	247
FIGURA 169. IMÁGENES RASTER EN BRUTO Y RECLASIFICADA DEL COP (MG/M ³) PARA LA ZONA DE ESTUDIO.	248
FIGURA 170. CRUCE DEL COP (MG/M ³) CON LAS ZONAS SELECCIONADAS EN EL ESTUDIO. A: ENTRE ARICA E IQUIQUE, B: ENTRE CALETA LOS VERDES Y TOCOPILLA, C: ENTRE PUNTA ATALA Y CALETA AMARILLA, D: ENTRE CALETA AGUA SALADA Y CIFUNCHO.	249
FIGURA 171. SECTORES DE A.A.A. EN LA REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA.	251
FIGURA 172. SECTORES DE A.A.A. EN LA REGIÓN DE TARAPACÁ – (SECTORES 1, 2, 3 Y 4).	253
FIGURA 173. SUBSECTORES DEL SECTOR 2 DE LA A.A.A. PROPUESTAS PARA LA REGIÓN DE TARAPACÁ.	254
FIGURA 174. SECTORES DE LA A.A.A. EN LA REGIÓN DE TARAPACÁ – (SECTORES 4 Y 5).	255
FIGURA 175. SECTORES DE LA A.A.A. EN LA REGIÓN DE TARAPACÁ – (SECTORES 5 Y 6).	256
FIGURA 176. SECTORES DE LA A.A.A. EN LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA – (SECTORES 1, 2 Y 3).	258
FIGURA 177. SECTORES DE LA A.A.A. EN LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA – (SECTORES 3 Y 4).	259
FIGURA 178. SUBSECTORES DEL SECTOR 4 DE LA A.A.A. PROPUESTA PARA REGIÓN DE ANTOFAGASTA. ...	260
FIGURA 179. SECTORES DE LA A.A.A. EN LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA – (SECTOR 5).	261
FIGURA 180. SUBSECTORES DEL SECTOR 5 DE LA A.A.A. PROPUESTA PARA REGIÓN DE ANTOFAGASTA. ...	262
FIGURA 181. SECTORES DE LA A.A.A. EN LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA – (SECTORES 6 Y 7).	263
FIGURA 182. SUBSECTORES DEL SECTOR 6 DE LA A.A.A. PROPUESTA PARA REGIÓN DE ANTOFAGASTA. ...	264
FIGURA 183. SUBSECTORES DEL SECTOR 6 DE LA A.A.A. PROPUESTA PARA REGIÓN DE ANTOFAGASTA. ...	265
FIGURA 184. SECTORES DE LA A.A.A. EN LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA – (SECTORES 7 Y 8).	266
FIGURA 185. SECTORES DE LA A.A.A. EN LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA – (SECTOR 8).	267
FIGURA 186. SUBSECTORES DEL SECTOR 8 DE LA A.A.A. PROPUESTA PARA REGIÓN DE ANTOFAGASTA. ...	268

INDICE DE TABLAS

TABLA 1. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA Y ESTACIONES DE MUESTREO DURANTE LA CAMPAÑA DE VERANO 2018.	46
TABLA 2. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA Y ESTACIONES DE MUESTREO DURANTE LA CAMPAÑA DE PRINCIPIO DE PRIMAVERA 2018.	50
TABLA 3: CAPAS DE COBERTURAS ASOCIADAS A AFECCIONES Y/O RESTRICCIONES PARA LA ZONA DE ESTUDIO.	58
TABLA 4. CAPAS DE COBERTURAS GEOGRÁFICAS ASOCIADAS A LA DISPONIBILIDAD DE RECURSOS DEL ÁREA DE ESTUDIO.	61
TABLA 5. CAPAS DE COBERTURAS GEOGRÁFICAS ASOCIADAS A VARIABLES BIOFÍSICAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO.	62
TABLA 6. ESCALA DE NIVELES DE IMPORTANCIA PARA COMPARACIÓN DE VARIABLES (SAATY, 1977, TOMADO DE SALGADO Y BLANCO, 2000).....	63
TABLA 7. MATRIZ DE COMPARACIONES PAREADAS PARA VARIABLES BIOFÍSICAS.....	64
TABLA 8. MATRIZ NORMALIZADA CON PESOS DE IMPORTANCIA RELATIVA PARA CADA VARIABLE BIOFÍSICA (RAZÓN DE CONSISTENCIA 0,09)	64
TABLA 9. MATRIZ DE COMPARACIONES PAREADAS PARA VARIABLES DE RECURSOS.....	64
TABLA 10. MATRIZ NORMALIZADA CON PESOS DE IMPORTANCIA RELATIVA PARA CADA VARIABLE DE RECURSOS (RAZÓN DE CONSISTENCIA 0,08)	65
TABLA 11. PARÁMETROS DE ENTRADA AL MODELO PARA VARIABLES BIOFÍSICAS.....	68
TABLA 12. PARÁMETROS DE ENTRADA AL MODELO PARA VARIABLES DE RECURSOS.....	68
TABLA 13. RESUMEN DE VARIABLES DESCRIPTIVAS DE LOS DATOS DE BATIMETRÍA DISPONIBLES.	72
TABLA 14. RESUMEN DE VARIABLES TEMPERATURA (°C), SALINIDAD (PPM), OXÍGENO (ML/L) Y DENSIDAD (KG/M ³) OBTENIDA DE LA BASE DE DATOS CENDHOC QUE INVOLUCRA DIFERENTES CRUCEROS DISPONIBLES PARA LA XV, I Y II REGIONES.	75
TABLA 15. LISTADO DE IMÁGENES SATELITALES SENTINEL-2 Y SENTINEL-3 DESCARGADAS.	200
TABLA 16: CAPAS DE COBERTURAS IDENTIFICADAS Y SELECCIONADAS PARA EL ESTUDIO.....	204
TABLA 17. CAPAS DE COBERTURAS DE AFECCIONES Y/O RESTRICCIONES SELECCIONADAS PARA ANÁLISIS.	205
TABLA 18. CRITERIOS DE CALIFICACIÓN DE VARIABLES LOGÍSTICAS Y DE RECURSOS	207
TABLA 19. CRITERIOS DE CALIFICACIÓN DE VARIABLES BIOFÍSICAS.....	210
TABLA 20. CLASIFICACIÓN DE ZONAS POR REGIÓN EN HECTÁREAS Y PORCENTAJE EN FUNCIÓN DE LAS VARIABLES BIOFÍSICAS ANALIZADAS.....	213
TABLA 21. VALORES PROMEDIOS DE TEMPERATURA (°C) Y OXIGENO DISUELTO (ML/L) EN LOS NIVELES DE 1M, 10 M Y 25 M, POR SECTORES DE ACUERDO A LAS TRANSECTAS UBICADAS EN LAS EN LAS ZONAS SELECCIONADAS. VERANO 2018.	219
TABLA 22. VALORES MÍNIMOS Y MÁXIMOS POR TRANSECTA DE NITRATO (μM), NITRITO (μM) Y FOSFATO (μM), Y DE BIOMASA FITOPLANCTÓNICA (MG CL-A/M3) DURANTE LA CAMPAÑA DE VERANO DE 2018.	232
TABLA 23. VALORES PROMEDIOS DE TEMPERATURA (°C) Y OXÍGENO DISUELTO (MLO2 /L) EN LAS PROFUNDIDADES DE 1, 10 Y 25 M DURANTE LA CAMPAÑA DE PRINCIPIO DE PRIMAVERA DE 2018.	233
TABLA 24. VALORES MÍNIMOS Y MÁXIMOS POR TRANSECTA DE NITRATO (μM), NITRITO (μM) Y FOSFATO (μM), Y DE BIOMASA FITOPLANCTÓNICA (MG CL-A/M3) DURANTE LA CAMPAÑA DE PRINCIPIO DE PRIMAVERA DE 2018.	246
TABLA 25. SECTORES DE A.A.A. PROPUESTOS PARA LA REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA.	250
TABLA 26. SECTORES DE A.A.A. PROPUESTOS PARA LA REGIÓN DE TARAPACÁ.	252
TABLA 27. SECTORES DE A.A.A. PROPUESTOS PARA LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA.	257

1.- OBJETIVO GENERAL

Identificar sitios potenciales para el desarrollo de la acuicultura en la zona costera de la XV, I y II Región.

2.- OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Analizar y sistematizar la información disponible referente a la batimetría y características oceanográficas y biológicas del área de estudio, para contribuir a la selección de sitios potenciales de cultivos costeros.
- Analizar e interpretar las imágenes satelitales disponibles, para el borde costero de la XV, I y II Región, que contribuyan a la selección de sitios potenciales de cultivos costeros.
- Evaluar y levantar información oceanográfica (temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, nutriente y clorofila) en sitios seleccionados del borde costero del área de estudio.
- Identificar mediante imágenes satelitales y observaciones directas de condiciones hidrográficas, los sitios potenciales para el desarrollo de la acuicultura costera de la XV, I y II Región.

3.- ANTECEDENTES

La acuicultura, como una actividad en continuo desarrollo, se ha destacado por su capacidad para enfrentar los distintos desafíos derivados de la complejidad tecnológica y ambiental. Por lo anterior, una necesidad recurrente la constituye la búsqueda de nuevos sectores en los cuales desarrollarla, pero con tecnologías adecuada para mitigar los impactos ambientales y sanitarios (Niklitschek *et al.*, 2013; Drach *et al.*, 2013; Forster, 2008). En este sentido, la caracterización de las condiciones ambientales es un objetivo primordial para definir los lugares aptos para la acuicultura (AAA).

En un contexto nacional, la costa entre Arica y Coquimbo se considera con potencial para los cultivos acuícolas. Al respecto, la zona norte de Chile (18°S-25°S) se caracteriza, en condiciones de años normales, por la ocurrencia de surgencia costera permanente, que promueve la existencia de altas concentraciones de plancton dentro de los primeros 20 km de la costa (Avaria & Muñoz, 1982; Rodríguez *et al.*, 1996; Rodríguez & Escribano, 1996; Escribano & Hidalgo, 2001). Una de sus características oceanográficas más prominentes, es una pronunciada zona de mínima concentración de oxígeno (ZMO) (Wyrski, 1962, Helly & Levin, 2004), al que, en términos generales, presenta un espesor aproximado de 500 m, concentraciones de oxígeno disuelto que no superan los 0,5 mL/L, y su límite superior ocupa profundidades entre los 25 y 50 m (Morales *et al.*, 1996; Morales *et al.*, 1999; Strub *et al.*, 1998). La presencia de la ZMO determina las características de la mayoría de las poblaciones pelágicas y bentónicas (Grantham *et al.*, 2004), y a ella se asocia una intensa actividad biológica y biogeoquímica (Mullins *et al.*, 1985; Thompson *et al.*, 1985; Wishner *et al.*, 1990; Levin *et al.*, 1991). Por otra parte, sobre escalas de tiempo interanuales, la región es afectada por eventos El Niño, cuyos efectos principales incluyen la intrusión de aguas oceánicas, la disminución de la concentración de nutrientes que sostiene a la producción primaria, la presencia de aguas cálidas y oxigenadas en las zonas costeras, y la modificación de la posición, intensidad y espesor en la columna de agua de la ZMO, todo lo cual conduce a grandes cambios en la estructura de las comunidades y la transferencia trófica, así como cambios en la productividad y en los ciclos biogeoquímicos (Morales *et al.*, 1999; Ulloa *et al.*, 2001; Escribano *et al.*, 2004). Al respecto, la estructura de los productores primarios (fitoplancton) se modifica en términos del descenso de sus tamaños, abundancia y biomasa, y el zooplancton, principal eslabón de transferencia de la energía, ha mostrado patrones caracterizados por presentar conjuntos que desplazan a las especies más pequeñas durante la fase cálida, pero que sin embargo no exhiben cambios en sus biomásas (Escribano *et al.*, 2004).

Estas condiciones hacen del norte de Chile una región de un alto interés para el desarrollo y diversificación de la acuicultura. Sin embargo, no existe información suficiente para determinar sitios aptos para el desarrollo de la acuicultura en el área propuesta. La necesidad de prospectar sitios potenciales para el desarrollo de la acuicultura en el norte de Chile, apunta también a mejorar los niveles de competitividad de la industria. Esta

expansión se ve favorecida por el avance en el desarrollo de nuevas tecnologías acompañado por modificaciones en los procedimientos y normativas para motivar la participación en el desarrollo de otros cultivos que permitan el desarrollo económico y social de otras regiones del país. Adicionalmente, la incorporación de nuevas especies recursos que presentan características fisiológicas que permiten el desarrollo en el norte de Chile constituye un importante avance en la diversificación de la actividad acuícola.

La evaluación ambiental establecida en el reglamento ambiental para la acuicultura (RAMA) para las solicitudes de concesión de acuicultura y centros de cultivo en general, se basa en la evaluación de un número determinado de variables ambientales. Estas variables se establecen de acuerdo a la categoría asignada a las solicitudes de concesión o centros de cultivo, las que se definen básicamente de acuerdo a las características de profundidad (mayores o menores a 60 m) y tipo de fondo (blando, duro o semiduro) de los sectores donde operan u operaran los centros de cultivo y de acuerdo a la producción autorizada para cada uno de ellos. En la actualidad existen ocho categorías (0 hasta la 7) descritas en la resolución acompañante del RAMA N°3612/2009. Actualmente la normativa ambiental sectorial (RAMA y su resolución acompañante N°3612/09) se encuentra en proceso de modificación, oportunidad que permite el perfeccionamiento y actualización de las metodologías establecidas en la misma, considerándose como uno de los cambios importantes el aumento del límite de 60 m a 100 m de profundidad para la toma de muestras de sedimento. Hoy el aumento y perfeccionamiento de las tecnológicas disponibles para dichos propósitos, permitiría obtener más y mejor información del posible impacto de un centro de cultivo en el sector donde se encuentra emplazado, permitiendo a la autoridad la toma de decisiones sobre el comportamiento ambiental de los centros de cultivo en forma oportuna y adecuada.

Con el fin de hacer frente a los requerimientos establecidos en el constante perfeccionamiento de la ley, se ha determinado un conjunto de nuevos sectores no utilizados aun por concesiones acuícolas. Dichos sectores deben ser caracterizados a fin de establecer sus correspondientes categorías y de esta forma, determinar la factibilidad técnica de efectuar la instalación de nuevos centros de cultivo en dichas áreas. En el presente proyecto se espera la definición de potenciales lugares para el cultivo que han de ser prospectados (18°S-25°S), los cuales deberán ser estudiados sobre la base de los

requerimientos actuales de la ley de pesca y acuicultura, específicamente aquellos descritos en el reglamento medioambiental de la acuicultura y en el correspondiente reglamento sanitario de la acuicultura.

Para ello, en los TTR se entrega una propuesta inicial de ubicación, la cual se realiza sobre la base de la localización del borde costero presentes en el área de trabajo, donde puede potencialmente desarrollarse acuicultura en estas regiones del país. Como tales, las posiciones proporcionadas pueden ser modificadas a fin de buscar la mejor ubicación para los sitios de cultivo de acuerdo a las condiciones determinadas en el área de prospección. La información obtenida en terreno, se presentará y discutirá en una reunión con la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (Subpesca), para evaluar la viabilidad de los sitios seleccionados. Debido a la naturaleza del presente proyecto, gran parte de las decisiones, a tomar en conjunto con Subpesca, deberán estar basadas en los antecedentes recopilados en el estudio. Con este fin, se establecerán propuesta de comunicación, más eficientes para de esta forma flexibilizar la ejecución del proyecto y evitar la generación de inconsistencias en los acuerdos obtenidos, principalmente debido a la necesidad de establecer una planeación de terreno que posteriormente no pudo ser modificada.

Este proyecto se justifica en el siguiente contexto: Chile a través de la diversificación de la acuicultura, busca desarrollar el cultivo y comercialización de nuevas especies de alto potencial económico, como una estrategia importante para disminuir la dependencia de la salmonicultura, y poder consolidar al país como líder mundial en materia de acuicultura. En este escenario, y con el objeto de mejorar la situación en que se encuentran los recursos marinos explotados, así como la acuicultura en las zonas costeras de la XV, I y II regiones del norte de Chile, se requiere contar con información suficiente para determinar sitios aptos para el desarrollo de la acuicultura. Lo anterior sobre la base de la diversidad de ecosistemas, la disponibilidad de infraestructura y servicios ya instalados, la disponibilidad de recursos humanos capacitados, la existencia de una Política Nacional de Acuicultura (PNA), una creciente participación de acuerdos comerciales internacionales, contando además, con la alta productividad y calidad de sus aguas.

Si bien actualmente se han llevado a cabo experiencias pilotos de acuicultura para el recurso *Seriola* (*Seriola lalandi*) en áreas expuestas de la tercera región, sus resultados obtenidos hasta la fecha sugieren que los regímenes de temperatura del agua, asociado a la

surgencia costera afectan negativamente sus tasas de crecimiento. En consecuencia, se ha propuesto realizar esta actividad en la XV y I región, donde el régimen de temperatura parece ser más favorable para su crecimiento en el mar, pero no existe información para determinar el desarrollo del cultivo de esta especie en esas regiones o para descartar la posibilidad de realizarlo en la II Región. En este contexto, se propuso realizar un levantamiento de información entre la XV y II regiones, para identificar sitios aptos para el ejercicio de la acuicultura, basado en la interpretación de imágenes satelitales y observaciones directas de las condiciones oceanográficas, lo cual es de particular interés considerando las condiciones oceanográficas en la región, otorgadas por la surgencia costera permanente y la presencia de la ZMO. La propuesta contribuye al levantamiento de información para identificar sitios aptos para el ejercicio de la acuicultura y así ayudar a la diversificación de esta actividad en el país.

4.- METODOLOGIA DE TRABAJO

Esquema general del proyecto

El proyecto contempló el desarrollo de dos fases secuenciales del trabajo, que involucraron las diversas actividades establecidas.

Fase I. *Levantamiento de información.* Esta fase comprendió el desarrollo de los objetivos específicos 1, 2 y 3. Comprendió la obtención de información para caracterizar la zona de estudio y para la definición de zonas aptas para el desarrollo de la acuicultura (sobre diferentes grupos de especies potenciales), la cual se reflejó principalmente en forma de shapes de información georeferenciada. La caracterización general de los sitios se complementó con la información obtenida en terreno y con el empleo de análisis de imágenes satelitales. Paralelamente, y como oferta complementaria a la presente propuesta, se evaluaron modelos de nicho, que permitieron analizar la aptitud de las especies potenciales a ser cultivados en la zona, sobre la base de sus rangos de tolerancia a las características ambientales de la zona.

Una etapa clave del proceso de planificación fue el ajustar criterios y metodologías con la contraparte técnica del proyecto, dada la extensión del territorio bajo análisis y las características particulares de la zona norte en función de variables como la extensión de la plataforma continental a lo largo de la zona de estudio, accesibilidad a la costa y otros.

Fase II. *Definición, validación y aplicación de variables de interés para la definición de sitios aptos para el desarrollo de la acuicultura entre la XV, I y II Regiones.* Esta fase comprendió el desarrollo del objetivo específico 4. Se generó un proceso de selección de variables para ser evaluadas sobre cada grupo/especies con potencial para su cultivo en la zona de estudio. Cada variable fue ponderada para generar escalas y desarrollar el análisis final en sistema SIG, que permite visualizar el nivel de aptitud de los sitios para los grupos de especies potencialmente cultivables en el sector.

En la Figura 1 se presenta un esquema general de ejecución del proyecto. A continuación se desarrolla la propuesta metodológica para cada uno de los objetivos específicos del proyecto, los que en conjunto cumplen el objetivo general.

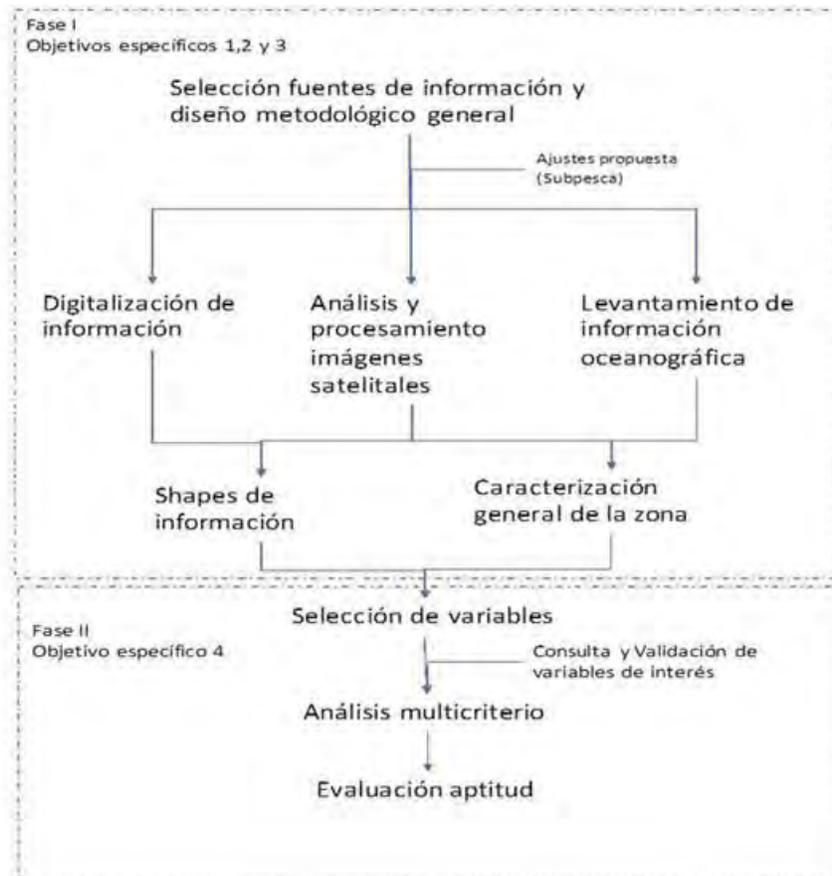


Figura 1. Esquema general del proyecto

A continuación se desarrolla la propuesta metodológica para cada uno de los objetivos específicos del proyecto, los que en conjunto cumplen el objetivo general.

4.1. Objetivo específico 1: Analizar y sistematizar la información disponible referente a la batimetría y características oceanográficas y biológicas del área de estudio, para contribuir a la selección de sitios potenciales de cultivos costeros

Las actividades contempladas para el cumplimiento de este objetivo fueron: 1) Recopilación y análisis de información oceanográfica, 2) Variabilidad temporal de la concentración de oxígeno disuelto, 3) Información sobre las comunidades biológicas y conocimiento tradicional, 4) Distribución batimétrica, 5) Sistematización de la información recopilada 6) Generación de un sistema de información geográfico, 7) Modelo de distribución de especies, y 8) Generación de la base de información a través de su digitalización y ordenamiento mediante descriptores, y un análisis del estado del arte de los estudios oceanográficos y batimétricos del área poniendo énfasis en la caracterización de potenciales sitios de cultivos costeros.

4.1.1. Información Oceanográfica, Variabilidad temporal de la concentración de oxígeno disuelto, Información de las comunidades biológicas y conocimiento tradicional

Se recopiló información proveniente de la zona comprendida entre Arica (18°25'S) y rada Paposo (25°00'S) (Figura 2), mediante consulta en revistas especializadas, libros, informes bases de datos disponibles en la red nacional e internacional.

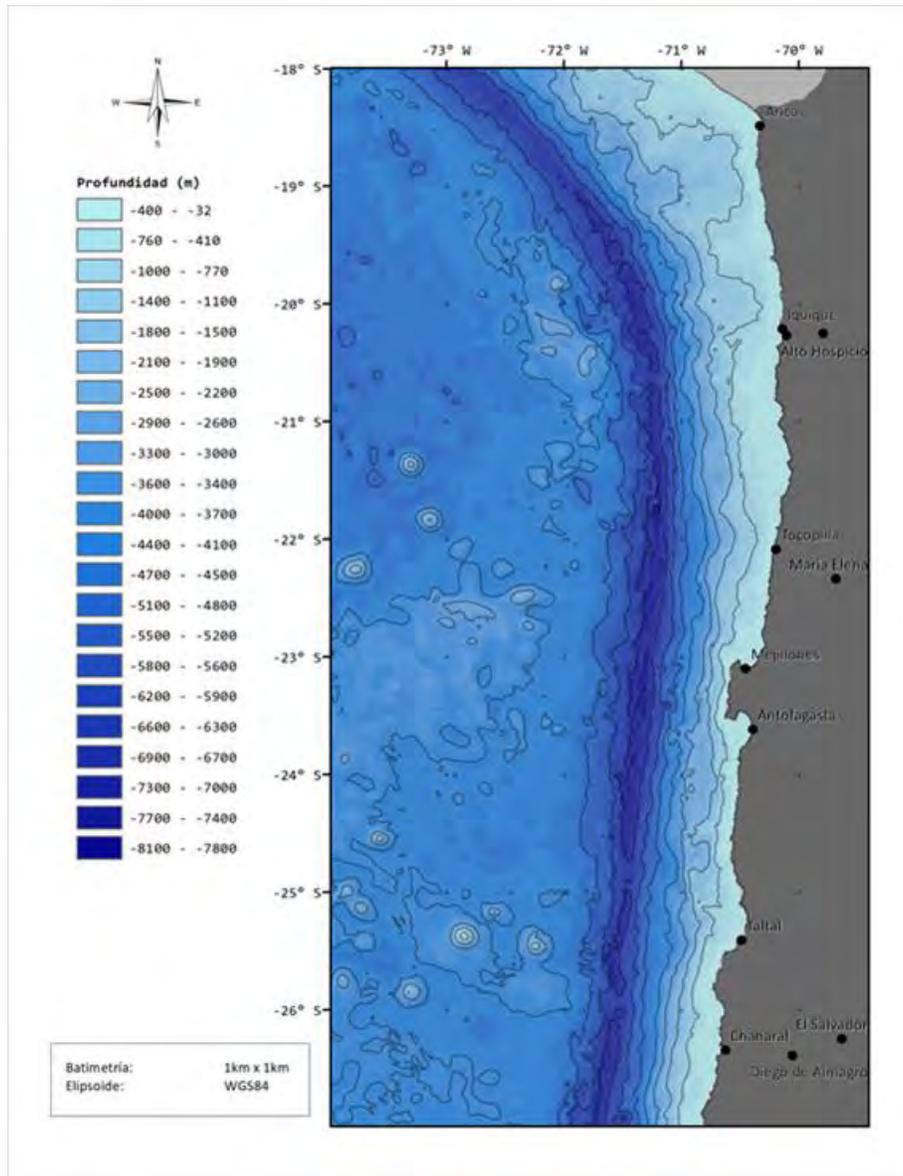


Figura 2. Área de estudio comprendida entre Arica (18°25'S) y rada Paposo (25°00'S)

4.1.2. Sistematización de la información recopilada

Se sistematizó la información en función de su fuente, para lo cual se catalogaron como fuentes primarias, secundarias y terciarias. Las fuentes primarias correspondieron a toda la información generada en proyectos, bases de datos, páginas web, etc.; las fuentes secundarias incluyeron bibliografía proveniente de tesis, informes y otros documentos no

publicados en revistas científicas; y las terciarias correspondieron al conocimiento tradicional, que permite disponer de información de carácter práctica u observacional, referente a elementos físicos y biológicos presentes en la región (por ejemplo, caladeros de pesca, zonas de “aguajes”, etc.).

Este conocimiento tradicional normalmente no es considerado en las investigaciones y potencialmente pueden cobrar importancia en el contexto de la selección de los sitios.

Luego de ser sistematizada, la información fue transformada en bases de datos georeferenciados, de manera que sea posible elaborar coberturas geográficas (Figura 3).

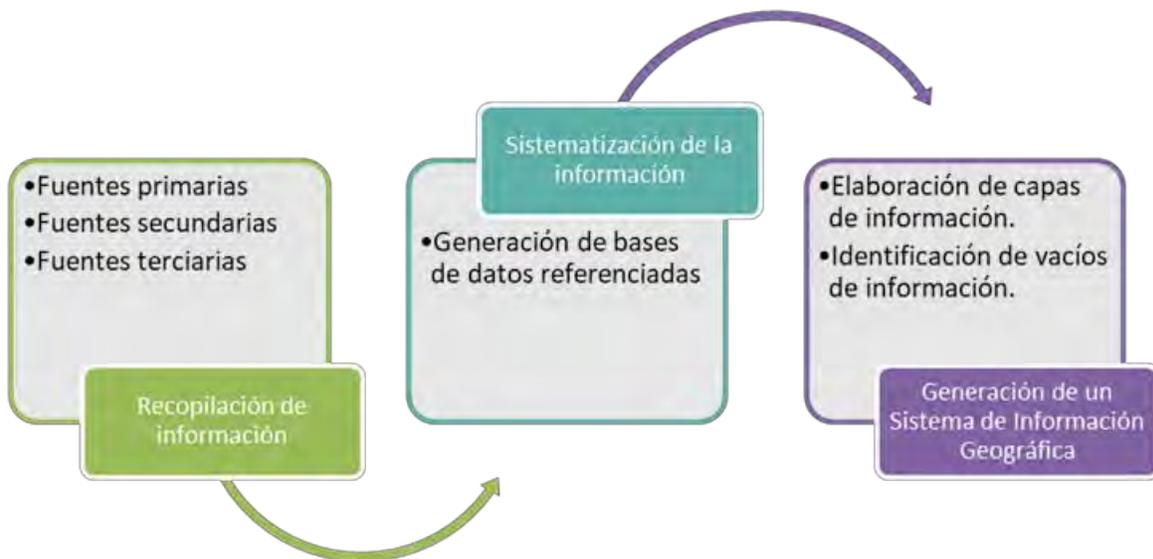


Figura 3. Diagrama que resume la sistematización de la información recopilada.

4.1.2.1 Recolección y revisión bibliográfica

El trabajo de recolección y revisión de bibliografía comprendió la búsqueda exhaustiva de publicaciones científicas en revistas, libros, tesis, *newsletters*, documentos técnicos, e informes finales de proyectos relacionados con la distribución temporal en la concentración de oxígeno disuelto, las características oceanográficas y la información sobre las comunidades biológicas en el área de interés (desde Arica a Rada Papos).

Se puso énfasis a la búsqueda de material en internet, ya que éste permite una mayor actualización respecto al tema.

Dentro de las fuentes de información se utilizaron:

- Plataformas *on-line* con databases indexadas, tales como ScienceDirect, Web of Science, Google Scholar y SciELO
- Biblioteca virtual del Congreso Nacional
- Bibliotecas virtuales de universidades
- Página web del Fondo de Investigación Pesquera y Acuicultura (FIPA)

4.1.2.2 Revisión Bibliográfica

La revisión bibliográfica se realizó posteriormente a la identificación de las fuentes de información que fueron indizadas, para luego proceder a la lectura de los resúmenes y *abstracts* de cada documento, los resultados y las conclusiones para la determinación de las ideas principales, considerando los elementos asociados al proyecto. Para cada sección que fue revisada se tomaron notas aplicando estrategias de síntesis, paráfrasis y citas (Anexo 3).

4.1.2.3 Diseño y programación de la base de datos bibliográfica

Para descripción y sistematización de la información recopilada de artículos científicos y proyectos de investigación se utilizó el software *EndNote X8*, un programa de ordenamiento bibliográfico desarrollado por la compañía Clarivate Analytics, basado en la creación de un directorio –base de datos– donde se almacena información de acuerdo a una referencia, a la cual se accede mediante la búsqueda efectuada por el usuario.

Al directorio creado para este fin se le asignó el nombre “FIPA 2017-13”, y fue almacenado dentro de la carpeta C:\Documents\EndNote\, mientras que se crearon subdirectorios para separar las búsquedas de distribución temporal en la concentración de oxígeno disuelto, características oceanográficas e información sobre las comunidades biológicas.

Por medio de la revisión de resúmenes y *abstracts*, resultados y conclusiones, se fue formando la base de datos del directorio, tomando en consideración palabras claves y la presencia de información georeferenciada.

4.1.2.4 Digitación e ingreso de la información en la base de datos bibliográfica

Luego de la lectura del resumen, el artículo de interés fue ingresado al directorio de *EndNote X8*. La indización de los documentos en la librería de *EndNote X8* se realizó utilizando los campos de llenado que ofrece el software, de manera de mantener las publicaciones ordenadas y de descartar aquéllas que no resultaron útiles una vez terminada la revisión bibliográfica.

Los campos utilizados para el ordenamiento y la sistematización de la información, a través de los cuales se puede acceder a ella, fueron:

- _Author
- _Year
- _Title
- _Journal
- _Volume
- _Issue
- _Pages
- _Date
- _Short Title
- _Alternate Journal
- _DOI
- _Original Publication
- _Keywords

4.1.2.5 Recolección de Información Oceanográfica, Variabilidad temporal de la concentración de oxígeno disuelto e Información de las comunidades biológicas

Se construyó una base de datos con información histórica y geográfica. Esta base de datos se levantó utilizando el programa Microsoft Excel y fue transformada a formato shape (*.shp) para proyectarla en un sistema de información geográfica.

4.1.2.6 Recolección de información del conocimiento ecológico local

En la ciudad de Iquique y Antofagasta se realizaron talleres con el sector pesquero artesanal (Anexo 4) con la finalidad de obtener información relativa a la franja marítima que utiliza, distribución espacio-temporal de las pesquerías, y características físicas que tienen los sitios preferidos de pesca, y que pudiesen trasladarse con futuras acuiculturas.

Una vez obtenida la información del conocimiento ecológico local, se procedió a ingresarla en el sistema de información geográfica, transformándola en coberturas geográficas en forma de puntos, polilíneas y polígonos, según fuera el caso.

Toda la información fue estandarizada en un sistema de coordenadas geográficas y UTM, considerando el Datum WGS-84 y Huso 19, sistema de referencia de la cartografía de base empleada (Figura 4).

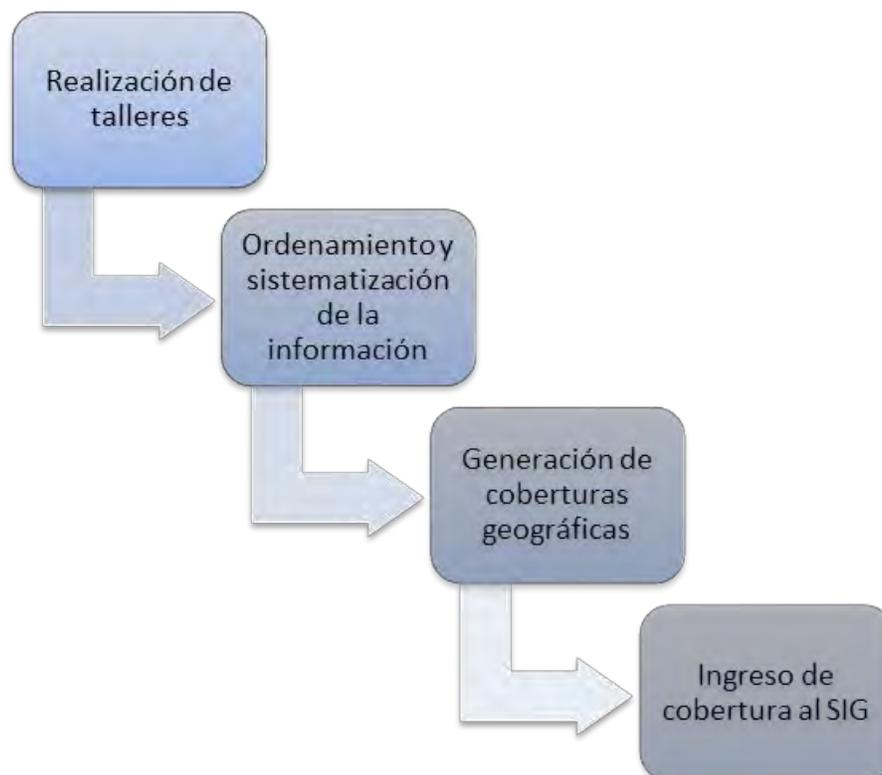


Figura 4. Proceso de recolección y sistematización del conocimiento ecológico local

4.1.2.7 Distribución Batimétrica

Se recopiló información batimétrica de la zona entre Arica (18°25'S) y Rada Paposó (25°00'S) mediante consulta en revistas especializadas, libros, informes, cartas náuticas, bases de datos disponibles en la red nacional e internacional. La región de interés se centró en la franja entre la costa y la isóbata de los 150 m de profundidad.

La información se trabajó en la forma de planos digitalizados en un formato estándar y disponible en una base de datos para las etapas posteriores del proyecto (Figura 5).

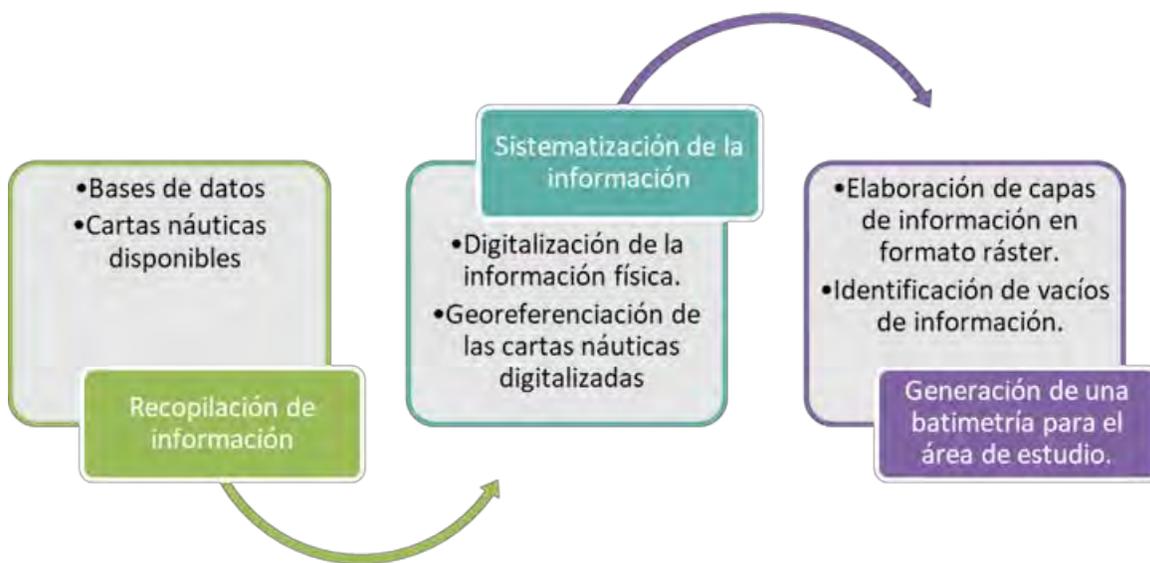


Figura 5. Diagrama que resume la generación de la batimetría.

4.1.3. Generación de un sistema de información geográfica

La integración espacial de la información requirió de un proceso homogenización y estandarización de sus atributos geográficos. Para esto todos los elementos y variables fueron incorporados en un sistema de información geográfica utilizando el software ESRI, para ser analizados y procesados como capas de información georeferenciada.

Debido a que los términos de referencia indican que la información sistematizada deberá ser entregada en sistema de coordenadas en Datum WGS84, y ante la necesidad de contar

con información a escala adecuada, se empleó como cartografía de base la publicada por el Instituto Geográfico Militar en sus cartas regulares disponibles para el área de estudio.

Por lo anterior, toda la información registrada en sus distintas formas (puntos, líneas, polígonos, raster) fue estandarizadas en un sistema de coordenadas geográficas y UTM, considerando el Datum WGS-84 y Huso 19.

4.1.4 Modelo de distribución de especies

Los modelos de distribución de especies (MDE), también conocidos como modelos envolventes, modelos bioclimáticos o modelos de nicho, constituyen un poderoso marco conceptual y metodológico utilizado para conocer los patrones de distribución espacial de las especies y para anticipar los impactos de las futuras condiciones climáticas sobre su distribución (Wiens *et al.*, 2010, Wiens, 2011, Araújo & Peterson 2012).

Los MDE proporcionan una herramienta para estimar el nicho fundamental de una especie sobre el espacio geográfico, a partir de la relación modelada entre su ocurrencia espacial y las condiciones ambientales (Soberón, 2007, Soberón & Nakamura 2009, Araújo & Peterson 2012). Por otra parte, han sido ampliamente utilizados para estudiar procesos de invasión biológica, i.e. el establecimiento exitoso de poblaciones de una especie fuera de su rango biogeográfico conocido (Peterson, 2003). Debido a que en muchos casos el desarrollo de cultivos marinos ocurre fuera del rango biogeográfico nativo de una especie (Garibaldi, 1996), la detección de áreas adecuadas para su cultivo podría ser abordada de la misma forma que se analiza el potencial de invasión, una alternativa que solo ha sido recientemente explorada (Falconer *et al.*, 2016).

Ocurrencias georreferenciadas: Los análisis se centraron en especies marinas potencialmente cultivables empleando *a priori* el listado de especies marinas cultivadas de la FAO (Garibaldi, 1996), el que incluye un total de 172 especies entre peces, moluscos y crustáceos. Para cada una de las especies se recopiló información acerca de registros georreferenciados a escala global, empleando la base de datos del el Sistema de Información Biogeográfica del Océano (IOBIS, www.iobis.org).

Predictores ambientales: De la base de datos BioOracle (Tyberghein *et al.*, 2012; Assis *et al.*, 2018) (<http://bio-oracle.org/>), se seleccionaron tres variables oceanográficas para implementar los MDE: temperatura superficial del mar (TSM) (media, máxima y mínima),

salinidad superficial del mar (media, máxima y mínima), y velocidad de las corrientes (media, máxima y mínima), en rasters a una resolución de ca. 9.2 km. Las capas actuales fueron obtenidas a partir de climatologías calculadas para el período 2000-2014, y las capas futuras corresponden a las proyecciones realizadas para el período 2040-2050 basadas en diferentes modelos del CMIP5 (Coupled Model Intercomparison Project Phase 5) (Taylor *et al.*, 2012). Se emplearon dos escenarios opuestos descritos por el CMIP5, el primero asume un descenso en las emisiones de gases de invernadero hacia finales del siglo XXI (Representative Concentration Pathway 2.6-RCP2.6), y el segundo asume un incremento sostenido en las emisiones (RCP8.5) (Anexo 2).

Modelamiento de la distribución de especies: Se compiló información para un total de 135 especies, totalizando más de 2.278.706 de ocurrencias en todo el mundo y, de acuerdo a lo recomendado (Wisiz *et al.*, 2008), los MDE fueron implementados sólo para aquellas bien representadas, es decir, con al menos 30 ocurrencias espaciales georreferenciadas. Para reducir el potencial sesgo de la autocorrelación espacial de los datos, se realizó un “adelgazamiento” de la información (Aiello-Lammens *et al.*, 2015). Para esto se eliminaron ocurrencias duplicadas de cada especie en celdas de 1°. Los análisis finales fueron realizados sobre un total de 103 especies, totalizando 51.360 ocurrencias (mediana = 214, rango 36 -11395). Para cada especie se realizó un MDE se basado en un ensamblaje de ocho diferentes algoritmos (modelos lineares generalizados, bosques aleatorios, bioclim, splines de regresión adaptativa multivariados, análisis discriminante de mezcla, análisis discriminante flexible, y maxent). Este procedimiento estuvo orientado a reducir la incertidumbre introducida por modelos basados en un solo algoritmo (Araujo & Guisan, 2006). Debido a que las ocurrencias de especies representan sólo datos de presencia, se generaron pseudo-ausencias para seleccionar aleatoriamente puntos de los rasters de fondo. La precisión de los modelos se evaluó utilizando el área característica de funcionamiento del receptor bajo la curva (AUC). El valor de umbral para definir la presencia de la especie fue determinado ponderando los umbrales particulares de cada modelo por nivel de ajuste (AUC). Se generaron mapas de ocupación de las especies (i.e. celdas con valor de probabilidad de ocurrencia superior al umbral). Se estimó la proporción de celdas costeras habitables para cada escenario (RCP 2.6 y RCP 8.5) y especie. Los rasters creados fueron empleados para generar stacks de especies que se emplearon para calcular la riqueza de

especies predicha, i.e. una medida del potencial total de habitabilidad de cada celda. Todos los análisis se llevaron a cabo utilizando la librería sdm (Naimi & Araújo, 2016) y scripts escritos en R (R Core Team, 2018).

Los resultados de los análisis del MDE, se presentan en el Anexo 2.

4.1.5 Desarrollo de imágenes Raster satelital y cruceros oceanográficos

Los datos ambientales (imágenes satelitales e información obtenida *in situ*) fueron estandarizados en un formato único como imágenes raster, a la menor escala de resolución posible, efectuando en algunos casos remuestreos mediante el uso del módulo Geostatistical Analyst del software ArcGis.

La interpolación es un procedimiento usado para predecir valores de celdas en una locación que carece de puntos de muestreo. Está basado en el principio de correlación autoespacial o dependencia espacial, el cual mide el grado de relación/dependencia entre objetos distantes o cercanos (Childs, 2004).

La autocorrelación espacial determina si los valores están interrelacionados y si existe algún patrón espacial. Esta correlación es usada para medir:

- Similitud de objetos entre un área.
- El grado en el cual el fenómeno espacial esta correlacionado a sí mismo en el espacio.
- Naturales y fuerza de la interdependencia.

Existen dos categorías de técnicas de interpolación: determinística y geo-estadística. En el presente trabajo se utilizó la interpolación geo-estadística Kriging, la que es usada para modelar superficies de predicción más avanzadas y que también incluye algunas medidas de la certeza o precisión de la predicción (Figura 6).

El método Kriging asume que la distancia o dirección entre los puntos de muestra reflejan una correlación espacial que puede ser usada para explicar variaciones en la superficie (Childs, 2004). Utiliza variogramas, los cuales dependen de la distribución espacial de los datos en vez de los valores reales. Los pesos de Kriging son derivados usando una función de ponderación de los datos, que reduce el sesgo hacia los valores de entrada (Arun, 2013). Este ajusta una función a un número específico de puntos o todos los puntos entre un radio

específico para determinar los valores de salida de cada locación. Kriging es más apropiado cuando una distancia espacialmente correlacionada o sesgo en los datos es conocida (Anexo 5).

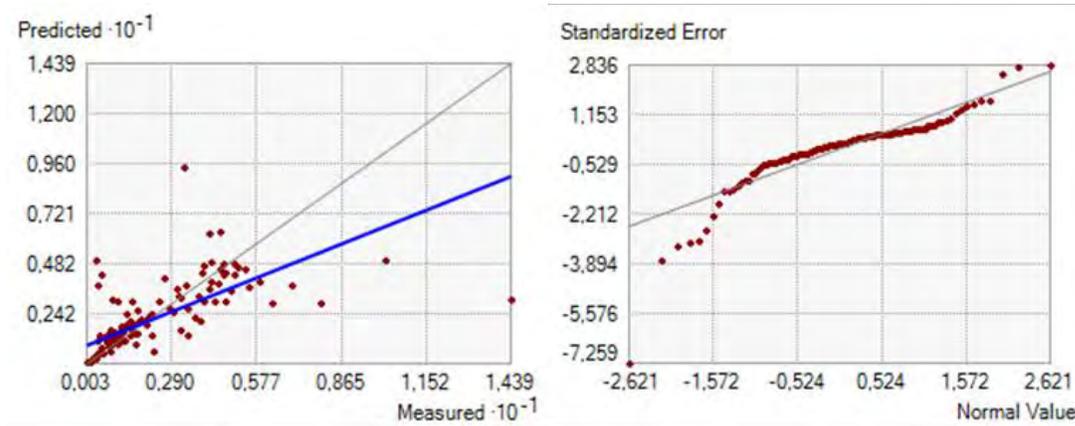


Figura 6. Ejemplos de estadísticas descriptivas en función del modelo predictivo usado mediante la técnica Kriging del módulo Geostatistical Analyst del software ArcGis.

4.2. Objetivo específico 2: Analizar e interpretar las imágenes satelitales disponibles, para el borde costero de la XV, I y II Región, que contribuyan a la selección de sitios potenciales de cultivos costeros.

4.2.1. Analisis e interpretación de data satelital

La información derivada de los satélites se ha transformado en una herramienta de múltiples aplicaciones. Además, de que puede ser obtenida en tiempo real, una de sus principales ventajas deriva de la posibilidad de explorar grandes extensiones de los océanos y continentes.

Para el proyecto se empleó información satelital de la temperatura superficial del mar (TSM, °C), información de vientos (velocidad y componente zonal y meridional, $m s^{-1}$), concentración de clorofila-a (Clo-a, $mg m^{-3}$), concentración de carbono inorgánico particulado (CIP, $mol m^{-3}$) y concentración de carbono orgánico particulado (COP, $mg m^{-3}$).

En el caso de los productos satelitales que tienen relación con actividad biológica, la concentración de clorofila-a se utiliza como proxy de la biomasa del fitoplancton, grupo que constituye la base de cualquier trama trófica que se encuentre en la superficie del océano.

El algoritmo empleado entrega la concentración de clorofila-a (Clo-a), en mg m^{-3} , cercana a la superficie, calculada utilizando una relación empírica derivada de mediciones *in situ* de clorofila-a y de la reflectancia de las bandas azul a verde detectadas de forma remota *in situ*. La implementación depende de la disponibilidad de tres o más bandas de sensores que abarcan el régimen espectral de 440 a 570 nm.

En el caso del carbono inorgánico particulado (CIP), el algoritmo empleado deriva las concentración de CIP, en mol m^{-3} , la cual es calculada usando observaciones *in situ* de la radianza que deja el océano, el coeficiente de retro dispersión espectral, y concentración de CIP. Esta variable entrega información de la concentración disponible de carbonato de calcio o calcita, molécula necesaria para la mayoría de los organismos que generan estructuras duras como las conchas de moluscos.

Para el carbono orgánico particulado (COP), se emplea un algoritmo que entrega la concentración en mg m^{-3} , que se calcula utilizando una relación empírica derivada de mediciones *in situ* de COP y relaciones de banda azul-verde de la reflectancia que se detecta de manera remota. El COP satelital ha demostrado tener un desempeño similar a la de la clorofila-a, y ha sido empleado para cuantificar el reservorio de carbono orgánico particulado en los océanos. En esta variable se incluyen todas las partículas, vivas o muertas que contienen carbono orgánico (i.e. fitoplancton, zooplancton, detritus, pellet fecal, etc.) (Stramska y Bialogrodzka 2016).

Se contemplaron 3 tipos de actividades para el cumplimiento de este objetivo:

- Obtención de información satelital adecuada.
- Análisis e interpretación de la información satelital.
- Generación de un repositorio de datos como apoyo a la selección de sitios potenciales de cultivos costeros.

Obtención de información satelital

La información de TSM, con una resolución de 1 km, provino de los satélites Amsr-e, Modis, Avhrr-3 y Windsat combinados, y de los productos MUR (Multi-sensor Ultra-high Resolution) (<https://coastwatch.pfeg.noaa.gov/erddap>). Los datos de viento superficial, correspondieron a un producto desarrollado por el IFREMER (<ftp://ftp.ifremer.fr/ifremer/cersat/products/gridded/MWF/L3/ASCAT/Monthly/>), que

interpola mediante el método objetivo basado en la información obtenida por el escaterómetro a bordo del satélite MetOP (sensor ASCAT) con una resolución espacial de 25 km (Bentamy & Fillon 2012). Con los datos de los puntos más cercanos a la costa, se estimó el transporte de Ekman de acuerdo a Fuenzalida (1990). Para Clo-a, CIP y COP, la fuente de los datos nivel 3 (L3) con una resolución de 4 km, fueron los sensores Meris, Modis, Seawifs, Viirs y Olcia combinados (<http://globcolour.info>). La estimación de la concentración de Clo-a se realizó usando los algoritmos OC4Me y OC3v5 para MERIS y MODIS/VIRRSN, respectivamente, la estimación de CIP fue utilizando el algoritmo original de NASA, enfoque de tabla de consulta de 2 bandas (Balch *et al.* 2005) y algoritmo de 3 bandas en altas concentraciones (Gordon *et al.* 2001), y la estimación de COP se realizó mediante el algoritmo original de NASA (correlación de relaciones de banda, Stramski *et al.* 2008).

La información se obtuvo para el área comprendida entre los 18°S y 25°S y entre los 70°W y 71°W (Figura 7), en la forma de compósitos mensuales y diaria, ésta última cubriendo el periodo en que se llevaron a cabo las campañas estacionales.

Análisis e interpretación de la información satelital

Se empleó como estrategia el análisis de los promedios a largo plazo o climatologías, lo cual es necesario para poder identificar y cuantificar la variabilidad interanual y de escalas mayores en los océanos (Blanco *et al.*, 2001).

Se confeccionaron climatologías de TSM para el periodo entre 2003 y 2017, y de viento superficial para el periodo entre 2008 y el 2017. Las climatologías para Clo-a, CIP y COP, se confeccionaron para el periodo 2002 y 2017. Además, se obtuvo información mensual de mayo 2002 a diciembre 2017 para la concentración de Clo-a para aguas del tipo 1 y de julio 2002 a diciembre 2017 para el COP y CIP.

Para cada campaña oceanográfica, se obtuvieron los datos satelitales en los siguientes periodos:

- TSM y magnitud y componentes zonal y meridional del viento superficial, desde el 25 de enero hasta el 21 de marzo, correspondiente a la campaña de verano, y desde el 21 de agosto hasta el 15 de octubre, correspondiente a la campaña de principio de primavera.

- Clo-a para aguas del tipo 1, CIP y COP desde el 28 de enero hasta el 17 de marzo, y desde el 24 de agosto hasta 11 de octubre, para las campañas de verano y principio de primavera respectivamente.

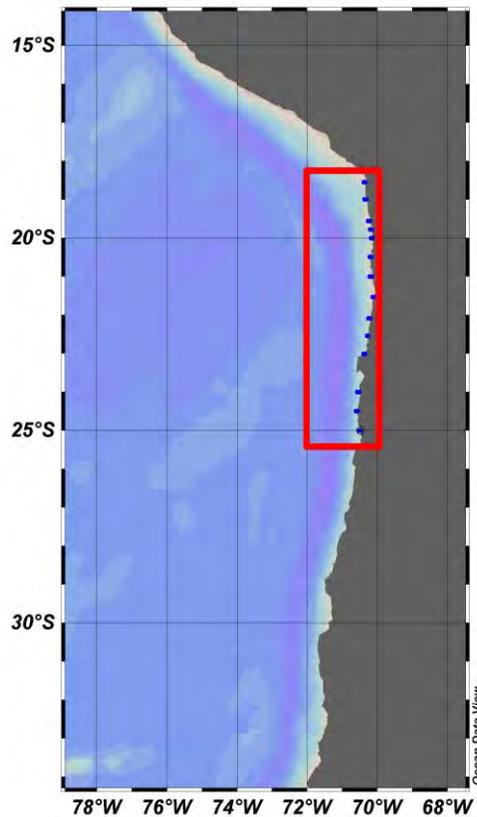


Figura 7. Área de estudio demarcada por el polígono rojo que denota la región empleada para cada una de las variables satelitales y las líneas azules muestran las transectas de las estaciones bio-oceanográficas.

Climatologías satelitales y promedios sobre 8 días durante los cruceros de verano 2018 y principio de primavera 2018

Para poder determinar las climatologías mensuales se promediaron los datos mensuales de todo el periodo, de cada una de las variables oceanográficas. Esta climatología se realizó para cada punto de grilla del área de estudio.

Para las campañas de verano y principio de primavera, se tomó como referencia el promedio del intervalo de tiempo de los 8 días, para cada punto de grilla del área, de la TSM, de la velocidad y las componentes zonal y meridional del viento superficial, y de los productos de color del océano (Clo-a, CIP y COP).

Generación de un repositorio de datos

La información satelital se entrega la data en formato netcdf. que corresponde a las imágenes satelitales de resolución media, climatologías provenientes de imágenes mensuales (chl_climatology.nc, wind_climatology.nc, sst_climatology.nc, poc_climatology.nc, pic_climatology.nc) e imágenes promediadas cada 8 días durante las campañas de verano (pic_summer_vessel.nc, chl_summer_vessel.nc, sst_summer_vessel.nc, poc_summer_vessel.nc) y principio de primavera (poc_winter_vessel.nc, pic_winter_vessel.nc, chl_winter_vessel.nc, sst_winter_vessel.nc)). Además, se entrega información de viento satelital (wind_climatology.nc, wind_summer_vessel.nc, wind_winter_vessel.nc) (Anexo 7).

4.3. Objetivo específico 3: Evaluar y levantar información oceanográfica (temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, nutriente y clorofila) en sitios seleccionados del borde costero del área de estudio

Se consideraron 3 tipos de actividades para el cumplimiento de este objetivo: 1) Levantamiento de la información Oceanográfica, 2) Determinación de la condición climatológica, y 3) Levantamiento Batimétrico.

4.3.1. Levantamiento de la información Oceanográfica

En la zona comprendida entre Arica (18°25'S) y Rada Paposó (25°00'S) se llevaron a cabo dos cruceros bio-oceanográficos, el primero durante la época de verano (7 al 20 de febrero 2018), a bordo de la embarcación menor “Belen II”, y el segundo a principios de primavera (27 de septiembre al 7 de octubre 2018) a bordo de la embarcación menor “Doña Alejandra” (Anexo 1). La grilla de trabajo consistió de 15 transectas perpendiculares a la costa, equidistantes entre sí por 30 mn, con estaciones de muestreo ubicadas a 200, 400, 800, 1200, 1800, 2400, 3000, 3600, 4600 y 5600 m de la costa, considerando una profundidad máxima de 150 m (Figura 8, Tablas 1 y 2). En cada una de las estaciones se obtuvieron registros continuos de temperatura, salinidad, concentración de oxígeno disuelto y fluorescencia (como medida de la concentración de clorofila-a), mediante el uso de un

CTDOF SEA BIRD 19V2. Desde la superficie hasta los 150 m de profundidad, se tomaron muestras discretas de agua con el uso de botellas oceanográficas Niskin, para la determinación de la concentración de nutrientes. En la estación localizada a 3 mn de cada transecta, se destinaron muestras de agua a la medición de oxígeno disuelto y clorofila-a para la calibración de los sensores del CTDOF. El contenido de nutrientes (nitrato, nitrito y fosfato) fue determinado de acuerdo a las metodologías propuestas por Parsons *et al.* (1984) y Grasshoff (1999). El oxígeno disuelto se midió utilizando el método de Winkler y la clorofila-a de acuerdo a Parsons *et al.* (1984).

Toda la información fue analizada mediante gráficos de distribución horizontal y vertical, los cuales fueron elaborados utilizando el programa Ocean Data View (ODV) (Schlitzer, 2018).

Para determinar la existencia de diferencias entre las concentraciones de clorofila-a y nutrientes registradas durante las campañas de verano y principios de primavera, se aplicó un análisis de varianza no paramétrico correspondiente al test de Kruskal-Wallis. La información fue tabulada siguiendo los lineamientos generales establecidos por SUBPESCA.

4.3.2. Determinación de la condición climatológica

Durante los cruceros bio-oceanográficos se determinó la condición climatológica, mediante el cálculo del índice de surgencia (Fuenzalida, 1990; 1992). Para esto se empleó la información de dirección y velocidad del viento proveniente de las estaciones de la Dirección de Meteorológica de Chile, localizadas en Arica (18°29'28"S, 70°18'05"W), Iquique (20°32'23"S, 70°10'43"W), Campus Huayquique de la Universidad Arturo Prat (UNAP) (20°16'15"S, 70°07'51"W) y Antofagasta (23°40'51"S, 70°24'40" W).

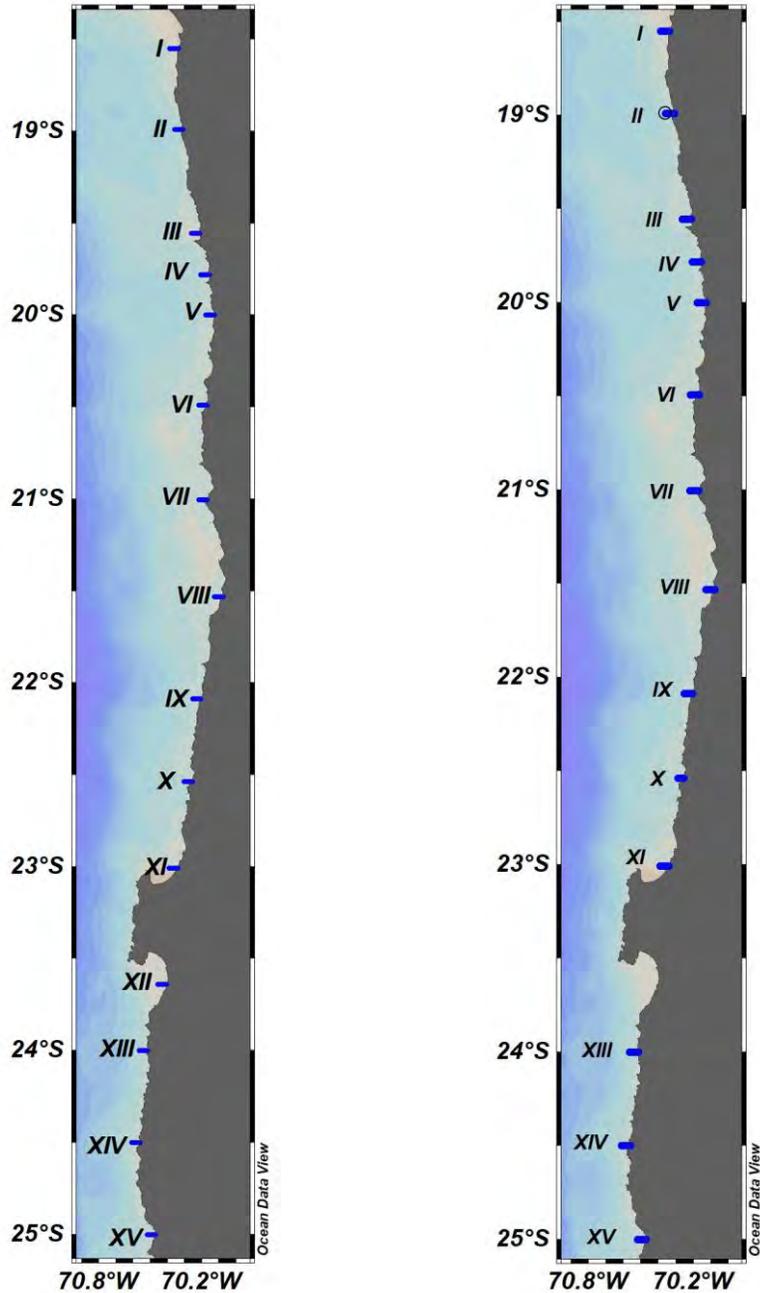


Figura 8. Distribución de las 15 transectas distribuidas entre Arica (18°25'S) y Rada Paposo (25°00'S), Verano de 2018 (7 al 20 de febrero 2018; Panel Izquierdo) y b) Principio de Primavera de 2018 (27 de septiembre al 7 de octubre de 2018; Panel Derecho)

Tabla 1. Localización geográfica y estaciones de muestreo durante la campaña de verano 2018.

Estacion	Latitud			longitud			Ecosonda	fecha	hora
	(°)	(m)	(s)	(°)	(m)	(s)			
T01-E1	18	33	5	70	20	12	21	02/20/2018	16:44
T01-E2	18	33	5	70	20	18	22	02/20/2018	17:04
T01-E3	18	33	5	70	20	31	34	02/20/2018	17:11
T01-E4	18	33	5	70	20	44	49	02/20/2018	17:22
T01-E5	18	33	5	70	21	4	50	02/20/2018	17:35
T01-E6	18	33	5	70	21	24	55	02/20/2018	17:49
T01-E7	18	33	5	70	21	43	60	02/20/2018	17:59
T01-E8	18	33	5	70	22	3	64	02/20/2018	18:09
T01-E9	18	33	5	70	22	36	72	02/20/2018	18:23
T01-E10	18	33	5	70	23	9	80	02/20/2018	18:35
T02-E1	18	59	30	70	18	36	12	02/20/2018	10:39
T02-E2	18	59	30	70	18	42	22	02/20/2018	10:47
T02-E3	18	59	30	70	18	55	39	02/20/2018	10:54
T02-E4	18	59	30	70	19	9	52	02/20/2018	11:07
T02-E5	18	59	30	70	19	28	66	02/20/2018	11:16
T02-E6	18	59	30	70	19	48	76	02/20/2018	11:35
T02-E7	18	59	30	70	20	8	86	02/20/2018	11:51
T02-E8	18	59	30	70	20	27	95	02/20/2018	12:06
T02-E9	18	59	30	70	21	0	107	02/20/2018	12:24
T02-E10	18	59	30	70	21	33	120	02/20/2018	12:40
T03-E1	19	33	14	70	12	43	15	02/15/2018	7:47
T03-E2	19	33	14	70	12	50	20	02/15/2018	8:03
T03-E3	19	33	14	70	13	3	30	02/15/2018	8:11
T03-E4	19	33	14	70	13	16	50	02/15/2018	8:26
T03-E5	19	33	14	70	13	36	82	02/15/2018	8:36
T03-E6	19	33	14	70	13	55	90	02/15/2018	9:04
T03-E7	19	33	14	70	14	15	115	02/15/2018	9:14
T03-E8	19	33	14	70	14	35	120	02/15/2018	9:50
T03-E9	19	33	14	70	15	7	130	02/15/2018	10:04
T03-E10	19	33	14	70	15	40	127	02/15/2018	10:50
T04-E1	19	46	51	70	9	21	25	02/15/2018	13:53
T04-E2	19	46	51	70	9	28	27	02/15/2018	14:05
T04-E3	19	46	51	70	9	41	35	02/15/2018	14:11
T04-E4	19	46	51	70	9	54	64	02/15/2018	14:27
T04-E5	19	46	51	70	10	14	94	02/15/2018	14:36
T04-E6	19	46	51	70	10	33	100	02/15/2018	15:05
T04-E7	19	46	51	70	10	53	102	02/15/2018	15:14
T04-E8	19	46	51	70	11	13	110	02/15/2018	15:44
T04-E9	19	46	51	70	11	46	115	02/15/2018	15:56
T04-E10	19	46	51	70	12	18	113	02/15/2018	16:22

Tabla 1. Continuación

Estación	Latitud			longitud			Ecosonda	fecha	hora
	(°)	(m)	(s)	(°)	(m)	(s)			
T05-E1	20	0	0	70	7	40	20	02/15/2018	19:09
T05-E2	20	0	0	70	7	47	30	02/15/2018	19:15
T05-E3	20	0	0	70	8	0	41	02/15/2018	19:29
T05-E4	20	0	0	70	8	13	52	02/15/2018	19:34
T05-E5	20	0	0	70	8	33	65	02/15/2018	19:54
T05-E6	20	0	0	70	8	53	74	02/15/2018	20:02
T05-E7	20	0	0	70	9	12	87	02/15/2018	20:26
T05-E8	20	0	0	70	9	32	90	02/15/2018	20:36
T05-E9	20	0	0	70	10	5	107	02/15/2018	21:16
T05-E10	20	0	0	70	10	37	120	02/15/2018	21:29
T06-E1	20	29	27	70	10	6	18	02/12/2018	15:46
T06-E2	20	29	27	70	10	12	24	02/12/2018	15:52
T06-E3	20	29	27	70	10	25	31	02/12/2018	16:03
T06-E4	20	29	27	70	10	39	43	02/12/2018	16:12
T06-E5	20	29	27	70	10	58	61	02/12/2018	16:28
T06-E6	20	29	27	70	11	18	71	02/12/2018	16:37
T06-E7	20	29	27	70	11	38	77	02/12/2018	16:58
T06-E8	20	29	27	70	11	57	82	02/12/2018	17:07
T06-E9	20	29	27	70	12	30	90	02/12/2018	17:30
T06-E10	20	29	27	70	13	3	93	02/12/2018	17:44
T07-E1	21	0	14	70	10	9	15	02/12/2018	7:30
T07-E2	21	0	14	70	10	15	23	02/12/2018	7:37
T07-E3	21	0	14	70	10	29	45	02/12/2018	7:50
T07-E4	21	0	14	70	10	42	60	02/12/2018	7:57
T07-E5	21	0	14	70	11	1	74	02/12/2018	8:17
T07-E6	21	0	14	70	11	21	77	02/12/2018	8:28
T07-E7	21	0	14	70	11	41	81	02/12/2018	8:54
T07-E8	21	0	14	70	12	0	83	02/12/2018	9:06
T07-E9	21	0	14	70	12	33	90	02/12/2018	9:37
T07-E10	21	0	14	70	13	6	86	02/12/2018	10:06
T08-E1	21	31	58	70	4	35	10	02/11/2018	18:59
T08-E2	21	31	58	70	4	42	20	02/11/2018	19:06
T08-E3	21	31	58	70	4	55	30	02/11/2018	19:18
T08-E4	21	31	58	70	5	8	44	02/11/2018	19:25
T08-E5	21	31	58	70	5	28	62	02/11/2018	19:40
T08-E6	21	31	58	70	5	48	68	02/11/2018	19:48
T08-E7	21	31	58	70	6	7	73	02/11/2018	20:08
T08-E8	21	31	58	70	6	27	79	02/11/2018	20:17
T08-E9	21	31	58	70	6	60	86	02/11/2018	20:43
T08-E10	21	31	58	70	7	33	93	02/11/2018	20:56

Tabla 1. Continuación

Estacion	Latitud			longitud			Ecosonda	fecha	hora
	(°)	(m)	(s)	(°)	(m)	(s)			
T09-E1	22	5	16	70	12	16	17	02/11/2018	7:37
T09-E2	22	5	16	70	12	22	26	02/11/2018	7:54
T09-E3	22	5	16	70	12	36	36	02/11/2018	8:06
T09-E4	22	5	16	70	12	49	44	02/11/2018	8:18
T09-E5	22	5	16	70	13	8	47	02/11/2018	8:35
T09-E6	22	5	16	70	13	28	62	02/11/2018	8:51
T09-E7	22	5	16	70	13	48	104	02/11/2018	9:14
T09-E8	22	5	16	70	14	7	115	02/11/2018	9:36
T09-E9	22	5	16	70	14	40	128	02/11/2018	10:45
T09-E10	22	5	16	70	15	13	134	02/11/2018	11:26
T10-E1	22	32	14	70	15	24	15	02/10/2018	17:21
T10-E2	22	32	14	70	15	30	48	02/10/2018	17:41
T10-E3	22	32	14	70	15	43	62	02/10/2018	17:57
T10-E4	22	32	14	70	15	57	68	02/10/2018	18:15
T10-E5	22	32	14	70	16	16	90	02/10/2018	18:39
T10-E6	22	32	14	70	16	36	102	02/10/2018	19:01
T10-E7	22	32	14	70	16	56	110	02/10/2018	19:24
T10-E8	22	32	14	70	17	15	124	02/10/2018	19:53
T10-E9	22	32	14	70	17	30	142	02/10/2018	20:27
T10-E10	22	32	14	70	18	21	147	02/10/2018	20:45
T11-E1	23	0	30	70	20	31	36	02/09/2018	21:12
T11-E2	23	0	30	70	20	38	49	02/09/2018	21:36
T11-E3	23	0	30	70	20	51	54	02/09/2018	22:00
T11-E4	23	0	30	70	21	4	58	02/10/2018	9:10
T11-E5	23	0	30	70	21	24	70	02/10/2018	9:35
T11-E6	23	0	30	70	21	43	75	02/10/2018	10:00
T11-E7	23	0	30	70	22	3	80	02/10/2018	10:19
T11-E8	23	0	30	70	22	23	88	02/10/2018	10:41
T11-E9	23	0	30	70	22	56	95	02/10/2018	11:08
T11-E10	23	0	30	70	23	28	100	02/10/2018	11:38
T12-E1	23	38	19	70	24	22	28	02/09/2018	7:42
T12-E2	23	38	19	70	24	28	31	02/09/2018	7:04
T12-E3	23	38	19	70	24	41	51	02/09/2018	8:14
T12-E4	23	38	19	70	24	55	70	02/09/2018	8:50
T12-E5	23	38	19	70	25	14	80	02/09/2018	9:04
T12-E6	23	38	19	70	25	34	90	02/09/2018	9:33
T12-E7	23	38	19	70	25	54	100	02/09/2018	9:56
T12-E8	23	38	19	70	26	13	103	02/09/2018	10:16
T12-E9	23	38	19	70	26	46	110	02/09/2018	10:39
T12-E10	23	38	19	70	27	19	118	02/09/2018	11:03

Tabla 1. Continuación

Estacion	Latitud			longitud			Ecosonda	fecha	hora
	(°)	(m)	(s)	(°)	(m)	(s)			
T13-E1	24	0	0	70	30	59	19	02/08/2018	10:04
T13-E2	24	0	0	70	31	5	35	02/08/2018	10:18
T13-E3	24	0	0	70	31	18	55	02/08/2018	10:33
T13-E4	24	0	0	70	31	32	64	02/08/2018	10:50
T13-E5	24	0	0	70	31	51	86	02/08/2018	11:09
T13-E6	24	0	0	70	32	11	103	02/08/2018	11:34
T13-E7	24	0	0	70	32	31	117	02/08/2018	12:04
T13-E8	24	0	0	70	32	50	129	02/08/2018	12:33
T13-E9	24	0	0	70	33	23	140	02/08/2018	13:04
T13-E10	24	0	0	70	33	56	210	02/08/2018	13:39
T14-E1	24	30	0	70	33	38	13	02/08/2018	0:45
T14-E2	24	30	0	70	33	45	16	02/08/2018	1:05
T14-E3	24	30	0	70	33	58	38	02/08/2018	1:19
T14-E4	24	30	0	70	34	11	62	02/08/2018	1:37
T14-E5	24	30	0	70	34	31	104	02/08/2018	1:59
T14-E6	24	30	0	70	34	51	116	02/08/2018	2:26
T14-E7	24	30	0	70	35	10	126	02/08/2018	2:54
T14-E8	24	30	0	70	35	30	166	02/08/2018	3:26
T14-E9	24	30	0	70	36	3	504	02/08/2018	4:02
T14-E10	24	30	0	70	36	35	516	02/08/2018	4:17
T15-E1	25	0	0	70	28	20	30	02/07/2018	9:01
T15-E2	25	0	0	70	28	26	31	02/07/2018	9:21
T15-E3	25	0	0	70	28	40	43	02/07/2018	9:47
T15-E4	25	0	0	70	28	53	54	02/07/2018	10:05
T15-E5	25	0	0	70	29	12	68	02/07/2018	10:25
T15-E6	25	0	0	70	29	32	76	02/07/2018	10:44
T15-E7	25	0	0	70	29	52	85	02/07/2018	11:08
T15-E8	25	0	0	70	30	11	91	02/07/2018	11:31
T15-E9	25	0	0	70	30	31	112	02/07/2018	12:00
T15-E10	25	0	0	70	31	4	202	02/07/2018	12:45

Tabla 2. Localización geográfica y estaciones de muestreo durante la campaña de principio de primavera 2018.

Estacion	Latitud			longitud			Ecosonda	fecha	hora
	(°)	(m)	(s)	(°)	(m)	(s)			
T01-E1	18	33	5	70	20	12	21		
T01-E2	18	33	5	70	20	18	22	10/07/2018	0:13
T01-E3	18	33	5	70	20	31	34	10/07/2018	0:24
T01-E4	18	33	5	70	20	44	49	10/07/2018	0:32
T01-E5	18	33	5	70	21	4	50	10/07/2018	0:46
T01-E6	18	33	5	70	21	24	55	10/07/2018	0:55
T01-E7	18	33	5	70	21	43	60	10/07/2018	1:10
T01-E8	18	33	5	70	22	3	64	10/07/2018	1:20
T01-E9	18	33	5	70	22	36	72	10/07/2018	1:43
T01-E10	18	33	5	70	23	9	80	10/07/2018	1:55
T02-E1	18	59	30	70	18	36	12	10/06/2018	17:34
T02-E2	18	59	30	70	18	42	22	10/06/2018	17:46
T02-E3	18	59	30	70	18	55	39	10/06/2018	17:52
T02-E4	18	59	30	70	19	9	52	10/06/2018	18:08
T02-E5	18	59	30	70	19	28	66	10/06/2018	18:16
T02-E6	18	59	30	70	19	48	76	10/06/2018	18:35
T02-E7	18	59	30	70	20	8	86	10/06/2018	18:44
T02-E8	18	59	30	70	20	27	95	10/06/2018	19:03
T02-E9	18	59	30	70	21	0	107	10/06/2018	19:15
T02-E10	18	59	30	70	21	33	120	10/06/2018	19:37
T03-E1	19	33	14	70	12	43	15	10/06/2018	9:18
T03-E2	19	33	14	70	12	50	20	10/06/2018	9:35
T03-E3	19	33	14	70	13	3	30	10/06/2018	9:41
T03-E4	19	33	14	70	13	16	50	10/06/2018	9:53
T03-E5	19	33	14	70	13	36	82	10/06/2018	10:01
T03-E6	19	33	14	70	13	55	90	10/06/2018	10:21
T03-E7	19	33	14	70	14	15	115	10/06/2018	10:31
T03-E8	19	33	14	70	14	35	120	10/06/2018	10:56
T03-E9	19	33	14	70	15	7	130	10/06/2018	11:07
T03-E10	19	33	14	70	15	40	127	10/06/2018	11:37
T04-E1	19	46	51	70	9	21	25	10/08/2018	9:50
T04-E2	19	46	51	70	9	28	27	10/08/2018	10:01
T04-E3	19	46	51	70	9	41	35	10/08/2018	10:07
T04-E4	19	46	51	70	9	54	64	10/08/2018	10:18
T04-E5	19	46	51	70	10	14	94	10/08/2018	10:24
T04-E6	19	46	51	70	10	33	100	10/08/2018	10:44
T04-E7	19	46	51	70	10	53	102	10/08/2018	10:52
T04-E8	19	46	51	70	11	13	110	10/08/2018	11:14
T04-E9	19	46	51	70	11	46	115	10/08/2018	11:26
T04-E10	19	46	51	70	12	18	113	10/08/2018	11:53

Tabla 2. Continuación

Estacion	Latitud			longitud			Ecosonda	fecha	hora
	(°)	(m)	(s)	(°)	(m)	(s)			
T05-E1	20	0	0	70	7	40	20	10/08/2018	14:24
T05-E2	20	0	0	70	7	47	30	10/08/2018	14:34
T05-E3	20	0	0	70	8	0	41	10/08/2018	14:39
T05-E4	20	0	0	70	8	13	52	10/08/2018	14:52
T05-E5	20	0	0	70	8	33	65	10/08/2018	14:59
T05-E6	20	0	0	70	8	53	74	10/08/2018	15:16
T05-E7	20	0	0	70	9	12	87	10/08/2018	15:25
T05-E8	20	0	0	70	9	32	90	10/08/2018	15:44
T05-E9	20	0	0	70	10	5	107	10/08/2018	15:57
T05-E10	20	0	0	70	10	37	120	10/08/2018	16:20
T06-E1	20	29	27	70	10	6	18	10/05/2018	16:19
T06-E2	20	29	27	70	10	12	24	10/05/2018	16:29
T06-E3	20	29	27	70	10	25	31	10/05/2018	16:36
T06-E4	20	29	27	70	10	39	43	10/05/2018	16:49
T06-E5	20	29	27	70	10	58	61	10/05/2018	16:56
T06-E6	20	29	27	70	11	18	71	10/05/2018	17:16
T06-E7	20	29	27	70	11	38	77	10/05/2018	17:26
T06-E8	20	29	27	70	11	57	82	10/05/2018	17:50
T06-E9	20	29	27	70	12	30	90	10/05/2018	18:03
T06-E10	20	29	27	70	13	3	93	10/05/2018	18:30
T07-E1	21	0	14	70	10	9	15	10/01/2018	15:39
T07-E2	21	0	14	70	10	15	23	10/05/2018	11:02
T07-E3	21	0	14	70	10	29	45	10/05/2018	10:56
T07-E4	21	0	14	70	10	42	60	10/05/2018	10:49
T07-E5	21	0	14	70	11	1	74	10/05/2018	10:41
T07-E6	21	0	14	70	11	21	77	10/05/2018	10:33
T07-E7	21	0	14	70	11	41	81	10/05/2018	10:25
T07-E8	21	0	14	70	12	0	83	10/05/2018	10:16
T07-E9	21	0	14	70	12	33	90	10/05/2018	10:06
T07-E10	21	0	14	70	13	6	86	10/05/2018	9:44
T08-E1	21	31	58	70	4	35	10	10/01/2018	7:57
T08-E2	21	31	58	70	4	42	20	10/01/2018	8:04
T08-E3	21	31	58	70	4	55	30	10/01/2018	8:15
T08-E4	21	31	58	70	5	8	44	10/01/2018	8:22
T08-E5	21	31	58	70	5	28	62	10/01/2018	8:39
T08-E6	21	31	58	70	5	48	68	10/01/2018	8:48
T08-E7	21	31	58	70	6	7	73	10/01/2018	9:09
T08-E8	21	31	58	70	6	27	79	10/01/2018	9:20
T08-E9	21	31	58	70	6	60	86	10/01/2018	9:43
T08-E10	21	31	58	70	7	33	93	10/01/2018	9:54

Tabla 2. Continuación

estacion	Latitud			longitud			Ecosonda	fecha	hora
	(°)	(m)	(s)	(°)	(m)	(s)			
T09-E1	22	5	16	70	12	16	17	09/30/2018	19:07
T09-E2	22	5	16	70	12	22	26	09/30/2018	19:22
T09-E3	22	5	16	70	12	36	36	09/30/2018	19:29
T09-E4	22	5	16	70	12	49	44	09/30/2018	19:43
T09-E5	22	5	16	70	13	8	47	09/30/2018	19:52
T09-E6	22	5	16	70	13	28	62	09/30/2018	20:10
T09-E7	22	5	16	70	13	48	104	09/30/2018	20:35
T09-E8	22	5	16	70	14	7	115	09/30/2018	21:00
T09-E9	22	5	16	70	14	40	128	09/30/2018	21:12
T09-E10	22	5	16	70	15	13	134	09/30/2018	21:48
T10-E1	22	32	14	70	15	24	15	09/29/2018	18:55
T10-E2	22	32	14	70	15	30	48	09/29/2018	19:07
T10-E3	22	32	14	70	15	43	62	09/29/2018	19:15
T10-E4	22	32	14	70	15	57	68	09/29/2018	19:35
T10-E5	22	32	14	70	16	16	90		
T10-E6	22	32	14	70	16	36	102	09/29/2018	20:13
T10-E7	22	32	14	70	16	56	110	09/29/2018	20:25
T10-E8	22	32	14	70	17	15	124	09/29/2018	20:58
T10-E9	22	32	14	70	17	30	142		
T10-E10	22	32	14	70	18	21	147		
T11-E1	23	0	30	70	20	31	36	09/29/2018	11:00
T11-E2	23	0	30	70	20	38	49	09/29/2018	11:17
T11-E3	23	0	30	70	20	51	54	09/29/2018	11:24
T11-E4	23	0	30	70	21	4	58	09/29/2018	11:39
T11-E5	23	0	30	70	21	24	70	09/29/2018	11:46
T11-E6	23	0	30	70	21	43	75	09/29/2018	12:09
T11-E7	23	0	30	70	22	3	80	09/29/2018	12:18
T11-E8	23	0	30	70	22	23	88	09/29/2018	12:39
T11-E9	23	0	30	70	22	56	95	09/29/2018	12:50
T11-E10	23	0	30	70	23	28	100	09/29/2018	13:24
T12-E1	23	38	19	70	24	22	28		
T12-E2	23	38	19	70	24	28	31		
T12-E3	23	38	19	70	24	41	51		
T12-E4	23	38	19	70	24	55	70		
T12-E5	23	38	19	70	25	14	80		
T12-E6	23	38	19	70	25	34	90		
T12-E7	23	38	19	70	25	54	100		
T12-E8	23	38	19	70	26	13	103		
T12-E9	23	38	19	70	26	46	110		
T12-E10	23	38	19	70	27	19	118		

Tabla 2. Continuación

Estacion	Latitud			longitud			Ecosonda	fecha	hora
	(°)	(m)	(s)	(°)	(m)	(s)			
T13-E1	24	0	0	70	30	59	19	09/28/2018	10:31
T13-E2	24	0	0	70	31	5	35	09/28/2018	10:43
T13-E3	24	0	0	70	31	18	55	09/28/2018	10:51
T13-E4	24	0	0	70	31	32	64	09/28/2018	11:10
T13-E5	24	0	0	70	31	51	86	09/28/2018	11:21
T13-E6	24	0	0	70	32	11	103	09/28/2018	11:51
T13-E7	24	0	0	70	32	31	117	09/28/2018	12:06
T13-E8	24	0	0	70	32	50	129	09/28/2018	12:39
T13-E9	24	0	0	70	33	23	140	09/28/2018	12:54
T13-E10	24	0	0	70	33	56	210	09/28/2018	13:41
T14-E1	24	30	0	70	33	38	13		
T14-E2	24	30	0	70	33	45	16	09/28/2018	0:08
T14-E3	24	30	0	70	33	58	38	09/28/2018	0:17
T14-E4	24	30	0	70	34	11	62	09/28/2018	0:39
T14-E5	24	30	0	70	34	31	104	09/28/2018	0:50
T14-E6	24	30	0	70	34	51	116	09/28/2018	1:24
T14-E7	24	30	0	70	35	10	126	09/28/2018	1:38
T14-E8	24	30	0	70	35	30	166	09/28/2018	2:18
T14-E9	24	30	0	70	36	3	504	09/28/2018	2:33
T14-E10	24	30	0	70	36	35	516	09/28/2018	3:29
T15-E1	25	0	0	70	28	20	30	09/27/2018	15:44
T15-E2	25	0	0	70	28	26	31	09/27/2018	15:53
T15-E3	25	0	0	70	28	40	43	09/27/2018	16:09
T15-E4	25	0	0	70	28	53	54	09/27/2018	16:18
T15-E5	25	0	0	70	29	12	68	09/27/2018	16:41
T15-E6	25	0	0	70	29	32	76	09/27/2018	16:51
T15-E7	25	0	0	70	29	52	85	09/27/2018	17:17
T15-E8	25	0	0	70	30	11	91	09/27/2018	17:28
T15-E9	25	0	0	70	30	31	112	09/27/2018	18:00
T15-E10	25	0	0	70	31	4	202	09/27/2018	18:11

4.3.3. Levantamiento batimétrico

Caracterización de batimetría de los sitios seleccionados del borde costero

La información batimétrica fue levantada a partir de datos obtenidos de imágenes satelitales, de batimetrías realizadas en el marco del proyecto (surgidas del análisis preliminar de algunos sitios) y a partir de datos existentes generados en otras investigaciones, lo que permitió la validación de los datos satelitales. Esta información fue sistematizada e ingresada a un sistema información geográfica, generando capas de información que fueron utilizadas para dar cumplimiento al objetivo 4.4. Debido a que ciertas profundidades fueron poco accesibles para el buceo, se realizó una revisión del fondo marino, para áreas delimitadas y específicas a lo largo de la zona de estudio, utilizando un sistema VideoRay Scout ROV con capacidad máxima de 50 m, con el cual fue posible obtener imágenes para una caracterización batimétrica.

Procesamiento de la información

Para la generación y consolidación de la base digital, los datos de batimetría se catalogaron en 3 fuentes:

Fuente 1: ETOPO 1 obtenida de <https://www.ngdc.noaa.gov/mgg/global/global.html>.

Fuente 2: cartografía digital

Fuente 3: datos levantados de terreno.

Fuente 1: En el año 2008, la NOAA desarrolló el modelo de relieve ETOPO1-1 Arc-Minute. Este producto ETOPO1 fue generado a partir de diversos conjuntos de datos digitales globales y regionales, generando un set único de datos con datum horizontales y verticales comunes (Amante, 2009). Se realizó la descarga y ordenamiento de la base de datos topográfica del ETOPO 1 (Amante y Eakins, 2009) para generar un mapa batimétrico con una resolución de 100 m. ETOPO1 provee información global topográfica y batimétrica entre los 90°N y -90°S y entre 180°E y -180°O, con una resolución de 1 km x 1 km. El área de estudio fue descargada y procesada, y posteriormente exportada desde el formato de origen del producto a formato .GeoTIF, para facilitar su posterior procesamiento y lectura en programas SIG. Para una mejor comprensión de los datos, sólo se consideraron los valores correspondientes a batimetría, por lo cual todos los valores positivos,

correspondientes a topografía de altura, fueron enmascarados y se trabajó sólo con valores de profundidad para el área seleccionada.

Fuente 2: Se realizó la descarga y ordenamiento de imágenes satelitales Sentinel-2 y Sentinel-3 para la búsqueda de sitios aptos, cuyas resoluciones oscilan entre los 10 y los 60 m. Para esto se accedió al sitio oficial de la misión Sentinel-2/Copernicus, “The Copernicus Open Access Hub” (<https://scihub.copernicus.eu>), creándose un usuario del Open Hub (Figura 9).

La búsqueda de imágenes se realizó en función de la posición geográfica (el área de estudio) (Figura 10), la fecha y una baja cobertura de nubes (Figura 11).

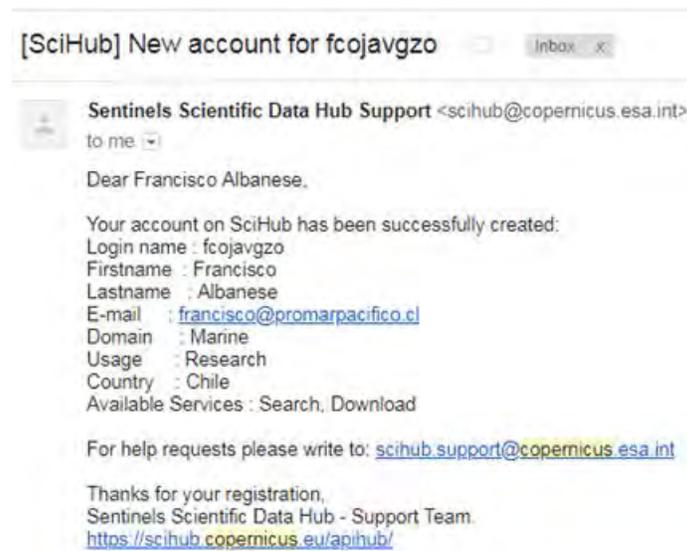


Figura 9. Creación de usuario en SciHub



Figura 10. Área prospectada

The image shows the search criteria interface for Sentinel-2 and Sentinel-3 missions. It is divided into two main sections: 'Advanced Search' and 'Mission: Sentinel-2' / 'Mission: Sentinel-3'.

Advanced Search:

- Sort By: Sensing Date
- Order By: Descending
- Sensing period: From: 2017/10/01 to: 2018/03/02
- Ingestion period: From: to:
- Mission: Sentinel-1 (unchecked)
- Satellite Platform: [Dropdown]
- Product Type: [Dropdown]
- Polarisation: [Text Input]
- Sensor Mode: [Text Input]

Mission: Sentinel-2 (checked):

- Satellite Platform: [Dropdown]
- Product Type: [Dropdown]
- Cloud Cover % (e.g.[0 TO 9.4]): 0 TO 8

Mission: Sentinel-3 (checked):

- Product Type: [Dropdown]
- Timeliness: [Dropdown]
- Instrument: [Text Input]
- Product Level: [Text Input]

Figura 11. Criterios de búsqueda según a) tiempo y b) nubosidad

4.4. Objetivo específico 4: Identificar mediante imágenes satelitales y observaciones directas de condiciones hidrográficas, los sitios potenciales para el desarrollo de la acuicultura costera de la XV, I y II Región

La información base para el desarrollo de este objetivo fueron los resultados obtenidos en los Objetivos Específicos 4.1, 4.2, y 4.3, en relación a los siguientes aspectos:

- Caracterización del área de estudio (en base a información de segunda fuente)
- Imágenes satelitales procesadas e interpretadas
- Resultados de las campañas oceanográficas
- Mapa batimétrico de la zona de estudio

Además, se incluyó información referente a zonas con restricciones administrativas y de disponibilidad de recursos en torno al área de estudio, y datos técnicos relacionados con las características básicas necesarias para el desarrollo de cultivos acuícolas de orden general (peces, moluscos, algas, etc.).

Finalmente, se procedió a realizar un modelo de selección a través de una evaluación multicriterio, generándose mapas temáticos de las diferentes variables y mapas regionales con las zonas seleccionadas para acuicultura con su respectiva categorización.

4.4.1. Generación de mapa base y Selección de capas de información necesarias para la definición de sitios potenciales

Se buscaron y seleccionaron capas secundarias con información georreferenciada de zonas con diferentes tipos de afecciones, tanto de índole legal como social dentro del área de estudio. En la búsqueda de información de segunda fuente, se logró identificar un total de 21 capas de coberturas geográficas de interés y pertinencia para el presente estudio. Todas estas coberturas fueron verificadas de acuerdo a su origen, metadatos y actualizaciones.

4.4.2. Análisis y representación geográfica de Afecciones y/o Restricciones

Con las capas identificadas y seleccionadas en el punto anterior, se procedió a su validación y corrección espacial en los casos en que fue necesario. Con esta información se realizó un análisis de las áreas con restricciones presentes en la zona de estudio, con la finalidad de generar un Mapa de Áreas Libres.

Se identificaron 15 capas geográficas que representaban afecciones y/o restricciones con pertinencia para los análisis del estudio, las que fueron validadas respecto de su origen y metadatos y se detallan en la Tabla 3.

Tabla 3: Capas de coberturas asociadas a Afecciones y/o Restricciones para la zona de estudio.

ID	Nombre	Fuente	Formato
1	Áreas de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos	Subsecretaría de Pesca y Acuicultura	SHP
2	Áreas Marinas Costeras Protegidas	Ministerio del Medio Ambiente	SHP
3	Cartografía Digital A.A.A. (XV, I y II Regiones)	Subsecretaría de Pesca y Acuicultura	DWG
4	División Política Administrativa (polígonos)	INE	SHP
5	Reservas Marinas	Ministerio del Medio Ambiente	SHP
6	Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE)	Ministerio de Bienes Nacionales	SHP
7	Santuario de la Naturaleza	Consejo de Monumentos Nacionales	SHP
8	Reservas Nacionales	Ministerio del Medio Ambiente	SHP
9	Sitios definidos por Estrategia Regional de Biodiversidad	Ministerio del Medio Ambiente	SHP
10	Sitios Prioritarios de Conservación de la Biodiversidad	Ministerio del Medio Ambiente	SHP
11	Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas	Superintendencia de Servicios Sanitarios	SHP
12	Zonas de Exclusión Militar	Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada	SHP
13	Concesiones de Acuicultura	Subsecretaría de Pesca y Acuicultura	SHP
14	Áreas de Fondeo Embarcaciones	GEF-PNUD Humboldt	SHP
15	Zonas de Actividad Industrial	GAP Chile	SHP

La revisión previa de las capas arrojó que sólo 7 representaban restricciones para la zona y los objetivos del estudio. Lo anterior se debió a que las capas 2, 6, 7 y 8 no presentaban datos en mar para la zona de estudio, la capa 4 corresponde a información transversal y no prohibitiva, la capa 10 se encontró contenida en la capa 9 y las capas 3 y 13 estaban asociadas a normativas y actividades de acuicultura en la zona de estudio, lo cual es complementario al presente estudio y no representan una restricción. Dado lo anterior, se definió un modelo de sustracción de 7 pasos para determinar las zonas libres de restricciones del área de estudio (Figuras 12 y 13).

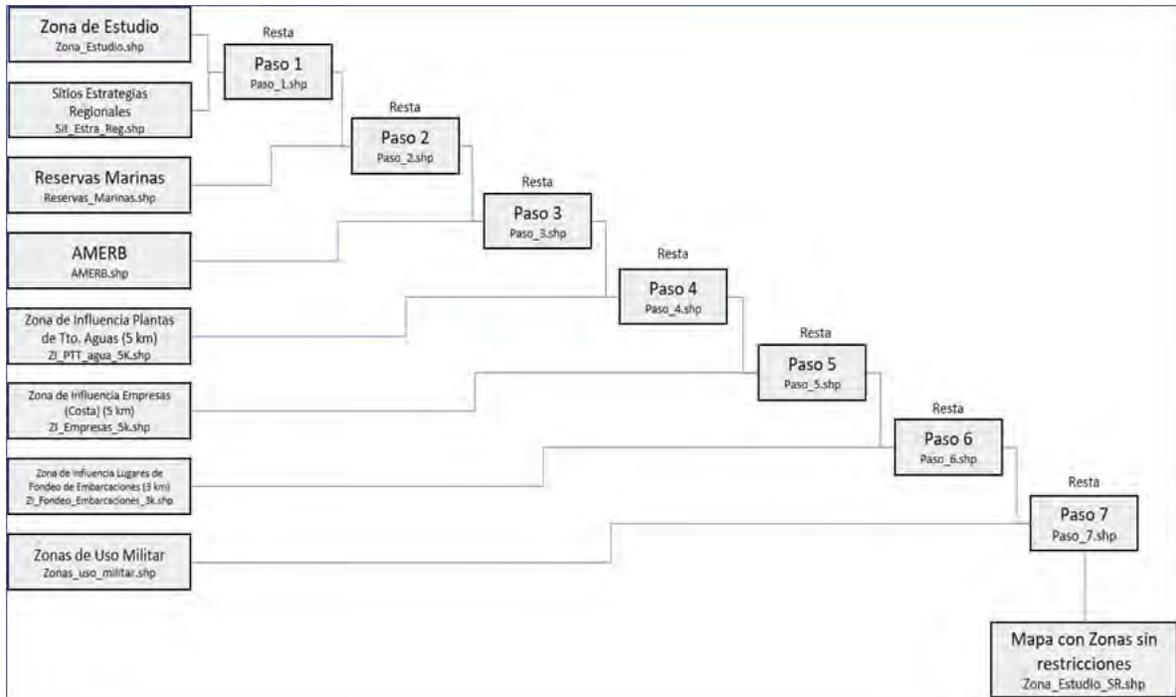


Figura 12. Modelo de sustracción de capas

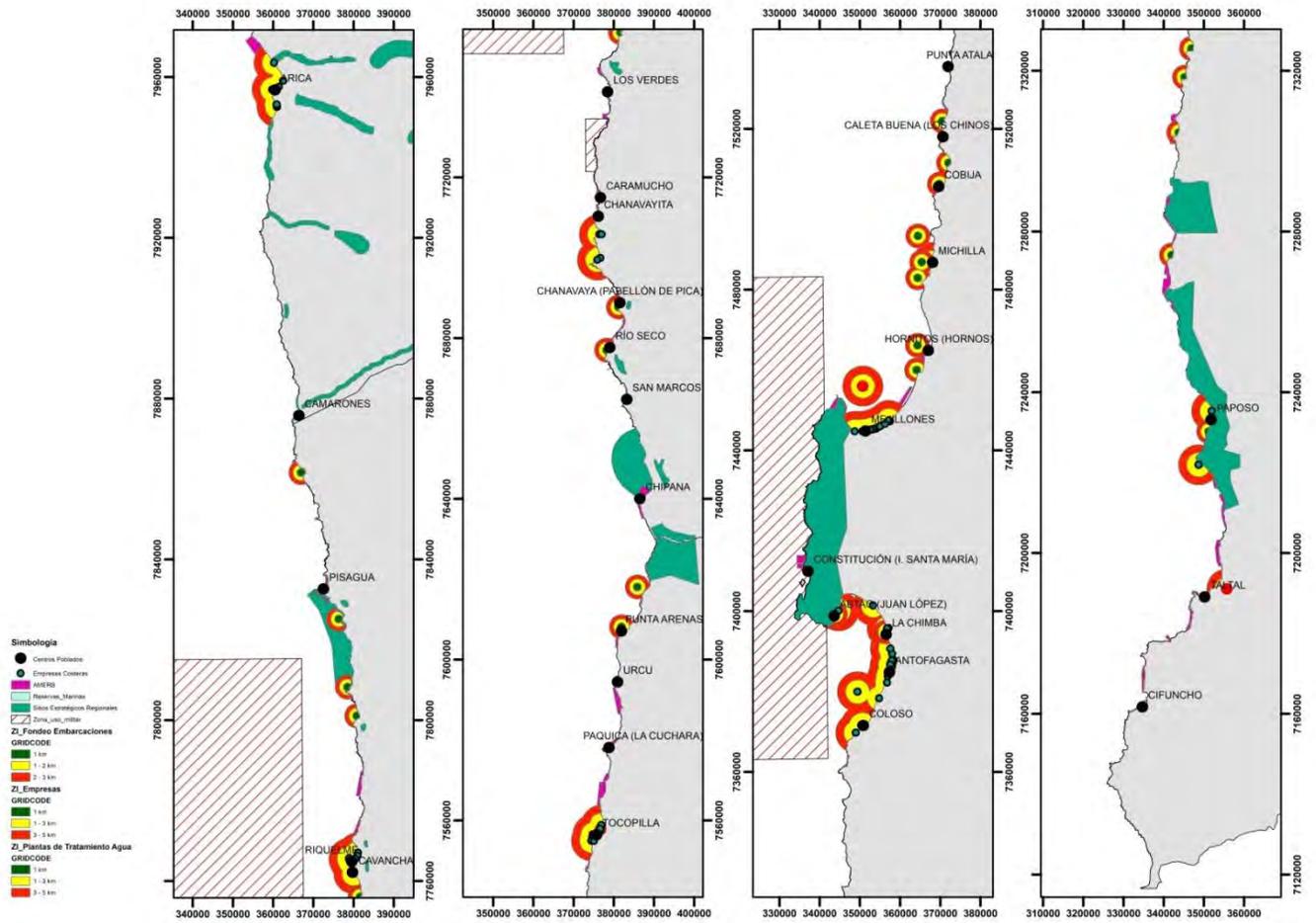


Figura 13. Mapa de Zonas con Restricciones

4.4.3. Análisis de Disponibilidad de Recursos

Con la información previamente obtenida, se realizó un análisis de disponibilidad de recursos presentes en la zona de estudio, con la finalidad de generar un Mapa de Áreas con Disponibilidad de Recursos en la Zona de Estudio.

En este caso se identificaron 6 capas, todas validadas respecto de su origen y metadatos. La Tabla 4 muestra el detalle de las capas consideradas para el análisis.

Tabla 4. Capas de coberturas geográficas asociadas a la disponibilidad de recursos del área de estudio.

ID	Nombre	Fuente	Formato
1	Caletas Pesqueras Decretadas	Servicio nacional de Pesca y Acuicultura	SHP
2	Centros Poblados - Censo 2017	INE	SHP
3	Red Vial Nacional	Ministerio de Obras Públicas	SHP
4	Energía (cobertura eléctrica)	Ministerio de Energía	SHP
5	Terminales Marítimos	Ministerio de Energía	SHP
6	Atractivos Turísticos Nacionales	Servicio Nacional de Turismo	SHP

Con las capas seleccionadas se definió un modelo de intersección para identificar las áreas con disponibilidad de recursos en la zona de estudio, en este caso se determinó utilizar un buffer de cobertura de 20 km para todas las capas, excepto para la capa de la zona de influencia de Atractivos Turísticos, para la cual se utilizó un buffer de cobertura de 1,5 km. En relación al buffer de 20 km, este obedece a que las distancias existentes entre las ciudades principales en la zona de estudio son, en promedio, mayor a 200 km, sin embargo, entre centros poblados menores en la I Región, como caletas de pescadores, varía entre 12 y 24 km. Por lo anterior, una distancia de 20 km como zona de influencia de los centros poblados es adecuada para el análisis, por otra parte, una accesibilidad con una cobertura de 20 km hacia el borde costero desde la red vial, asegura un desplazamiento efectivo desde cualquier centro poblado.

4.4.4. Análisis de Aptitudes Físicas

Este análisis incorporó los datos técnicos relacionados con las características básicas necesarias para el desarrollo de cultivos acuícolas de orden general (peces, moluscos, algas, etc.), obtenidos desde literatura relacionada con el presente trabajo (Alvares-Lajonchere y Pérez-Roa, 2012; Dapuetto *et al.*, 2015; Pérez *et al.*, 2003; Radiarta *et al.*, 2008; Falconer *et al.*, 2016, entre otros). Con esta información se definieron criterios cualitativos y cuantitativos de aptitudes, con el objetivo de generar rangos de aptitudes de los diferentes factores en base a su importancia.

Lo anterior fue cruzado con la información obtenida en los Objetivos Específicos 4.1, 4.2, y 4.3.

Las capas de variables físicas, químicas y biológicas utilizadas para este análisis se muestran en la Tabla 5. Para el caso del oxígeno disuelto los valores fueron transformados de mol/m³ a mL/L para el análisis, representación y reclasificación de la variable.

Tabla 5. Capas de coberturas geográficas asociadas a variables Biofísicas en el área de estudio.

Id	Nombre	Fuente	Formato
1	Profundidad (m)	https://www.ngdc.noaa.gov/mgg/global/global.html	Raster (GeoTIF)
2	Velocidad de corriente (m/s)	http://www.bio-oracle.org/	Raster (GeoTIF)
3	Altura de Ola (m)	https://coastwatch.pfeg.noaa.gov/erddap/index.html/	Raster (GeoTIF)
4	Temperatura del agua (°C)	http://www.bio-oracle.org/	Raster (GeoTIF)
5	Clorofila a (mg/m ³)	http://www.bio-oracle.org/	Raster (GeoTIF)
6	Oxígeno disuelto (mol.m ⁻³)	http://www.bio-oracle.org/	Raster (GeoTIF)

4.4.5. Análisis Multicriterio y Evaluación de Aptitud

Para el análisis multicriterio se utilizaron las capas ráster de las variables físicas, químicas y biológicas reclasificadas en el punto anterior, además se incorporaron las capas de Disponibilidad de Recursos las cuales fueron convertidas a formato ráster y reclasificadas por rangos de valores.

En primera instancia se determinó el peso relativo de cada variable utilizando la metodología AHP (Analytical Hierarchy Proces) que corresponde a un método para comparar criterios de decisión. El procedimiento involucró la generación de matrices de comparación pareadas que entregan la importancia relativa de cada una de las variables

incorporadas como resultado del cruce. Los criterios para asignar la importancia de una variable sobre otra, se establecieron en una escala de niveles de importancia relativa con valores de 1 a 9 (Tabla 6).

Tabla 6. Escala de niveles de importancia para comparación de variables (Saaty, 1977, Tomado de Salgado y Blanco, 2000)

Nivel de Importancia	Condición de Importancia	Explicación
1	Igual Importancia	Dos variables contribuyen igual en el objetivo
3	Importancia Débil de una sobre la otra	La experiencia y el juicio favorecen levemente una variable sobre la otra
5	Importancia Marcada o Esencial	La experiencia y el juicio favorecen firmemente una variable sobre la otra
7	Importancia Demostrada	Una variable es fuertemente favorecida y su importancia se ha demostrado en la practica
9	Importancia Absoluta	La evidencia favorece una variable sobre la otra, es la jerarquía más alta de afirmación
2, 4, 6, 8	Importancia intermedia entre las dos Jerarquías Adyacentes	Cuando se hace necesario un acuerdo o arreglo

Una vez completada la matriz de comparación pareada, la suma de cada columna debe estar entre el 1 y el 100%. Luego, esta matriz se normalizó en una nueva matriz, en la se determinó el peso de cada variable calculando el promedio aritmético de cada fila. Finalmente, para determinar si los pesos calculados son consistentes con las importancias asignadas a las variables se debe calcular la Razón de Consistencia. Cuando el valor de esta razón es menor o igual a 0,1, la asignación de importancia y los pesos de importancia relativa se aceptan, cuando el valor es mayor a 0,1, la asignación de importancia puede presentar sesgos y es necesario evaluar nuevamente la importancia de las variables (Tablas 7, 8, 9 y 10).

Tabla 7. Matriz de Comparaciones pareadas para variables Biofísicas

Variabes	Profundidad	Velocidad de corriente	Altura de Ola	Temperatura	Clorofila a	Oxígeno disuelto
Profundidad	1	1/2	1/2	1/4	5	1/4
Velocidad de corriente	2	1	1/3	1/4	5	1/3
Altura de Ola	2	3	1	1/4	5	1/3
Temperatura	4	4	4	1	5	1
Clorofila a	1/5	1/5	1/5	1/5	1	1/5
Oxígeno disuelto	4	3	3	1	5	1
Suma	13,20	11,70	9,03	2,95	26,00	3,12

Tabla 8. Matriz Normalizada con Pesos de Importancia Relativa para cada variable Biofísica (Razón de Consistencia 0,09)

Variabes	Profundidad	Velocidad de corriente	Altura de Ola	Temperatura	Clorofila a	Oxígeno disuelto	Peso
Profundidad	0,076	0,043	0,055	0,085	0,192	0,080	8,85%
Velocidad de corriente	0,152	0,085	0,037	0,085	0,192	0,107	10,96%
Altura de Ola	0,152	0,256	0,111	0,085	0,192	0,107	15,04%
Temperatura	0,303	0,342	0,443	0,339	0,192	0,321	32,33%
Clorofila a	0,015	0,017	0,022	0,068	0,038	0,064	3,75%
Oxígeno disuelto	0,303	0,256	0,332	0,339	0,192	0,321	29,06%
Suma	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	100,00%

Tabla 9. Matriz de Comparaciones pareadas para variables de Recursos

Variabes	Cercanía a Puertos	Atractivos Turísticos	Centros Poblados (Mano de Obra)	Proximidad a Fuentes de Insumos (Ciudades)	Energía Eléctrica	Accesibilidad (Red Vial)
Cercanía a Puertos	1	7	1	1	5	3
Atractivos Turísticos	1/7	1	1/7	1/7	1/4	1/7
Centros Poblados (Mano de Obra)	1	7	1	2	5	1
Proximidad a Fuentes de Insumos (Ciudades)	1	7	1/2	1	5	3
Energía Eléctrica	1/5	4	1/5	1/5	1	1/5
Accesibilidad (Red Vial)	1/3	7	1	1/3	5	1
Suma	3,68	33,00	3,84	4,68	21,25	8,34

Tabla 10. Matriz Normalizada con Pesos de Importancia Relativa para cada variable de Recursos (Razón de Consistencia 0,08)

Variables	Cercanía a Puertos	Atractivos Turísticos	Centros Poblados (Mano de Obra)	Proximidad a Fuentes de Insumos (Ciudades)	Energía Eléctrica	Accesibilidad (Red Vial)	Peso
Cercanía a Puertos	0,272	0,212	0,260	0,214	0,235	0,360	25,88%
Atractivos Turísticos	0,039	0,030	0,037	0,031	0,012	0,017	2,76%
Centros Poblados (Mano de Obra)	0,272	0,212	0,260	0,428	0,235	0,120	25,45%
Proximidad a Fuentes de Insumos (Ciudades)	0,272	0,212	0,130	0,214	0,235	0,360	23,72%
Energía Eléctrica	0,054	0,121	0,052	0,043	0,047	0,024	5,69%
Accesibilidad (Red Vial)	0,091	0,212	0,260	0,071	0,235	0,120	16,49%
Suma	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	100%

Con los pesos de importancia relativa calculados para todas las variables, se realizó un primer análisis con las variables físicas, químicas y biológicas, y un segundo análisis con las variables de Disponibilidad de Recursos. Para esto se utilizó el Software ArcGis 10.1, con el cual se construyó un modelo de superposición de capas ponderadas con la herramienta ModelBuilder y el proceso Weighted Overlay (Figuras 14 y 15).

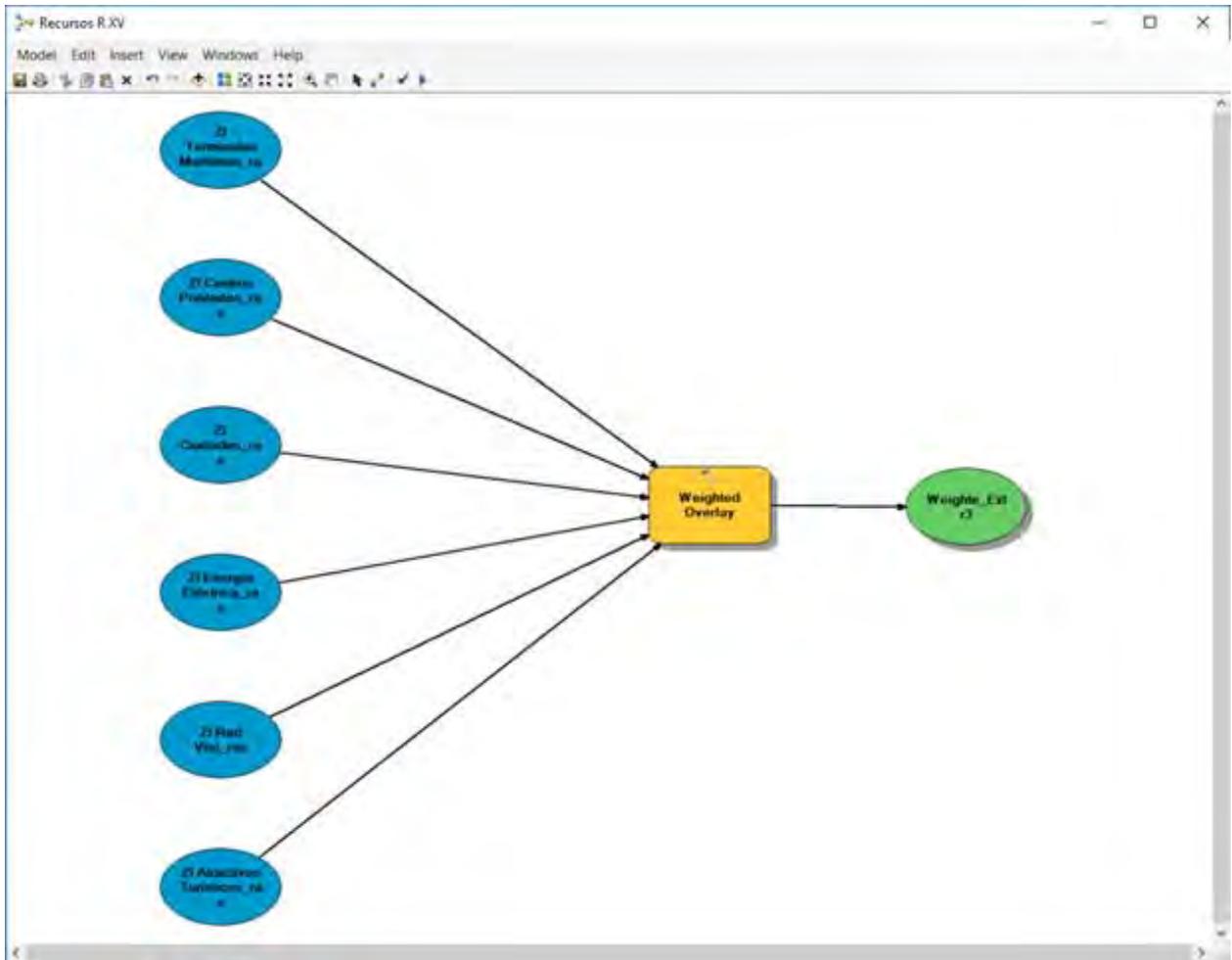


Figura 14. Herramienta utilizada para generar el modelo de superposición de capas ponderadas variables Biofísicas

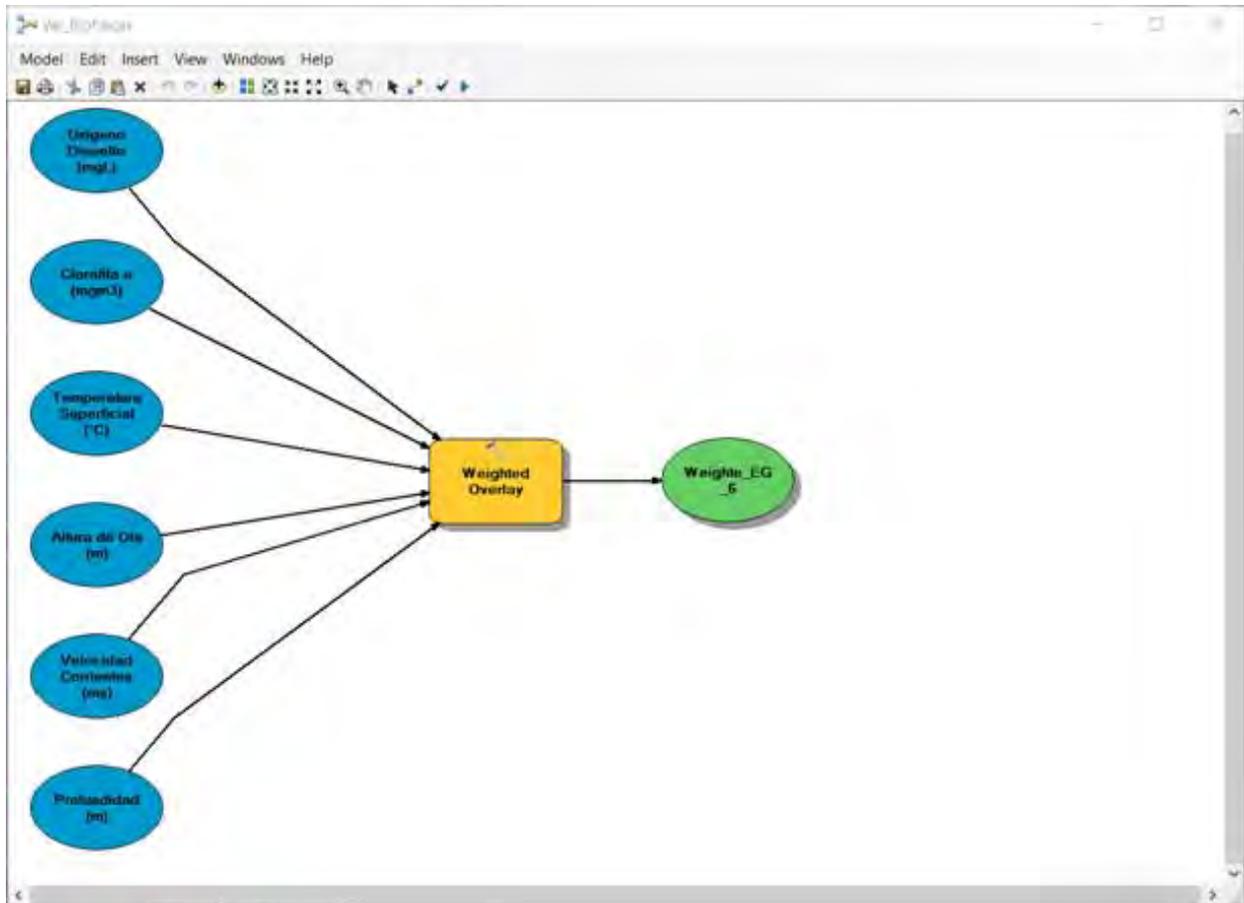


Figura 15. Herramienta utilizada para generar el modelo de superposición de capas ponderadas variables de Recursos

El proceso Weighted Overlay, integra la tabla de criterios de calificación de las variables con los rangos establecidos, y la tabla de ponderación o peso de importancia relativa de cada variable. La salida es una capa ráster con una calificación para cada pixel, que para el caso del presente estudio fue desde el valor (1) calificado como “Malo”, (3) calificado como “Aceptable” y (5) calificado como “Bueno”. Una vez que el modelo fue ejecutado y el ráster de salida cumplió con la validación del sistema, es decir, no arrojó errores en su construcción y ejecución, éste fue convertido a una capa de polígonos para completar el análisis correspondiente.

Las Tablas 11 y 12, contienen los parámetros de entrada en el modelo para el caso de las variables Biofísicas y de Recursos.

Tabla 11. Parámetros de entrada al modelo para variables Biofísicas

Variable	Ponderación (%)	Rangos	Calificación	Concepto
Profundidad (m)	9%	< 15	1	Malo
		15 - 40	5	Bueno
		40 - 150	3	Aceptable
Velocidad de corriente (m/s)	11%	0.05 - 0.1	3	Aceptable
		0.1 - 0.2	5	Bueno
Altura de Ola (m)	15%	< 1	5	Bueno
		1 - 2	3	Aceptable
		2 - 3	1	Malo
Temperatura (°C)	32%	< 16	1	Malo
		16 - 18	3	Aceptable
		18 - 21	5	Bueno
		21 - 23	3	Aceptable
Clorofila a (mg/m ³)	4%	< 8	1	Malo
		8 - 15	3	Aceptable
		> 15	5	Bueno
Oxígeno Disuelto (mL/L)	29%	3.4 – 4.1	3	Aceptable
		> 4.1	5	Bueno

Tabla 12. Parámetros de entrada al modelo para variables de Recursos

Variable	Ponderación (%)	Rangos	Calificación	Concepto
Cercanía a Puertos (km)	26%	> 10	1	Malo
		5 - 10	3	Aceptable
		1 - 5	5	Bueno
Distancia a Zonas Turísticas (km)	3%	< 1	1	Malo
		1 - 1,5	3	Aceptable
Distancia a Centros Poblados (Mano de Obra) (km)	25%	> 1,5	5	Bueno
		> 20	1	Malo
		15 - 20	3	Aceptable
Proximidad a Fuentes de Insumos (Ciudades Principales) (km)	24%	10 - 15	5	Bueno
		> 20	1	Malo
		10 - 20	3	Aceptable
Proximidad a Cobertura Eléctrica (km)	6%	5 - 10	5	Bueno
		> 20	1	Malo
		10 - 20	3	Aceptable
Proximidad a Red Vial (Accesibilidad) (km)	16%	> 20	1	Malo
		10 - 20	3	Aceptable
		5 - 10	5	Bueno

4.4.6. Cruce de Resultados con Datos Registrados In Situ

Para el cruce de los datos, registrados durante las campañas de verano y principio de primavera, con las zonas seleccionadas con aptitudes y recursos para el desarrollo de actividades de acuicultura, se generaron imágenes ráster con una extensión desde la costa hasta las 3 millas náuticas, distancia correspondiente a la posición de la última estación de muestreo por transecta.

Se generaron ráster para los datos de temperatura y oxígeno disuelto en las profundidades de 1, 10 y 25 metros, obteniéndose 3 imágenes ráster de temperatura y oxígeno disuelto por campaña.

El cruce con las capas de zonas seleccionadas se realizó con la aplicación de una extracción por máscara para cada ráster. El resultado de esta intersección fue reclasificado por el rango de valores de cada variable (temperatura en °C y oxígeno disuelto en mL/L).

Posteriormente se procedió a describir y caracterizar el comportamiento de la temperatura y oxígeno en verano y principio de primavera en cada una de las profundidades especificadas anteriormente.

5.- RESULTADOS.

Objetivo específico 1: Analizar y sistematizar la información disponible referente a la batimetría y características oceanográficas y biológicas del área de estudio, para contribuir a la selección de sitios potenciales de cultivos costeros.

Revisión Bibliográfica

Se revisó un total de 290 revistas y/o publicaciones con información atinente al proyecto y relacionada al área de estudio. Del total se entregan 124 como respaldo, incluyendo informes técnicos y publicaciones científicas. Se adjunta base de datos actualizada y ordenada en formato EndNote X8.

Información Biológica

Para el caso de la información biológica, se elaboró una base de datos en formato Excel y luego se generó una cobertura georeferenciada para su proyección en SIG. La planilla fue ordenada con los siguientes campos y descriptores:

Nombre campo	Descripción
ID	Número correlativo
N_C_C	Nombre científico de la especie
NOM_COM_ES	Nombre común de la especie
PESQUERÍA	Se indica si la especie es explotada comercialmente
LATITUD	
LONGITUD	
SOURCE	Fuente/origen de la información

Se obtuvo un total de 105.387 registros correspondientes a 262 especies, de las cuales un 75% corresponde a especies que no constituyen pesquerías. El registro incluye desde organismos pertenecientes al grupo del fitoplancton hasta formas presentes en fondos blandos y rocosos del intermareal costero de la zona de estudio (Figura 16).

El grupo lapa es el que registra la mayor cantidad de especies en el sector, con 18.832 registros (18%), seguido del grupo diatomea, del cual se recopilieron un total de 10.195 datos (9,6 %) para la zona.

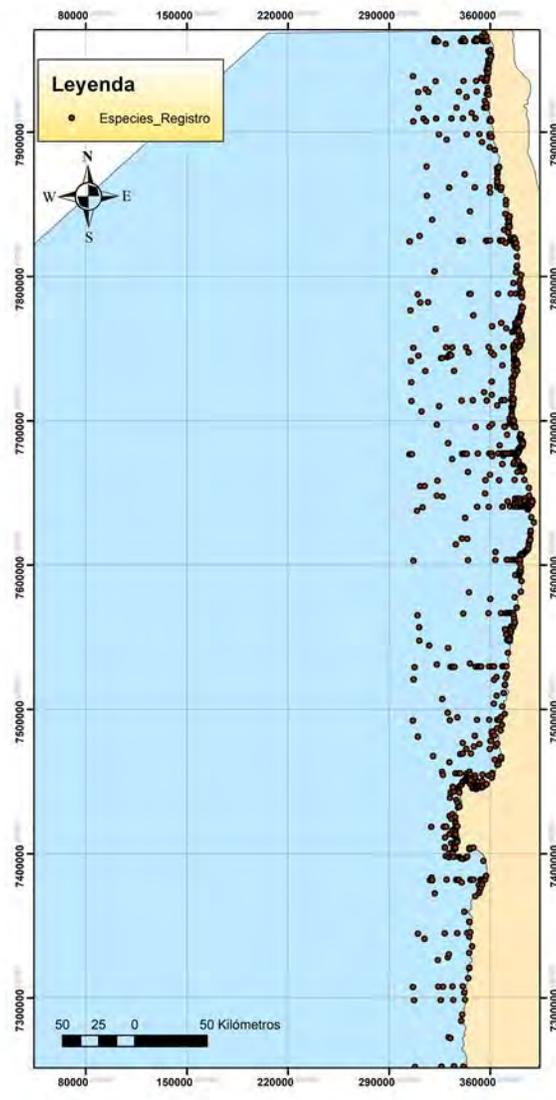


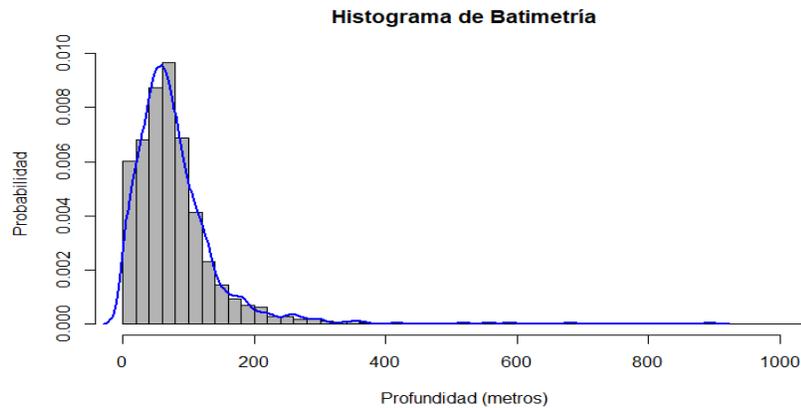
Figura 16. Distribución espacial de registros de especies disponibles para la zona de estudio.

Batimetría

La información de batimetría disponible en Etopo 1 para el sector de interés, estuvo disponible en formato raster, el que se empleó como formato de entrada en los procesos desarrollados posteriormente. En la Tabla 13 se entrega un resumen de variables descriptivas de los datos de batimetría obtenidos de Etopo 1, y la Figura 17 muestra el diagrama de frecuencia de éstos (<https://www.ngdc.noaa.gov/mgg/global/global.html>).

Tabla 13. Resumen de variables descriptivas de los datos de batimetría disponibles.

	Media	SD	Mínimo	1er cuantil	Mediana	3er cuantil	Máximo
Batimetría	-80.03	-1025	-1025	-98	-67	-39	-1

**Figura 17. Distribución de frecuencia de datos de batimetría disponible en raster generado para el área de estudio.**

En forma complementaria, se trabajó con las cartas SHOA 1000 y 2000, que incluyen las regiones consideradas en el estudio. Se obtuvo un total de 3.058 registros de profundidad, de los cuales un 69,2% se encuentran en la zona del presente proyecto (Figura 18), y el 50% de ellos cubren un rango de profundidad entre los 2,3 y los 750 metros (Figura 19).

El uso del sistema VideoRay Scout ROV, estuvo planificado para luego de haber realizado el proceso de selección de sitios aptos, y en la medida que estos constituyeran áreas delimitadas y específicas a lo largo de la zona de estudio. Los resultados indicaron finalmente grandes áreas de selección, por lo cual el sistema ROV se limitó a la recopilación de información de referencia en una zona específica.

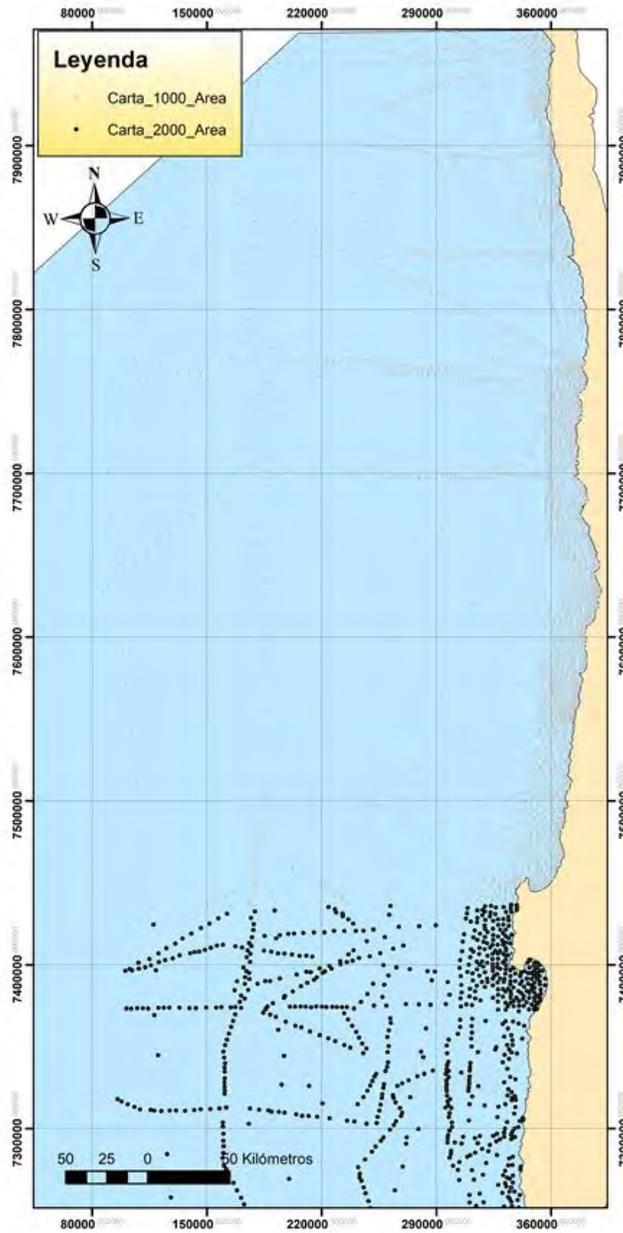


Figura 18. Distribución espacial de datos de profundidad disponibles de la digitalización de las cartas SHOA 1000 y 2000 para las regiones XV, I y II.

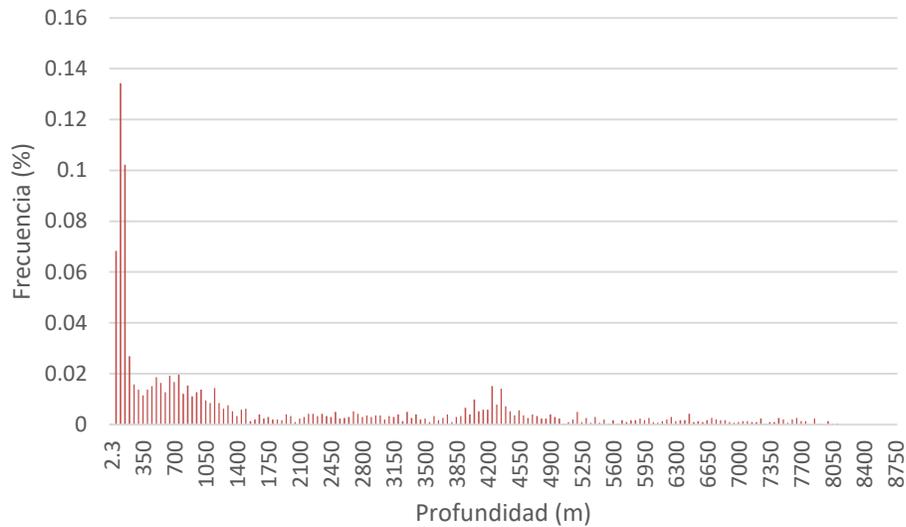


Figura 19. Distribución de veriles de profundidad disponibles de la digitalización de las cartas SHOA 1000 y 2000.

Información Oceanográfica

La información proviene de la realización de diferentes cruceros oceanográficos y se obtuvo de la base de datos Cendhoc, que dispuso de un total de 88.463 registros. El rango de profundidad de la información varió entre la superficie y los 2.516 m, concentrándose el 50% en los primeros 50 m, presentando una distribución asimétrica negativa con un valor promedio $153,69 \pm 292,1$ metros y una moda en los 10 metros (Figura 20).

Los datos corresponden, principalmente, a temperatura, salinidad, densidad y oxígeno disuelto, esto últimos son los más escasos para el área, correspondiendo a sólo el 2,5% del total (Tabla 14).

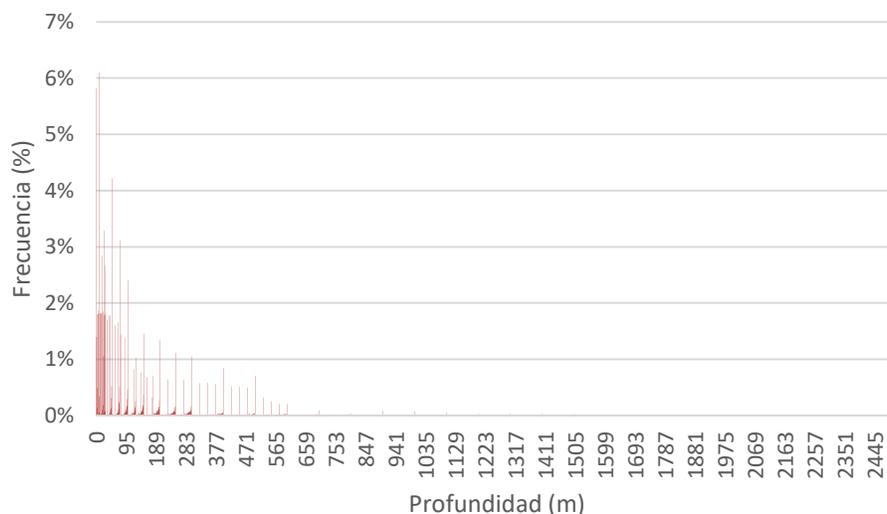


Figura 20. Distribución de veriles de profundidad disponibles de la base de datos Cendhoc.

Tabla 14. Resumen de variables temperatura (°C), salinidad (ppm), oxígeno (mL/L) y densidad (kg/m³) obtenida de la base de datos Cendhoc que involucra diferentes cruceros disponibles para la XV, I y II Regiones.

	Parámetros	Profundidad									Total
		5	10	15	25	50	100	200	500	+500	
Temperatura	Promedio	17,97	17,29	17,08	16,13	14,97	13,48	12,52	10,23	4,98	13,94
	Desv Est	2,38	2,41	2,37	2,38	2,05	1,10	0,71	1,46	1,83	3,84
	Máx.	26,70	26,64	25,60	25,77	25,58	20,30	17,24	15,81	10,24	26,70
	Mín	9,99	9,99	9,99	9,99	9,99	9,99	1,26	1,28	1,84	1,26
Salinidad	Promedio	34,89	34,89	34,91	34,88	34,85	34,82	34,86	34,72	34,55	34,82
	Desv Est	0,23	0,23	0,24	0,23	0,20	0,13	0,08	0,11	0,07	0,20
	Máx.	35,98	35,98	35,98	35,99	35,99	35,98	35,88	35,76	34,94	35,99
	Mín	34,06	34,02	34,30	34,19	34,00	34,00	34,03	34,19	34,02	34,00
Oxígeno	Promedio	5,30	4,53	S/I	3,56	2,42	1,55	1,20	1,77	1,98	2,76
	Desv Est	0,82	1,34	S/I	1,75	1,88	1,97	1,92	2,18	0,35	2,24
	Máx.	8,67	6,93	S/I	9,60	9,00	9,80	9,30	9,00	3,02	9,80
	Mín	2,08	0,68	S/I	0,29	0,09	0,03	0,02	0,09	1,06	0,02
Densidad	Promedio	25,13	25,27	25,35	25,49	25,66	25,79	25,68	25,14	22,41	25,27
	Desv Est	0,54	0,51	0,45	0,45	0,40	0,21	0,13	0,27	2,40	1,08
	Máx.	26,30	26,36	26,43	26,47	26,48	26,30	26,10	25,94	24,83	26,48
	Mín	23,01	23,27	23,61	23,29	9,52	24,47	24,79	24,15	15,54	9,52

S/I Sin información

El problema con esta información es que carece de una temporalidad sistemática y, además, que cubre sólo el 13% de las estaciones definidas para las campañas oceanográficas, acentuándose esto especialmente dentro de la primera milla náutica, lo que limita su uso para la definición de los potenciales sectores para el desarrollo de actividades de acuicultura (Figura 21).

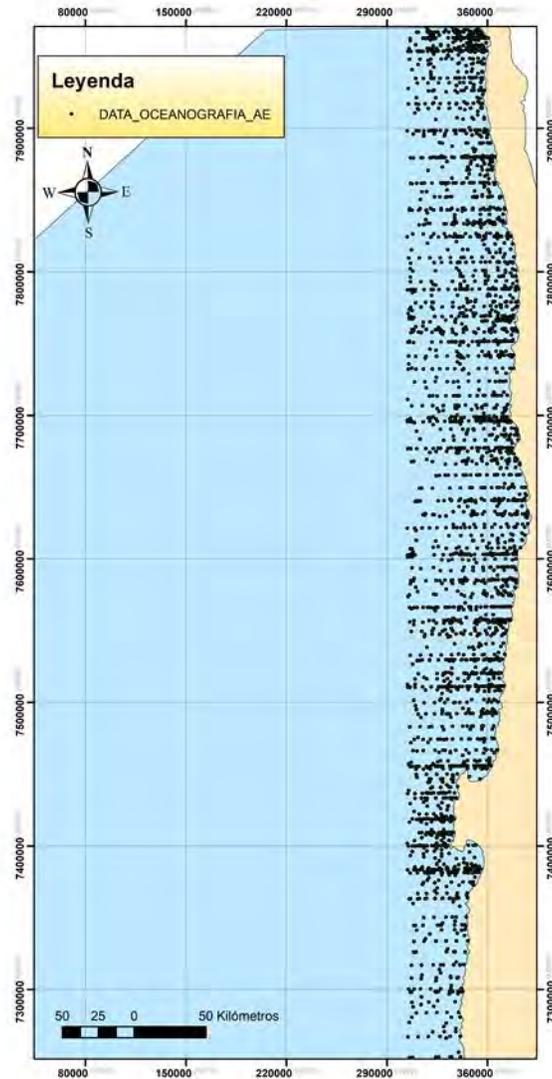


Figura 21. Distribución espacial de datos oceanográficos disponibles para el área de estudio.

Distribución temporal en la concentración de oxígeno disuelto

Con el objetivo de evidenciar la variabilidad temporal del oxígeno disuelto asociado a los eventos de surgencia, se consideró la información obtenida durante la realización del Proyecto FIP 2007-45, que consideró el análisis semanal de la distribución vertical del oxígeno disuelto durante el invierno de 2008 y el verano de 2009, en el sector de Chipana ($21^{\circ}18'S$) y entre 1 y 7 mn de la costa.

La serie de tiempo mostró la ocurrencia permanente de procesos de surgencia que manifestaron diferente intensidad, lo que es propio de la zona (Fuenzalida 1990; 1992), acompañados de cambios en la posición del límite superior de la capa de mínimo de oxígeno.

Durante el invierno de 2008, se inició un evento de surgencia en la semana del 9 de julio, acompañado de un leve ascenso de las isolíneas de oxígeno. Este evento alcanzó su máxima magnitud el 23 de julio, revelado por un valor del índice de surgencia de $892 \text{ m}^3/\text{s}$. El 6 de agosto se produjo una relajación de la surgencia de aproximadamente 6 días, y el 12 de agosto, nuevamente se intensificó alcanzando su máximo desarrollo el día 20, cuando el valor del índice llegó a $585 \text{ m}^3/\text{s}$. Finalmente, se observó la manifestación de un evento permanente entre el 28 de agosto y 10 de septiembre, asociado a valores del índice que fluctuaron entre $191 \text{ m}^3/\text{s}$ a $529 \text{ m}^3/\text{s}$. La posición del límite superior de la mínima de oxígeno disuelto (representado por la oxilínea de 1 mL/L) exhibió una la variabilidad concordante con la intensidad de la surgencia, localizándose entre 25 y 62 m de profundidad (Figura 22).

Durante el verano de 2009, el día 15 de enero se inició un evento de surgencia que alcanzó su máxima magnitud el día 28, asociado a un índice de surgencia costera del orden de $520 \text{ m}^3/\text{s}$. El 3 de febrero el índice disminuyó a $178 \text{ m}^3/\text{s}$, indicando que el afloramiento entró en una fase débil de relajación. El 10 de febrero nuevamente se incrementa llegando a su máxima magnitud el 3 de marzo, pero los valores fluctuaron entre $305 \text{ m}^3/\text{s}$ y $410 \text{ m}^3/\text{s}$, que corresponden a un evento de menor magnitud. Posteriormente, el 16 de marzo el sistema entró en una fase de relajación con un índice de $112 \text{ m}^3/\text{s}$ y, a partir del 20 nuevamente se incrementó a $468 \text{ m}^3/\text{s}$. Asociado a esta variabilidad en la intensidad de los eventos de surgencia, se registró el ascenso y descenso de las oxilíneas, y el límite superior de la mínima de oxígeno disuelto se ubicó entre los 10 y 30 m de profundidad (Figura 23).

Por otra parte, para analizar la evolución en el tiempo de la zona de mínima concentración de oxígeno en la columna de agua, como asimismo de la temperatura, salinidad y clorofila-a, se utilizó información de los Boletines Bio-oceanográficos que edita el Instituto Fomento Pesquero (https://www.ifop.cl/wp-content/uploads/2018/11/BOLETIN_N_1_septiembre-2018.pdf).

Al respecto, la señal de la estructura térmica para las regiones XV, I y II, mostró la ocurrencia del evento El Niño 2015-2016, el que tuvo un carácter débil en la región, debido a la intensificación del jet Humboldt en el Hemisferio Sur, producto del deshielo continuo que se está desarrollando en la antártica en las últimas tres décadas, que transportó aguas fría y menos salinas hacia la zona norte de Chile por el borde continental (Fuenzalida *et al.*, 2008). Esta situación trajo como consecuencia que el paso de las ondas Kevin que transmiten calor hacia el Hemisferio Sur, no generaran un excesivo aumento de la temperatura en la zona norte de Chile.

El evento El Niño 2015-2016 en la zona de Arica, se observó claramente con la profundización de la isoterma de 15°C, del límite superior de la zona de mínima concentración de oxígeno (1 mL/L) y con el incremento relativo de la salinidad (>35,2 psu). En Iquique, se observó el mismo patrón y para la zona de Mejillones se registró un incremento leve en la intensidad y la profundización de la zona de mínima concentración de oxígeno fue menor. Posterior al evento El Niño 2015-2016, la presencia de anomalías térmicas negativas (-1,5°C) en Arica y Mejillones, evidenciaron el evento La Niña 2017-2018, el cual estuvo asociado a bajas temperaturas y a una zona de mínima concentración de oxígeno que se ubicó entre los 10 y 20 m de profundidad. En Iquique, a esos niveles de profundidad (10-20 m), las aguas se presentaron más oxigenadas (Figuras 24, 25 y 26).

Desde el punto de vista de la biomasa fitoplanctónica (clorofila-a) las series de Arica, Iquique y Mejillones, no evidenciaron el efecto del El Niño 2015-2016, ya que la capa superficial (sobre los 25 m de profundidad), siempre mantuvo concentraciones superiores a 1 mg Cl-a/m³. Las tres series muestran que en el verano del 2016 y 2017 se observó una disminución de la concentración de clorofila-a, tal vez como parte de la inercia de la evolución del evento El Niño que se manifestó en el periodo más cálido del sistema (Figuras 24, 25 y 26).

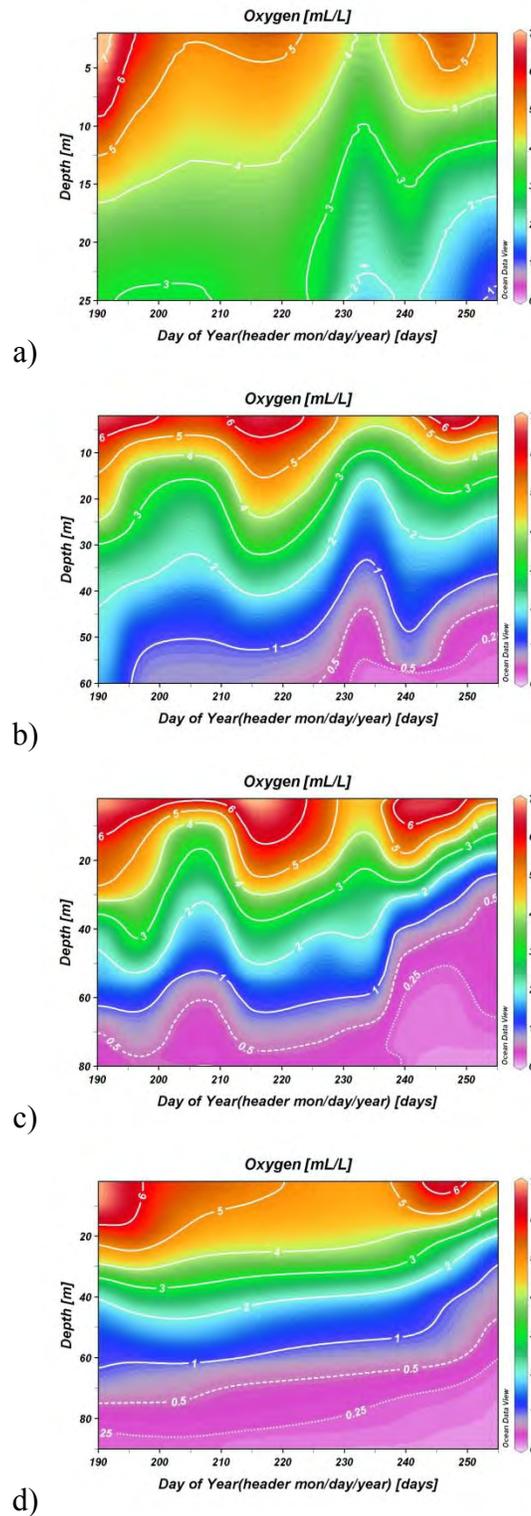


Figura 22. Serie de tiempo semanal de la distribución vertical del Oxígeno Disuelto (mL/L) entre el 09 de julio al 10 de septiembre de 2008 en Caleta Chipana ($21^{\circ} 18'S$). a) 1 mn, b) 3 mn, c) 5 mn y d) 7 mn de la costa. En la base de cada panel se indica el día del año en Juliano. Proyecto FIP 2007-43.

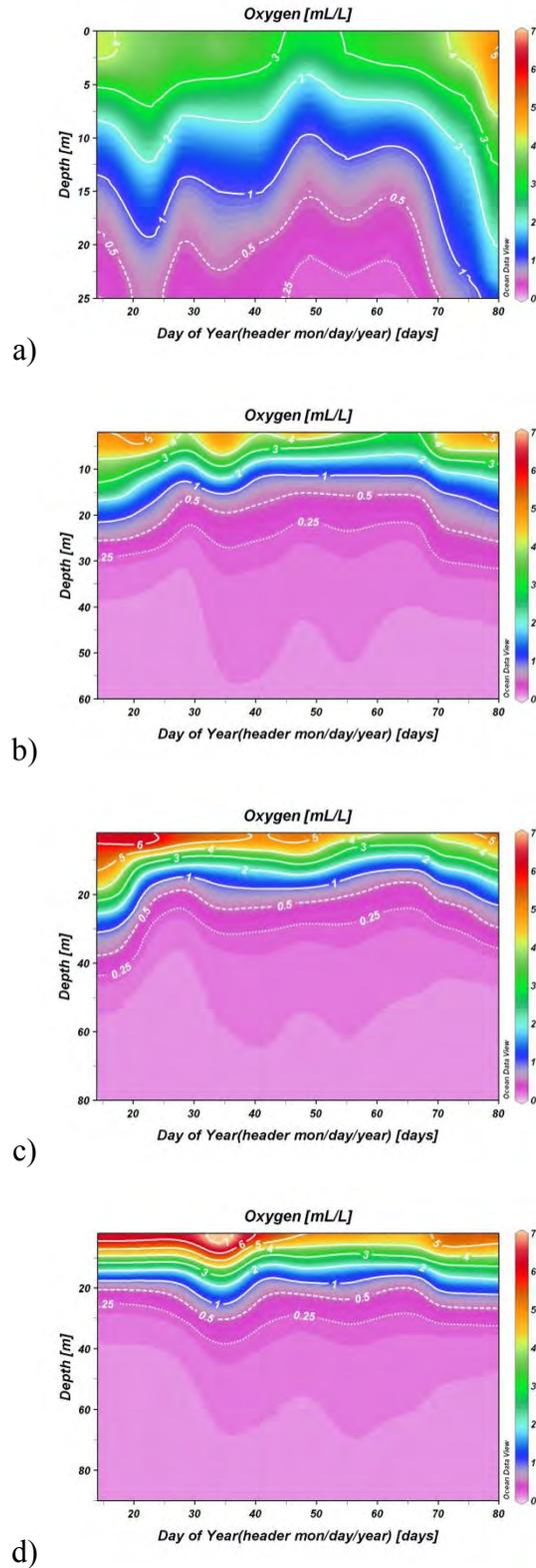


Figura 23. Serie de tiempo semanal de la distribución vertical del Oxígeno Disuelto (mL/L) entre el 15 de enero al 20 de marzo de 2009 en Caleta Chipana ($21^{\circ} 18'S$). a) 1 mn, b) 3 mn, c) 5 mn y d) 7 mn de la costa. En la base de cada panel se indica el día del año en Juliano. Proyecto FIP 2007-43.

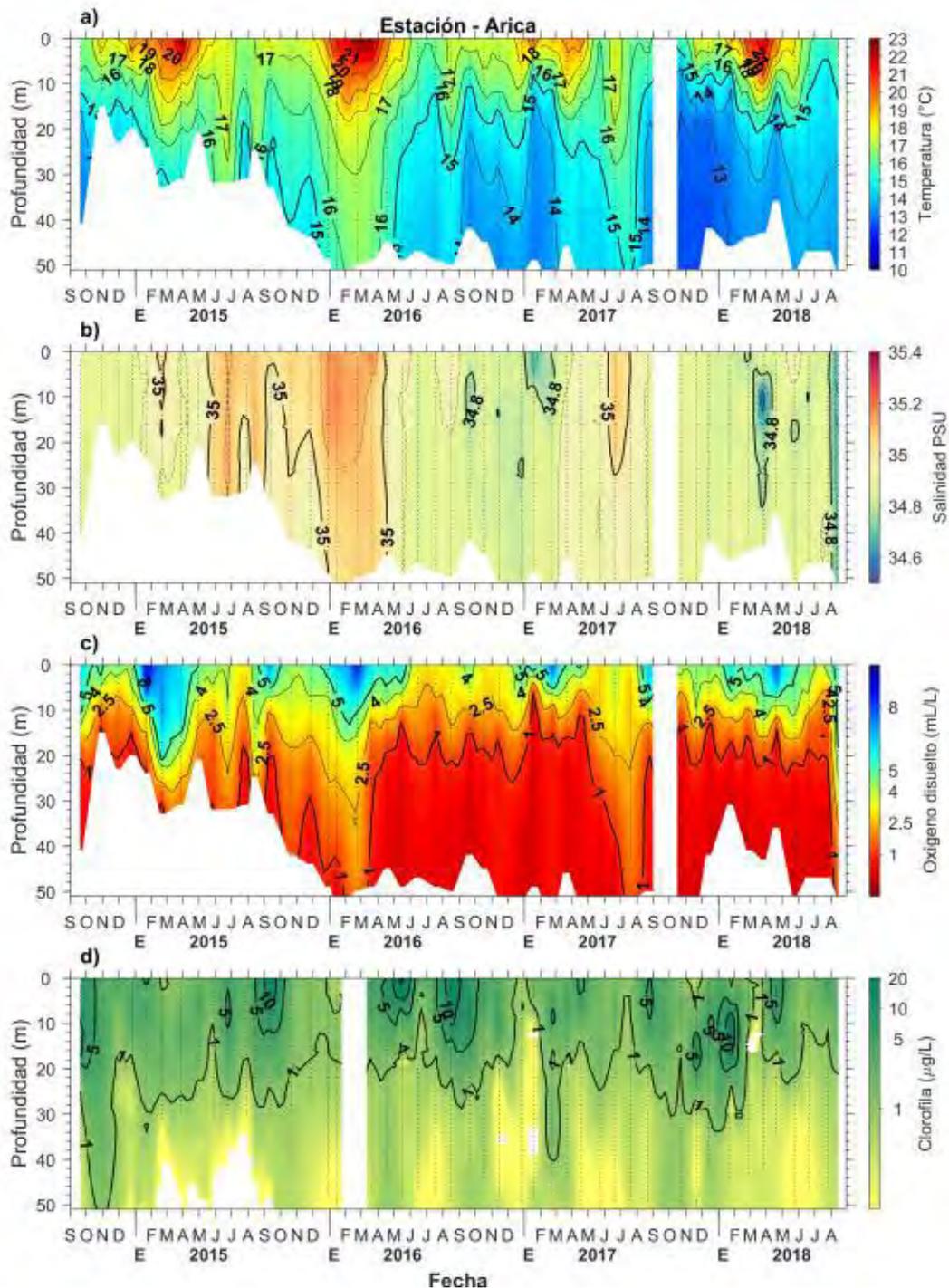


Figura 24. Series de tiempo de a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) salinidad (psu), c) concentración de oxígeno disuelto (mL/L) y d) clorofila-a (mg Cl-a/m^3), en la estacione fijas de Arica, entre septiembre 2014 y agosto 2018 (Fuente: Boletín Bio-oceanográfico N $^{\circ}$ 1, septiembre 2018 “Condiciones Bio-oceanográficas y evaluación de stock desovante de anchoveta en la XV y II regiones, año 2017. Subsecretaría Economía y EMT/agosto 2018).

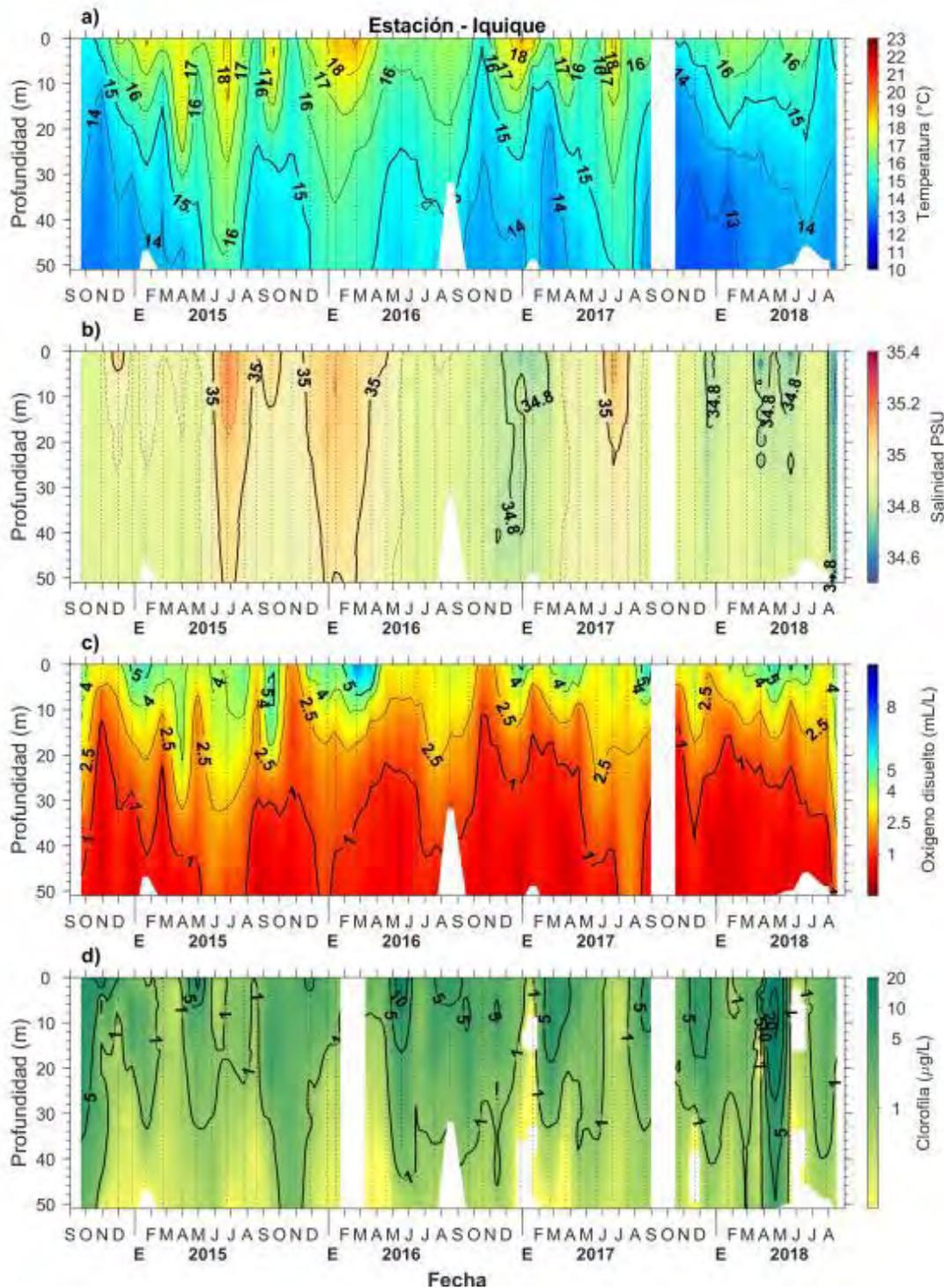


Figura 25. Series de tiempo de a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) concentración de oxígeno disuelto (mL/L) y d) clorofila-a (mg Cl-a/m^3), en la estacione fijas de Iquique, entre septiembre 2014 y agosto 2018 (Fuente: Boletín Bio-oceanográfico N°1, septiembre 2018 “Condiciones Bio-oceanográficas y evaluación de stock desovante de anchoveta en la XV y II regiones, año 2017. Subsecretaria Economía y EMT/agosto 2018).

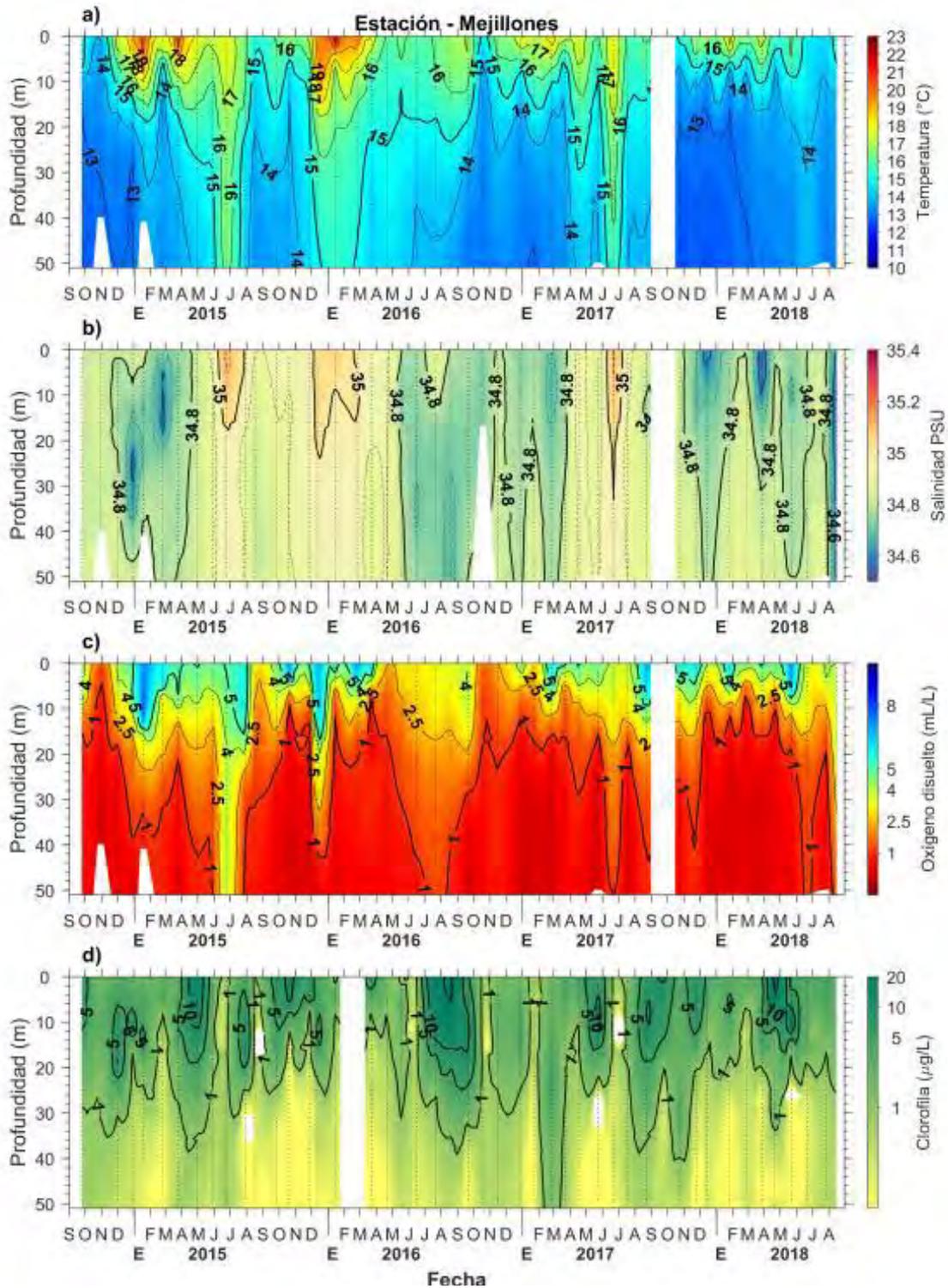


Figura 26. Series de tiempo de a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) concentración de oxígeno disuelto (mL/L) y d) clorofila-a (mg Cl-a/m^3), en la estación fija de Mejillones, entre septiembre 2014 y agosto 2018 (Fuente: Boletín Bio-oceanográfico N°1, septiembre 2018 “Condiciones Bio-oceanográficas y evaluación de stock desovante de anchoveta en la XV y II regiones, año 2017. Subsecretaría Economía y EMT/agosto 2018).

Información tradicional proveniente del sector pesquero artesanal

Los talleres para obtener información ecológica tradicional se llevaron a cabo los días 10 de marzo de 2018 en la ciudad de Iquique, 24 de marzo en Antofagasta, y los días 7 y 10 de abril de 2018 en Arica. Con ésta se confeccionaron coberturas respecto de los lugares históricos predilectos para el desarrollo de la actividad pesquera artesanal (Anexo 4).

Cabe indicar que la metodología de trabajo que se había planificado era inicialmente trabajar mediante Map Biography (Siriat 1994, Usher 2003), el cual se basa en entrevista directa a actores claves, que mediante el uso de cartografía de apoyo de referencia permite construir un relato sobre la base de alguna situación específica. Al contactar a los pescadores de Iquique y luego al dirigente de Antofagasta la respuesta entregada fue la misma. En particular la zona de operación de pescadores artesanales no está limitada a una zona específica o área de trabajo, sino esta condiciona a las características propias de mar, el cual se relaciona con la presencia de especies objetivo de captura y que esa zona se extiende a lo largo de toda la costa principalmente asociado a la primera milla de trabajo, presentando alguna relevancia mayor zonas sobresalientes de puntas a lo largo de la costa de las regiones. Similar respuesta se obtuvo al trabajar con pescadores artesanales de Arica.

En el caso de los pescadores extractores de recursos bentónicos o más costeros, su radio de acción es aún más limitado, por un lado a unas 2 a 3 Km en torno a la caleta base situación aún más limitada en el caso de Arica (Anexo 4).

Generación de un sistema de información geográfica

La información proveniente de la recopilación bibliográfica y de otras fuentes fue utilizada para la generación de coberturas geográficas para ser proyectadas en el software ESRI (Figura 27).

Nombre	Contenido	Características
Red hidrográfica	Ríos y canales	continental
Masas de agua	Salares, lagos, lagunas	continental
SNASPE	Áreas protegidas	continental

aeropuertos	aeropuertos	continental
Nombres geográficos	Nombres geográficos de sitios	
Red vial	Caminos, carreteras, huellas	
Áreas urbanas	Ciudades, aldeas, pueblos, localidades	continental
Sustrato chipana A	Sustrato amerb Chipana sector A	marítimo
Sitio prioritario Chipana	Distintos shapes relacionados con el sitio prioritario (descanso de aves, turismo informal, pesca recreativa, planicies costeras, etc.)	Marítimo y terrestre
Catastros vegetacionales	Tarapacá 97, Antofagasta 97, Arica 2015	
Red hidrométrica	Pozos, afluentes, fuentes de agua potable, etc.	continental
Erosividad del suelo		
Sitios Ramsar 2012		
Santuarios de la naturaleza		
Sitios estratégicos regionales		
Shapes Junin	Distintos shapes de Junín con atributos físicos, biológicos y administrativos	
Fotografías aéreas referenciadas	Arica, Iquique, Antofagasta, Mejillones, Tal Tal, Tocopilla	
AAA		

CCAA

AMERB

AMP

Caletas

ECMPO

Atractivos turísticos

Circuitos turísticos

Destinos turísticos

Monumentos históricos

Zonas de interés turístico

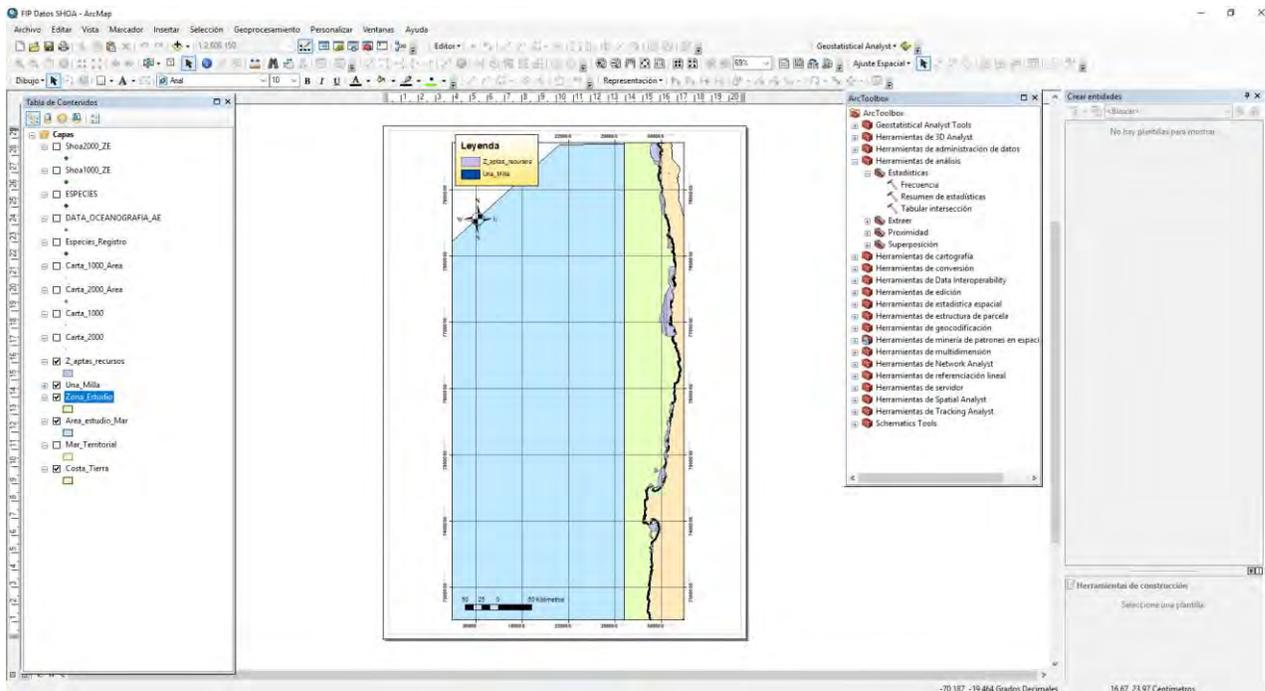


Figura 27. Ejemplo de algunas coberturas geográficas proyectadas en ArcMap

Toda la información fue estandarizada a un mismo sistema de referencia WGS84 formato UTM.

Posteriormente se realizó una selección de los shaples a ser empleados en las etapas posteriores del proyecto, se adjunta base de datos de respaldo de información recopilada.

Objetivo específico 2: Analizar e interpretar las imágenes satelitales disponibles, para el borde costero de la XV, I y II Región, que contribuyan a la selección de sitios potenciales de cultivos costeros

Climatología Satelital

Vientos

Los vientos meridionales se caracterizan por que su dirección predominante es del sur y suroeste, con velocidades que oscilan entre 1,0 y 6,0 m/s, siendo más intensos entre febrero y mayo, especialmente en la región al norte de Chipana ($21^{\circ}30'S$). Otra característica es que se debilitan desde la región oceánica hacia el margen costero, destacando que los sectores entre Arica y punta Madrid ($18^{\circ}04'S-19^{\circ}00'S$) y entre Chucumata y Chipana ($20^{\circ}30'S-21^{\circ}30'S$) presentan siempre las menores magnitudes de toda el área, alcanzando valores entre 1,5 y 2,5 m/s. Al sur de los $23^{\circ}S$ durante todo el año prevalecen vientos fuertes, fluctuando entre 4,0 y 6,0 m/s (Figura 28).

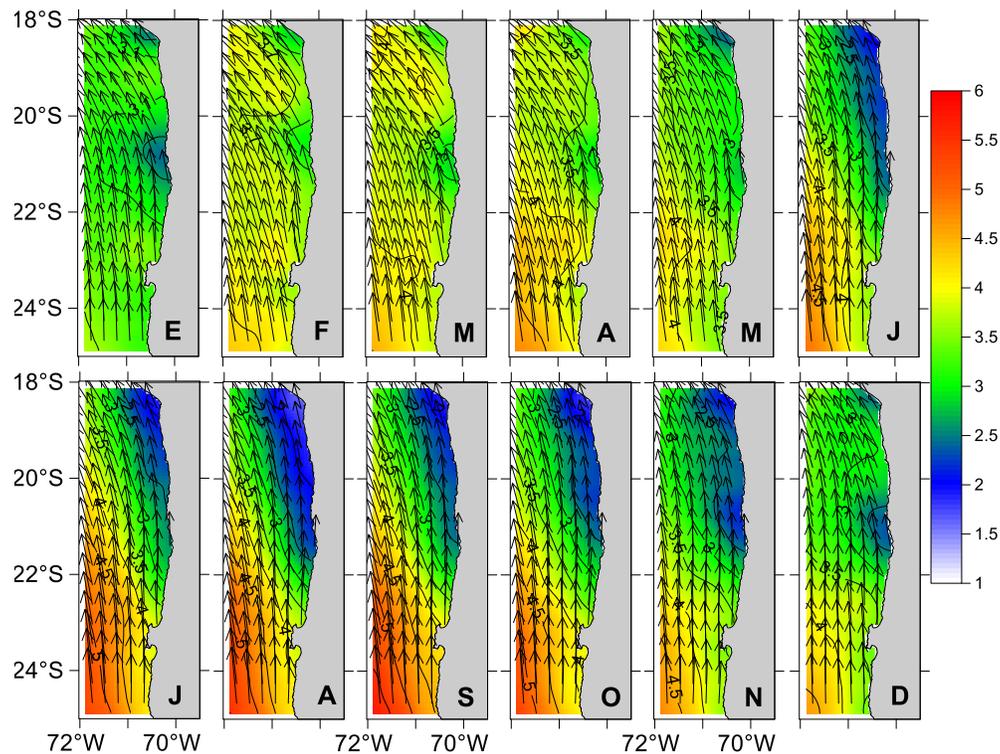


Figura 28. Climatología de los vientos superficiales ($m s^{-1}$) para el periodo entre 2008 y 2017. Las flechas corresponden a vectores que indican dirección, y la longitud y el color representan la magnitud.

Para el análisis del transporte de Ekman (TEk) se tomaron en cuenta los puntos más cercanos a la costa, entre los 70°W y 70,5°W. La variabilidad del índice muestra una señal anual caracterizada por altos valores ($>100 \text{ m}^3\text{s}^{-1}\text{km}^{-1}$) durante los meses de enero a mayo, disminuyendo notoriamente entre junio y noviembre, para luego incrementarse nuevamente (Figura 29A). Concordante con la descripción del viento, el TEk mostró un fuerte gradiente latitudinal definido por el incremento de los valores desde Chipana ($21^{\circ}30'S$) al sur, desde donde se registraron valores superiores a $100 \text{ m}^3\text{s}^{-1}\text{km}^{-1}$. Al norte de Chipana ($21^{\circ}30'S$), éstos se mantuvieron alrededor de los $100 \text{ m}^3\text{s}^{-1}\text{km}^{-1}$, observándose las menores magnitudes en el sector de Arica ($18^{\circ}23'S$ - $18^{\circ}40'S$) (Figura 29B).

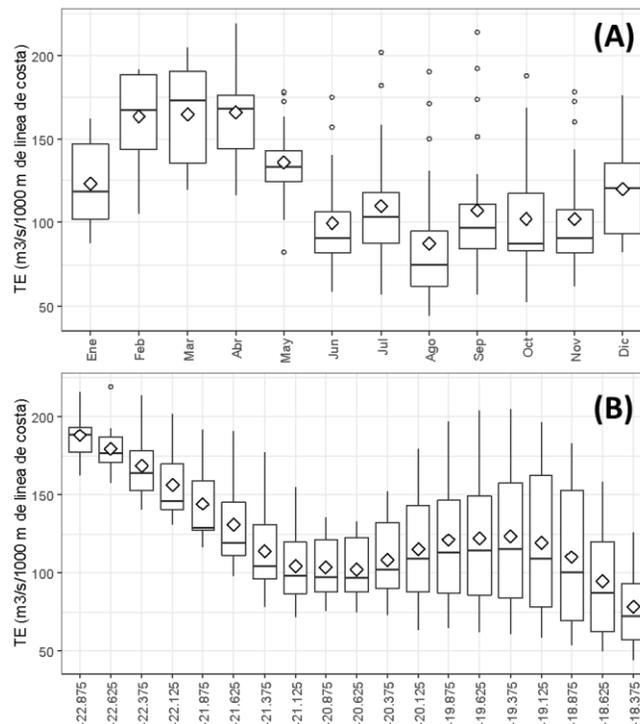


Figura 29. Climatología del transporte de Ekman ($\text{m}^3 \text{ s}^{-1}$) entre la costa y los $70,5^{\circ}\text{W}$. (A) Variabilidad mensual y (B) Variabilidad latitudinal.

Temperatura Superficial del Mar.

La climatología de la temperatura superficial del mar (TSM), muestra una clara señal estacional con máximos valores en verano (enero-febrero) y mínimos en invierno (julio-agosto). De abril a noviembre la distribución espacial de la estructura termal, se divide en dos regiones: una banda costera de bajas TSMs ($<18^{\circ}\text{C}$) claramente separada de la región

oceánica con TSMs mayores a 20°C, lo cual es producto de la ocurrencia de eventos de surgencia, los cuales son permanentes a lo largo del año. Latitudinalmente, las mayores temperaturas se observaron al norte de la península de Mejillones y hacia la región oceánica, mientras que al sur de los 23°S, las temperaturas siempre fueron menores a 20°C (Figura 30).

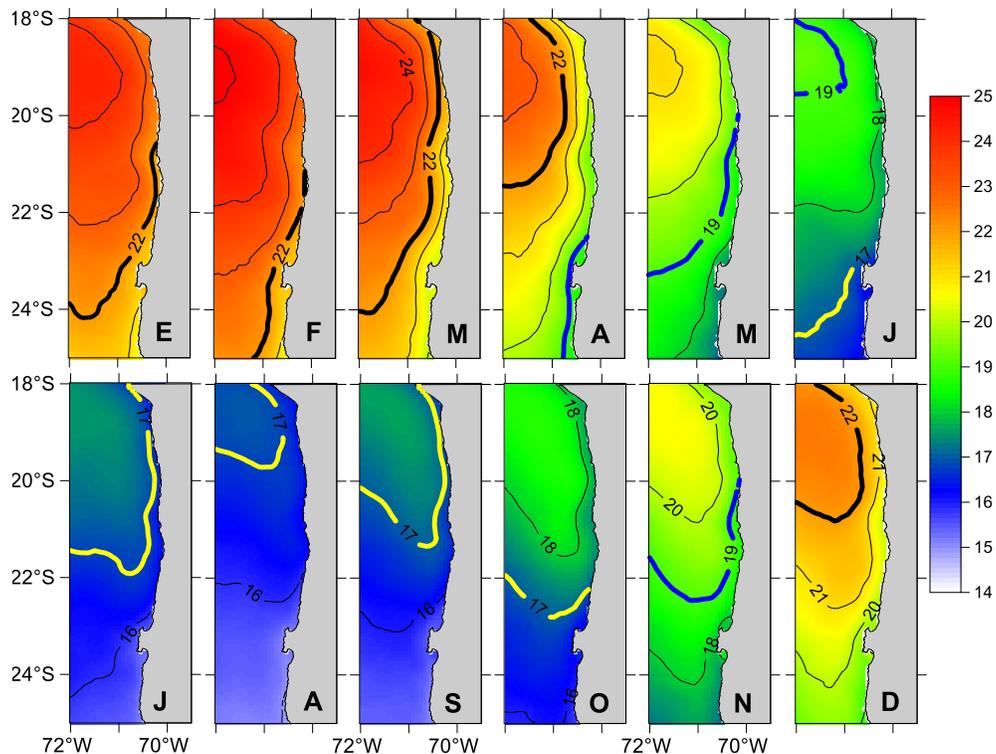


Figura 30. Climatología mensual de la Temperatura superficial del mar (°C) entre el 2003 al 2017.

Biomasa Fitoplanctónica.

La biomasa fitoplanctónica, expresada a través de la concentración de clorofila-a, mostró, como patrón, máximas concentraciones asociadas a la banda costera ($>1 \text{ mg m}^{-3}$) en toda el área de estudio, mientras que hacia la región oceánica los niveles de este pigmento decayeron abruptamente a valores inferiores a $0,5 \text{ mg m}^{-3}$ (Figura 31).

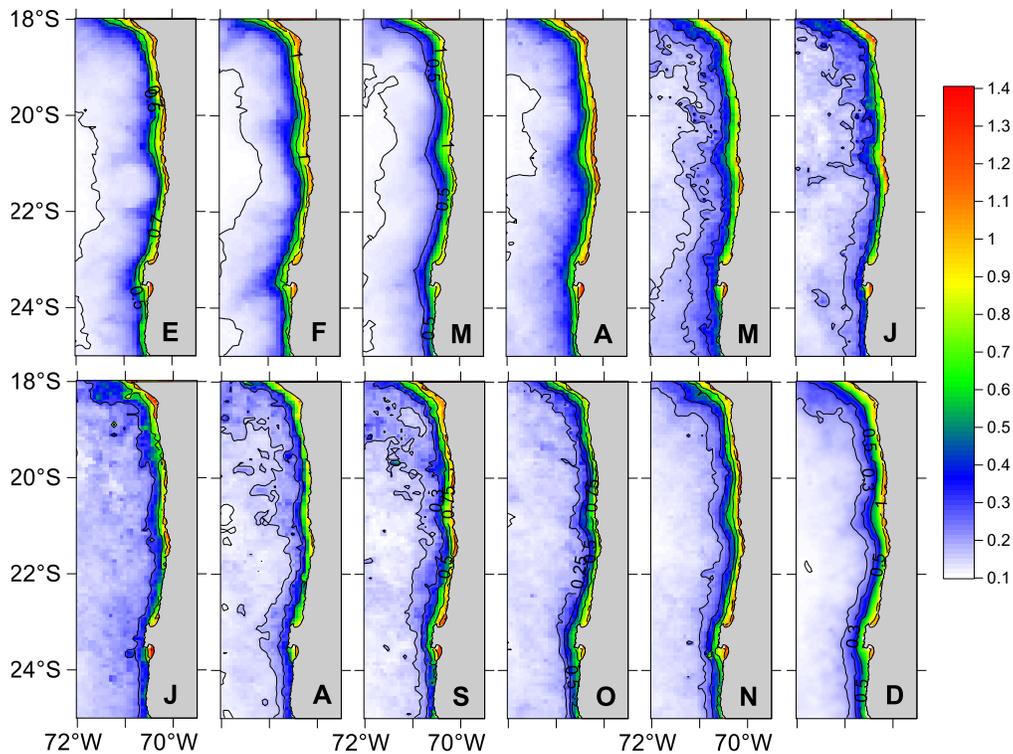


Figura 31 Climatología mensual de la concentración de clorofila-a ($\log \text{mg m}^{-3}$) entre 2002 y 2017.

Al igual que lo descrito para la TSM, la concentración de clorofila-a mostró una clara señal estacional con menores valores en los meses de invierno y mayores en verano ($>1 \text{ mg m}^{-3}$), periodo en el cual se observó, además, una mayor extensión costa afuera de valores superiores a $0,5 \text{ mg m}^{-3}$. Latitudinalmente, Arica ($18^{\circ}30'S$) y Mejillones ($23^{\circ}S$) son los sectores que exhibieron los mayores niveles de este pigmento a través del año, particularmente Mejillones, donde alcanzaron magnitudes de 10 mg m^{-3} (Figura 32).

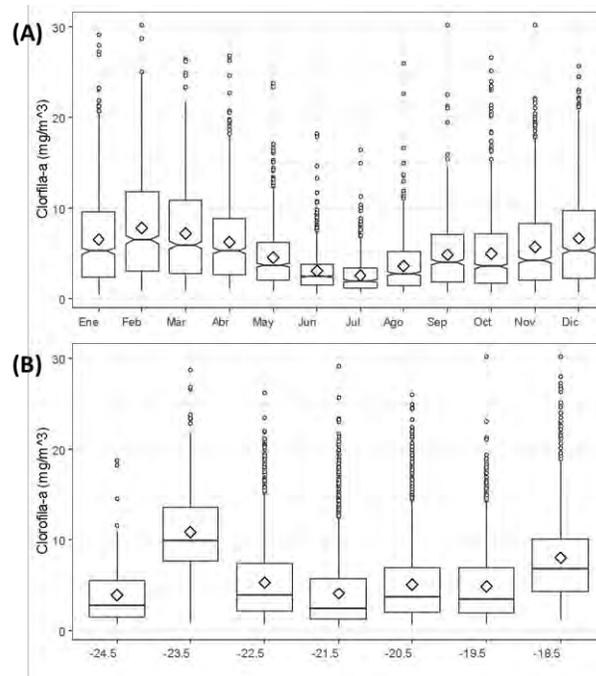


Figura 32. Variabilidad mensual (A) y latitudinal (B) de la concentración de clorofila-a (mg m^{-3}), derivada de datos satelitales, para la región entre la costa y los $70,5^{\circ}\text{W}$.

Carbono inorgánico particulado (CIP).

El carbono inorgánico particulado (CIP) presentó un patrón similar al descrito para la concentración de clorofila-a, registrándose los mayores valores ($>0,01 \text{ mol/m}^3$) a lo largo de toda la banda costera, los cuales presentaron una mayor extensión costa afuera en los meses de primavera (Figura 33). También, se observó una señal estacional, con los mayores valores en primavera-verano a diferencia del periodo otoño-invierno (Figura 34A), y diferencias latitudinales en las que destacaron la zona de Arica ($18^{\circ}30'\text{S}$), el sector de la península de Mejillones y al sur de los 24°S , con las mayores concentraciones (Figura 34B).

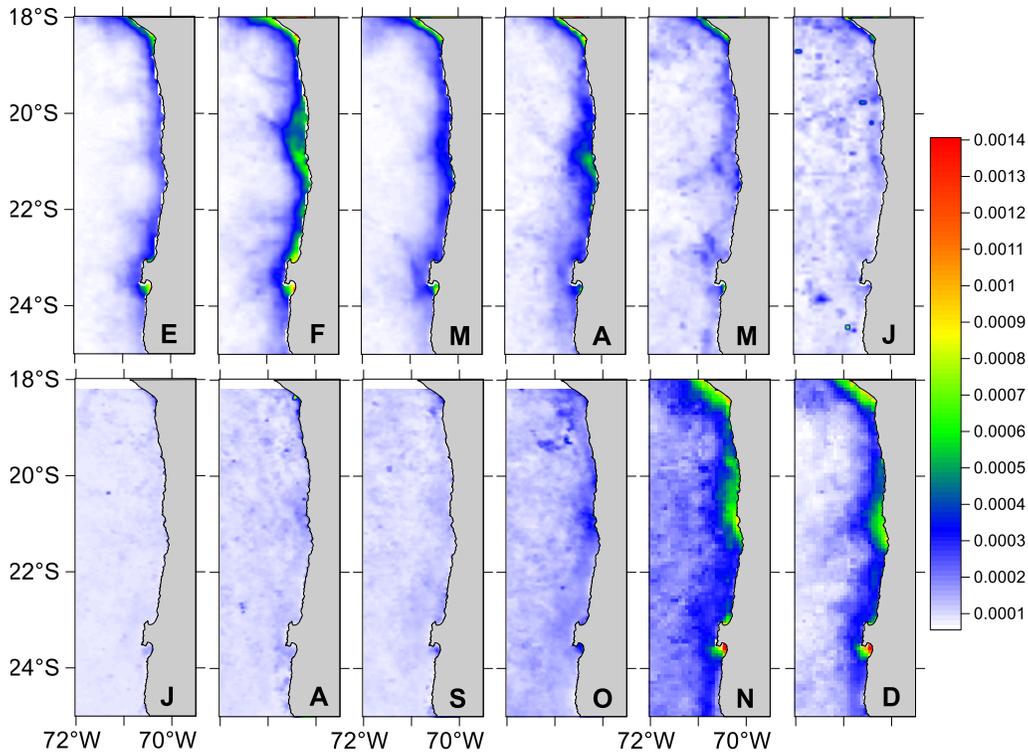


Figura 33. Climatología mensual del carbono inorgánico particulado (mol m^{-3}) entre el 2002 al 2017.

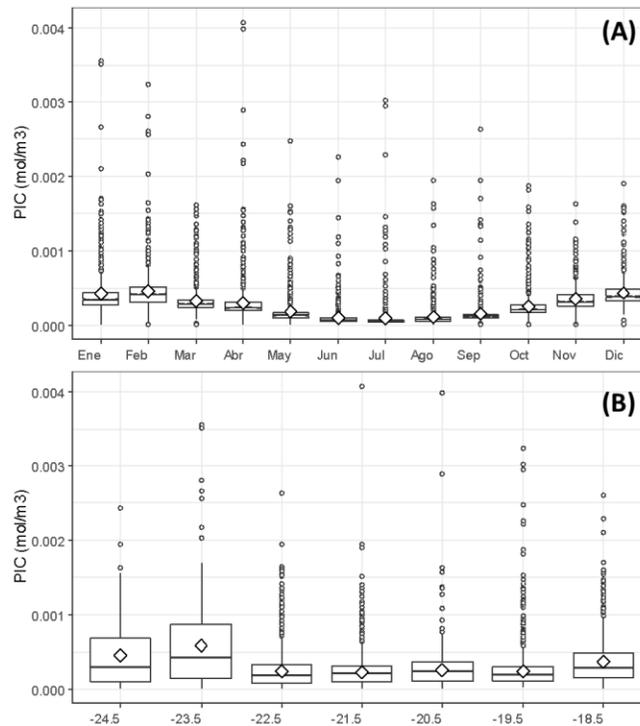


Figura 34. Variabilidad mensual (A) y latitudinal (B) de la concentración de carbono inorgánico particulado (mol m^{-3}), derivada de los datos satelitales, para la región entre la costa y los $70,5^{\circ}\text{W}$.

Carbono orgánico particulado (COP).

En tanto que los mayores valores de COP (superiores a 1000 mg m^{-3}) se presentaron replegados al margen costero, con concentraciones importantes a lo largo de toda el área de estudio. También presenta una señal estacional, y las zonas de Mejillones, Chipana y Arica presentaron importantes niveles a lo largo del año de esta variable (Figura 35).

El COP presentó como tendencia mayores valores en otoño-invierno, y menores en primavera-verano, lo cual va en oposición a los descrito para la la clo-a y el CIP. De igual forma, latitudinalmente las mayores concentraciones de COP se detectaron al sur de los 23°S , y en menor medida en Arica ($18^{\circ}23'\text{S}$) (Figura 36).

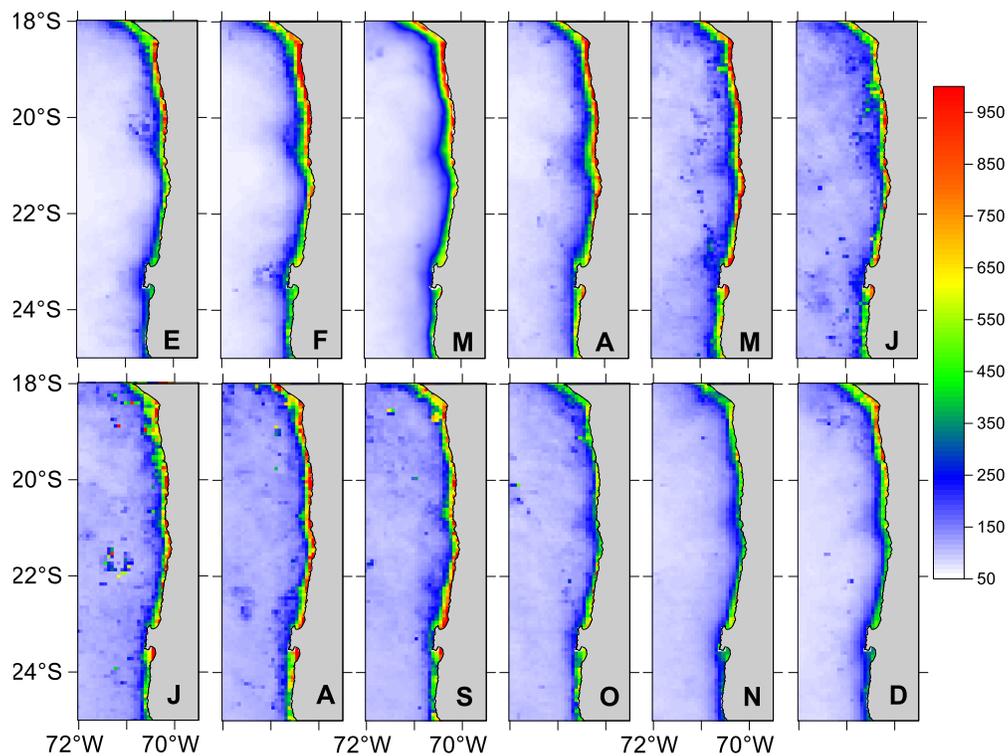


Figura 35. Climatología mensual del carbono orgánico particulado (mg m^{-3}) entre el 2002 al 2017.

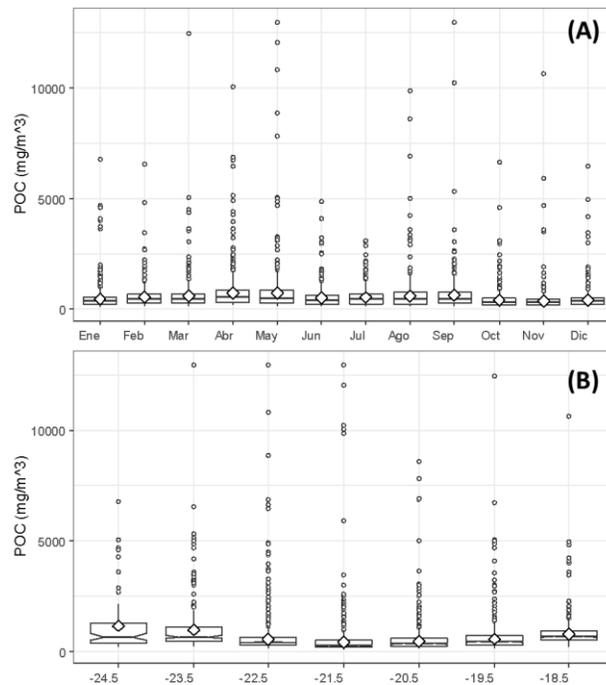


Figura 36. Variabilidad mensual (A) y latitudinal (B) de la concentración de carbono orgánico particulado (mg m^{-3}) derivada de los datos satelitales para la región entre la costa y los $70,5^{\circ}\text{W}$.

Condiciones oceanográficas superficiales obtenidas mediante sensores a bordo de satélites durante el crucero de verano 2018, para la zona norte de Chile.

En general, en el periodo entre el 25 de enero y 21 de marzo, las mayores TSMs ($> 24^{\circ}\text{C}$) se presentaron costa afuera en el sector norte, y las menores cercanas a la costa destacando el sector de la Península de Mejillones e Iquique, donde se mantuvieron cercanas a 21°C (Figura 37).

Los vientos fueron favorables a la surgencia (S-SO) y oscilaron entre 1 y 6 m s^{-1} , siendo más intensos (entre 5 y 6 m s^{-1}) durante las semanas entre el 25 de enero y 1 de febrero, 26 de febrero y 5 de marzo, y entre el 14 y 21 de marzo, sobre todo hacia el sur de la Península de Mejillones (Figura 38).

La concentración de clorofila-a se mantuvo alta ($>3 \text{ mg m}^{-3}$) a lo largo de toda la banda costera y al norte de los 23°S . Los mayores valores ($>10 \text{ mg m}^{-3}$) se registraron en Mejillones (23°S) y alrededor de Iquique (Figura 39).

El carbono inorgánico particulado (CIP) y el carbono orgánico particulado (COP) presentaron un patrón similar al de la concentración de clorofila-a. Sin embargo, los mayores valores de CIP ($0,01 \text{ mol/m}^3$) se extendieron más costa afuera (Figura 40). Por el

contrario, los mayores valores de COP ($>1000 \text{ mg/m}^3$) se presentaron como pequeños núcleos aislados muy cercanos a la costa al sur de los 23°S (Figura 41).

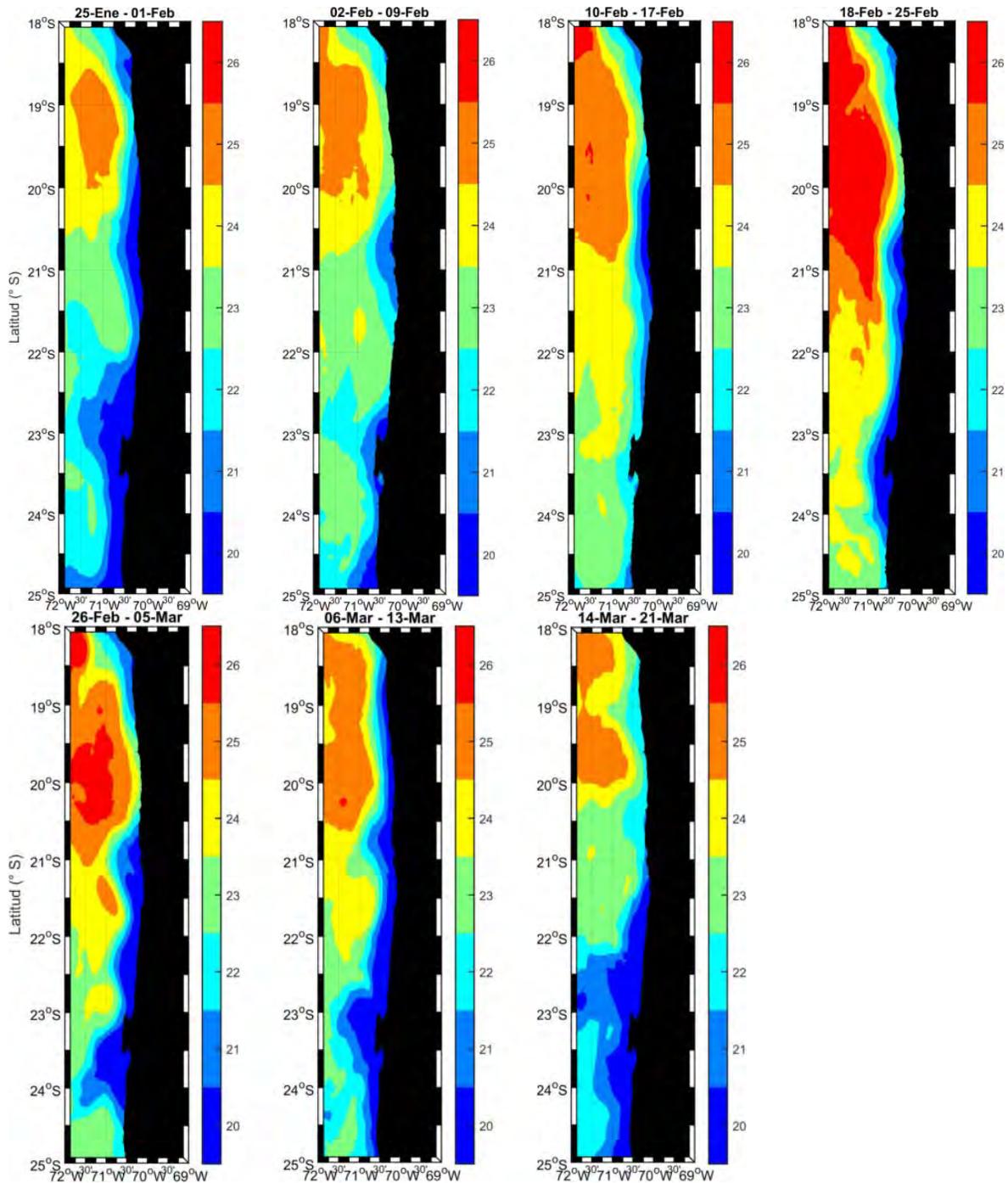


Figura 37. Promedio de 8 días de la Temperatura superficial del mar ($^\circ\text{C}$) entre el 25 de enero y 21 de marzo de 2018 para la zona norte de Chile.

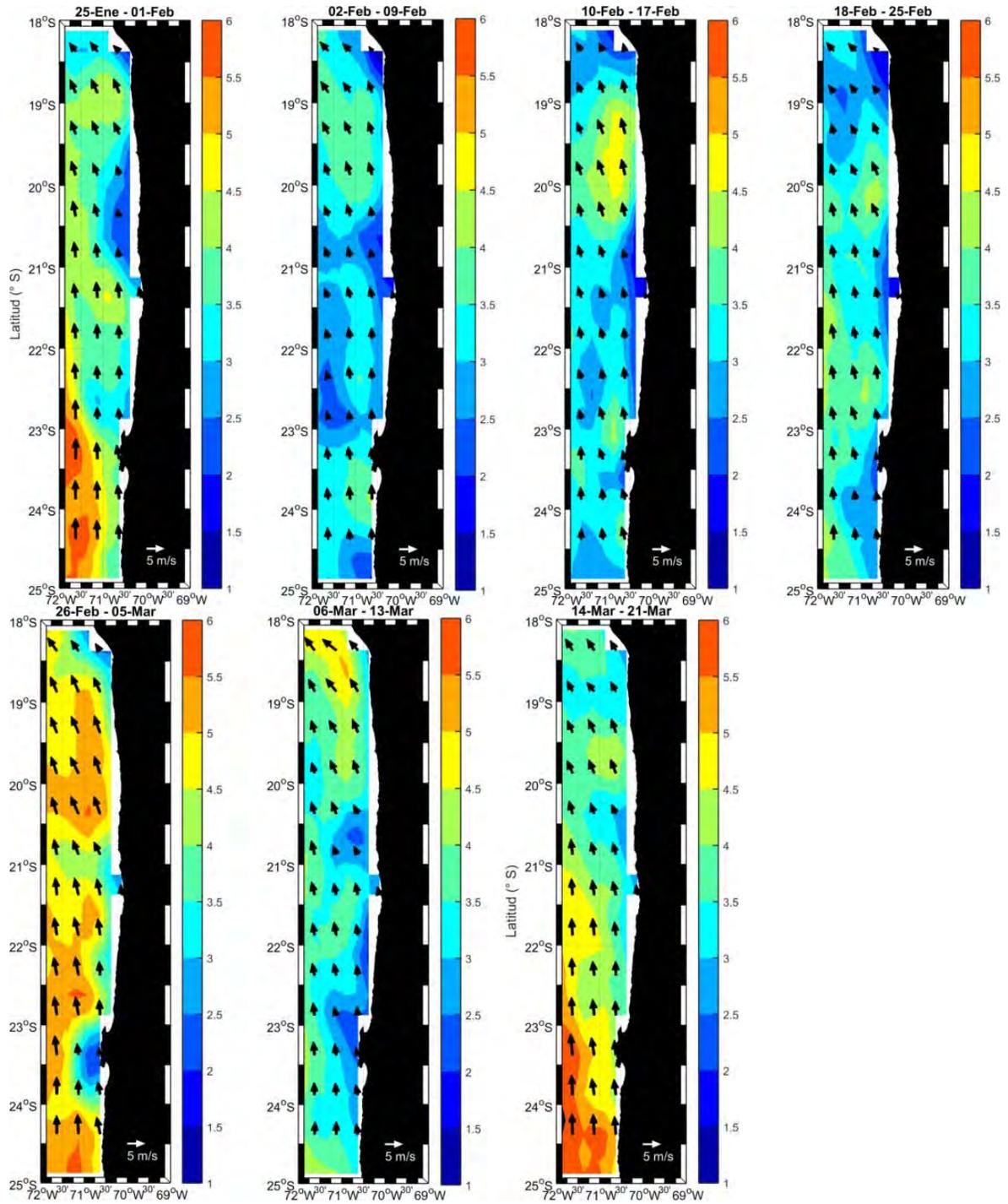


Figura 38. Promedio de 8 días de los vientos superficiales (m s^{-1}) entre el 25 de enero y 21 de marzo de 2018 para la zona norte de Chile. Las flechas corresponden a los vectores de dirección, y su longitud y el color representan la magnitud.

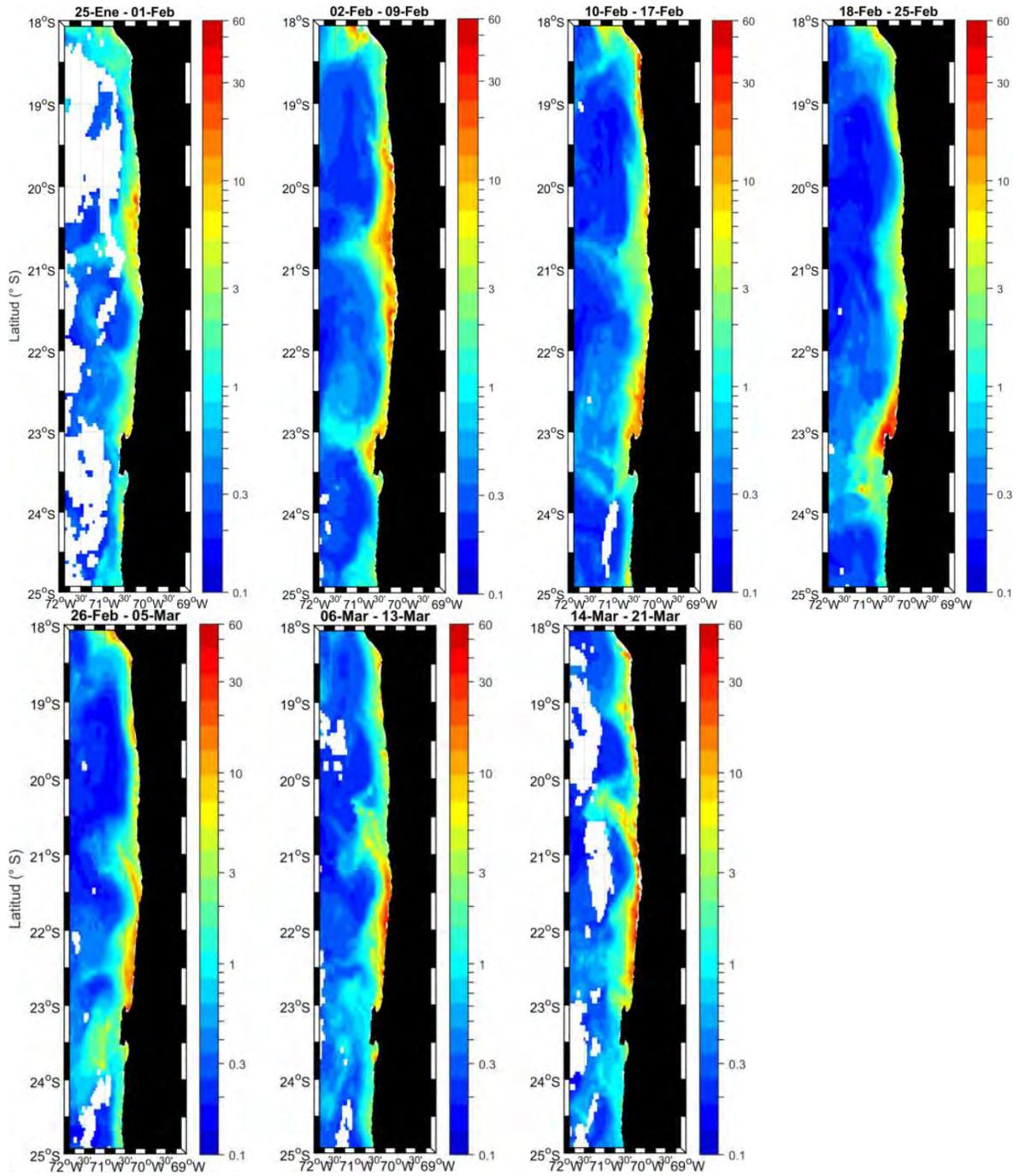


Figura 39. Promedio de 8 días de la concentración de clorofila a (mg m^{-3}) entre el 25 de enero y 21 de marzo de 2018 para la zona norte de Chile.

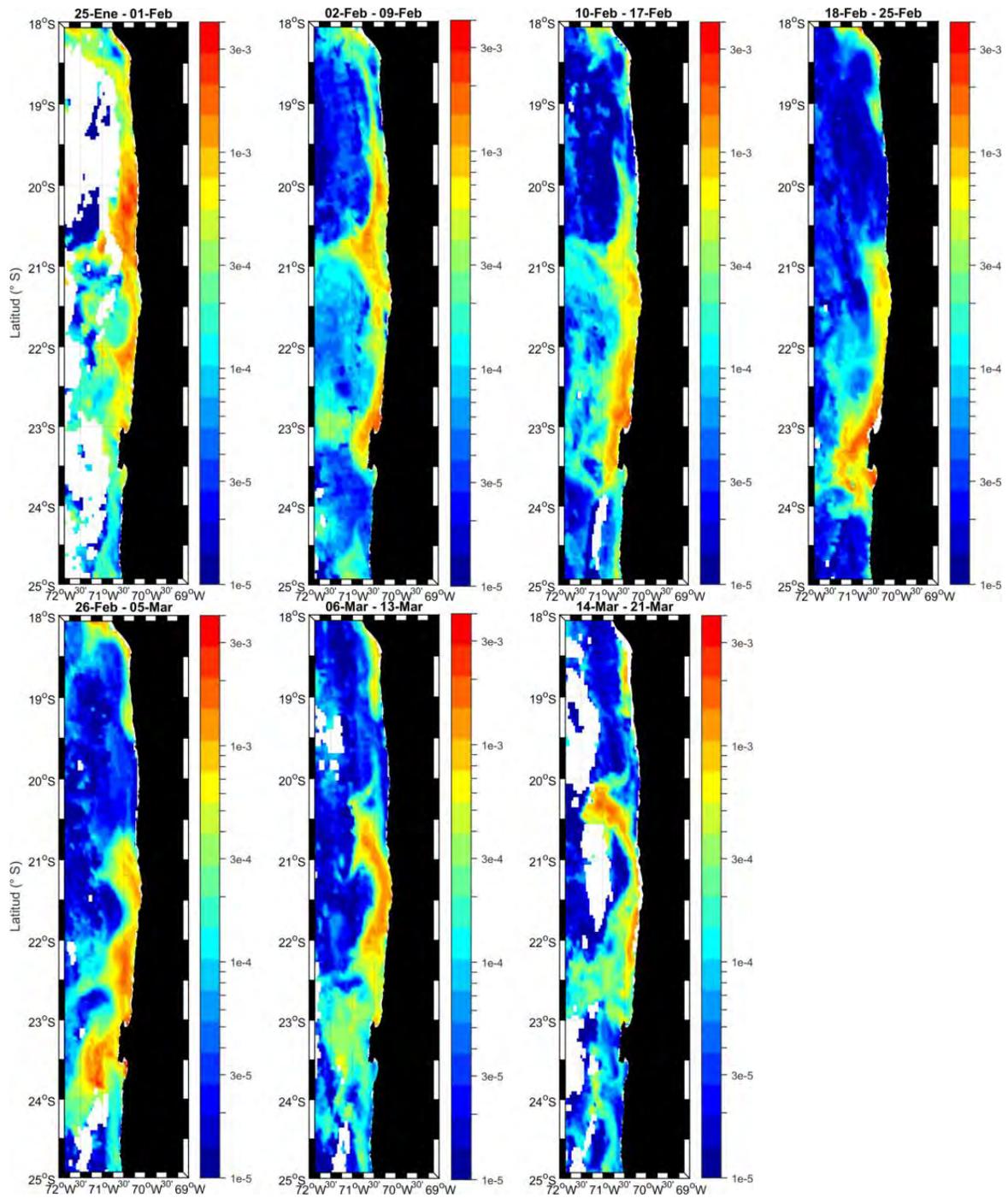


Figura 40. Promedio de 8 días del carbono inorgánico particulado (mol m^{-3}) entre el 25 de enero y 21 de marzo de 2018 para la zona norte de Chile.

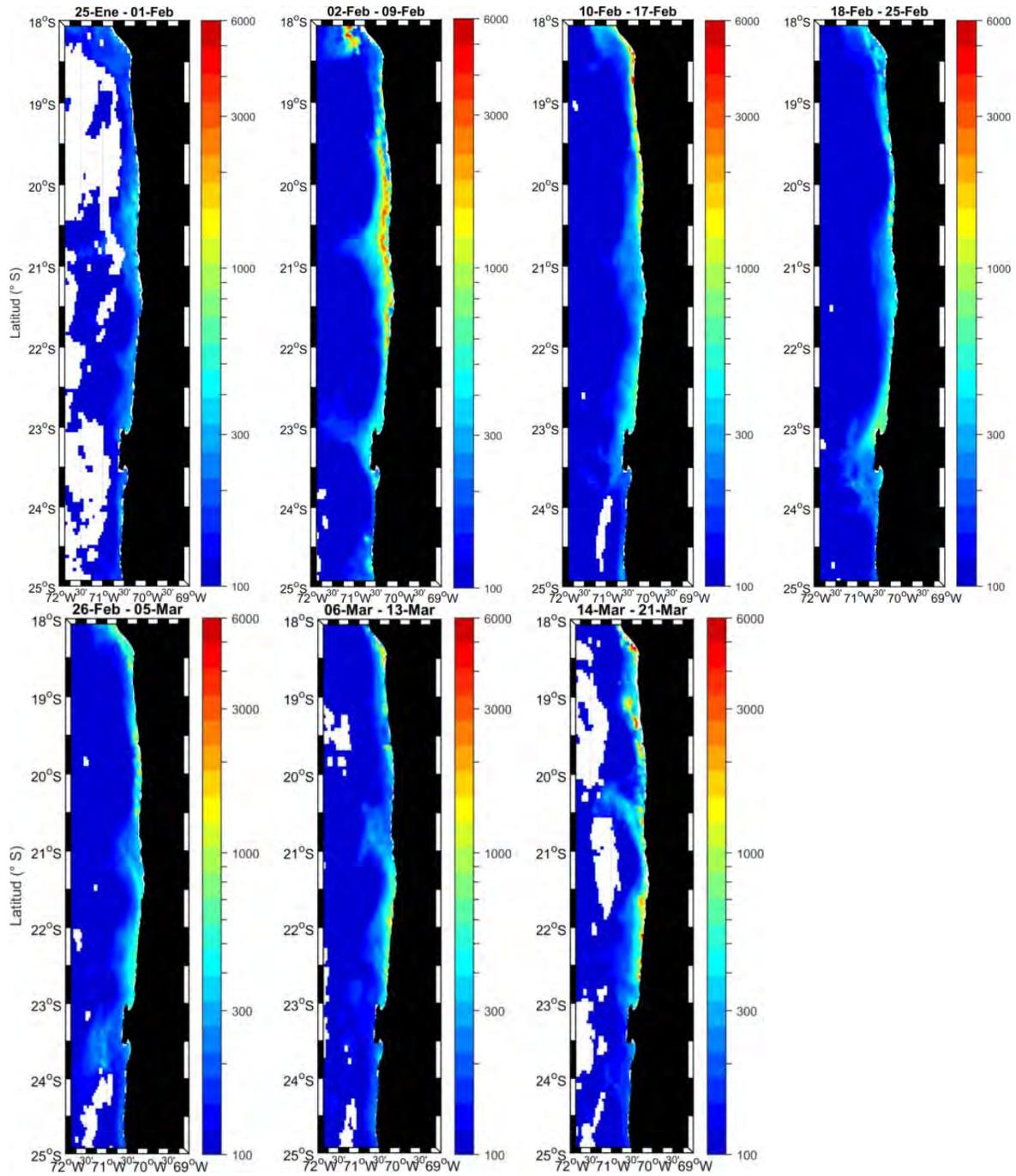


Figura 41. Promedio de 8 días del carbono orgánico particulado (mg m^{-3}) entre el 25 de enero y 21 de marzo de 2018 para la zona norte de Chile.

Condiciones oceanográficas superficiales obtenidas mediante sensores a bordo de satélites durante el crucero realizado a principio de primavera 2018 para la zona norte de Chile.

Durante las semanas entre el 21 de agosto y 15 de octubre, el patrón de las isotermas de temperatura mostró los mayores valores al norte de los 22°S, con un ligero gradiente costa-oceano entre los 20°30'S y los 23°S (Figura 42). Entre el 21 de agosto y el 21 de septiembre, se registraron las menores temperaturas, con valores inferiores a 16°C extendiéndose desde los 21°S hacia el sur por la región oceánica, acercándose hacia la costa entre Antofagasta (23°40'S) y rada Paposo (25°00'S). Desde el 21 de septiembre la TSM se incrementó, y valores superiores a 19°C ocuparon toda la región desde los 22°S al norte (Figura 42).

El viento mantuvo su dirección S-SO, favorable a la surgencia. Las magnitudes fueron débiles cercana a la costa, principalmente al norte de los 21°30'S, donde se mantuvieron entre 1 y 1,5 m s⁻¹ (Figura 43). Pulsos de vientos intensos (>6,5 m s⁻¹) fuera de la costa, se registraron durante las semanas del 6 al 21 de septiembre y del 8 al 15 de octubre (Figura 43).

La clorofila-a mantuvo el patrón de verano, observándose las mayores concentraciones en la franja costera y desde la Península de Mejillones hacia el norte, donde fluctuaron entre 3 y 30 mg m⁻³, mientras que en la región oceánica se registraron valores inferiores a 3 mg m⁻³ (Figura 44). En todo el periodo se mantuvo un núcleo de alta concentración (>3 mg m⁻³) en Antofagasta (23°40'S) (Figura 44).

El carbono inorgánico particulado (CIP) presentó los mayores valores (entre 3x10⁻⁴ y 1x10⁻³ mol m⁻³) en la forma de meandros que se extendieron hacia el norte desde los 22°S, ocupando en algunas semanas el sector más oceánico (Figura 45). Por su parte, el carbono orgánico particulado (COP) tuvo una similitud con el patrón de la concentración de clorofila-a, exhibiendo los mayores cerca de la costa, donde fluctuaron entre 1.000 y 4.000 mg m⁻³, mientras que en la región oceánica se mantuvieron alrededor de los 100 mg m⁻³) (Figura 46).

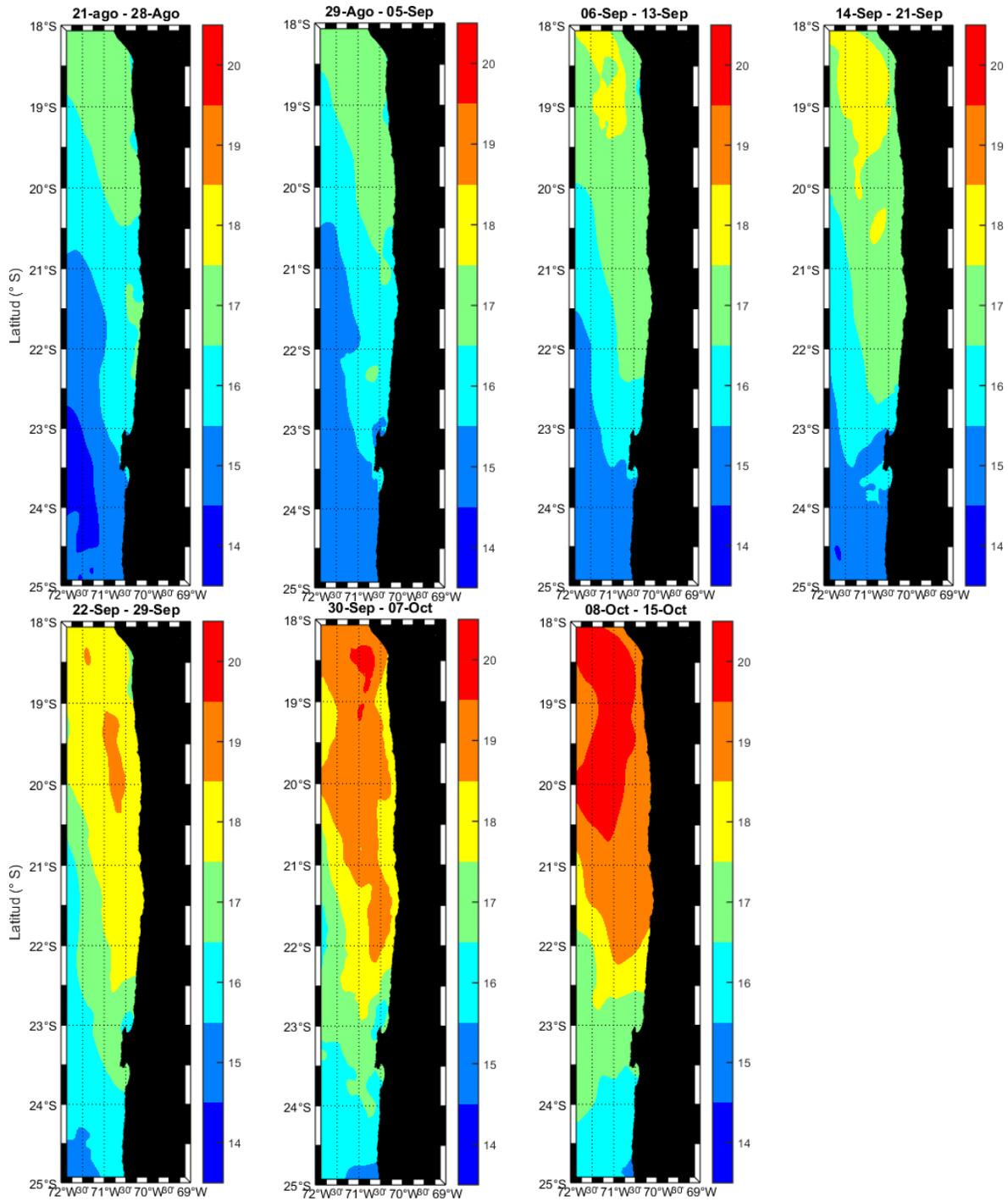


Figura 42. Promedio de 8 días de la Temperatura superficial del mar (°C) entre el 21 de agosto y 15 de octubre de 2018 para la zona norte de Chile

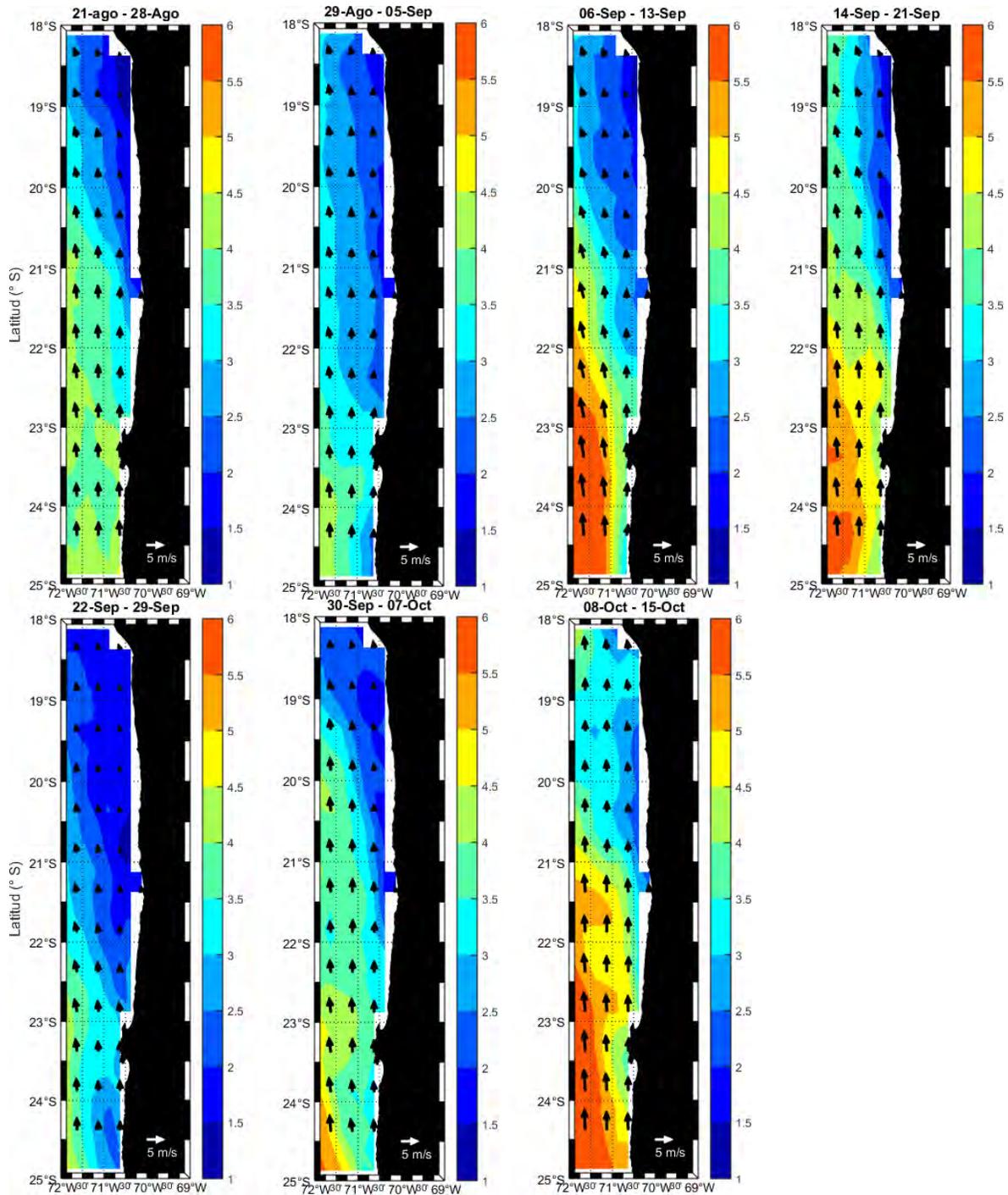


Figura 43. Promedio de 8 días de los vientos superficiales (m s^{-1}) entre el 21 de agosto y 15 de octubre de 2018 para la zona norte de Chile. Las flechas corresponden a los vectores de dirección, y su longitud y el color representan la magnitud.

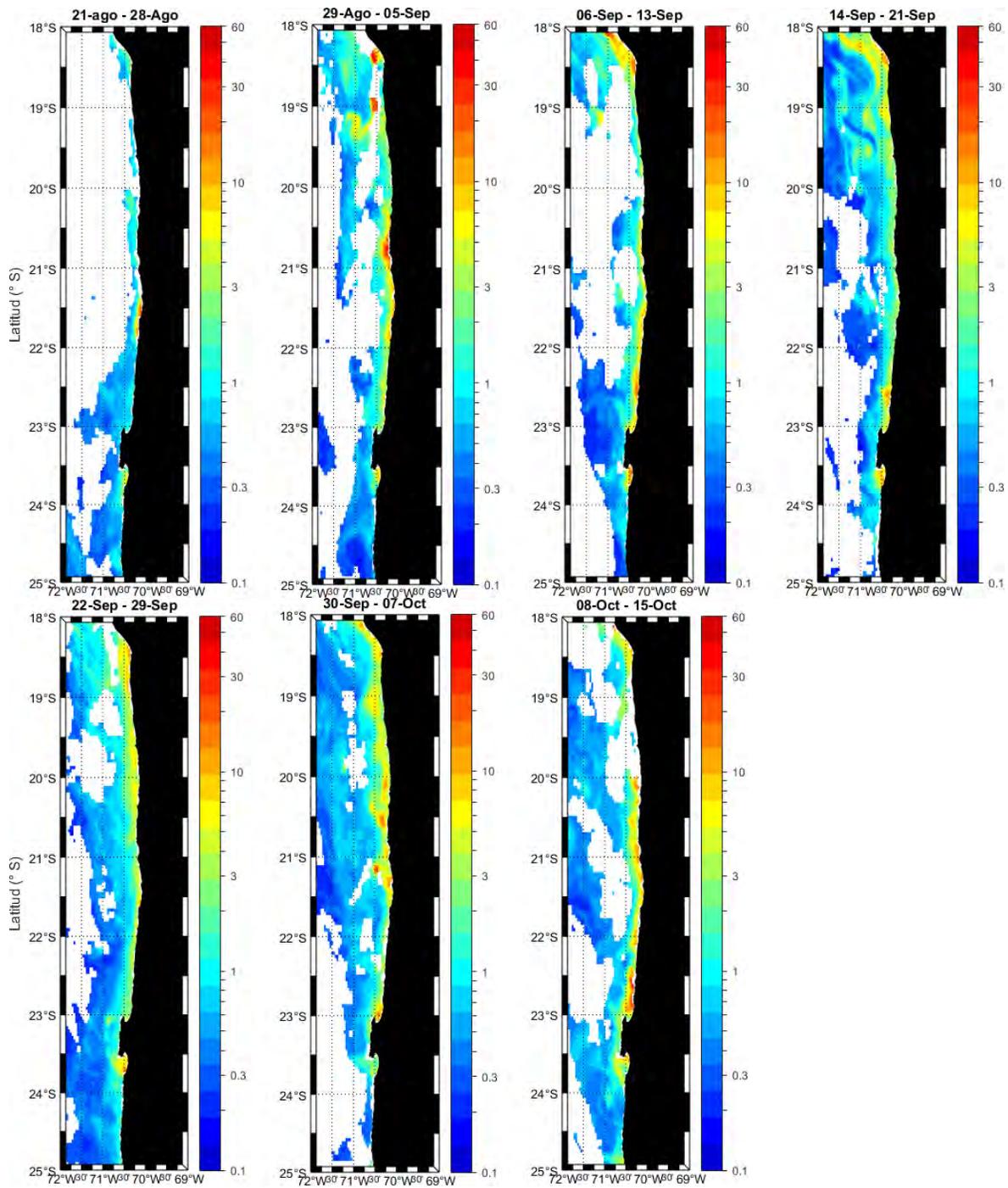


Figura 44. Promedio de 8 días de la concentración de clorofila a (mg m^{-3}) entre el 21 de agosto y 15 de octubre de 2018 para la zona norte de Chile.

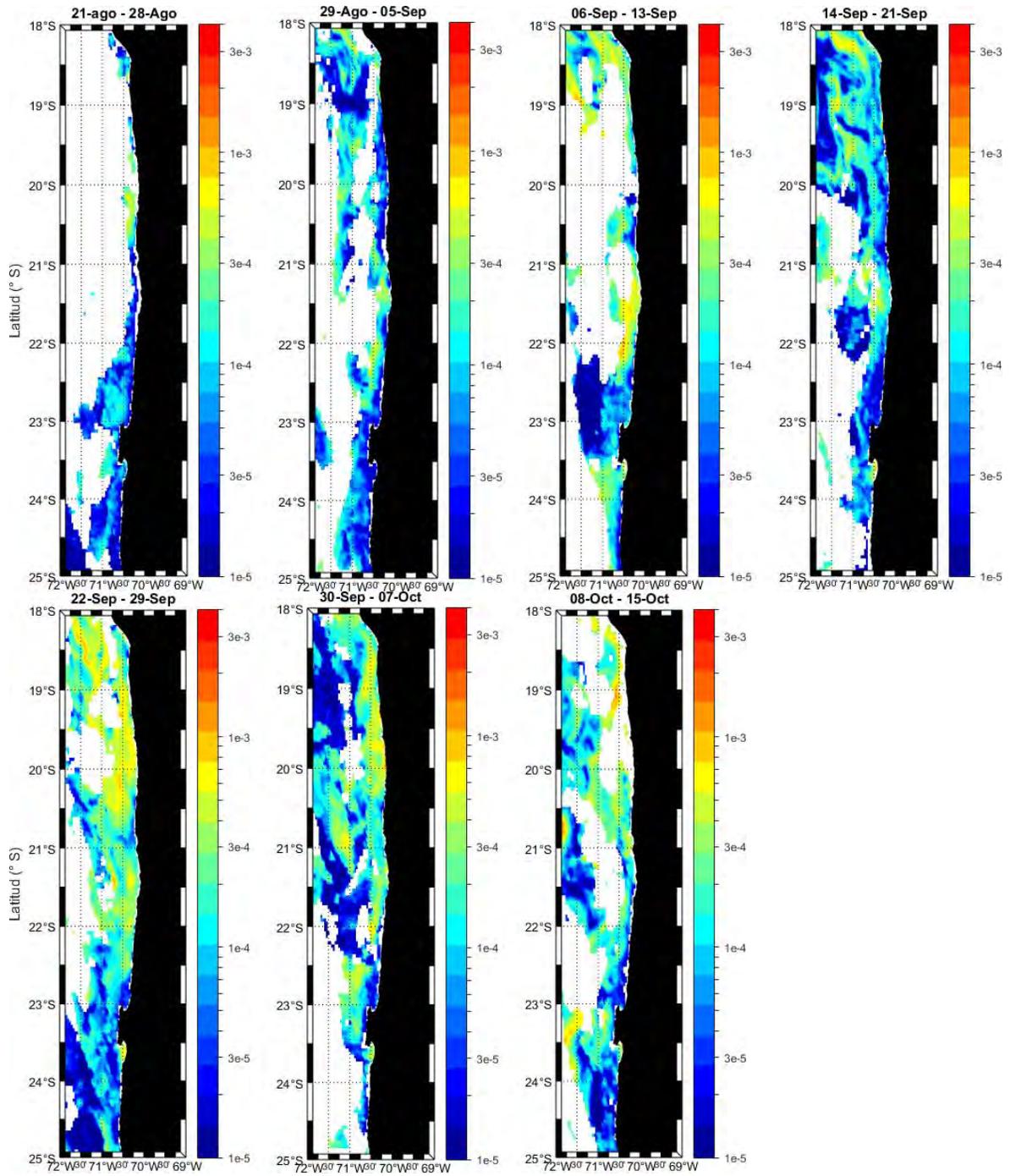


Figura 45. Promedio de 8 días del carbono inorgánico particulado (mol m^{-3}) entre el 21 de agosto y 15 de octubre de 2018 para la zona norte de Chile.

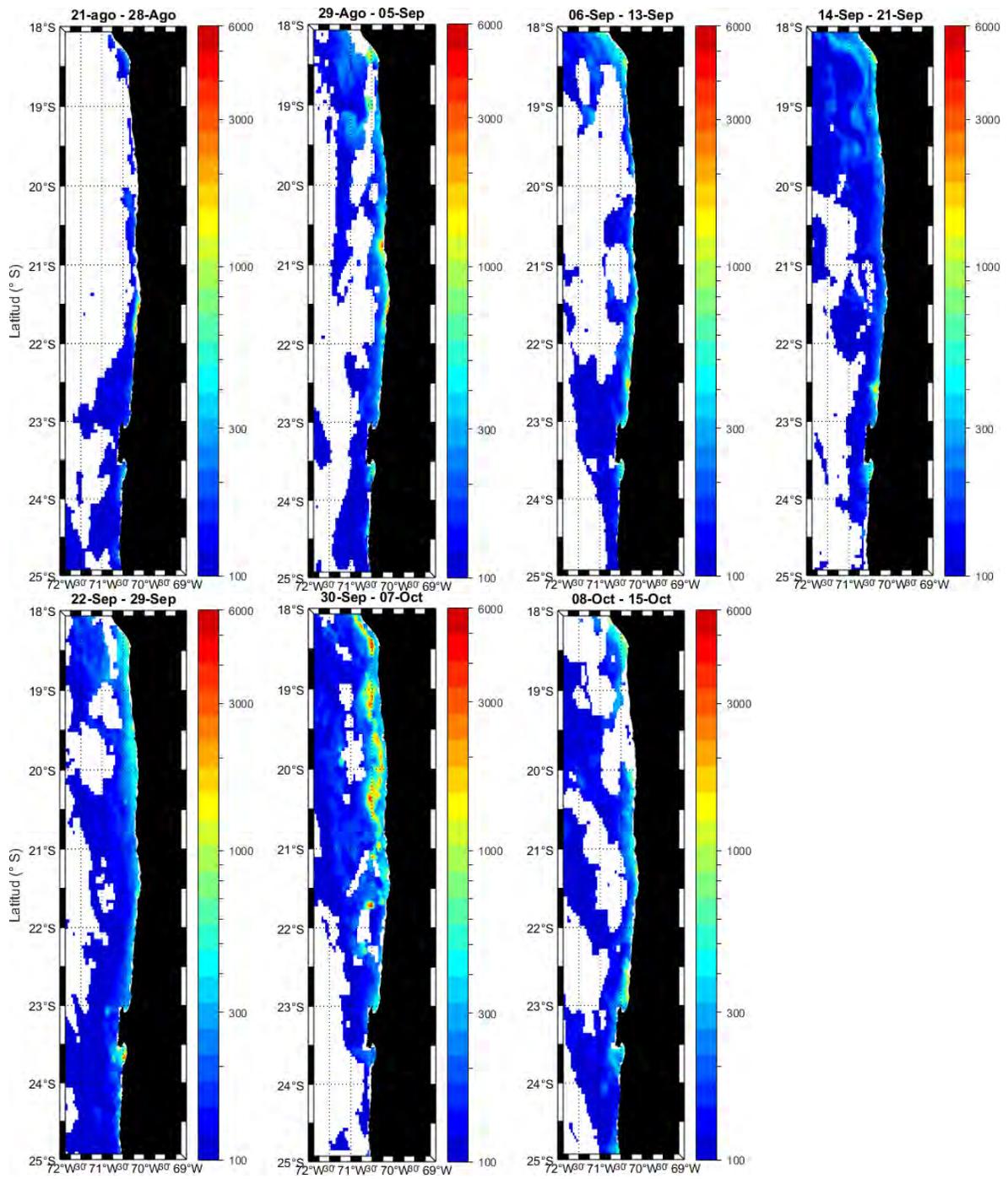


Figura 46. Promedio de 8 días del carbono orgánico particulado (mg m^{-3}) entre el 21 de agosto y 15 de octubre de 2018 para la zona norte de Chile.

Objetivo específico 3: Evaluar y levantar información oceanográfica (temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, nutriente y clorofila) en sitios seleccionados del borde costero del área de estudio.

Determinación de la condición climatológica

Índice de surgencia

En la Figura 47 se muestra el índice de surgencia para las localidades de Arica, Iquique y Antofagasta, entre el 7 y 20 de febrero de 2018 y 27 de septiembre y 10 de octubre de 2018, correspondiente a los periodos en que se realizaron las campañas oceanográficas de verano y principio de primavera respectivamente.

El términos generales, en Arica el índice de surgencia se mantuvo con valores positivos en verano, lo que reveló la ocurrencia permanente de afloramiento, con pulsos asociados a un ciclo diario que exhibió valores máximos en el día ($\sim 1.500 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$) y mínimos en la noche ($\sim 0 \text{ m}^3/\text{s}$) (Figura 47a panel izquierdo). A principio de primavera, se observaron valores negativos ($\sim -1.000 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$) asociados a convergencias, que generan un transporte de agua hacia la costa donde se produce un hundimiento (Figura 47b panel derecho).

En Iquique, con los vientos provenientes de la estación localizada en el Campus Huayquique de la UNAP, se observaron, desde el 7 hasta el 20 de febrero, numerosos procesos de convergencia, con leves pulsos de surgencia ($\sim 200 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$) al final del periodo (Figura 47b panel izquierdo). Por el contrario, desde el 27 de septiembre hasta el 10 de octubre, se registraron varios pulsos que alcanzaron intensidades cercanas a los $500 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, lográndose apreciar la fase inicial, madura y de decaimiento de la surgencia (Figura 47b panel derecho). Con la información de vientos del Aeropuerto Diego Aracena (Chucumata), se registraron intensos pulsos de surgencia ($\sim 3.000 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$) entre el 7 y el 20 de febrero (Figura 47c panel izquierdo), los que decrecieron levemente a principios de primavera ($\sim 2.500 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$) (Figura 47c panel derecho).

En Antofagasta, durante verano, el índice de surgencia siguió el mismo patrón que en Arica, con continuos pulsos diarios de surgencia de magnitudes cercanas a los $1.500 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (Figura 47d panel izquierdo). No obstante, a principios de primavera, también se detectó la ocurrencia de eventos de surgencia ($\sim 2.500 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$) alternados con marcadas convergencias ($\sim -1.500 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$) (Figura 47d panel derecho).

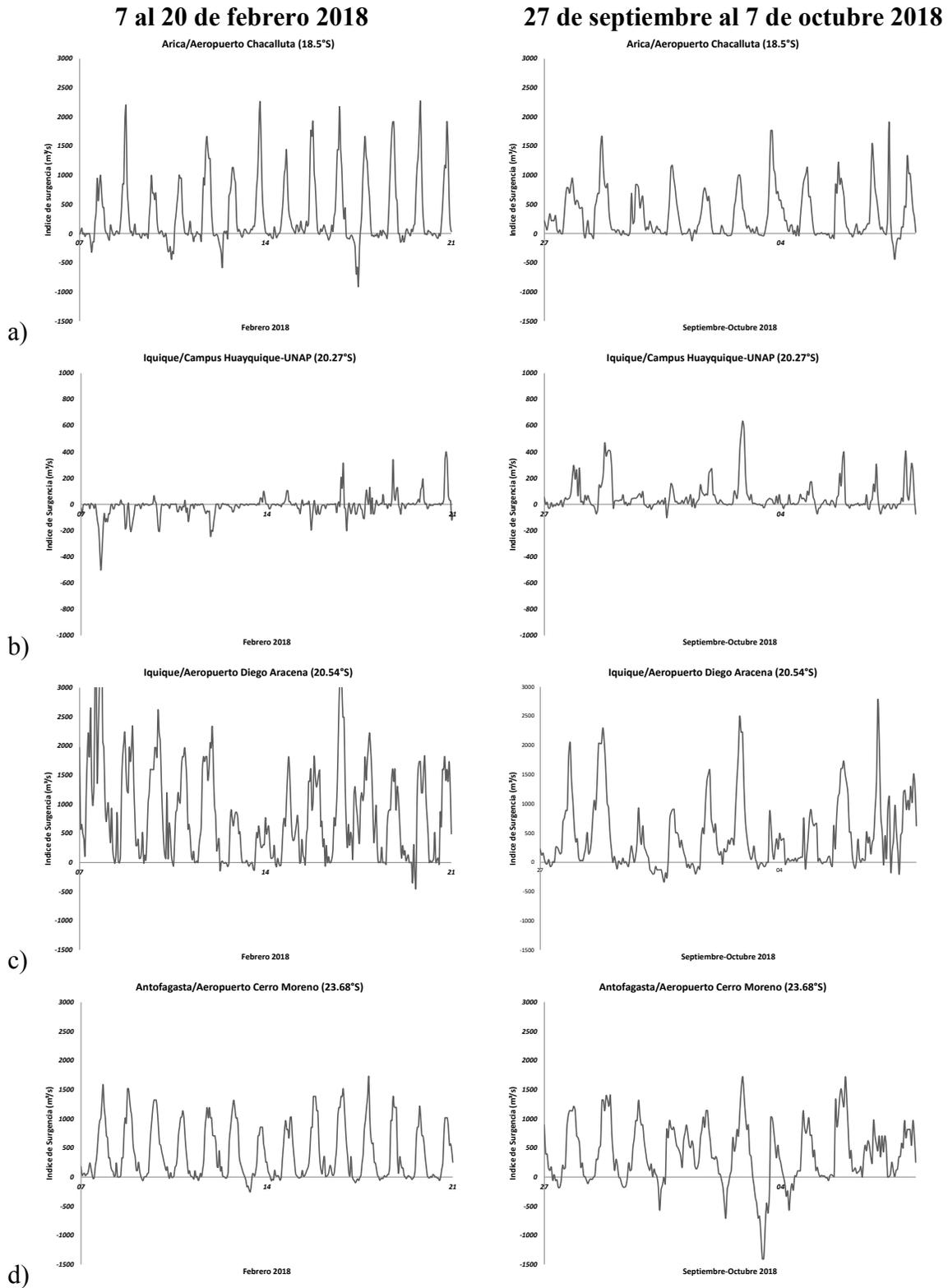


Figura 47. Índice de Surgencia ($m^3 s^{-1}$) en a) Arica ($18.5^{\circ}S$), b) Iquique ($20.27^{\circ}S$), c) Iquique ($20.54^{\circ}S$) y d) Antofagasta ($23.68^{\circ}S$), para los periodos del 7 al 20 de febrero de 2018 (panel izquierdo) y del 27 al 10 de octubre de 2018 (panel derecho).

Levantamiento de la información Oceanográfica.

Condiciones oceanográficas durante el crucero de verano 2018, para la zona norte de Chile.

Durante el verano de 2018, la distribución horizontal de la temperatura permitió dividir la zona costera del área de estudio en sectores de aguas cálidas, templadas, y frías. Las aguas cálidas presentaron valor promedio de temperatura entre $19,1^{\circ}$ y $19,6^{\circ}\text{C}$, las salinidades fluctuaron entre 34,57 y 34,79 psu, el contenido de oxígeno disuelto entre 4,8 y 4,9 mL/L y la densidad entre $24,67$ y $24,70\text{ kg/m}^3$, y se registraron en Arica ($20,5^{\circ}\text{S}$) y entre Caleta Cobija ($22,5^{\circ}\text{S}$) y Antofagasta ($23,5^{\circ}\text{S}$), con un núcleo en Mejillones (23°S). Las aguas templadas exhibieron un promedio de temperatura entre $17,6$ y $17,7^{\circ}\text{C}$, las salinidades en el rango entre 34,56 y 34,82 psu, el oxígeno disuelto entre 4,5 y 4,9 mL/L y la densidad fluctuó entre $25,05$ y $25,21\text{ kg/m}^3$, y se ubicaron entre Caleta Vitor ($19,0^{\circ}\text{S}$) y Punta Colorada ($20,0^{\circ}\text{S}$), con un núcleo en Pisagua ($19,5^{\circ}\text{S}$) y entre Punta Amarilla ($24,0^{\circ}\text{S}$) y Paposo ($25,0^{\circ}\text{S}$). Las aguas frías se detectaron en Punta Patache ($20,5^{\circ}\text{S}$) y Tocopilla ($22,0^{\circ}\text{S}$), con el núcleo en Punta Lobos ($21,0^{\circ}\text{S}$), el valor promedio de temperatura fue del orden de $16,5^{\circ}\text{C}$, la salinidad de 34,79 psu, el contenido de oxígeno disuelto de 3,4 mL/L y la densidad de $25,46\text{ kg/m}^3$. El campo de densidad superficial estuvo determinado por la distribución de temperatura, por lo tanto, las isopícnas siguieron el mismo patrón que el de las isotermas, de igual manera las isolíneas de oxígeno disuelto y en menor grado la salinidad (Figura 48).

Distribución Vertical de los parámetros oceanográficos

La distribución vertical de la temperatura mostró una capa isotermal muy superficial (2-15 m) en toda el área de estudio. La termoclina estacional, asociada a la isoterma de 15°C , varió su profundidad latitudinalmente, localizándose entre 4 y 20 m desde Arica ($18,5^{\circ}\text{S}$) a Punta Amarilla ($24,0^{\circ}\text{S}$), y entre 15 y 30 m desde Caleta Botija ($24,5^{\circ}\text{S}$) a Paposo ($25,0^{\circ}\text{S}$). La picnoclina mantuvo rangos similares de profundidad.

Bajo la oxiclina se detectó un mínimo de oxígeno disuelto, con valores inferiores a 1 mL/L, el cual estuvo asociado al Agua Ecuatorial Subsuperficial (AESS). La zona de mínima concentración de oxígeno se encontró ligeramente más profunda respecto a la base de la

termoclina, ubicándose entre los 12 y 105 m de profundidad, desapareciendo a nivel costero en Punta Colorada (20,0°S), y entre Antofagasta (23,5°S) y Paposo (25,0°S) (Figuras 49 a la 68).

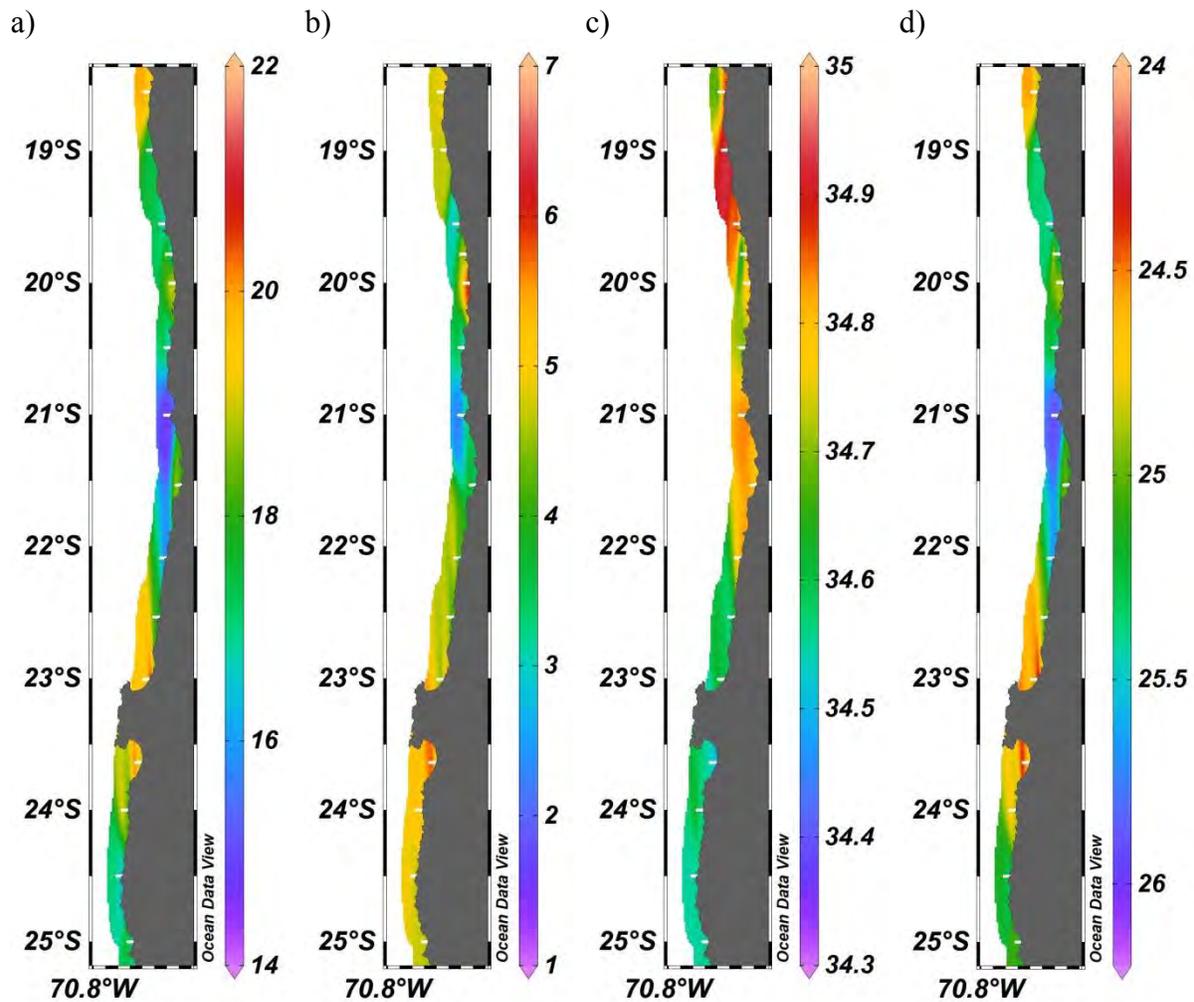


Figura 48. Distribución superficial de (a) Temperatura (°C), (b) Oxígeno disuelto (mL/L), (c) Salinidad (psu) y (d) Densidad (kg/m^3), durante el verano de 2018, entre Arica (18°25'S) y Rada Paposo (25°00'S).

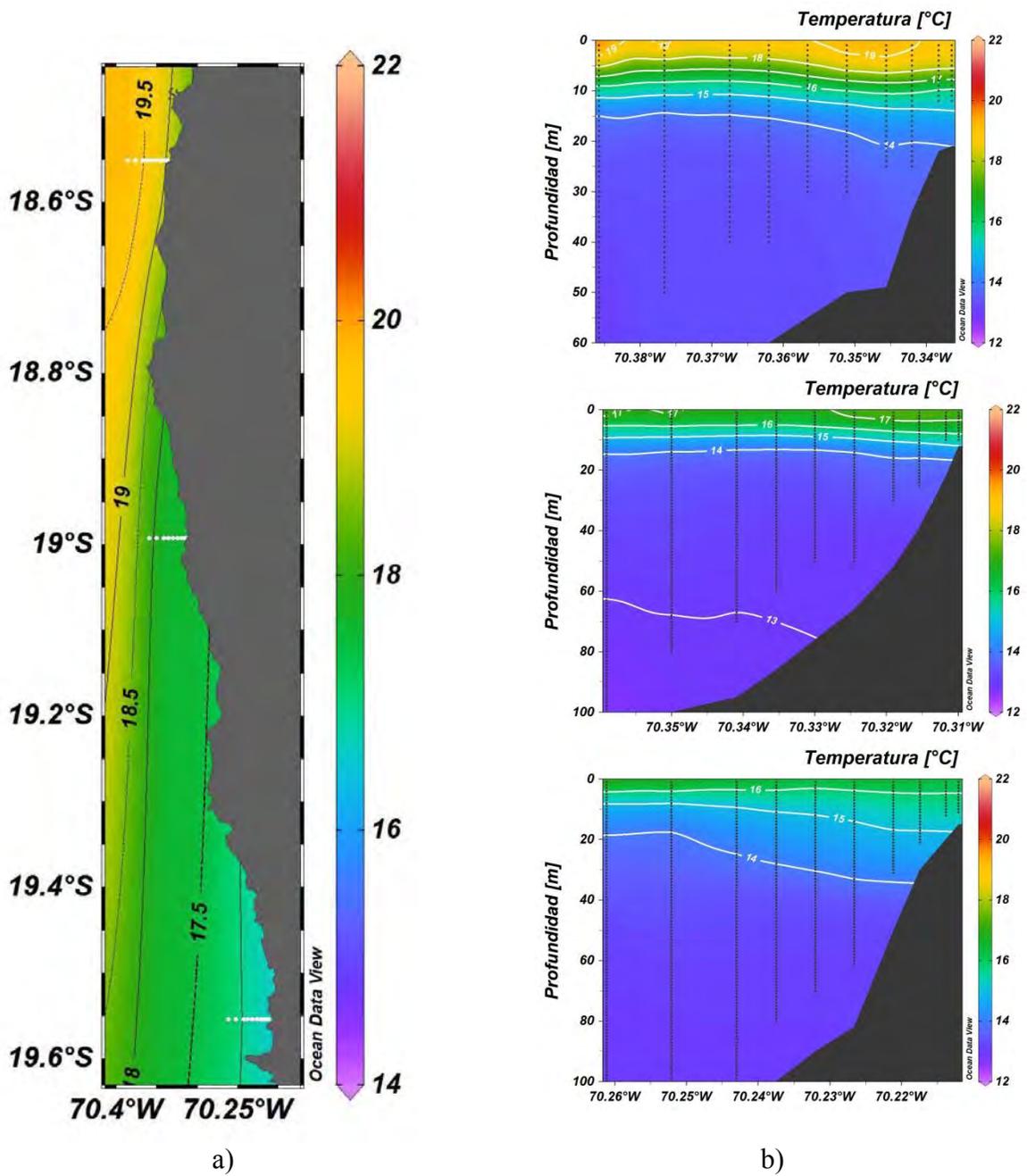


Figura 49. a) Distribución superficial de Temperatura (°C) y b) Distribución vertical de Temperatura (°C) en las transecta I, II y III, durante el verano de 2018.

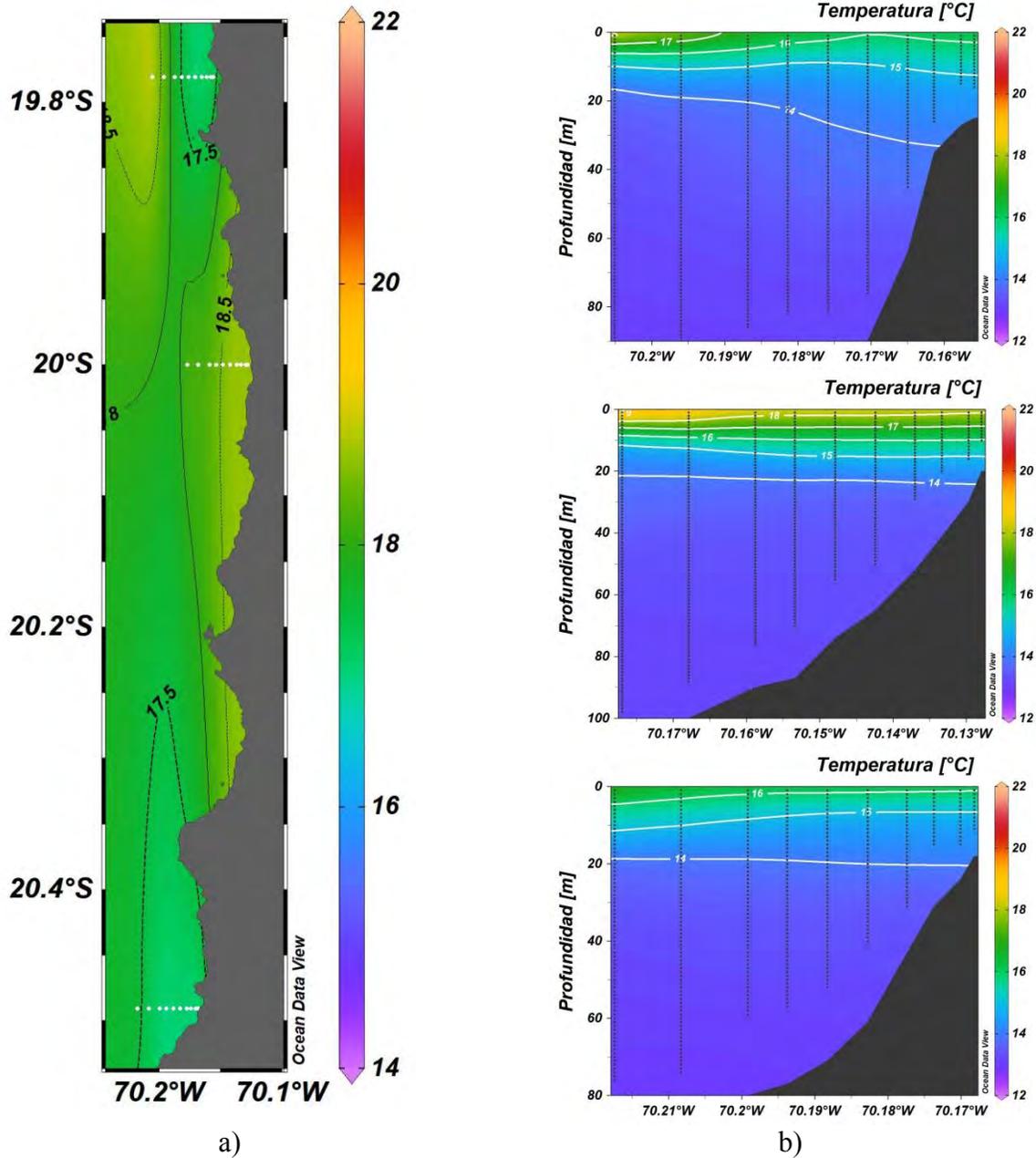


Figura 50. a) Distribución superficial de Temperatura (°C) y b) Distribución vertical de Temperatura (°C) en las transecta IV, V y VI, durante el verano de 2018.

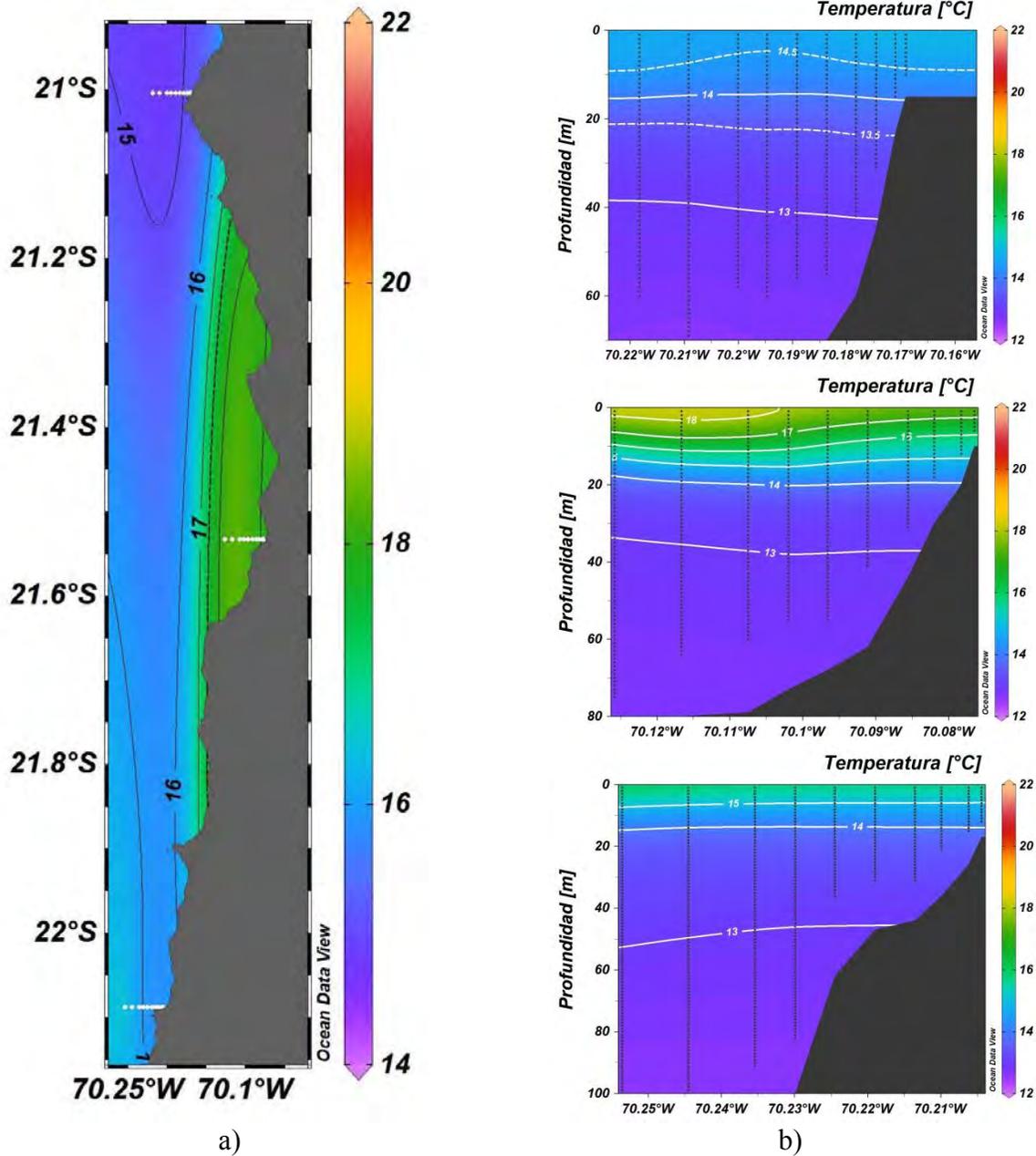


Figura 51. a) Distribución superficial de Temperatura (°C) y b) Distribución vertical de Temperatura (°C) en las transecta VII, VIII y IX, durante el verano de 2018.

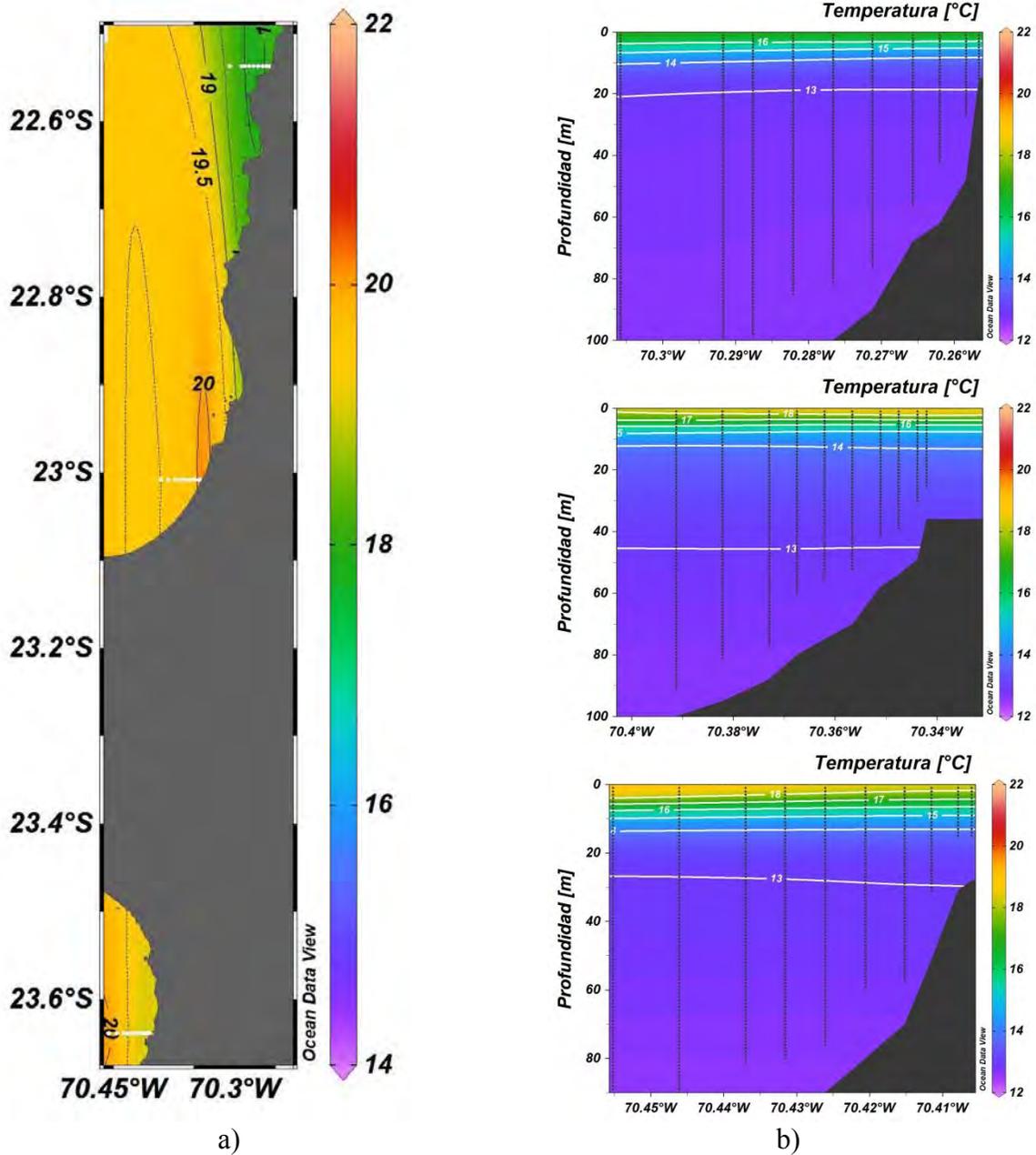


Figura 52. a) Distribución superficial de Temperatura (°C) y b) Distribución vertical de Temperatura (°C) en las transecta X, XI y XII, durante el verano de 2018.

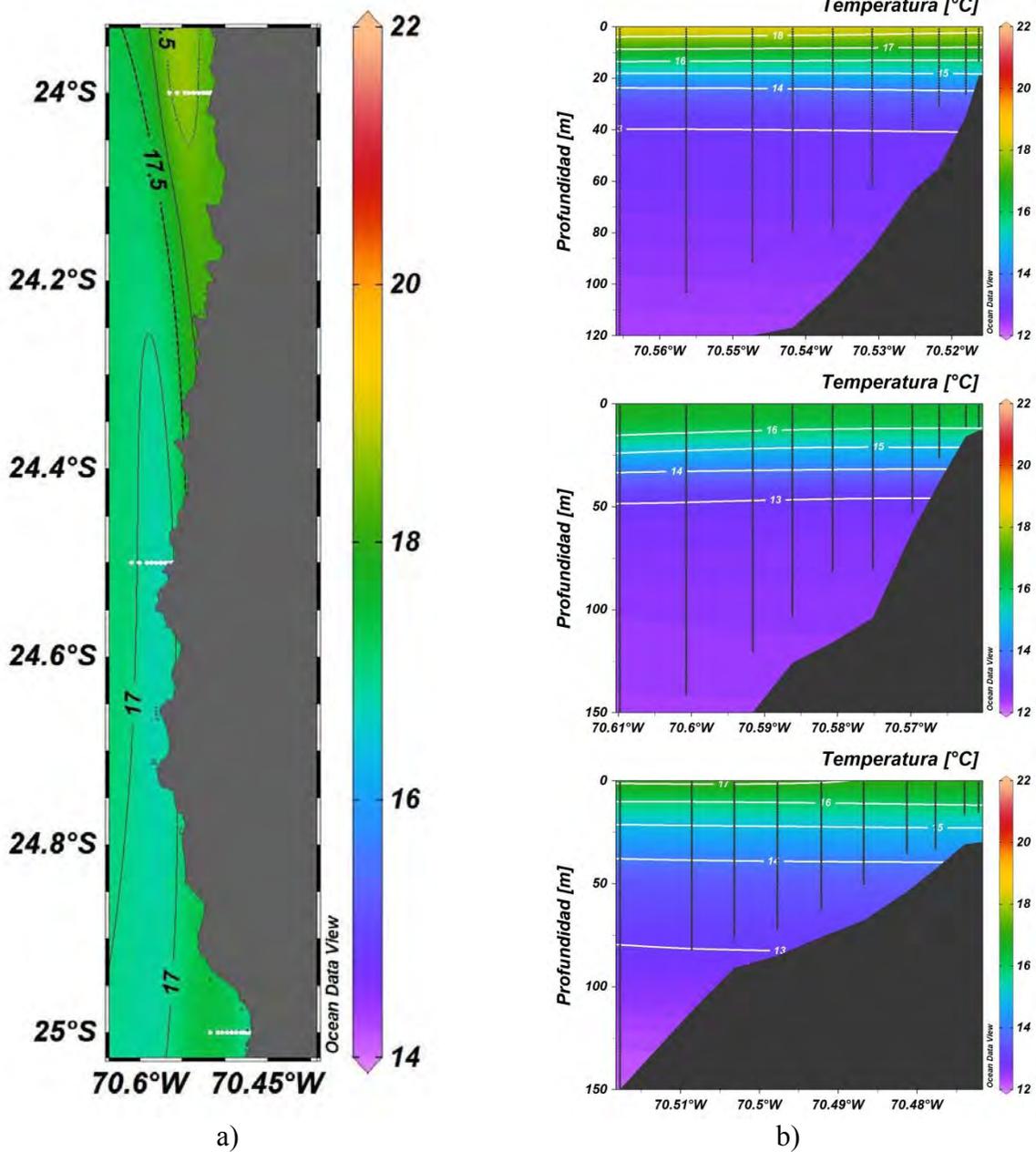


Figura 53. a) Distribución superficial de Temperatura (°C) y b) Distribución vertical de Temperatura (°C) en las transecta XIII, XIV y XV, durante el verano de 2018.

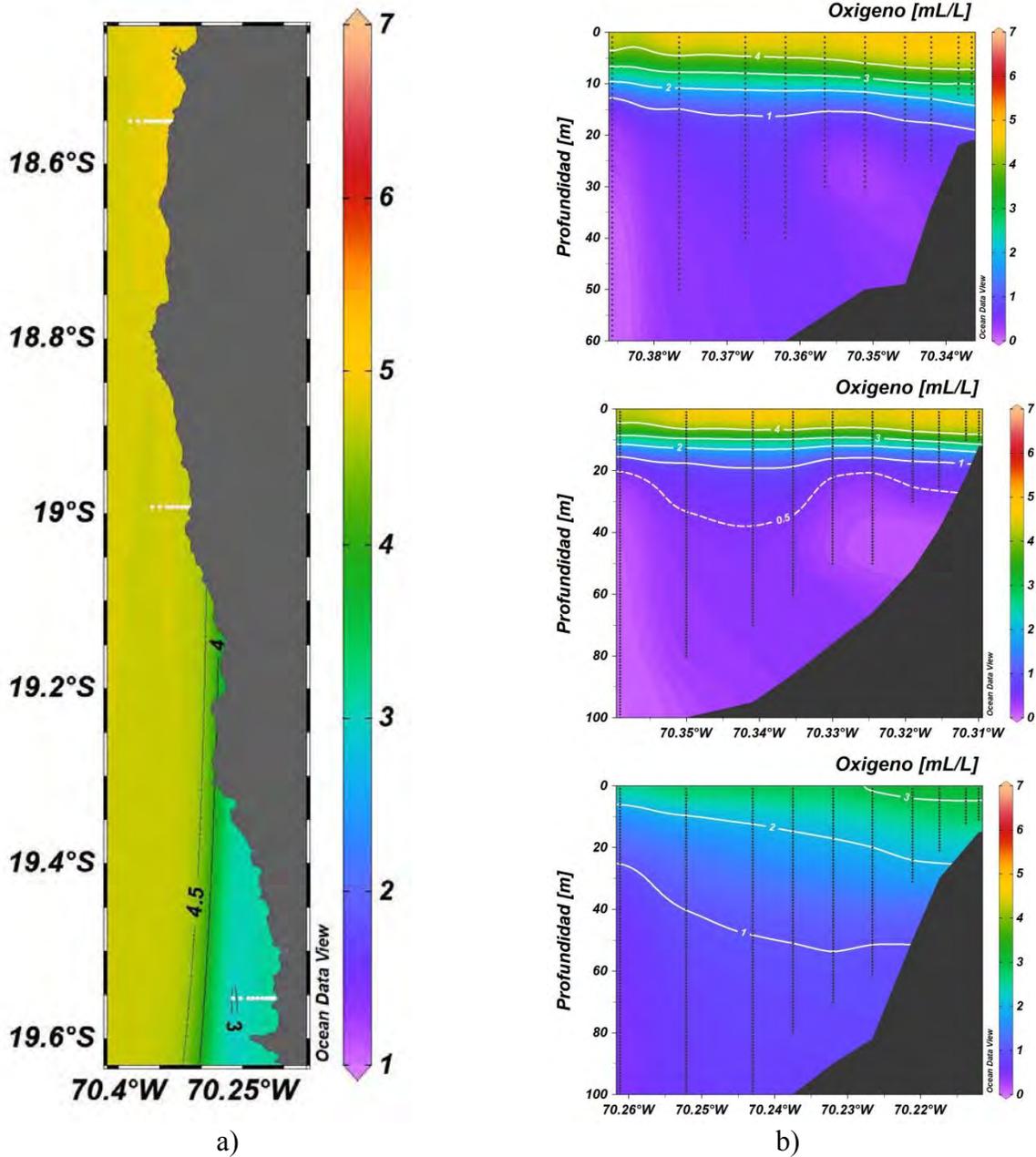


Figura 54. a) Distribución superficial de Oxígeno disuelto (mL/L) y b) Distribución vertical de Oxígeno disuelto (mL/L) en las transecta I, II y III, durante el verano de 2018.

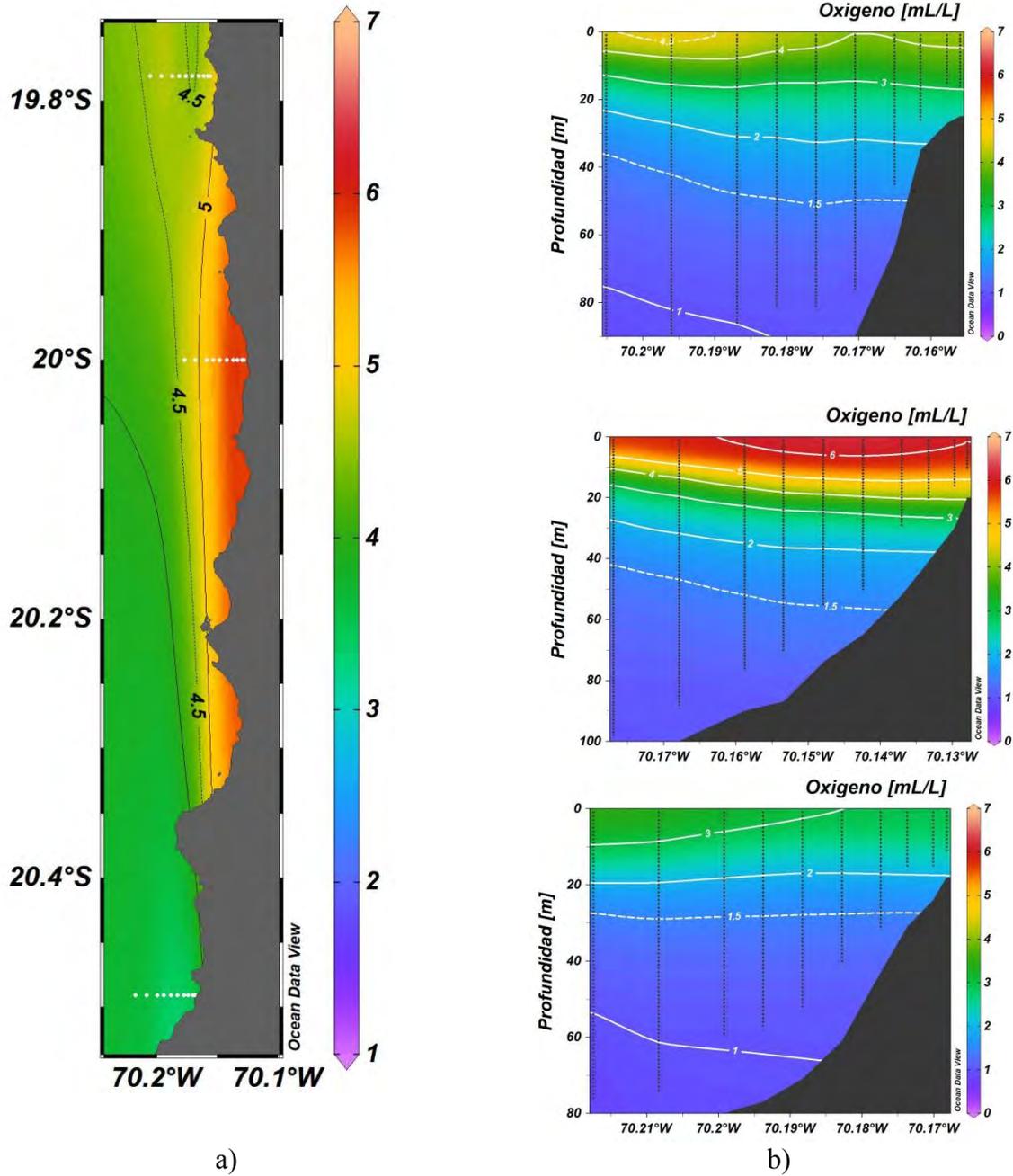


Figura 55. a) Distribución superficial de Oxígeno disuelto (mL/L) y b) Distribución vertical de Oxígeno disuelto (mL/L) en las transecta IV, V y VI, durante el verano de 2018.

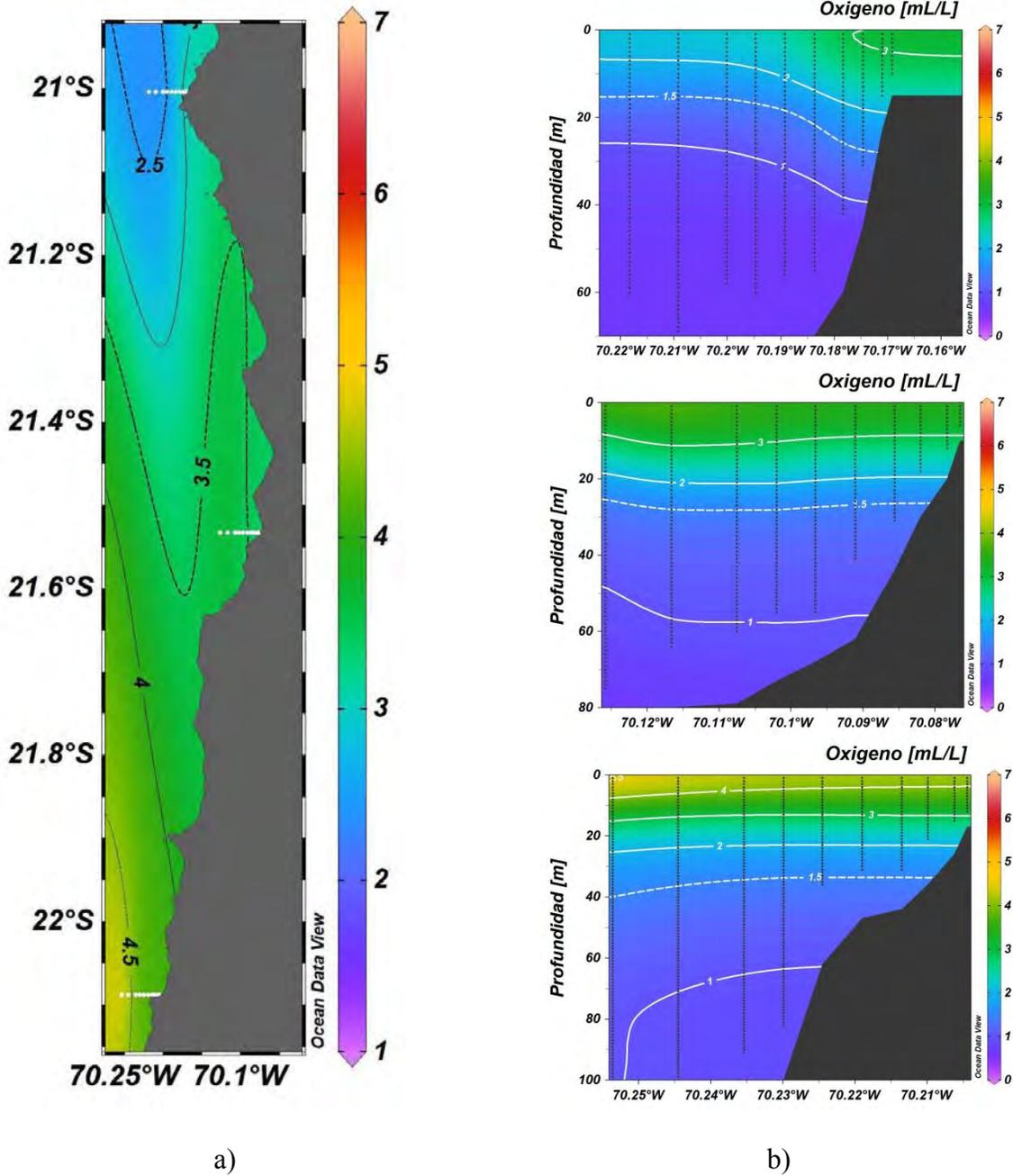


Figura 56. a) Distribución superficial de Oxígeno disuelto (mL/L) y b) Distribución vertical de Oxígeno disuelto (mL/L) en las transecta VII, VIII y IX, durante el verano de 2018.

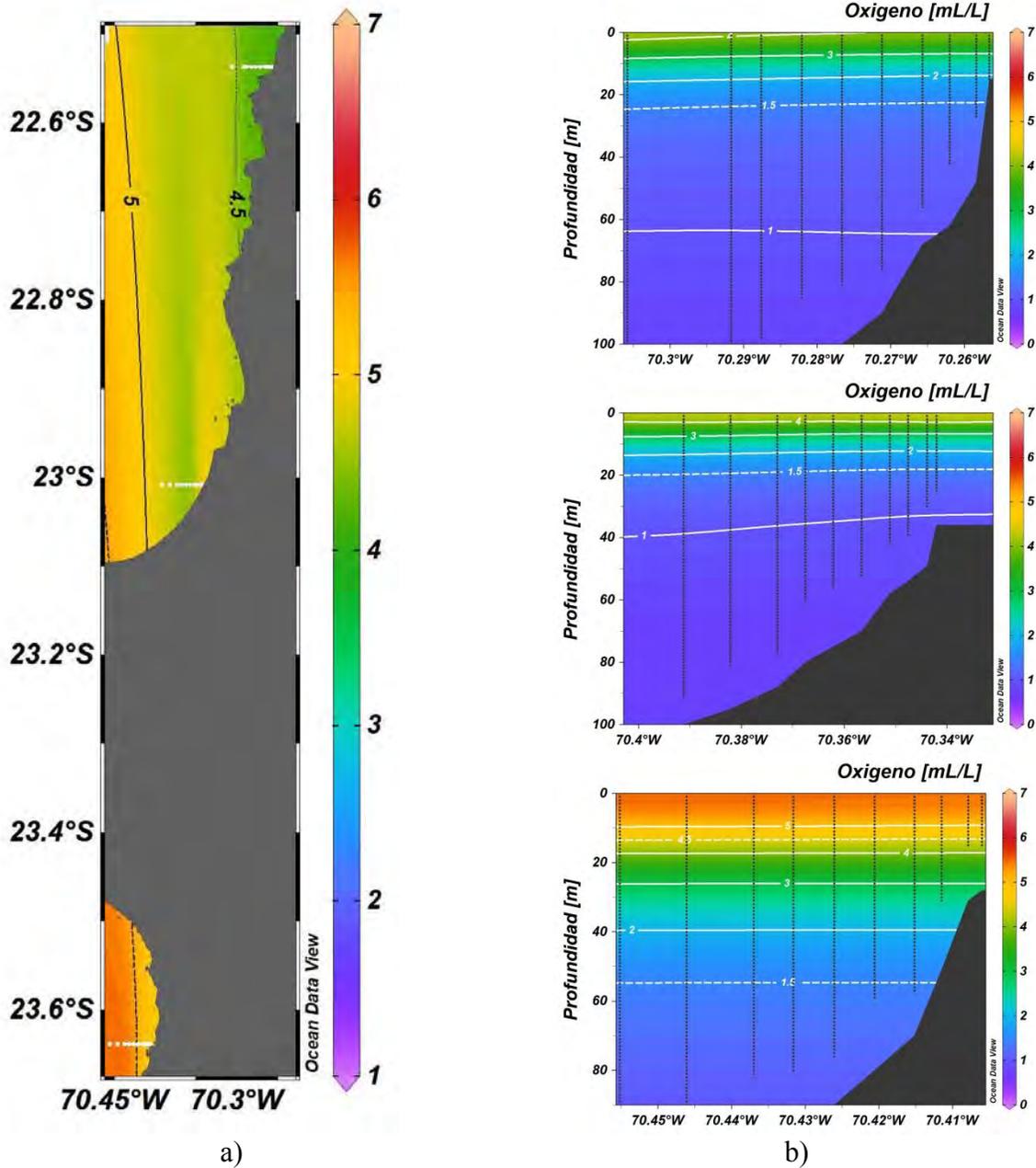


Figura 57. a) Distribución superficial de Oxígeno disuelto (mL/L) y b) Distribución vertical de Oxígeno disuelto (mL/L) en las transecta X, XI y XII, durante el verano de 2018.

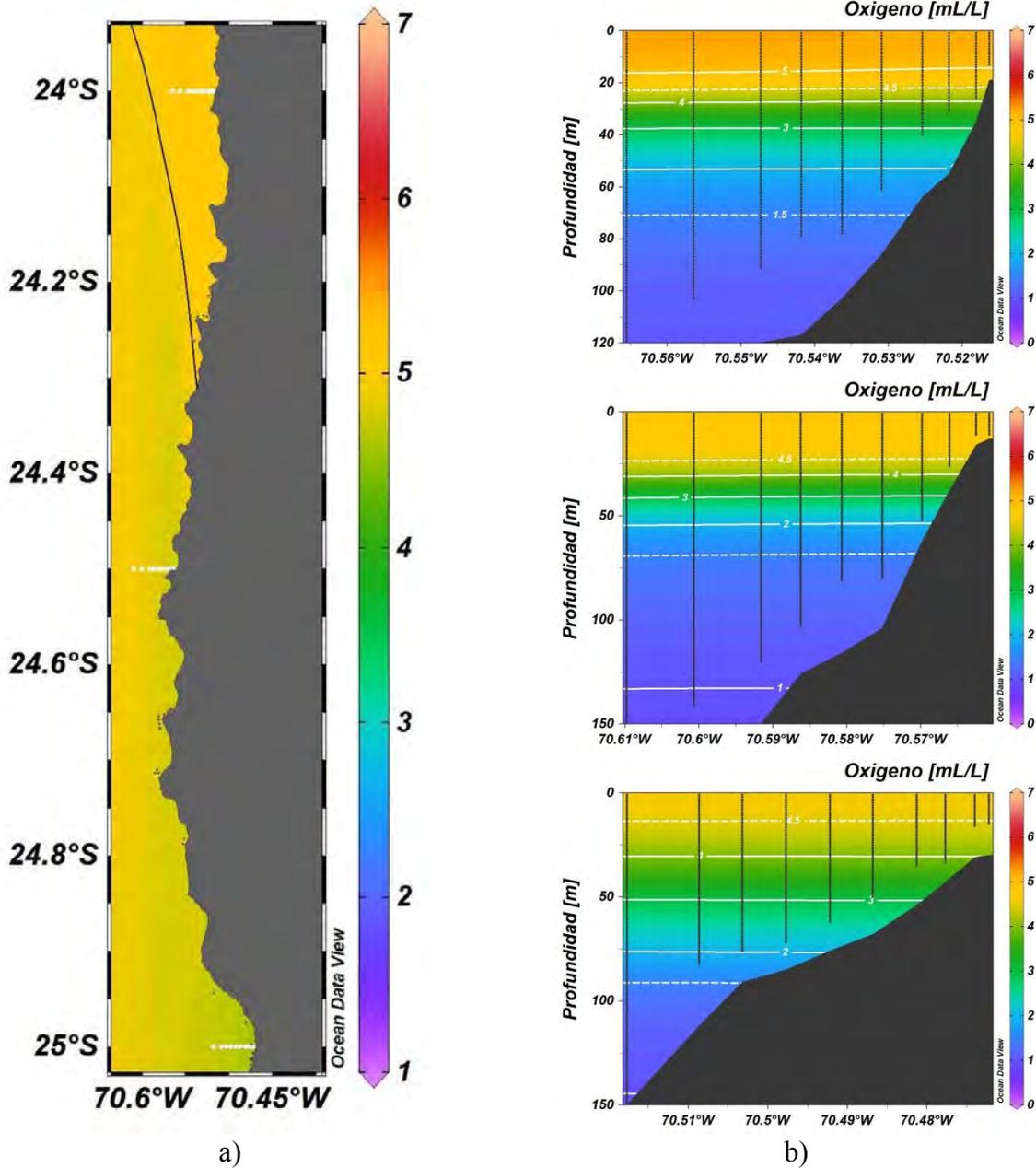


Figura 58. a) Distribución superficial de Oxígeno disuelto (mL/L) y b) Distribución vertical de Oxígeno disuelto (mL/L) en las transecta XIII, XIV y XV, durante el verano de 2018.

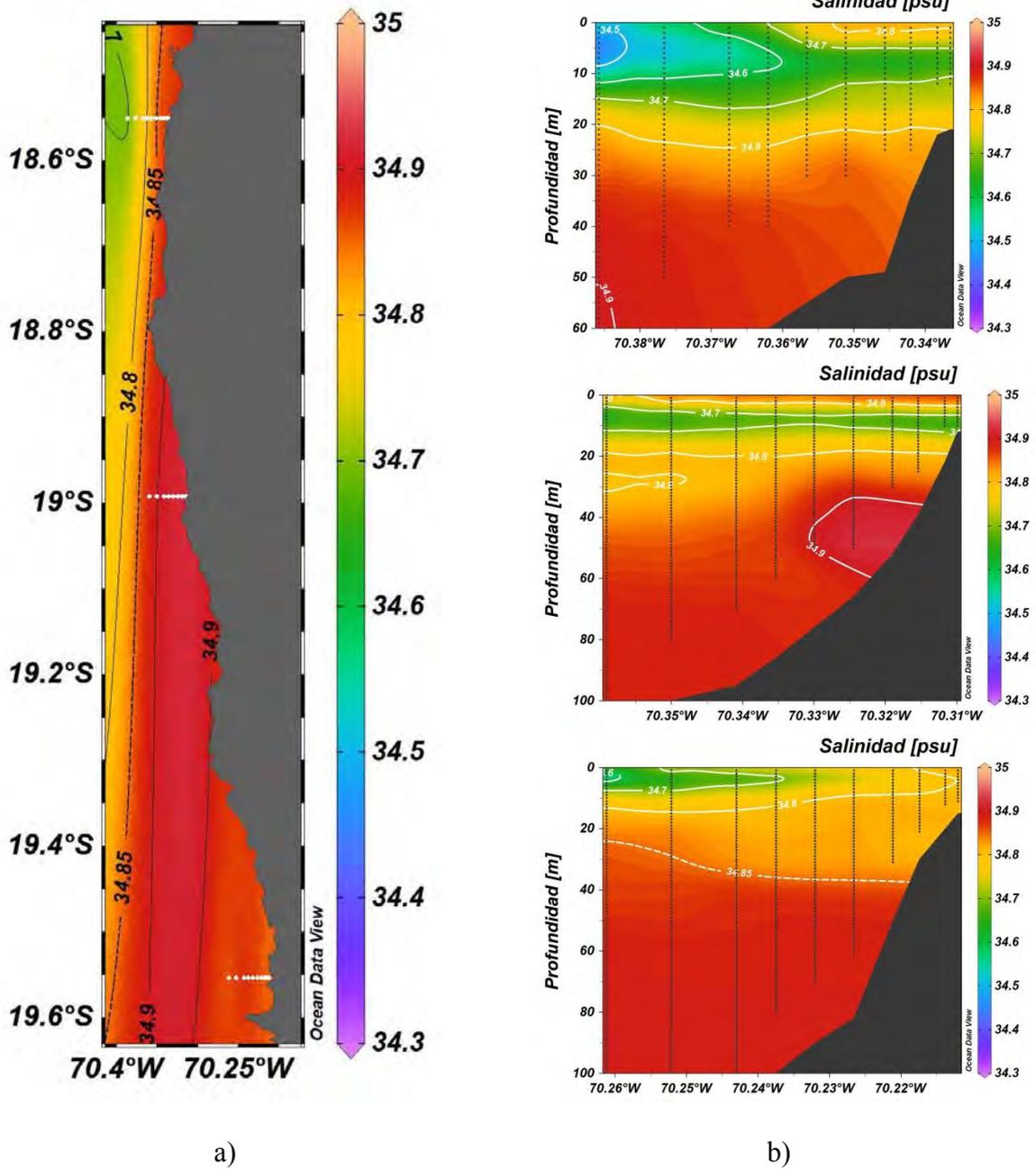


Figura 59. a) Distribución superficial de Salinidad (psu) y b) Distribución vertical de Salinidad (psu) en las transecta I, II y III, durante el verano de 2018.

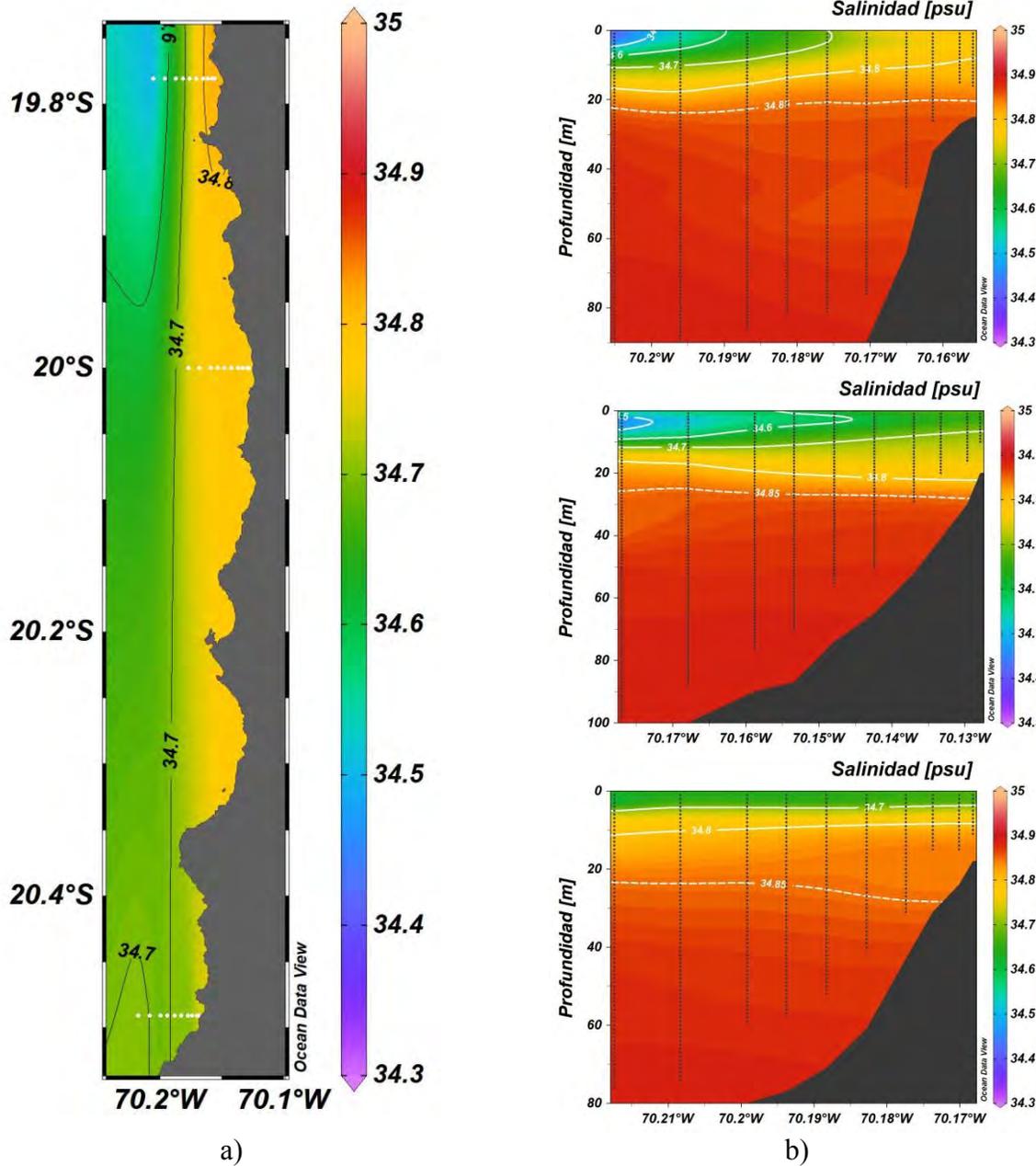


Figura 60. a) Distribución superficial de Salinidad (psu) y b) Distribución vertical de Salinidad (psu) en las transecta IV, V y VI, durante el verano de 2018.

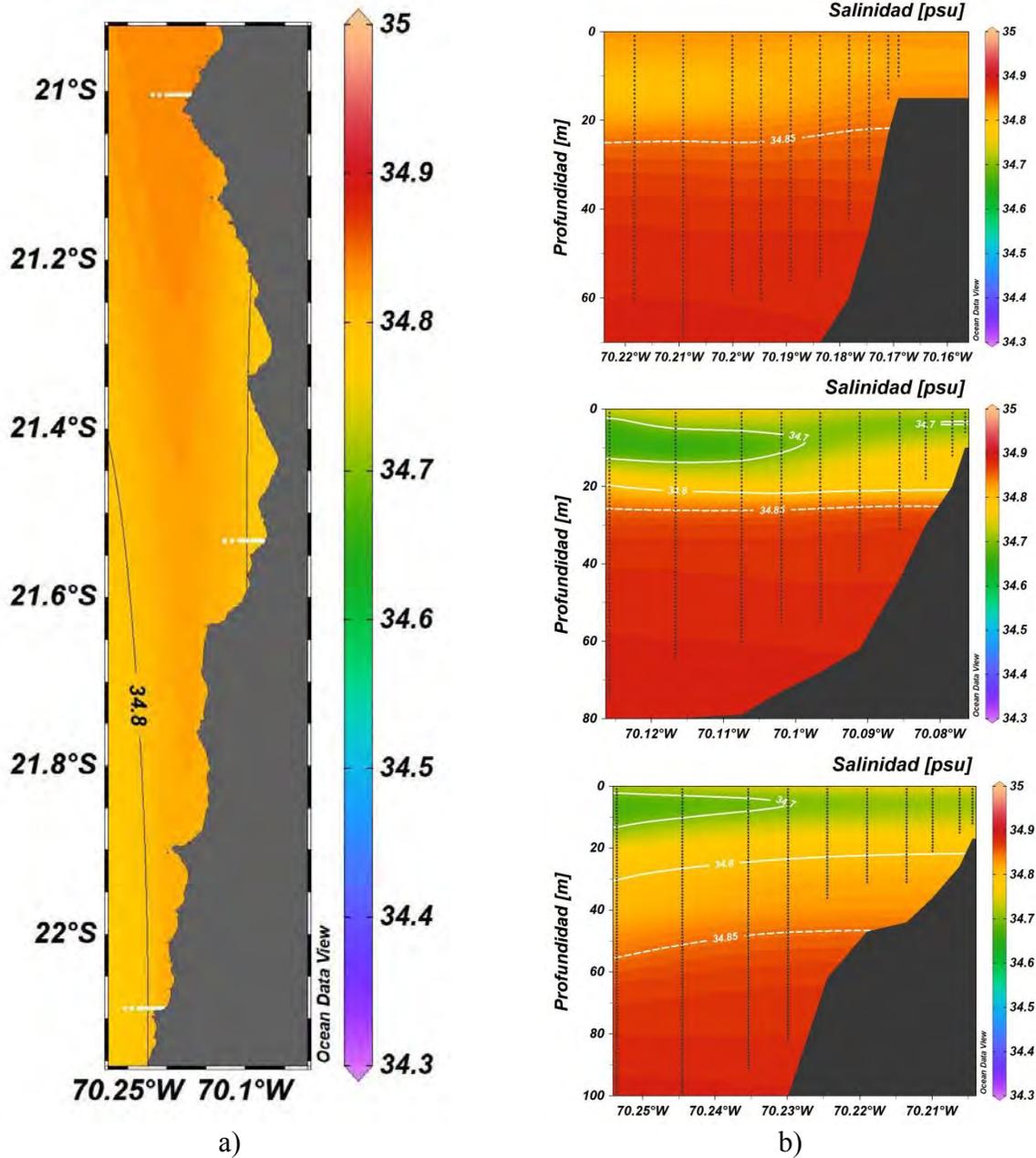


Figura 61. a) Distribución superficial de Salinidad (psu) y b) Distribución vertical de Salinidad (psu) en las transecta VII, VIII y IX, durante el verano de 2018.

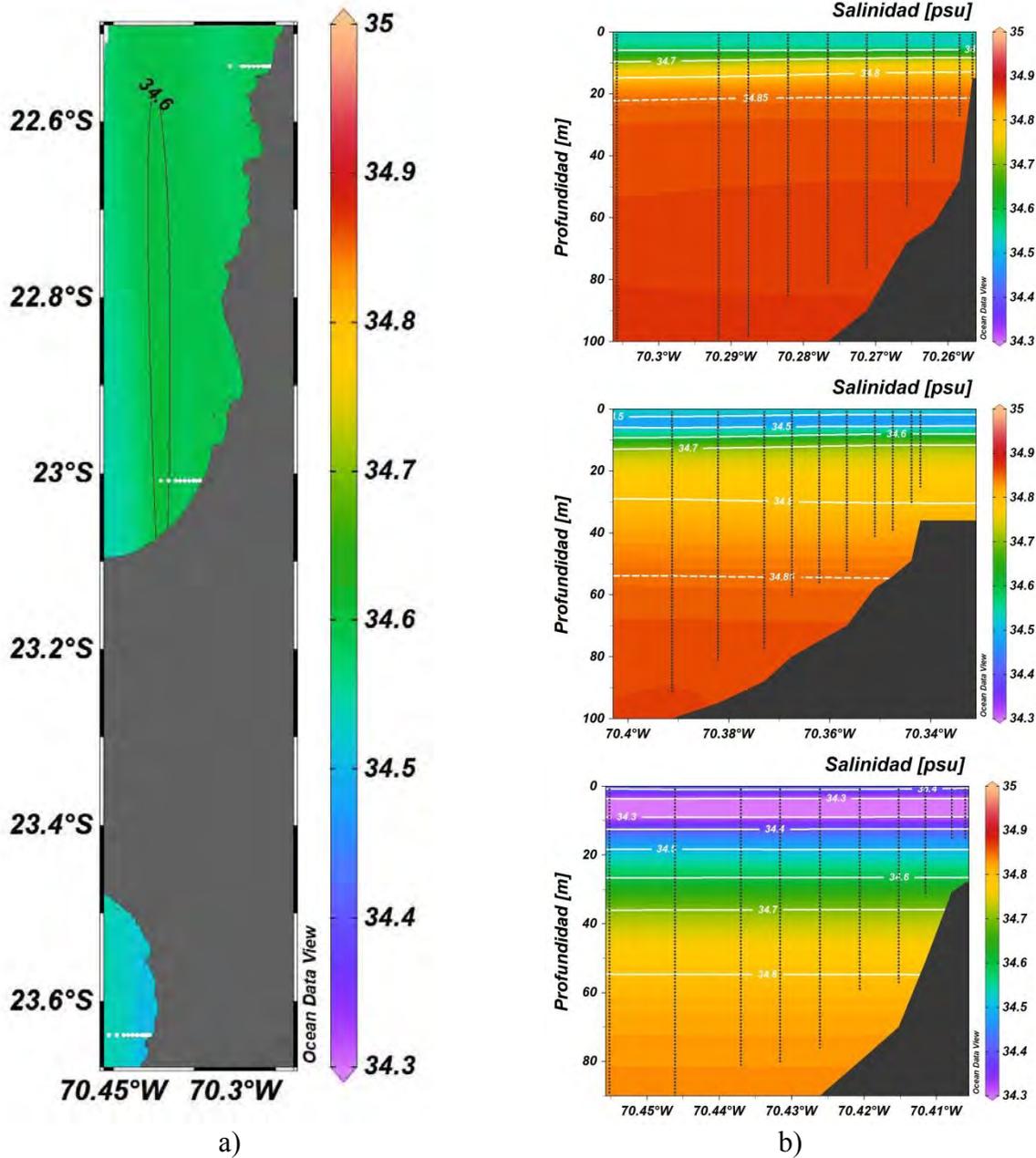


Figura 62. a) Distribución superficial de Salinidad (psu) y b) Distribución vertical de Salinidad (psu) en las transecta X, XI y XII, durante el verano de 2018.

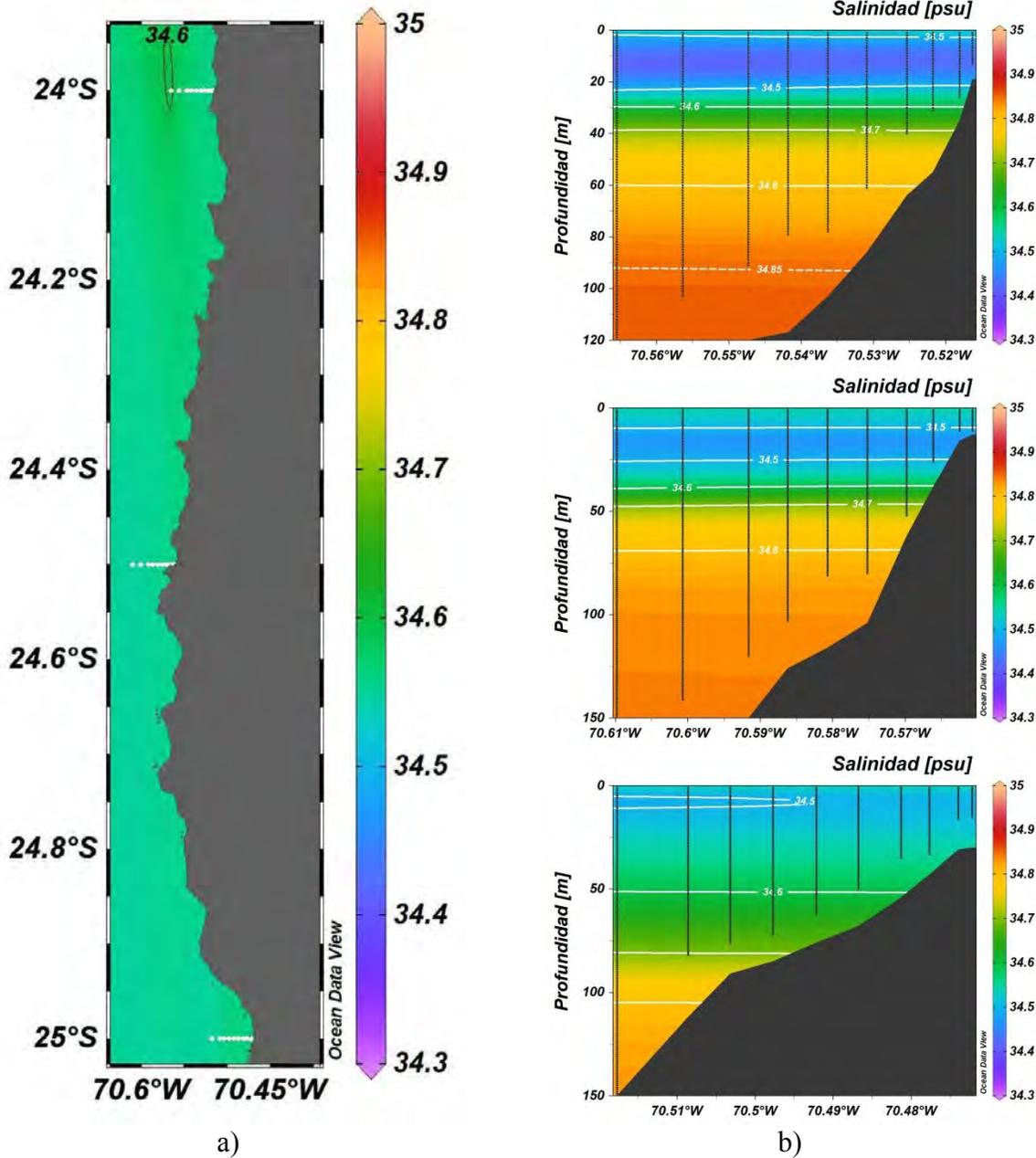


Figura 63. a) Distribución superficial de Salinidad (psu) y b) Distribución vertical de Salinidad (psu) en las transecta XIII, XIV y XV, durante el verano de 2018.

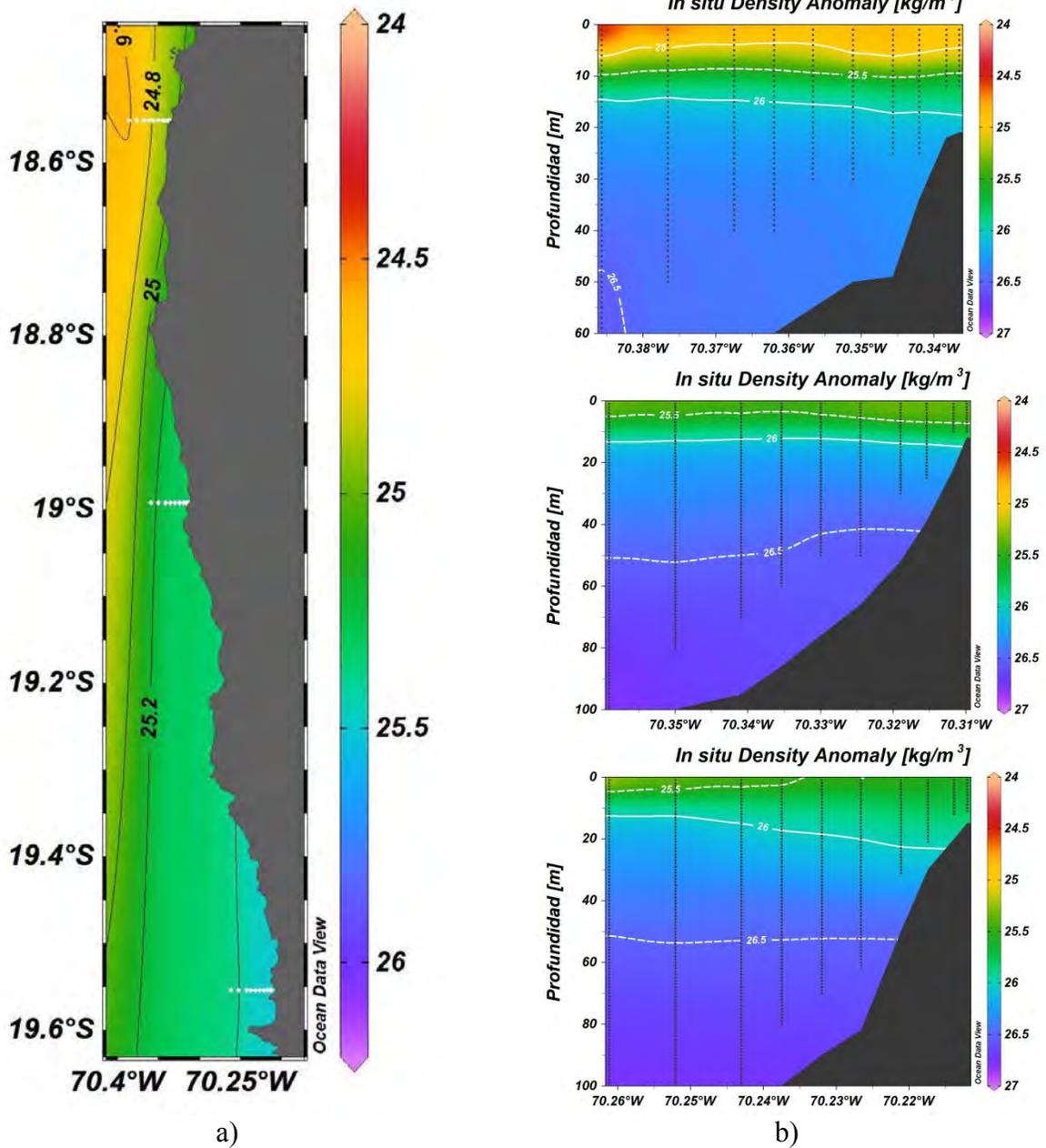


Figura 64. a) Distribución superficial de Densidad (kg/m^3) y b) Distribución vertical de Densidad (kg/m^3) en las transecta I, II y III, durante el verano de 2018.

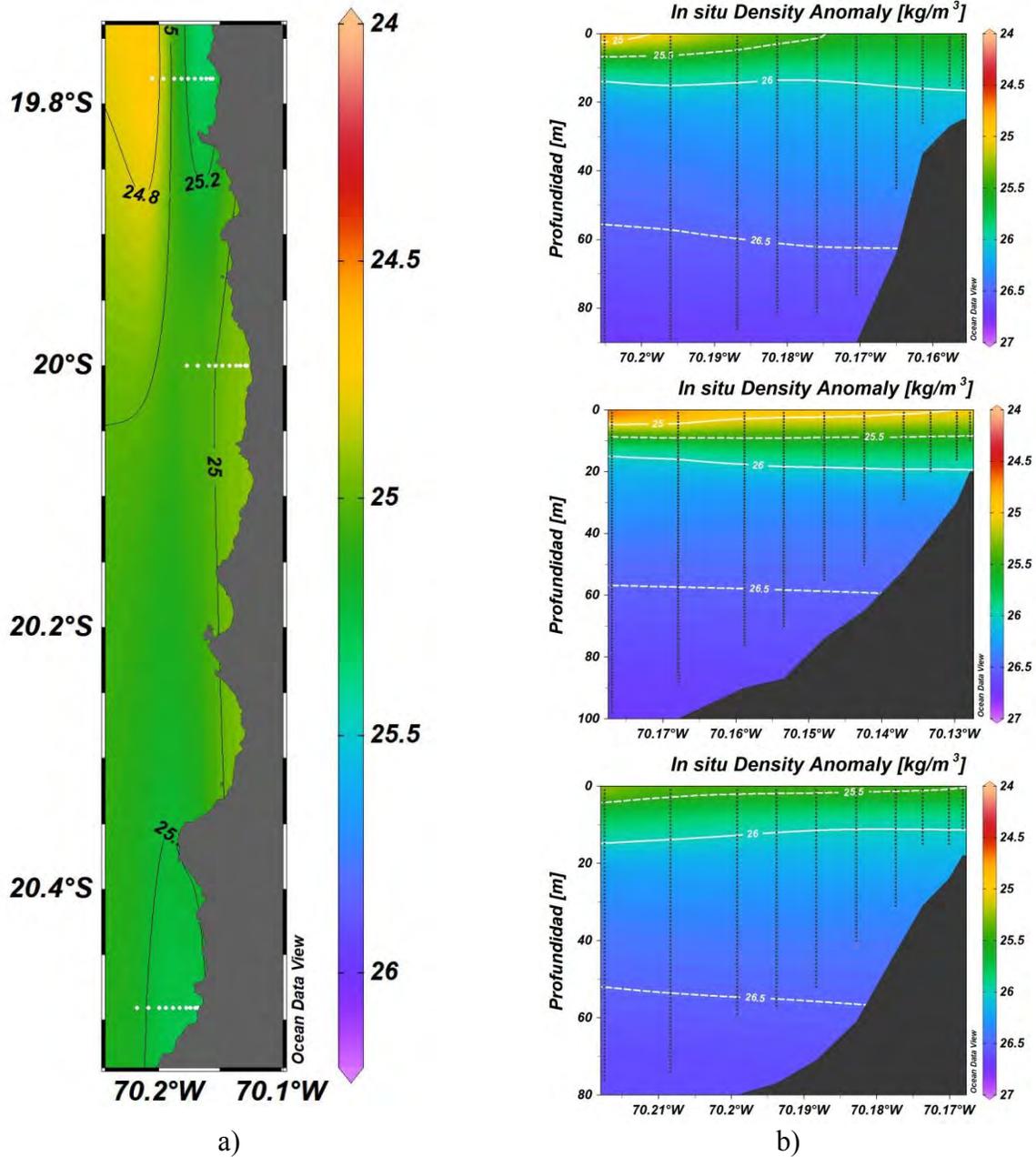


Figura 65. a) Distribución superficial de Densidad (kg/m^3) y b) Distribución vertical de Densidad (kg/m^3) en las transecta IV, V y VI, durante el verano de 2018.

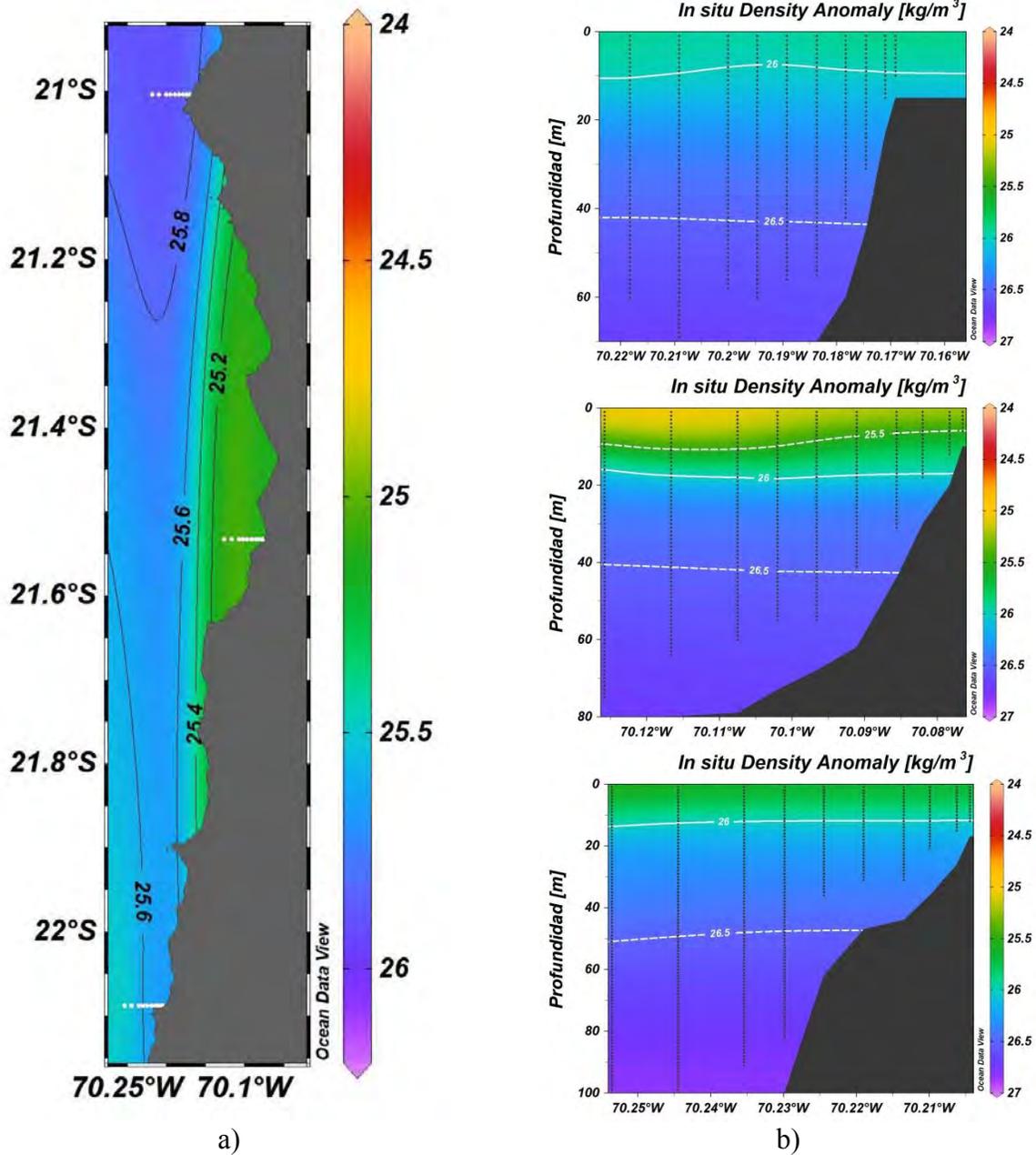


Figura 66. a) Distribución superficial de Densidad (kg/m^3) y b) Distribución vertical de Densidad (kg/m^3) en las transecta VII, VIII y IX, durante el verano de 2018.

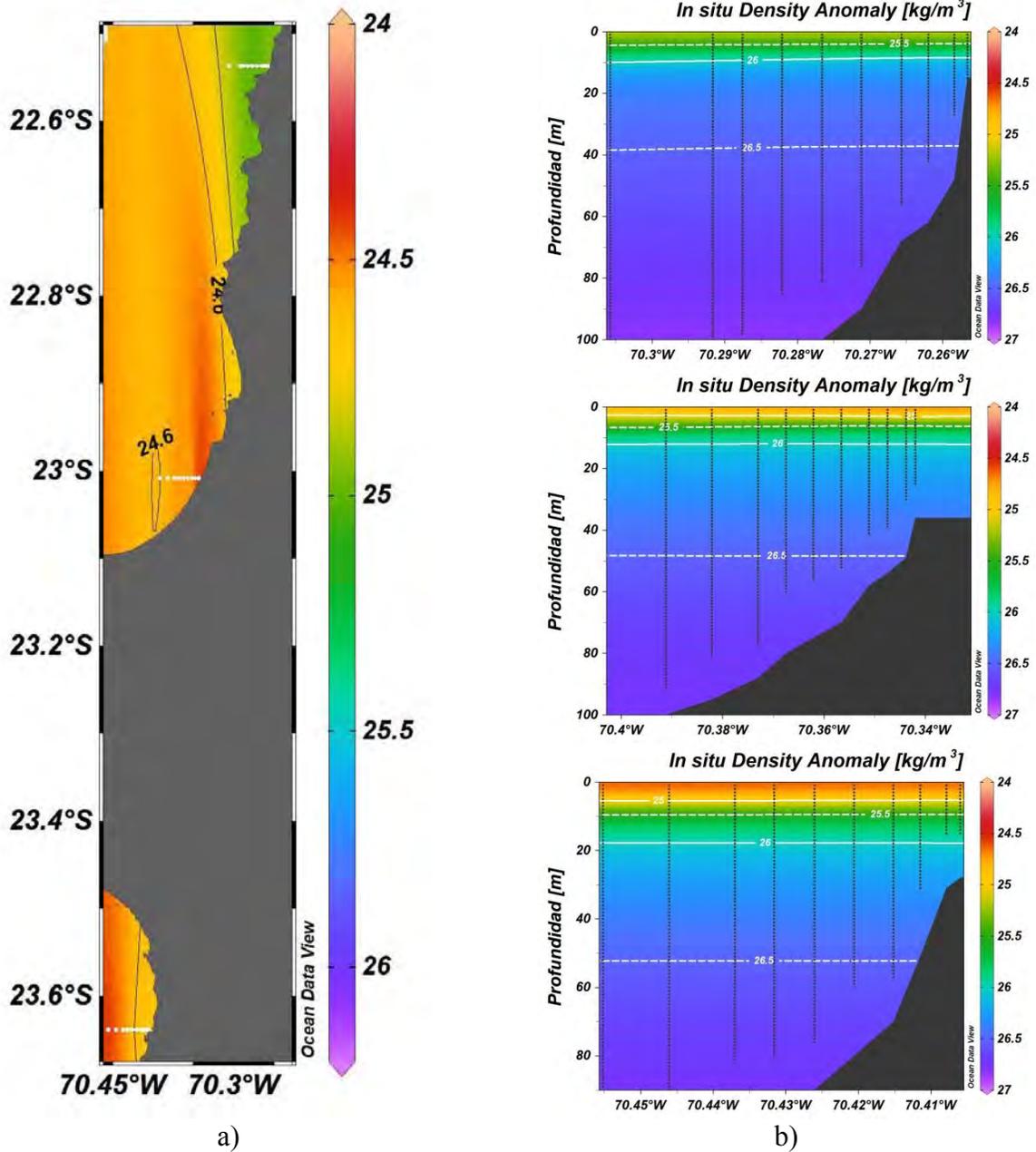


Figura 67. a) Distribución superficial de Densidad (kg/m^3) y b) Distribución vertical de Densidad (kg/m^3) en las transecta X, XI y XII, durante el verano de 2018.

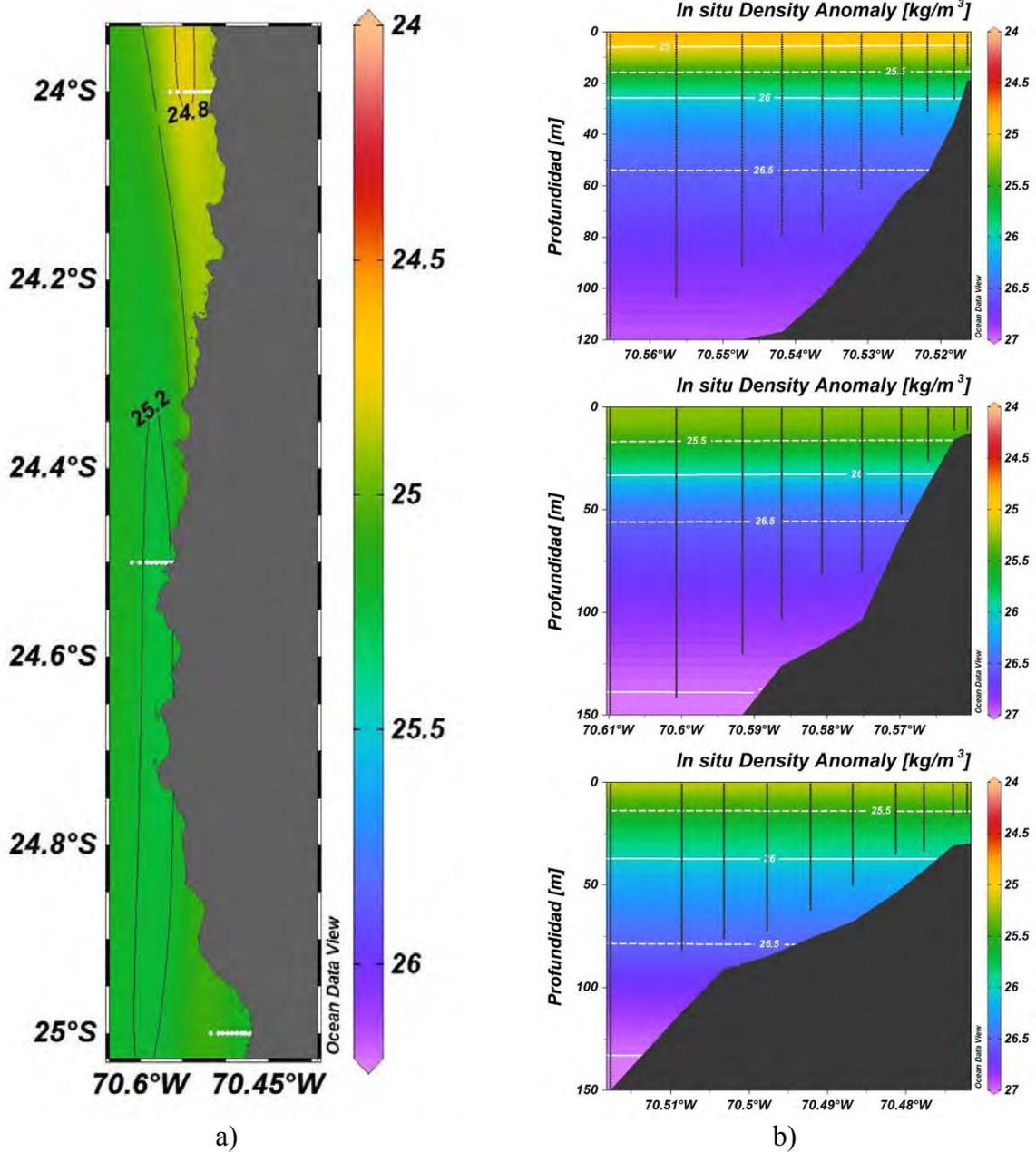


Figura 68. a) Distribución superficial de Densidad (kg/m³) y b) Distribución vertical de Densidad (kg/m³) en las transecta XIII, XIV y XV, durante el verano de 2018.

NUTRIENTES

El nitrato fluctuó entre un mínimo de 0,0 μM a un máximo de 27,9 μM . En general, en toda el área se registraron concentraciones superiores a 10,0 μM entre los 25 y 75 m de profundidad.

Al analizar la distribución horizontal, en superficie las concentraciones de nitrato en toda el área fueron inferiores a 2,0 μM . A 25 m se detectaron focos cercanos a 10,0 μM en Mejillones (23°00'S) y Antofagasta (23°38'S), y en el resto del área los valores se mantuvieron cercanos a 5,0 μM . En esta profundidad se registró la máxima concentración (27,9 μM) frente a caleta Vitor (18°59'S) a 800 m de la costa, y se mantuvieron las altas concentraciones (>10,0 μM) detectadas en Mejillones (23°00'S) y Antofagasta (23°38'S) (Figura 69). Desde los 50 m y hacia los estratos más profundos, este patrón de distribución se mantuvo, pero disminuyeron las magnitudes, excepto por un máximo de 26,4 μM detectado en rada Paposó (25°50'S) a 50 m de profundidad (Figura 70).

En la componente vertical, las secciones muestran la presencia de los mayores valores (>10,0 μM) restringidos a caleta Vitor (18°59'S), Tocopilla (22°05'S) y desde Mejillones (23°00'S) al sur. Estos estuvieron asociados a los estratos más profundos (>25 m), y los focos de máxima concentración (>20,0 μM) localizados en caleta Vitor (18°59'S) y Antofagasta (23°38'S), se extendieron a lo largo de toda la transecta ocupando entre los 25 y 75 m de profundidad, mientras que el foco de rada Paposó (25°00'S) se extendió costa afuera y alcanzó sobre los 100 m de profundidad (Figuras 71, 72 y 73).

El nitrito fluctuó entre 0,0 y 9,7 μM . En general, se observaron las mayores concentraciones (>5,0 μM) entre caleta Vitor (18°59'S) y Mejillones (23°00'S) y a partir de los 25 m de profundidad.

La distribución horizontal por estrato, mostró el dominio de valores inferiores a 1,0 μM entre la superficie y los 10 m de profundidad. A 25 m se detectó la presencia de valores entre 6,0 y 7,6 μM desde punta Patache (20°29'S) a Mejillones (23°00'S), focos que se mantuvieron a los 50 m de donde se registró el máximo principal de 9,7 μM a 1,6 mn de la costa frente a caleta Botija (24°30'S) (Figura 74). Hacia los estratos más profundos, la zona entre Pisagua (19°33'S) y Mejillones (23°00'S) mantuvo concentraciones superiores a 5,0 μM , detectándose en Pisagua (19°33'S) un máximo de 7,0 μM a 100 m de profundidad (Figura 75).

Las secciones verticales mostraron que en las localidades de Arica (18°33'S), caleta Vítor (18°59'S) y rada Raposo (25°00'S), toda la columna de agua se encontró dominada por valores de nitrito inferiores a 1,0 μM . En caleta Botija (24°30'S) se observó la presencia de la máxima concentración (9,7 μM) muy restringida a los 50 m de profundidad, mientras que en las otras localidades, los altos valores se extendieron entre los 25 y 100 m de profundidad con una tendencia a localizarse en las estaciones más alejadas de la costa (Figuras 76, 77 y 78).

El fosfato presentó valores extremos de 0,0 y 4,5 μM , detectándose las mayores concentraciones (>2,0 μM) entre Arica (18°33'S) y Mejillones (23°00'S).

La distribución horizontal mostró entre la superficie y los 25 m de profundidad, la presencia de un foco cercano a 3,9 μM que se extendió entre punta Patache (20°29'S) y punta Lobos (21°00'S), observándose un gradiente de disminución hacia Arica (18°33'S) y hacia Mejillones (23°00'S), donde las concentraciones se mantuvieron cercanas a 2,0 μM , mientras que desde Antofagasta (23°38'S) al sur éstas descendieron de 1,0 μM (Figura 79). A 50 m el foco se extendió entre Pisagua (19°33'S) y punta Arenas (21°31'S), registrándose la máxima (4,5 μM) frente a Iquique a 3 mn de la costa, además, desde Antofagasta (23°38'S) el fosfato se incrementó a valores cercanos a 2,0 μM . Este patrón de distribución se mantuvo a 75 y 100 m de profundidad donde se registraron máximas de 3,9 μM en punta Arenas (21°31'S) y Pisagua (19°33'S) respectivamente (Figura 80).

La distribución vertical mostró en todas las localidades, con excepción de Arica y rada Raposo, una columna de agua dominada por concentraciones de fosfato superiores a 2,0 μM , las que ocuparon el estrato entre los 25 y 100 m de profundidad y se extendieron entre la costa y las 3 mn (Figuras 81, 82 y 83).

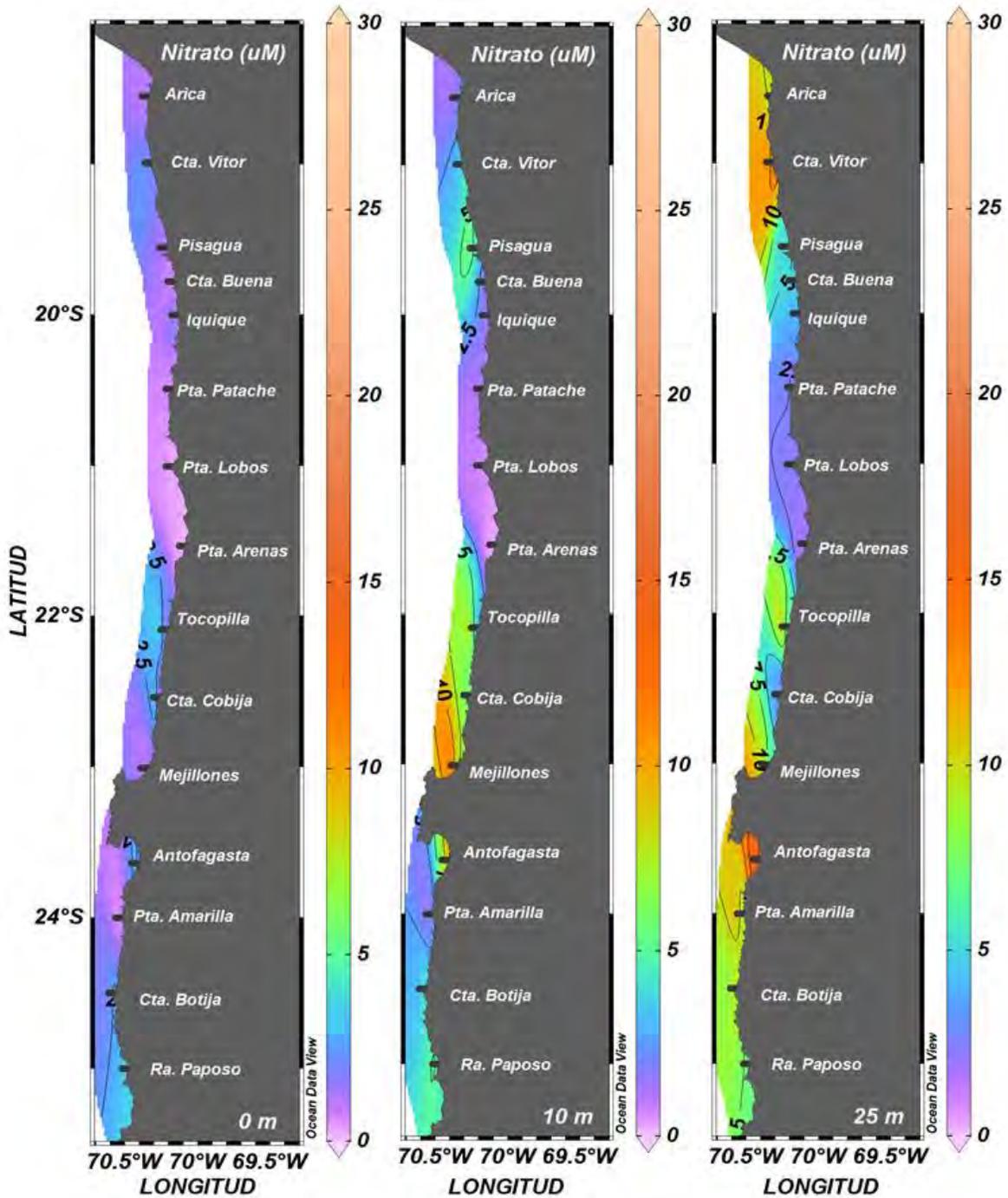


Figura 69. Distribución horizontal de nitrato (μM) entre la superficie y los 25 m de profundidad durante el verano 2018.

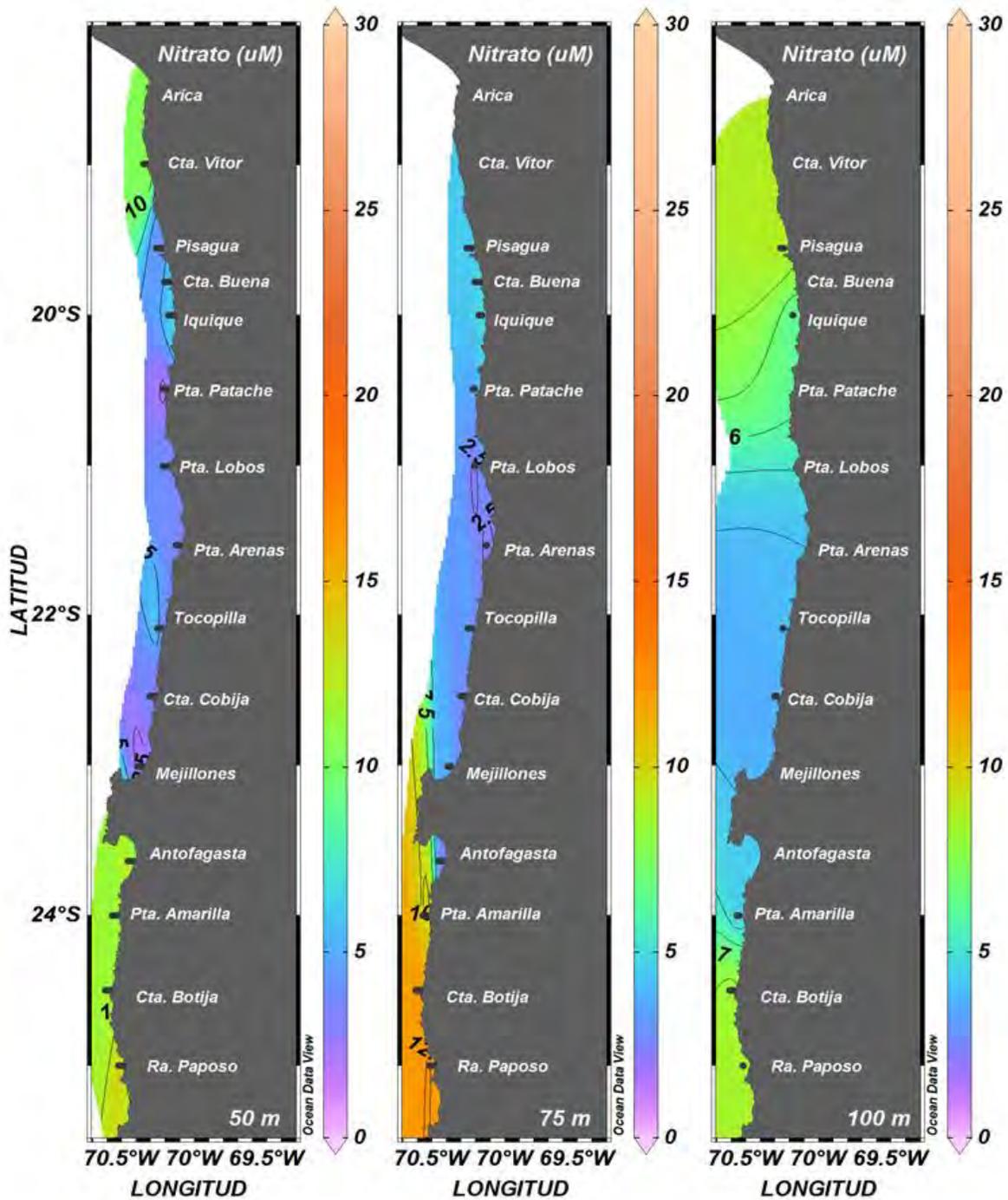


Figura 70. Distribución horizontal de nitrato (μM) entre los 50 y 100 m de profundidad durante el verano 2018.

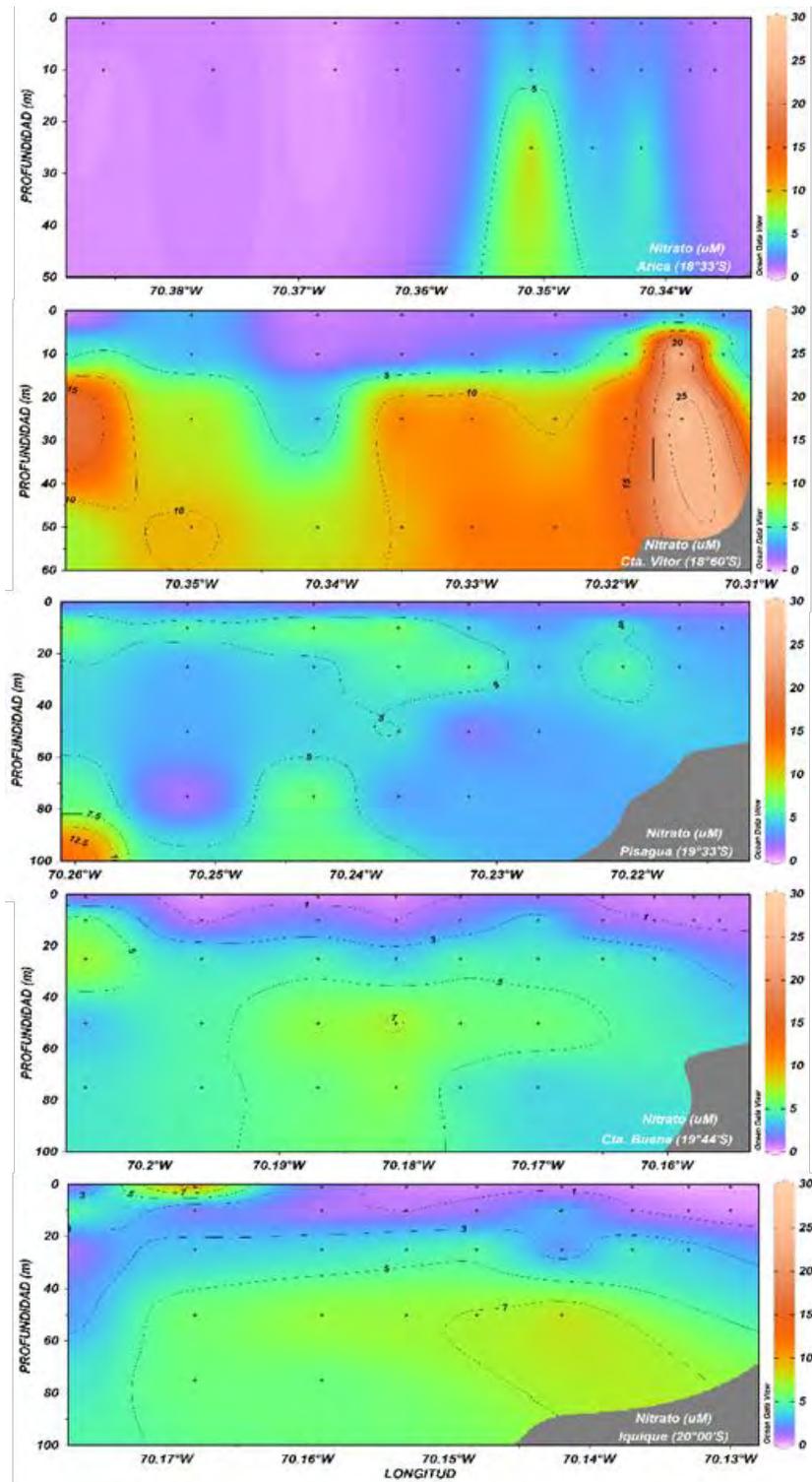


Figura 71. Distribución vertical de nitrato (μM) entre Arica ($18^{\circ}33'S$) e Iquique ($20^{\circ}00'S$) durante el verano 2018.

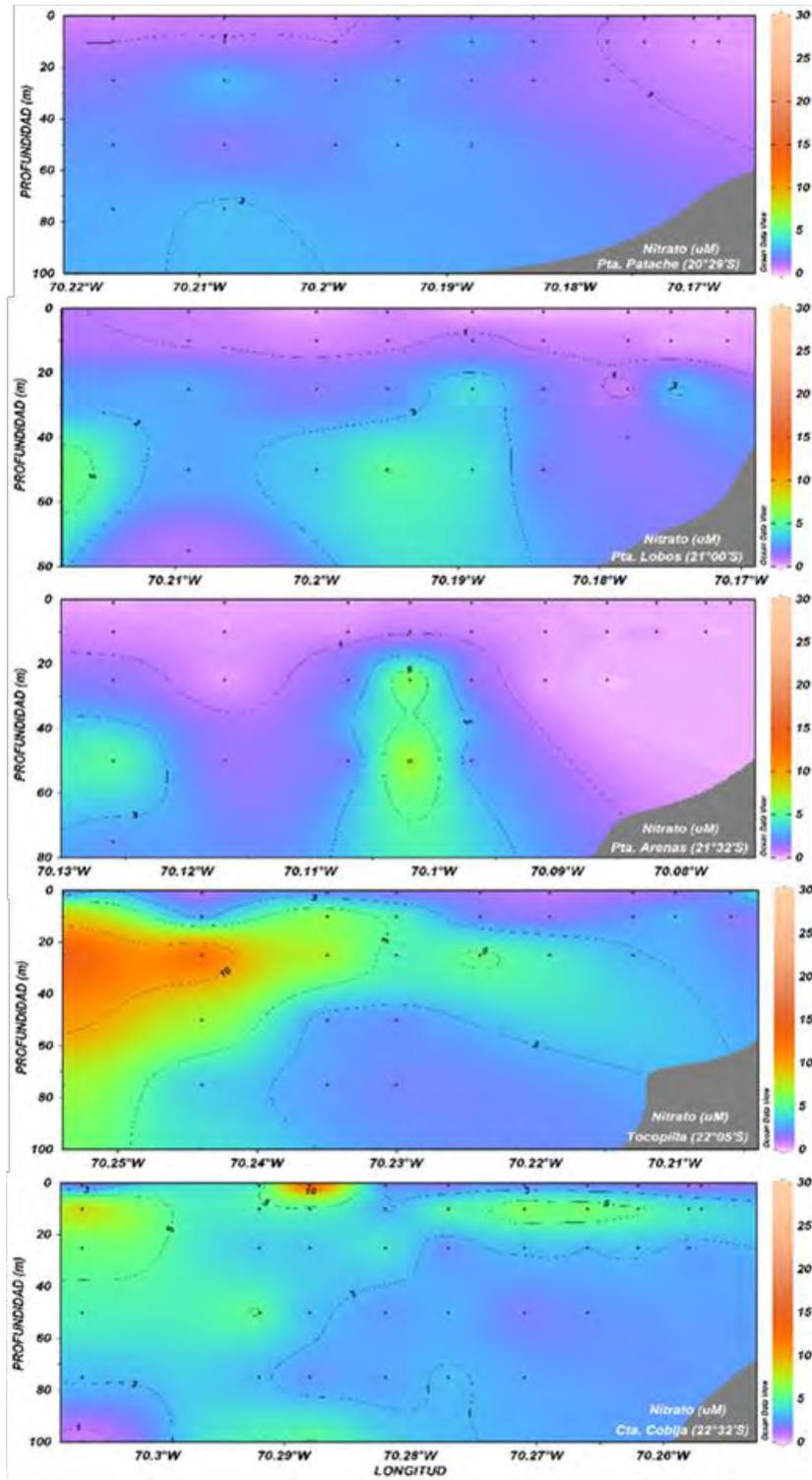


Figura 72. Distribución vertical de nitrato (μM) entre Punta Patache ($20^{\circ}29'S$) y Caleta Cobija ($22^{\circ}32'S$) durante el verano 2018.

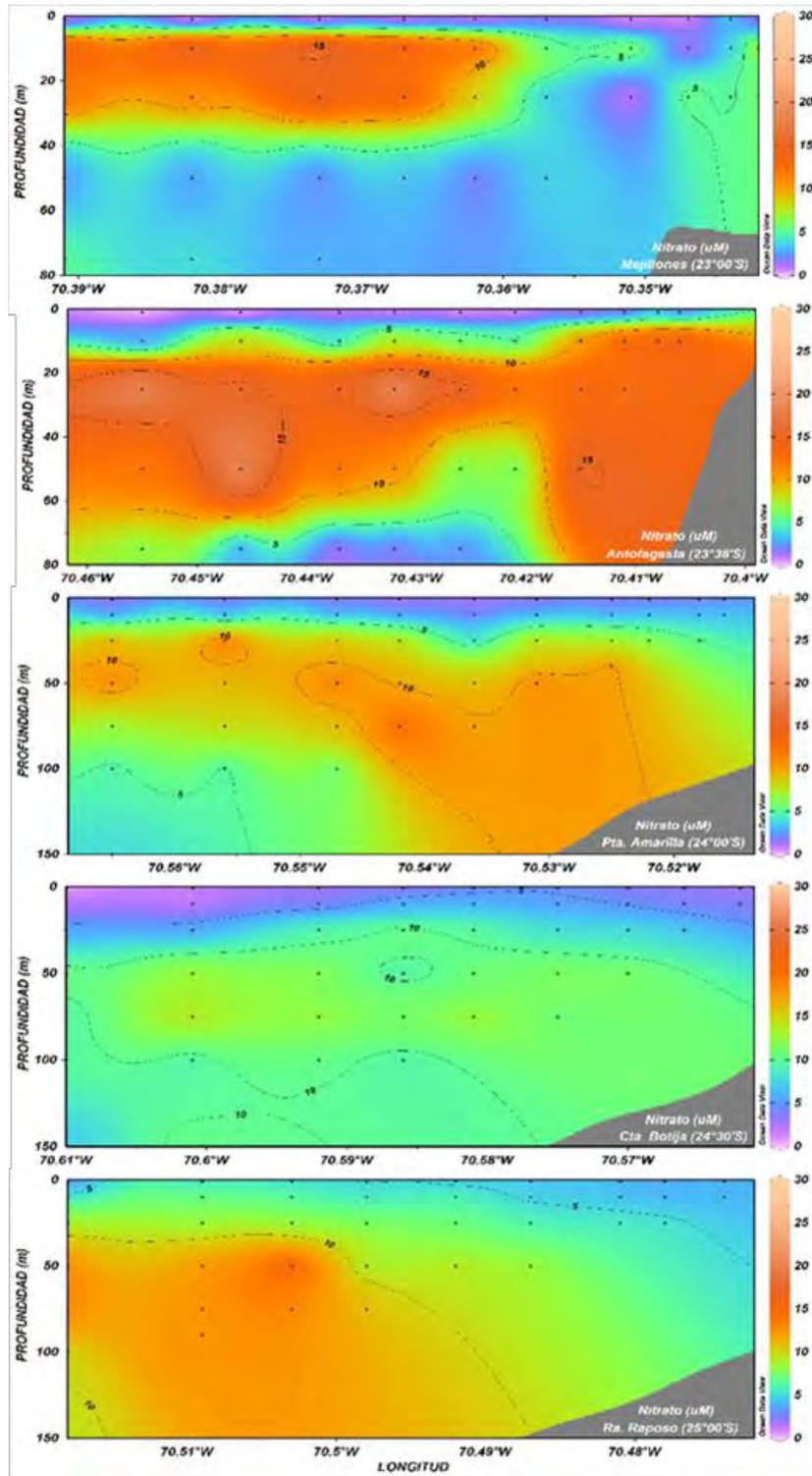


Figura 73. Distribución vertical de nitrato (μM) entre Mejillones (23°00'S) y rada Papos (25°00'S) durante el verano 2018.

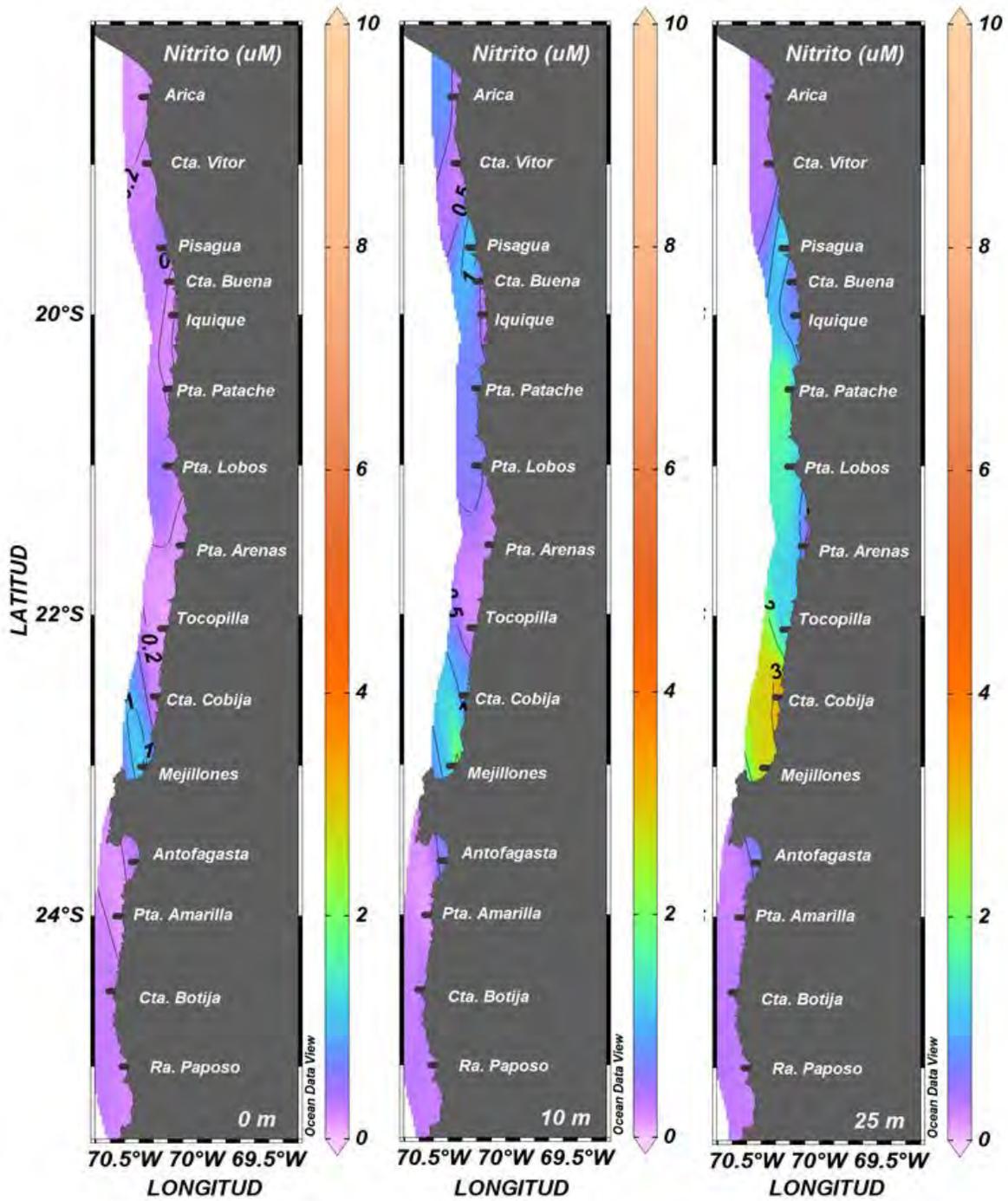


Figura 74. Distribución horizontal de nitrito (μM) entre la superficie y los 25 m de profundidad durante el verano 2018.

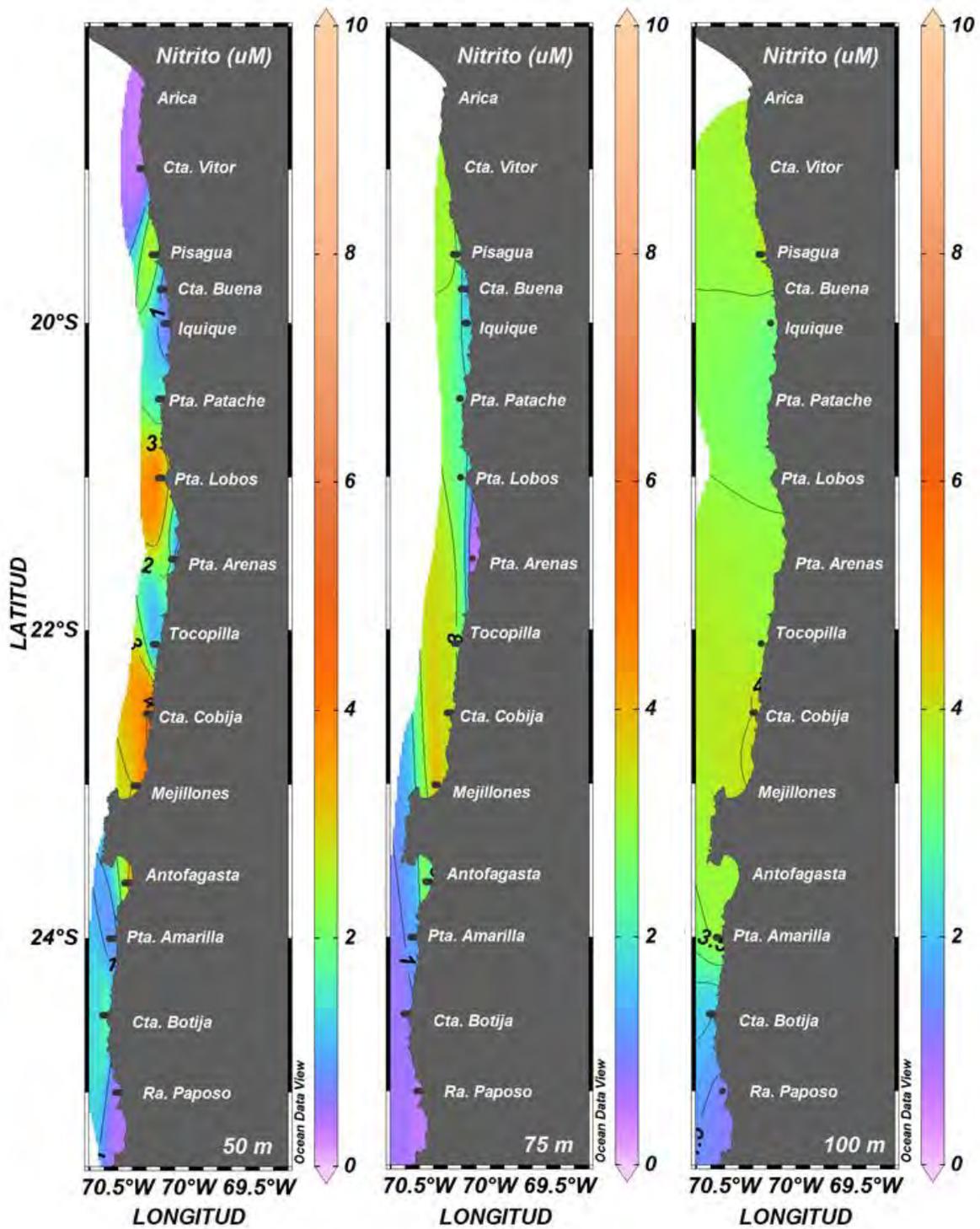


Figura 75. Distribución horizontal de nitrito (μM) entre los 50 y 100 m de profundidad durante el verano 2018.

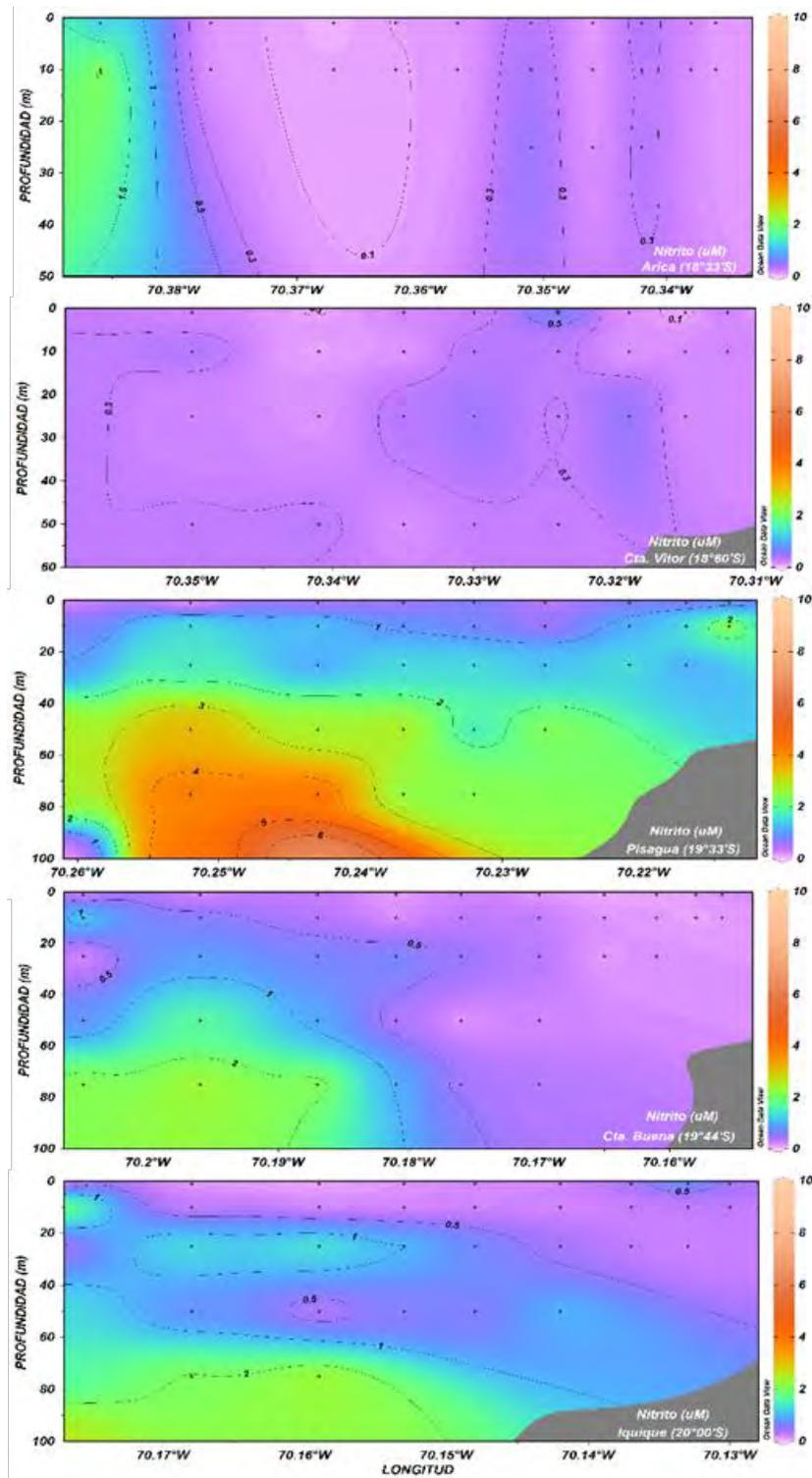


Figura 76. Distribución vertical de nitrito (μM) entre Arica (18°33'S) e Iquique (20°00'S) durante el verano 2018.

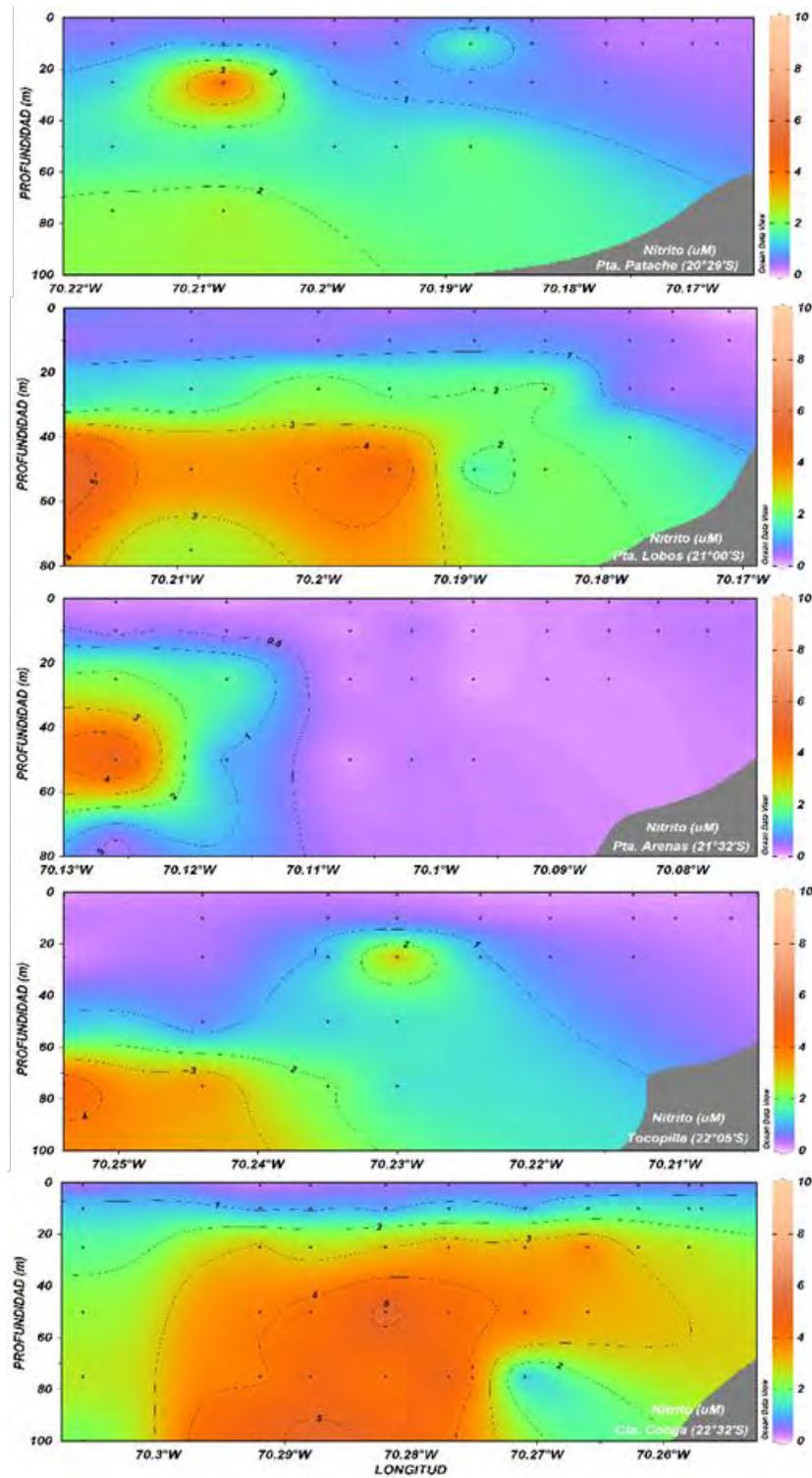


Figura 77. Distribución vertical de nitrito (μM) entre Punta Patache (20°29'S) y Caleta Cobija (22°32'S) durante el verano 2018.

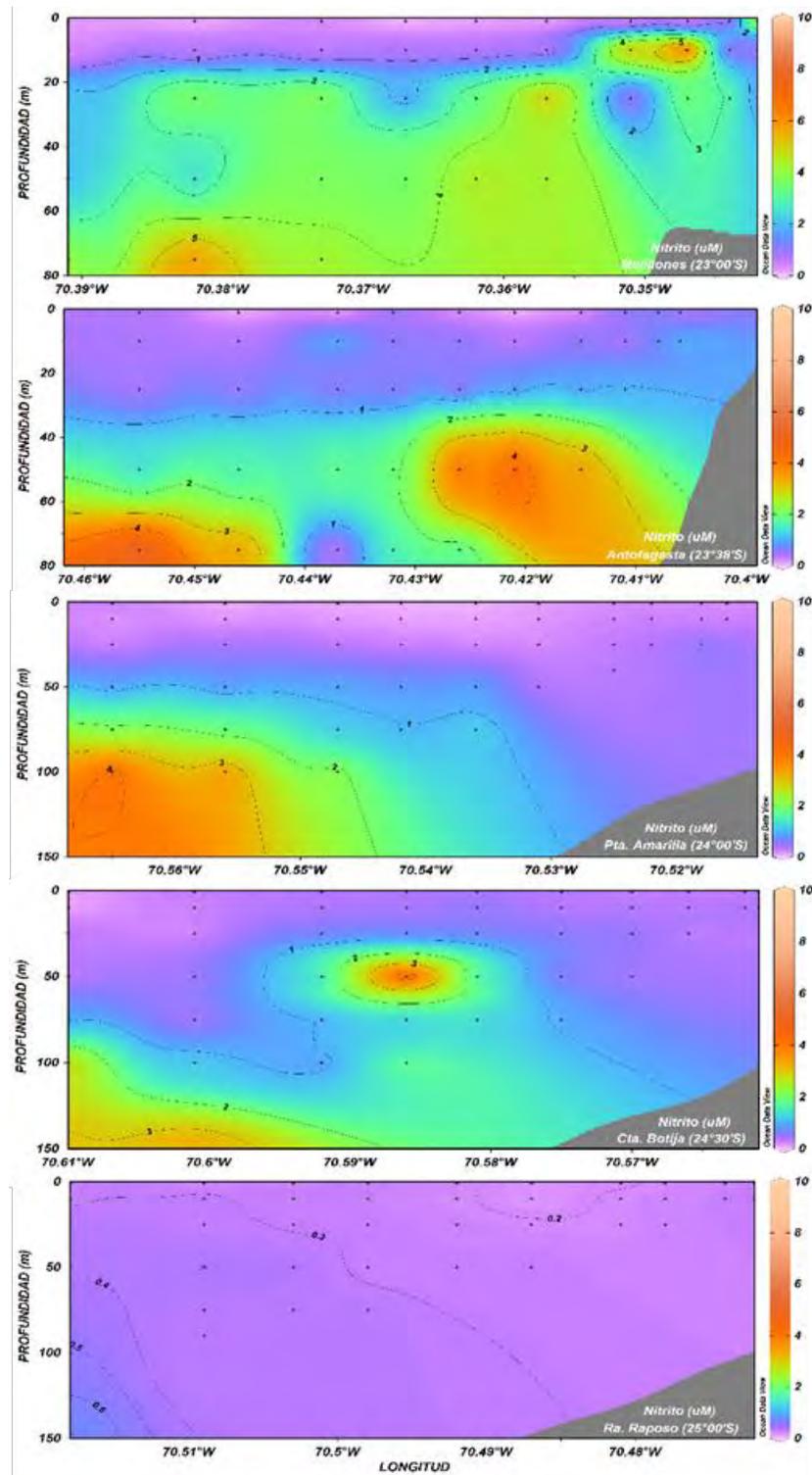


Figura 78. Distribución vertical de nitrito (μM) entre Mejillones ($23^{\circ}00'S$) y rada Paposo ($25^{\circ}00'S$) durante el verano 2018.

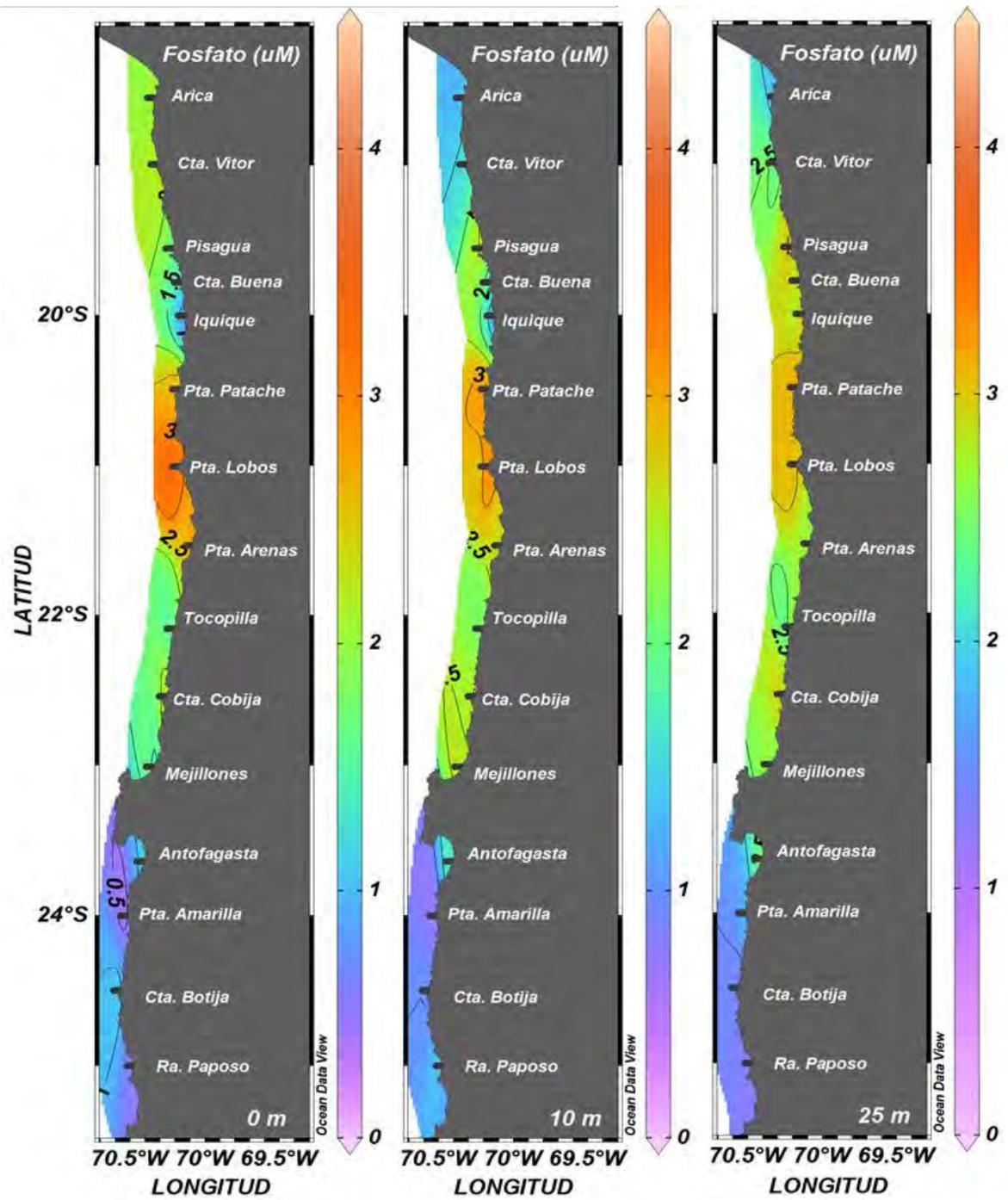


Figura 79. Distribución horizontal de fosfato (μM) entre la superficie y los 25 m de profundidad durante el verano 2018.

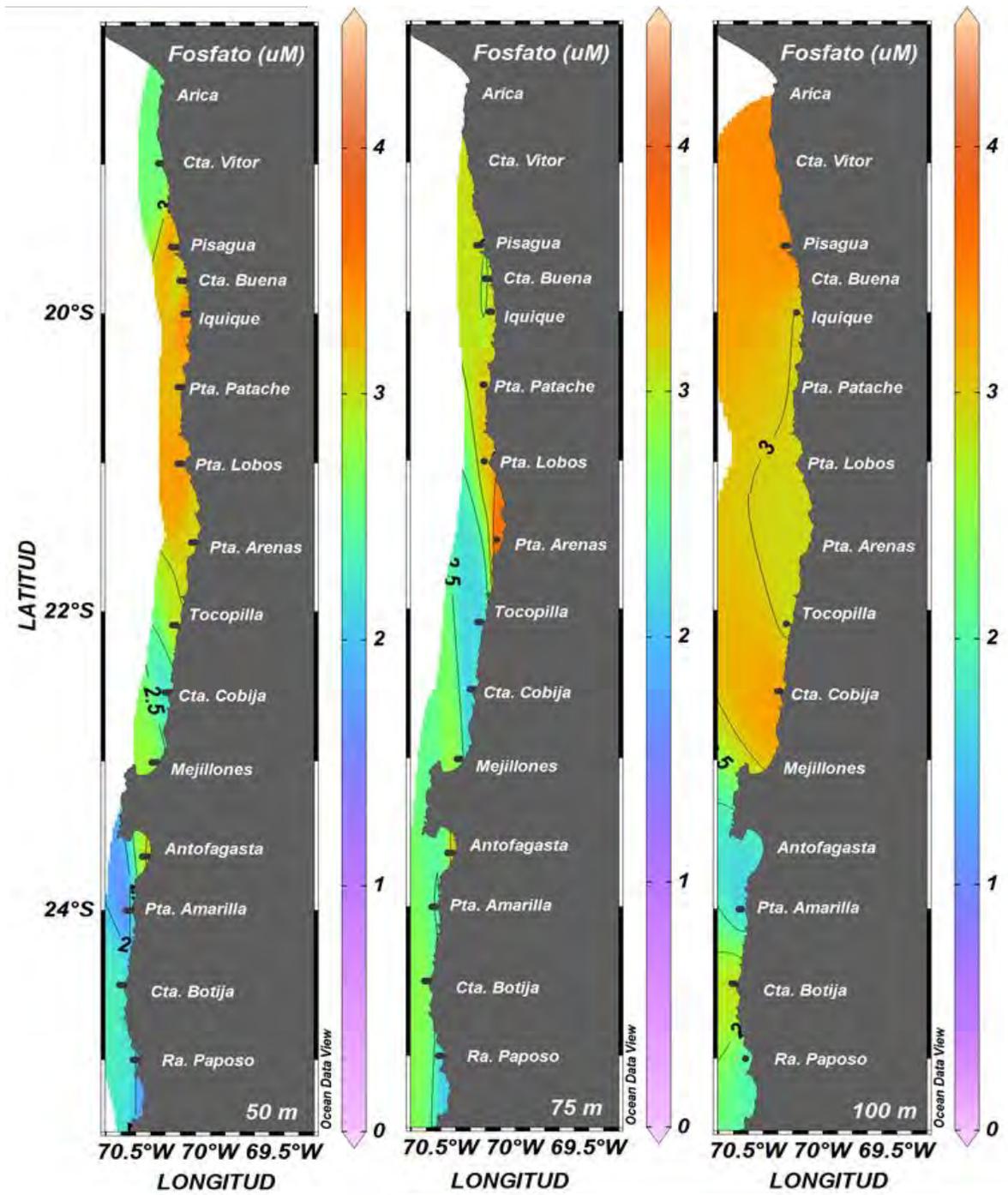


Figura 80. Distribución horizontal de fosfato (μM) entre los 50 y 100 m de profundidad durante el verano 2018.

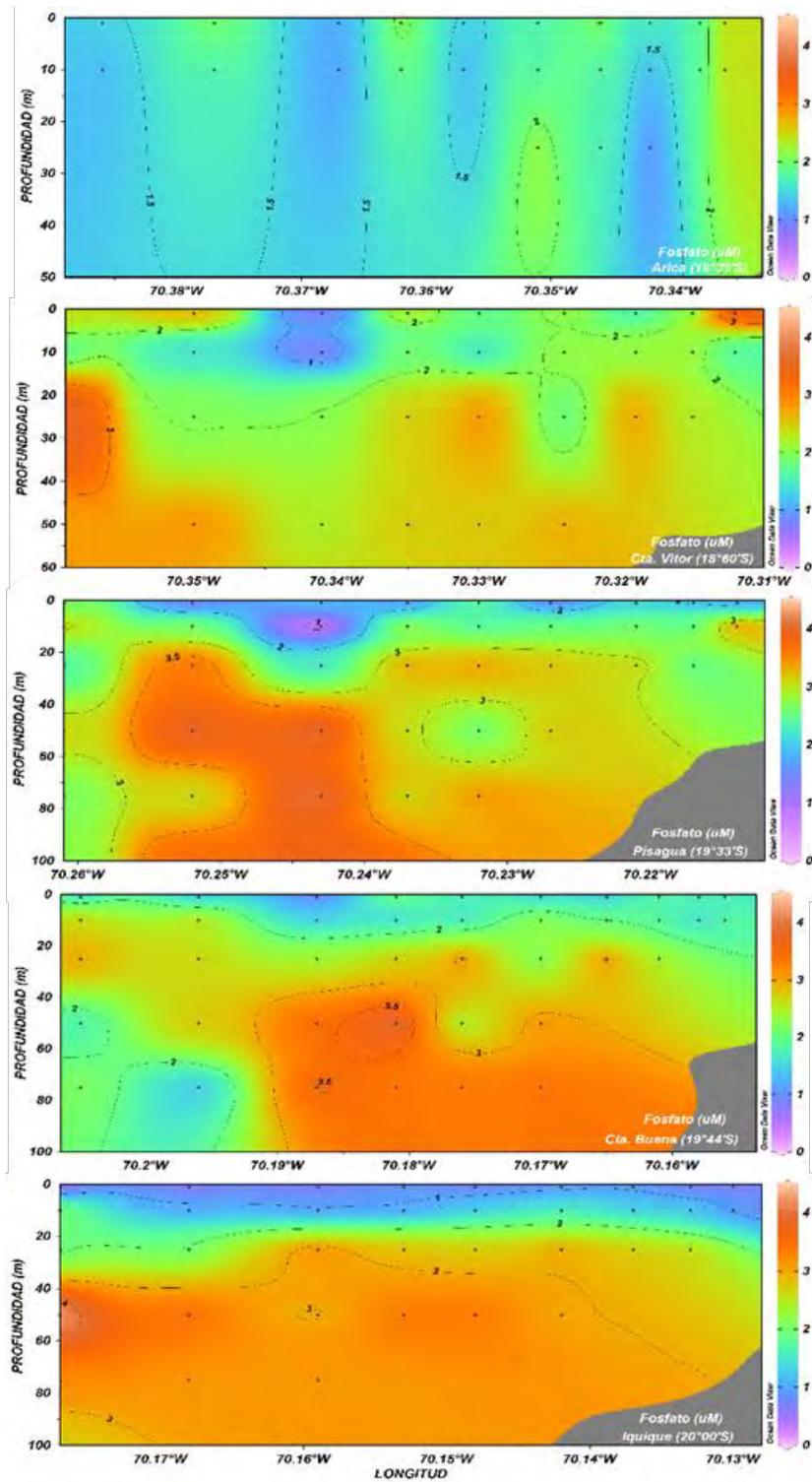


Figura 81. Distribución vertical de fosfato (μM) entre Arica (18°33'S) e Iquique (20°00'S) durante el verano 2018.

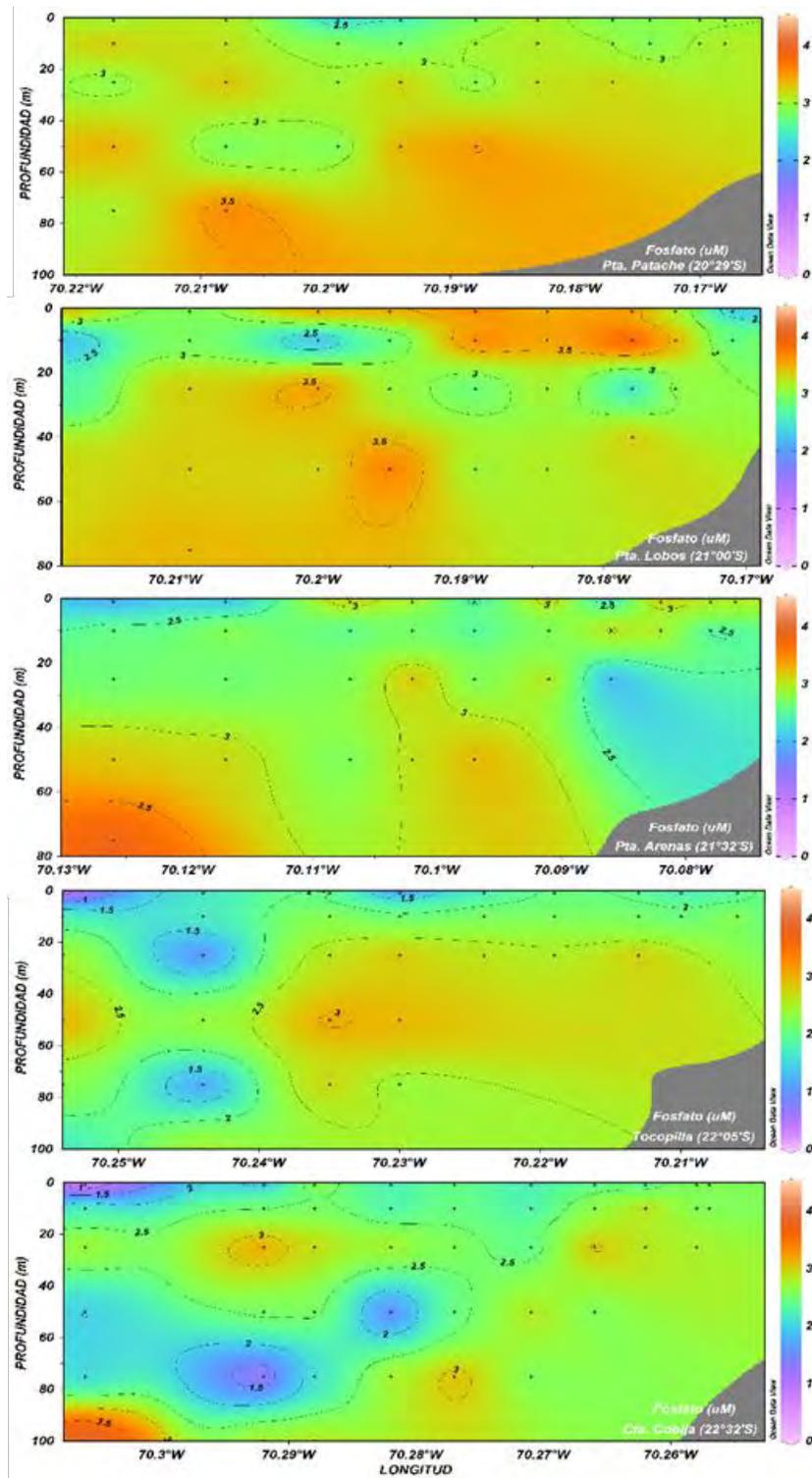


Figura 82. Distribución vertical de fosfato (μM) entre Punta Patache (20°29'S) y Caleta Cobija (22°32'S) durante el verano 2018.

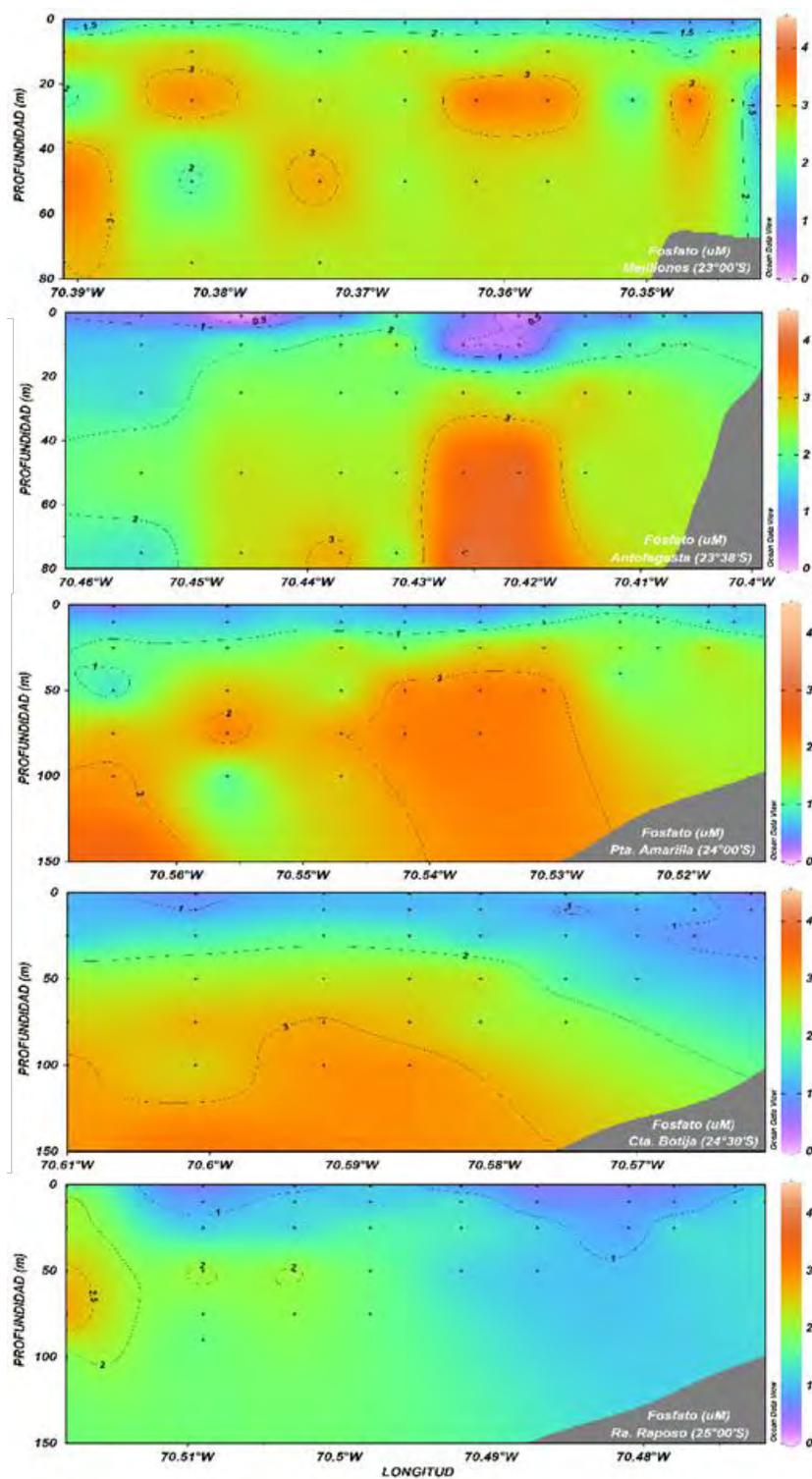


Figura 83. Distribución vertical de fosfato (μM) entre Mejillones (23°00'S) y rada Paposo (25°00'S) durante el verano 2018.

BIOMASA FITOPLANCTONICA (Cl-a)

La biomasa fitoplanctónica, expresada en términos de la concentración de clorofila-a, presentó valores que fluctuaron entre 0,0 y 51,5 mg Cl-a/m³. Los mayores valores (>10,0 mg Cl-a/m³) se detectaron entre la superficie y los 10 m de profundidad, restringidos al sector entre Pisagua (19°33'S) y Mejillones (23°00'S).

La distribución horizontal mostró en superficie la presencia de la máxima concentración (51,5 mg Cl-a/m³) frente a Mejillones (23°00'S) a 1,9 mn de la costa. Este foco se extendió hasta Tocopilla (22°05'S) donde se detectaron valores superiores a 10,0 mg Cl-a/m³, y hacia el norte de esta localidad las biomásas se mantuvieron cercanas a 5,0 mg Cl-a/m³. En Antofagasta (23°38'S) se detectó un pequeño foco de 11,2 mg Cl-a/m³ restringido a 1 mn de la costa y desde punta Amarilla (24°00'S) al sur las concentraciones descendieron de 1,0 mg Cl-a/m³. A 10 m de profundidad se observó el mismo patrón de distribución. El foco frente a Mejillones (23°00'S) se mantuvo con un máximo de 39,9 mg Cl-a/m³, y se detectaron dos máximos secundarios, uno en Iquique (20°00'S) que alcanzó los 21,6 mg Cl-a/m³ y otro en Antofagasta (23°38'S) de 24,4 mg Cl-a/m³ (Figura 84).

En el estrato de los 25 m toda la zona se encontró dominada por biomásas inferiores a 5,0 mg Cl-a/m³, y a 50 m menores a 1,0 mg Cl-a/m³ (Figura 85).

Las secciones verticales de Arica (18°33'S) y desde punta Amarilla (24°00'S) al sur, evidenciaron bajas concentraciones (<5,0 mg Cl-a/m³) en toda la columna de agua. En Mejillones (23°00'S) se observa la máxima principal superficial extendiéndose hasta los 10 m de profundidad, mientras que en las otras localidades, los focos de altos valores tuvieron un carácter sub-superficial y se extendieron a lo largo de toda la transecta (Figuras 86, 87 y 88).

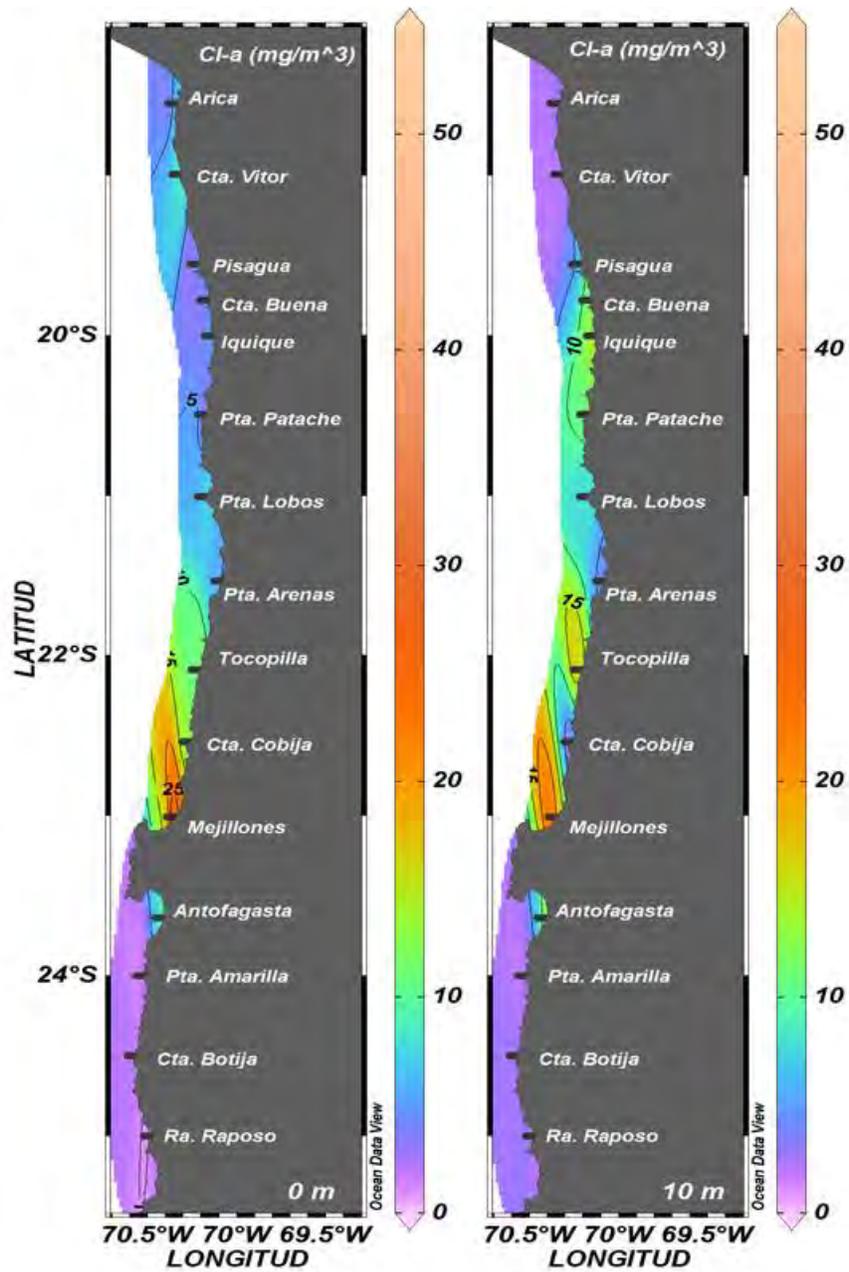


Figura 84. Distribución horizontal de la biomasa fitoplanctónica (mg Cl-a/m^3) entre la superficie y los 10 m de profundidad durante el verano 2018.

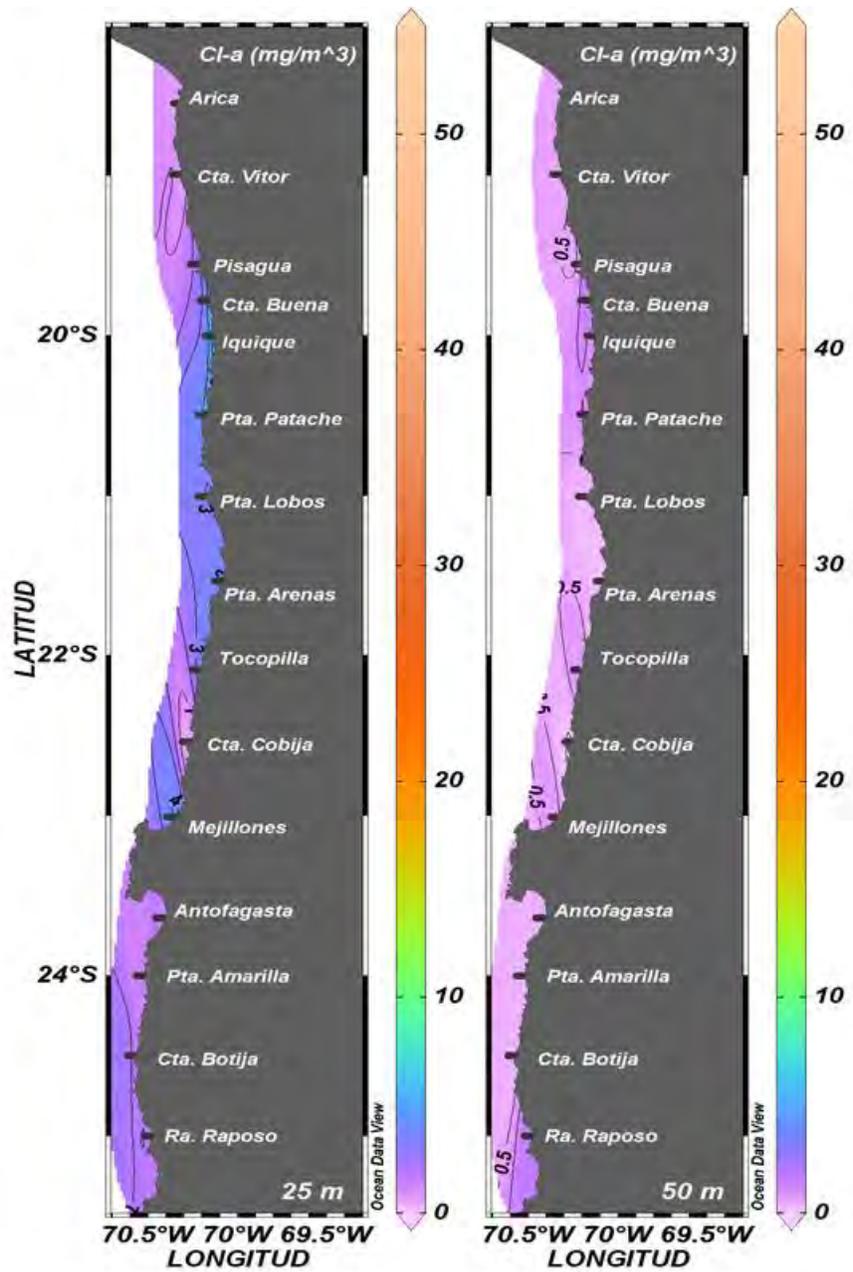


Figura 85. Distribución horizontal de la biomasa fitoplanctónica (mg Cl-a/m³) entre los 25 y 50 m de profundidad durante el verano 2018.

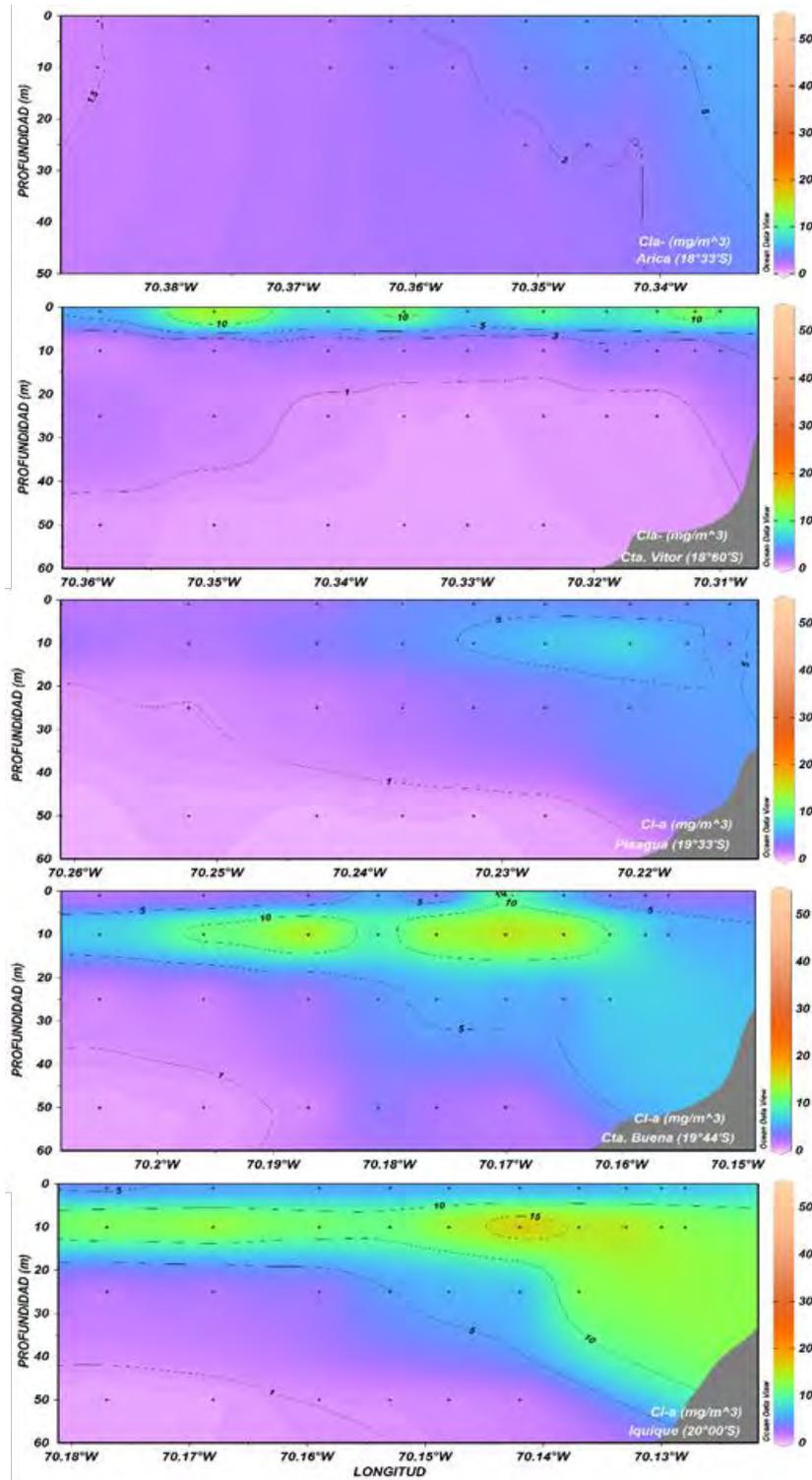


Figura 86. Distribución vertical de la biomasa fitoplanctónica (mg Cl-a/m³) entre Arica (18°33'S) e Iquique (20°00'S) durante el verano 2018.

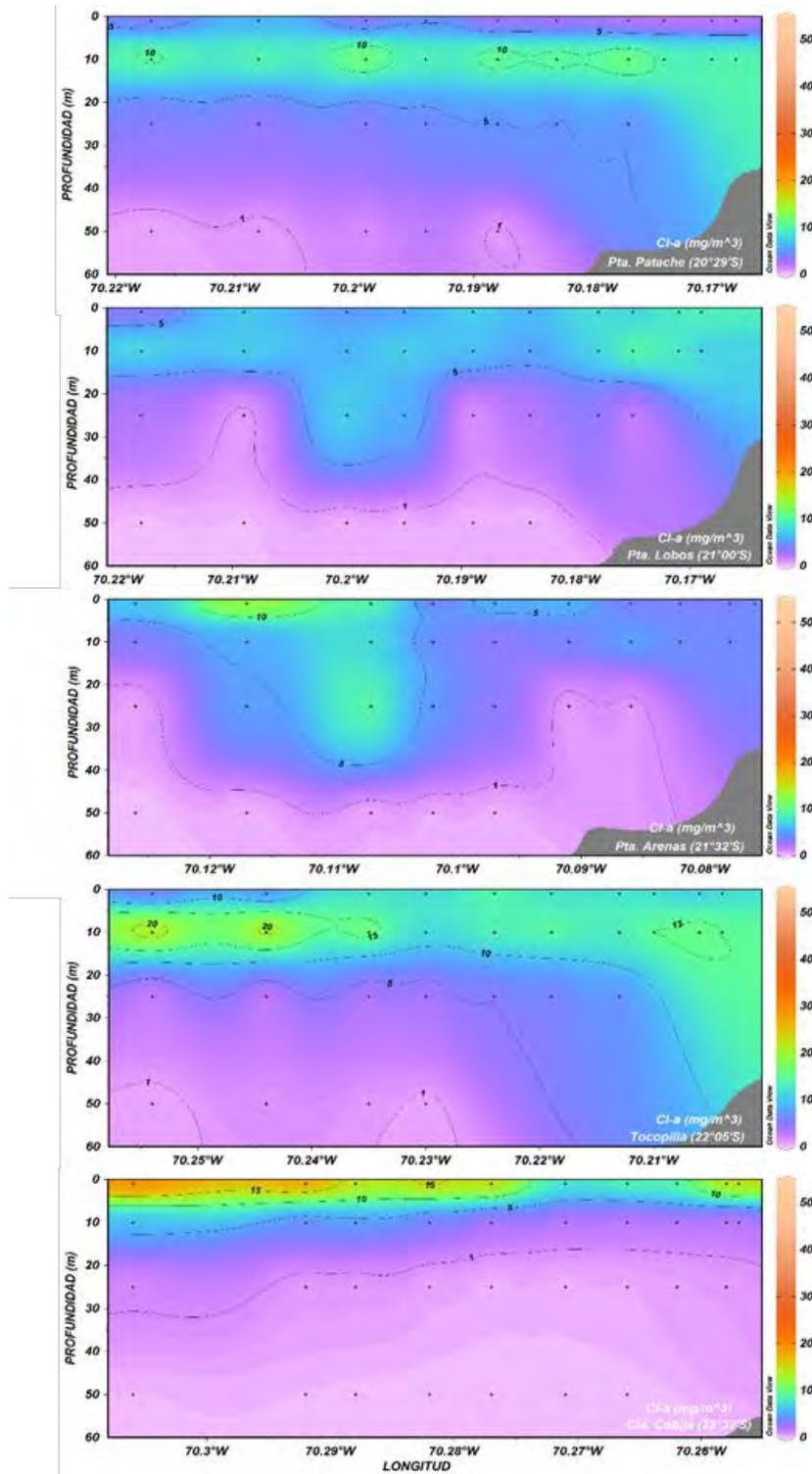


Figura 87. Distribución vertical de la biomasa fitoplanctónica (mg Cl-a/m³) entre Punta Patache (20°29'S) y Caleta Cobija (22°32'S) durante el verano 2018.

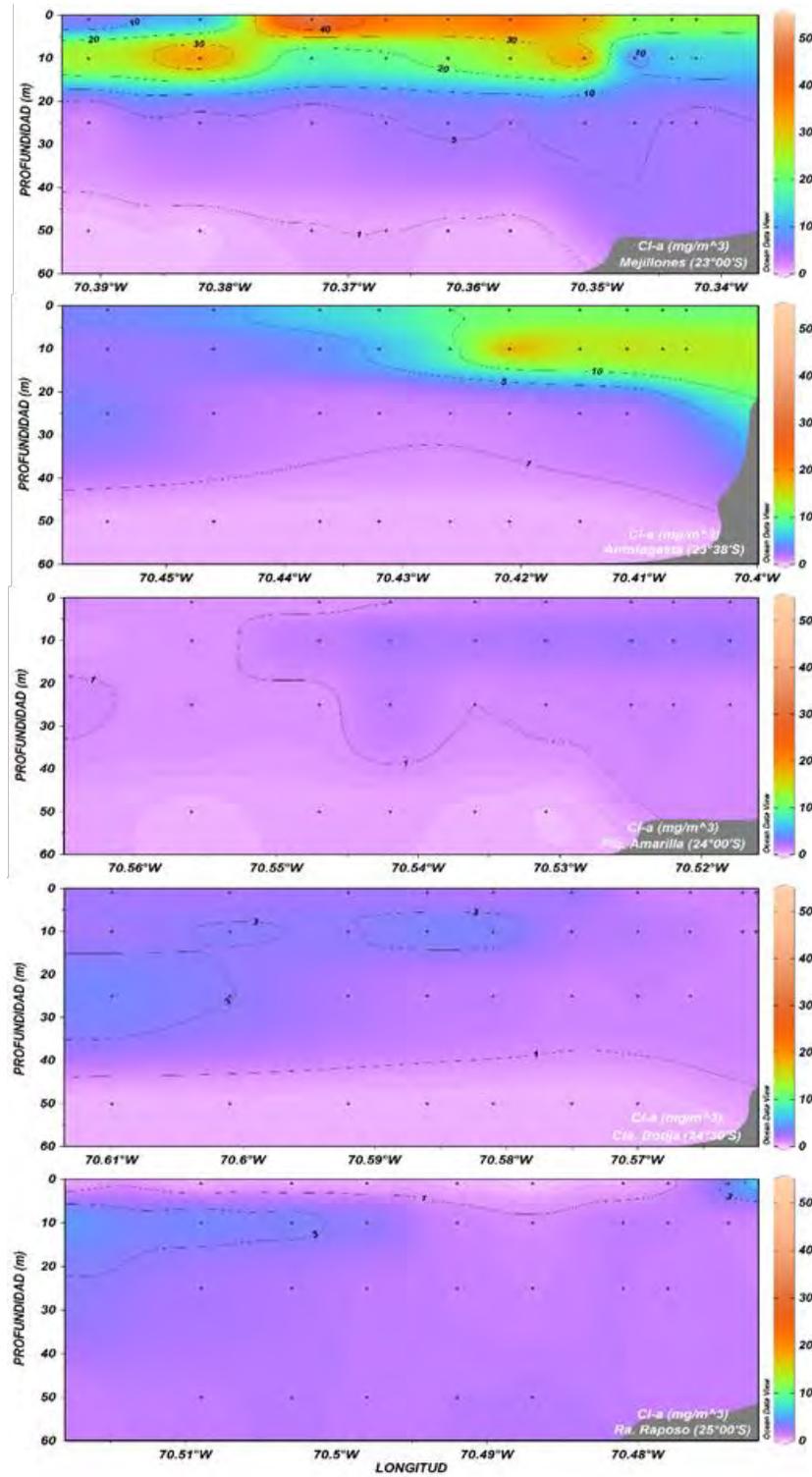


Figura 88. Distribución vertical de la biomasa fitoplanctónica (mg Cl-a/m^3) entre Mejillones ($23^{\circ}00'S$) y rada Paposo ($25^{\circ}00'S$) durante el verano 2018.

Condiciones oceanográficas durante el crucero de principio de primavera de 2018.

Durante principio de la primavera de 2018, se mantuvo la distribución horizontal de la temperatura que dividió la zona costera en sectores de aguas cálidas, templadas, y frías. Núcleos de aguas cálidas, con una temperatura promedio de $16,7^{\circ}\text{C}$, salinidad de 34,85 psu, oxígeno disuelto de 4,8 mL/L y densidad de $25,48\text{ kg/m}^3$, se observaron en Punta Patache ($20,5^{\circ}\text{S}$) y Mejillones ($23,0^{\circ}\text{S}$), con un máximo en Punta Lobos ($21,0^{\circ}\text{S}$). Las aguas templadas, con una temperatura promedio de $16,3^{\circ}\text{C}$, salinidad de 34,82 psu, contenido de oxígeno disuelto de 3,6 mL/L y densidad del orden de los $25,55\text{ kg/m}^3$, aparecieron entre Arica ($18,5^{\circ}\text{S}$) y Punta Colorada ($20,0^{\circ}\text{S}$), con el núcleo en Caleta Vítor ($19,0^{\circ}\text{S}$). Aguas frías se registraron entre Antofagasta ($23,5^{\circ}\text{S}$) y Paposos ($25,0^{\circ}\text{S}$), con el núcleo en Caleta Botija ($24,5^{\circ}\text{S}$), y la temperatura promedio fue de $15,2^{\circ}\text{C}$, la salinidad de 34,71 psu, el oxígeno disuelto de 5,0 mL/L y la densidad de $25,71\text{ kg/m}^3$. El campo de densidad superficial se encontró determinado por la distribución de temperatura, por lo cual las isopícnas siguieron el mismo patrón que el de las isotermas, como así mismo a las isolíneas de oxígeno disuelto y en menor grado las isohalinas (Figura 89).

Distribución vertical de los parámetros oceanográficos

La distribución vertical de la temperatura, mostró la presencia de una somera capa isotermal (2 a 3 m) en toda el área de estudio. La termoclina estacional se ubicó a una profundidad entre 4 y 19 m desde Arica ($18,5^{\circ}\text{S}$) hasta Mejillones ($23,0^{\circ}\text{S}$), y entre 3 y 15 m desde Antofagasta ($23,5^{\circ}\text{S}$) hasta Paposos ($25,0^{\circ}\text{S}$). La picnoclina mantuvo rangos similares de profundidad, y la oxiclina siguió el mismo patrón de la termoclina.

Bajo la oxiclina se ubicó un mínimo de oxígeno disuelto con valores inferiores a 1 mL/L, asociado al AESS. La zona de mínima concentración de oxígeno se ubicó ligeramente más profunda respecto a la base de la termoclina, fluctuando entre los 4 y 31 m de profundidad desde Arica ($18,5^{\circ}\text{S}$) hasta Mejillones ($23,0^{\circ}\text{S}$), y entre 10 y 54 m de profundidad desde Antofagasta ($23,5^{\circ}\text{S}$) hasta Paposos ($25,0^{\circ}\text{S}$) (Figuras 90 a la 109).

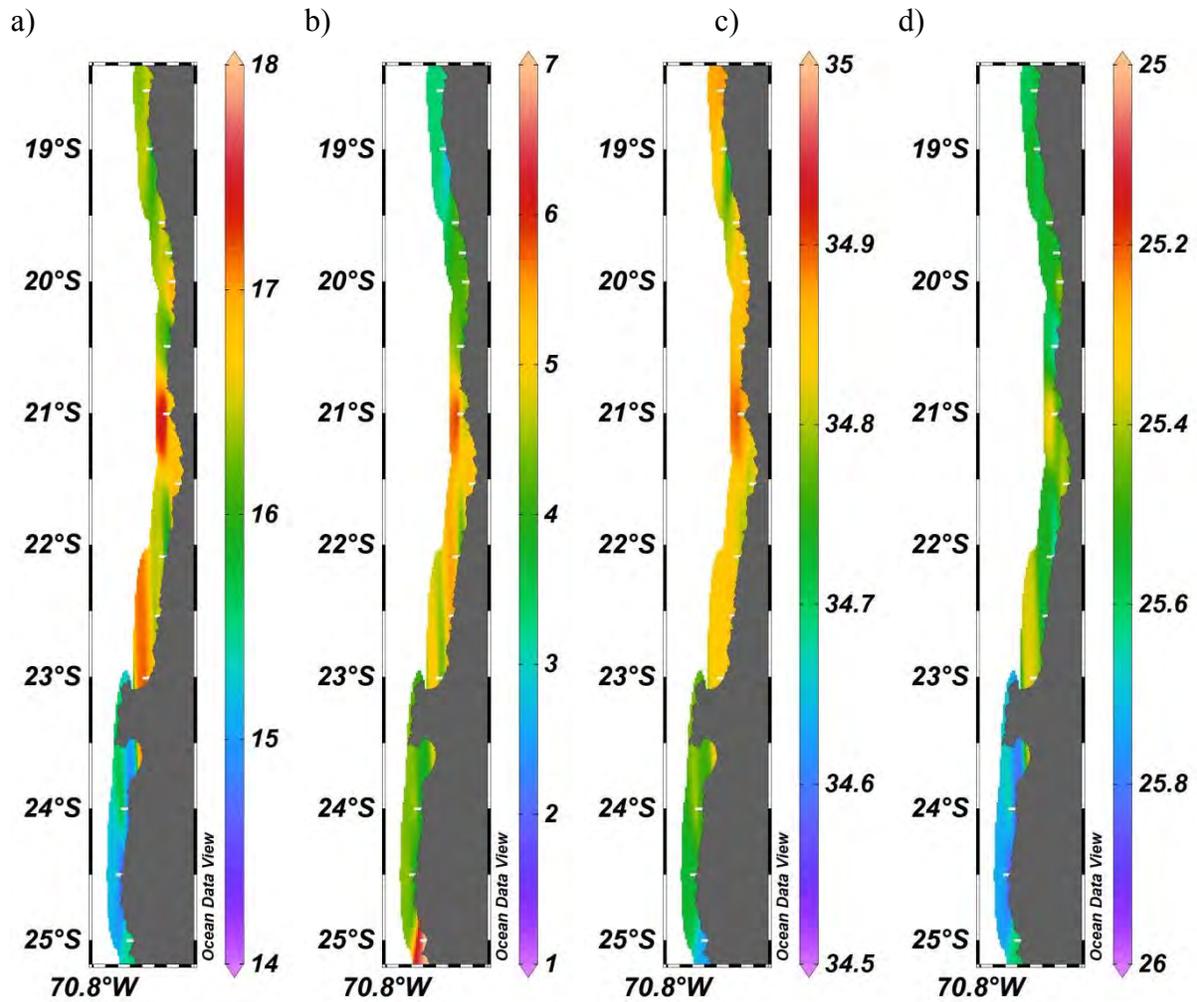


Figura 89. Distribución superficial de (a) Temperatura ($^{\circ}\text{C}$), (b) Oxígeno disuelto (mL/L), (c) Salinidad (psu) y (d) Densidad (kg/m^3), durante el principio de primavera 2018, entre Arica ($18^{\circ}25'\text{S}$) y Rada Papos ($25^{\circ}00'\text{S}$).

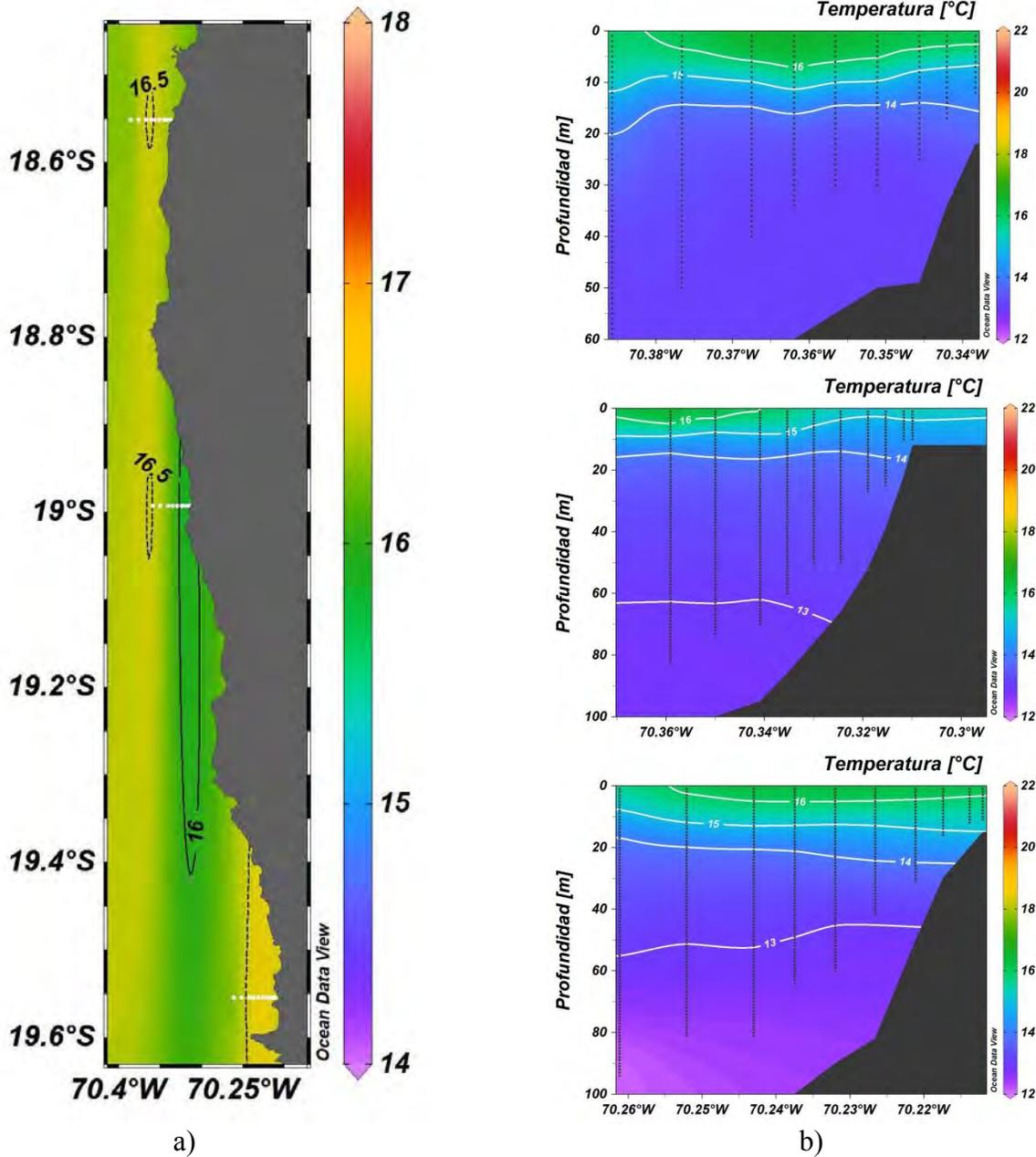


Figura 90. a) Distribución superficial de Temperatura (°C) y b) Distribución vertical de Temperatura (°C) en las transecta I, II y III, durante el principio de primavera 2018.

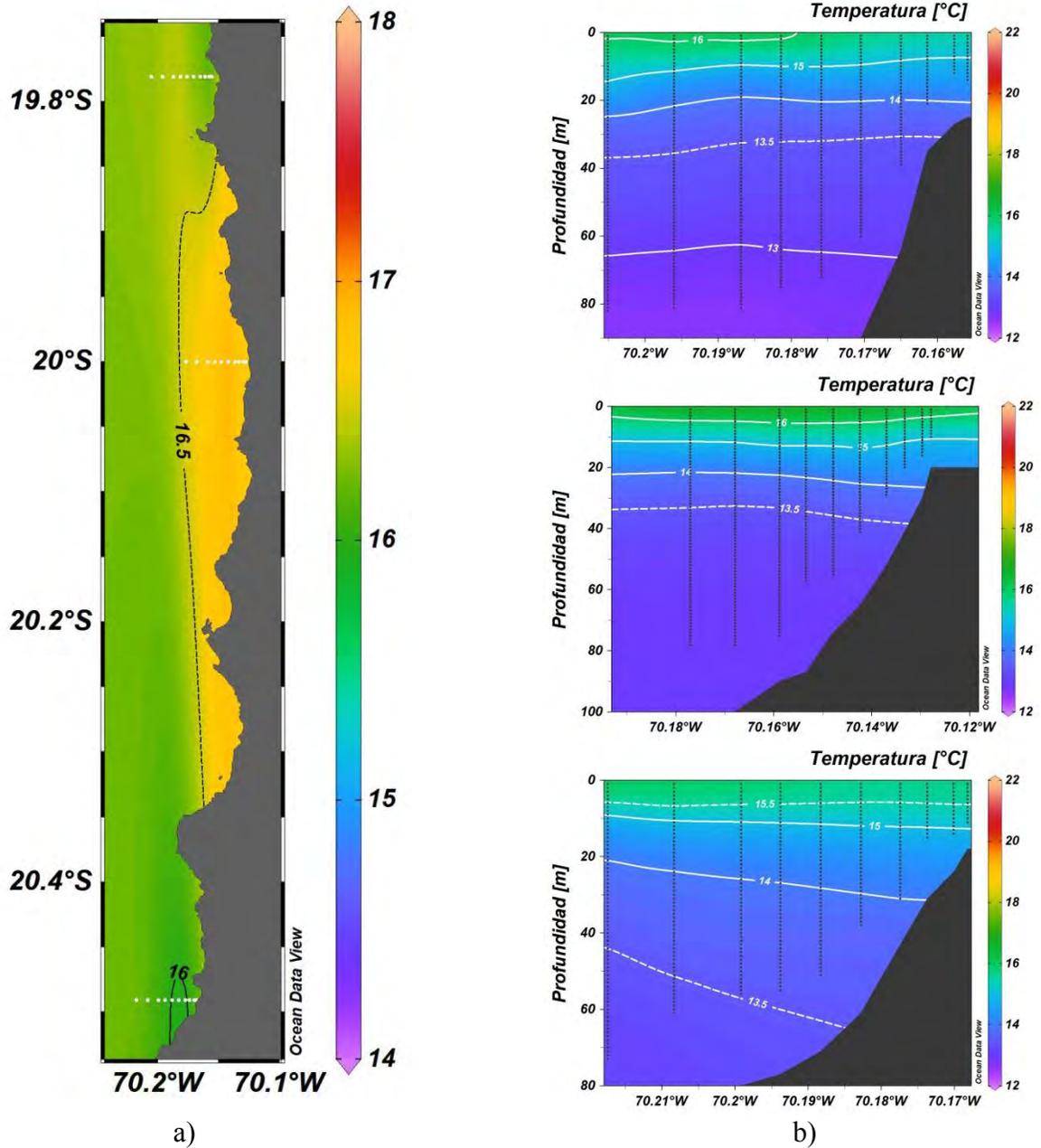


Figura 91. a) Distribución superficial de Temperatura (°C) y b) Distribución vertical de Temperatura (°C) en las transecta IV, V y VI, durante el principio de primavera 2018.

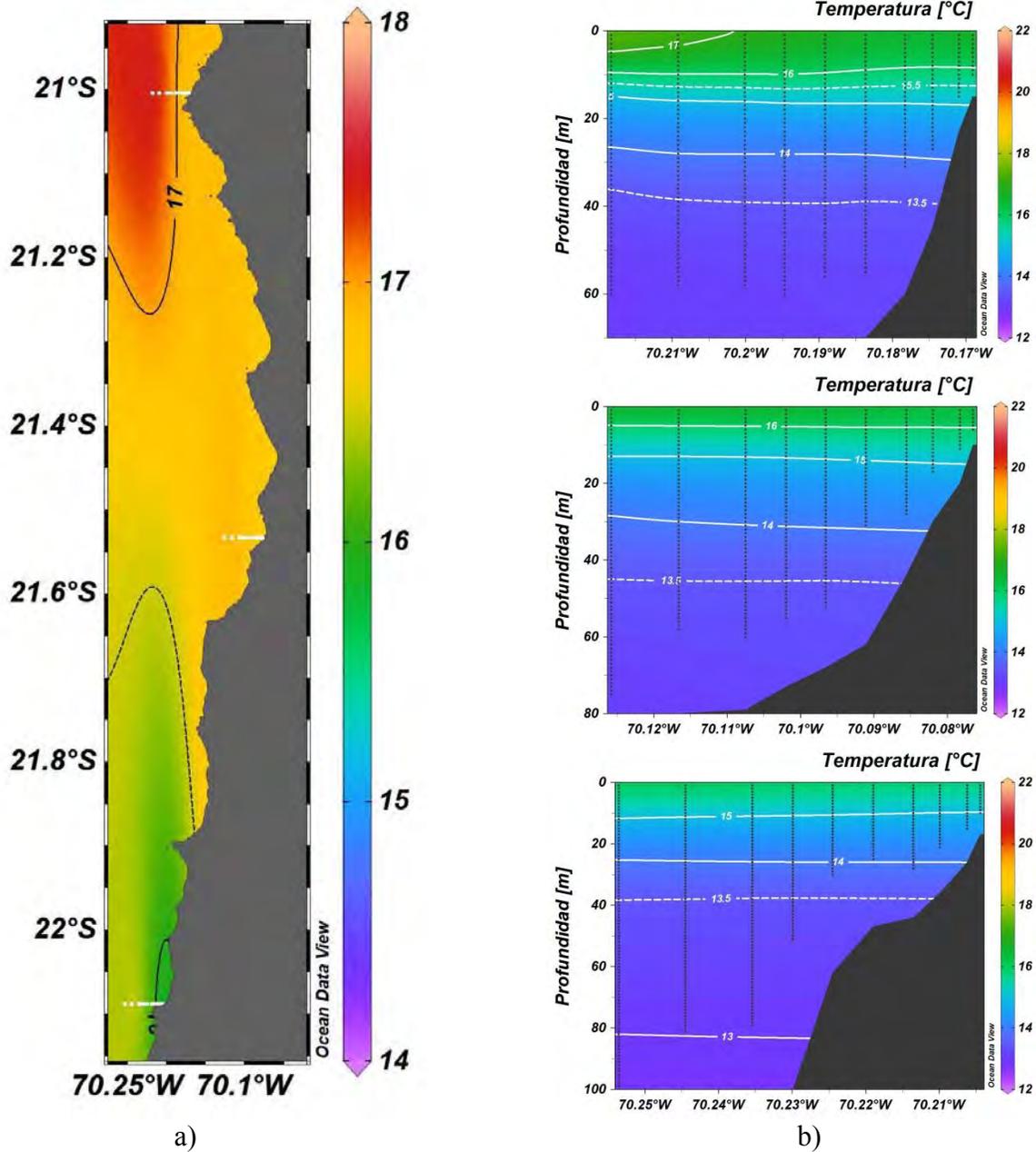


Figura 92. a) Distribución superficial de Temperatura (°C) y b) Distribución vertical de Temperatura (°C) en las transecta VII, VIII y IX, durante el principio de primavera 2018.

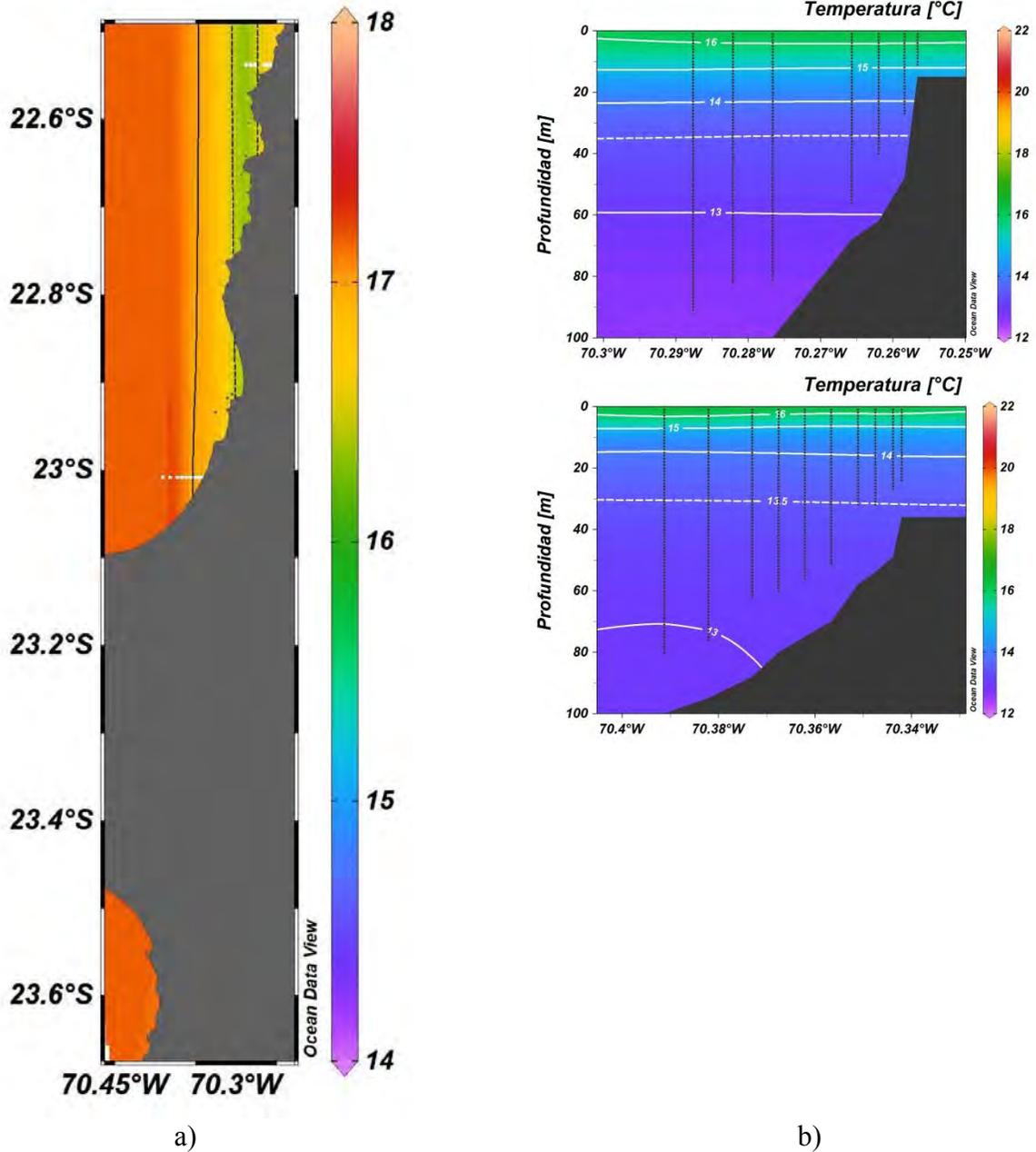


Figura 93. a) Distribución superficial de Temperatura (°C) y b) Distribución vertical de Temperatura (°C) en las transecta X y XI, durante el principio de primavera 2018.

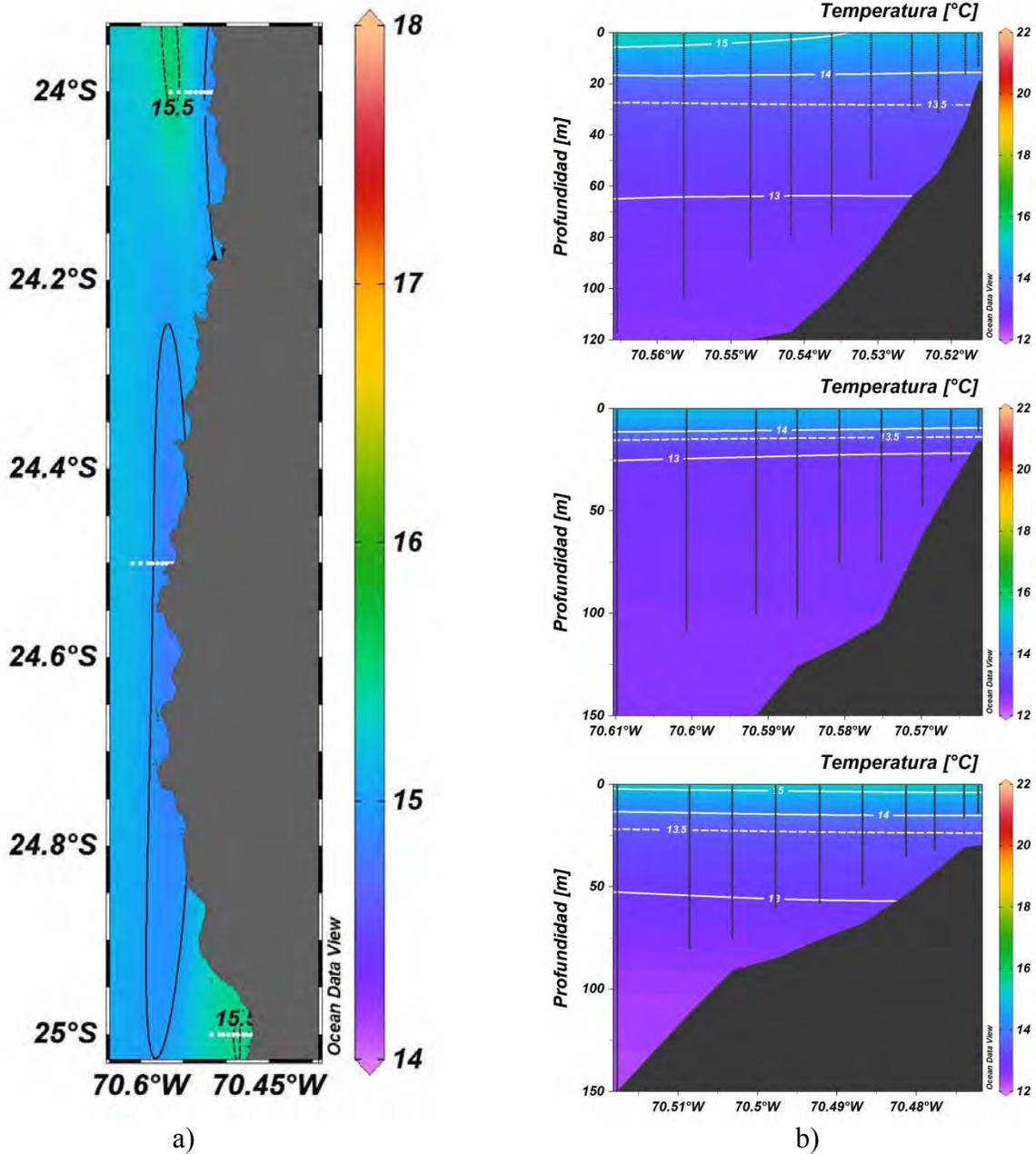


Figura 94. a) Distribución superficial de Temperatura (°C) y b) Distribución vertical de Temperatura (°C) en las transecta XIII, XIV y XV, durante el principio de primavera 2018.

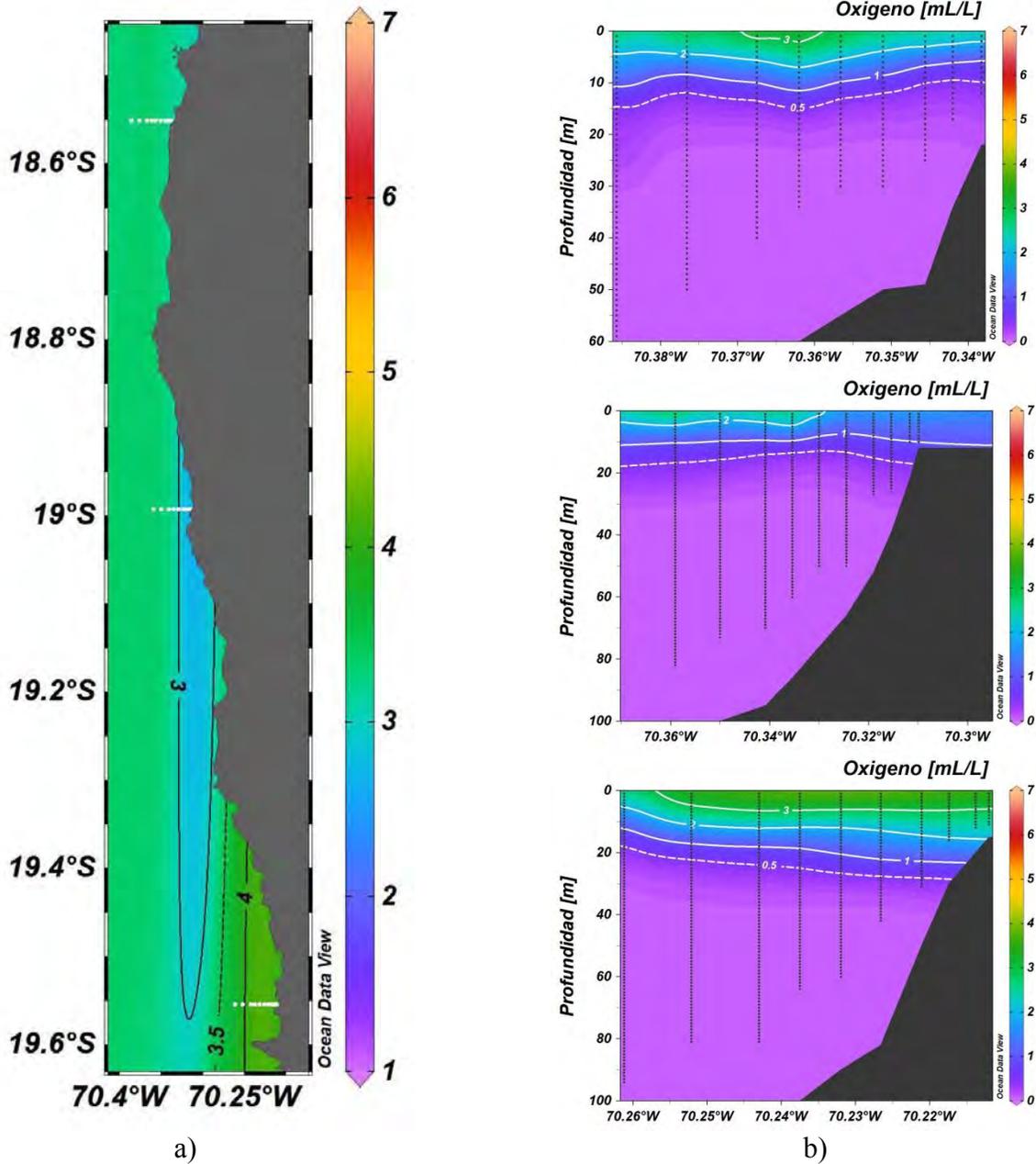


Figura 95. a) Distribución superficial de Oxígeno disuelto (mL/L) y b) Distribución vertical de Oxígeno disuelto (mL/L) en las transecta I, II y III, durante el principio de primavera 2018.

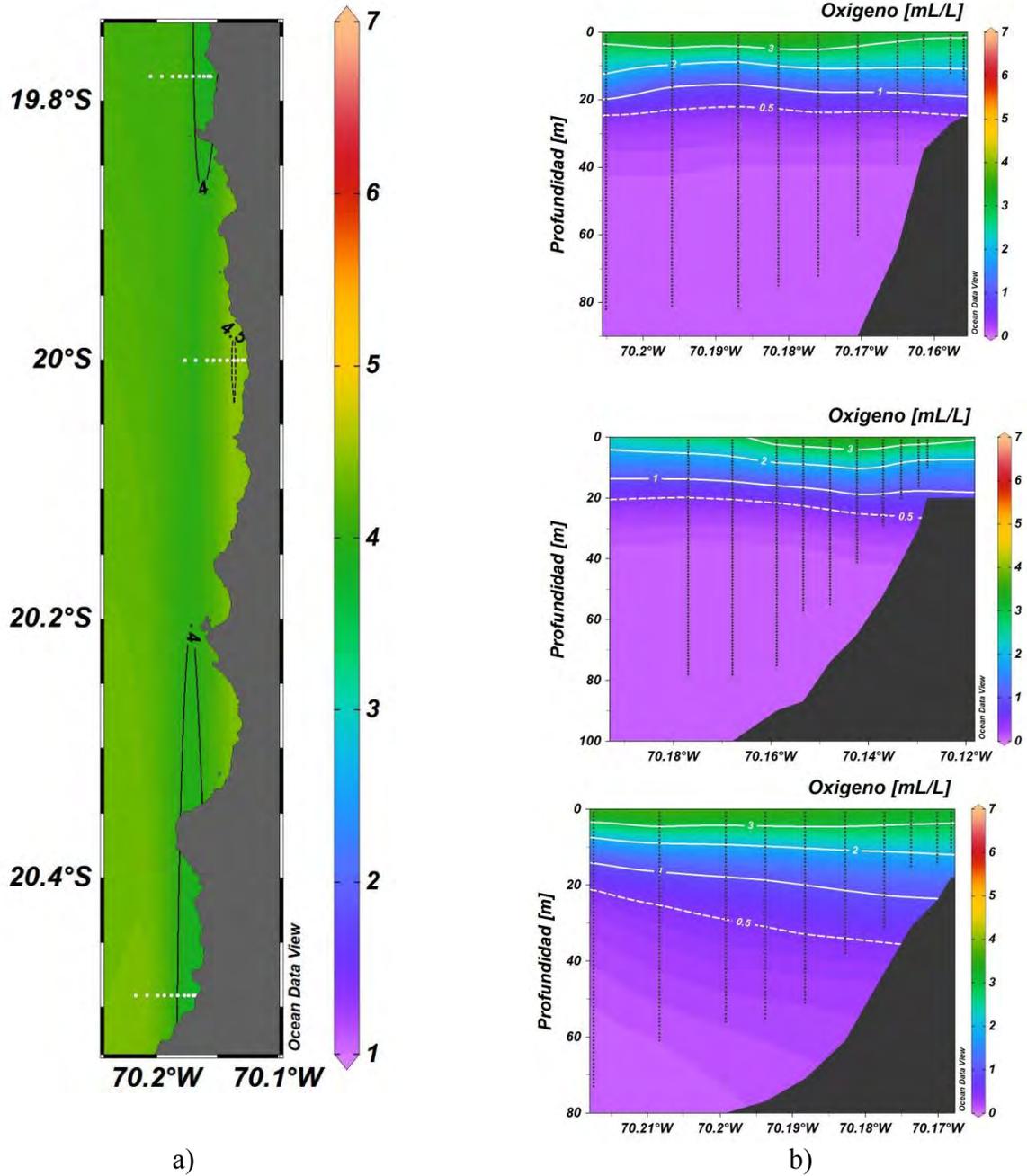


Figura 96. a) Distribución superficial de Oxígeno disuelto (mL/L) y b) Distribución vertical de Oxígeno disuelto (mL/L) en las transecta IV, V y VI, durante el principio de primavera 2018.

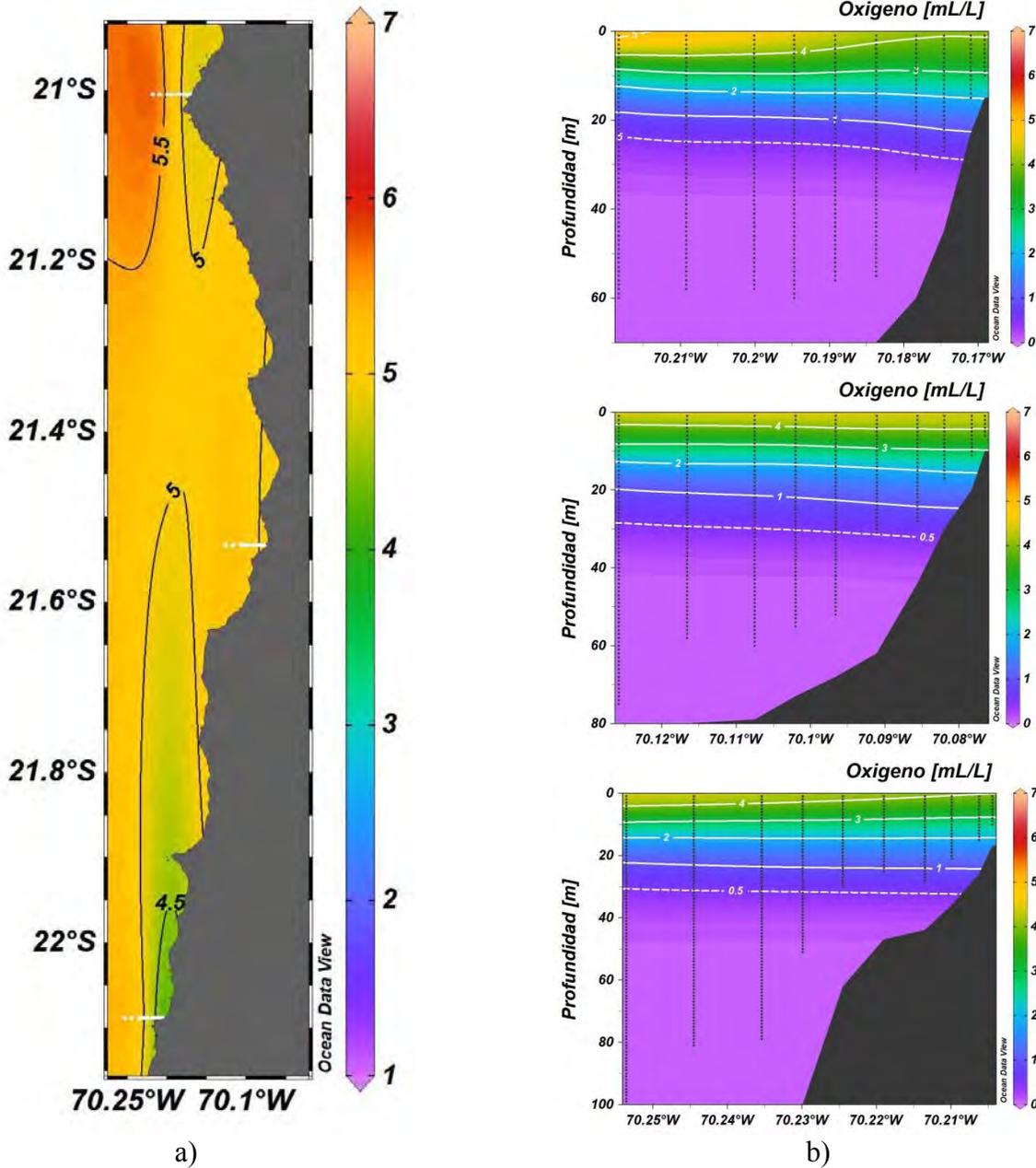


Figura 97. a) Distribución superficial de Oxígeno disuelto (mL/L) y b) Distribución vertical de Oxígeno disuelto (mL/L) en las transecta VII, VIII y IX, durante el principio de primavera 2018.

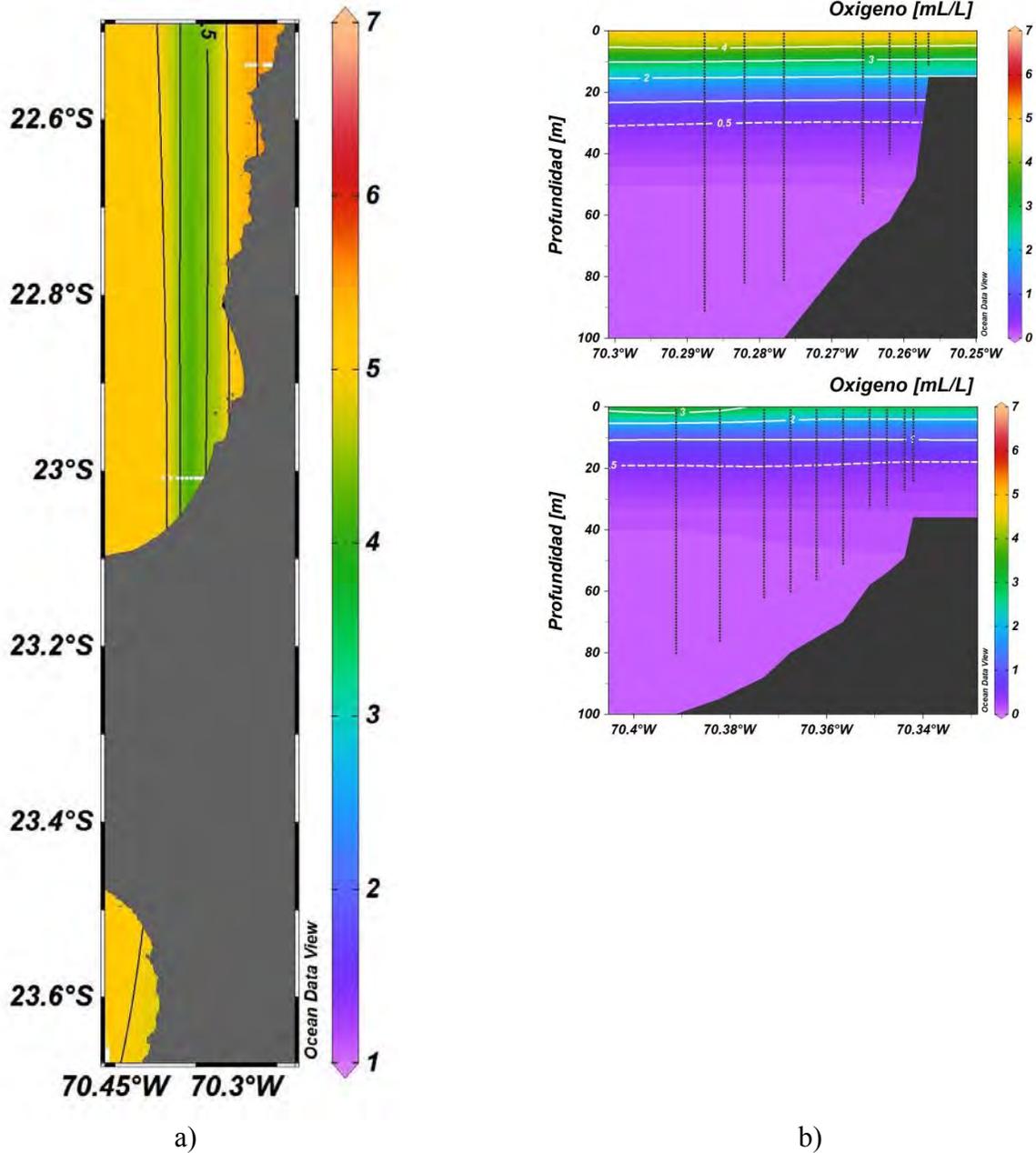


Figura 98. a) Distribución superficial de Oxígeno disuelto (mL/L) y b) Distribución vertical de Oxígeno disuelto (mL/L) en las transecta X y XI, durante el principio de primavera 2018.

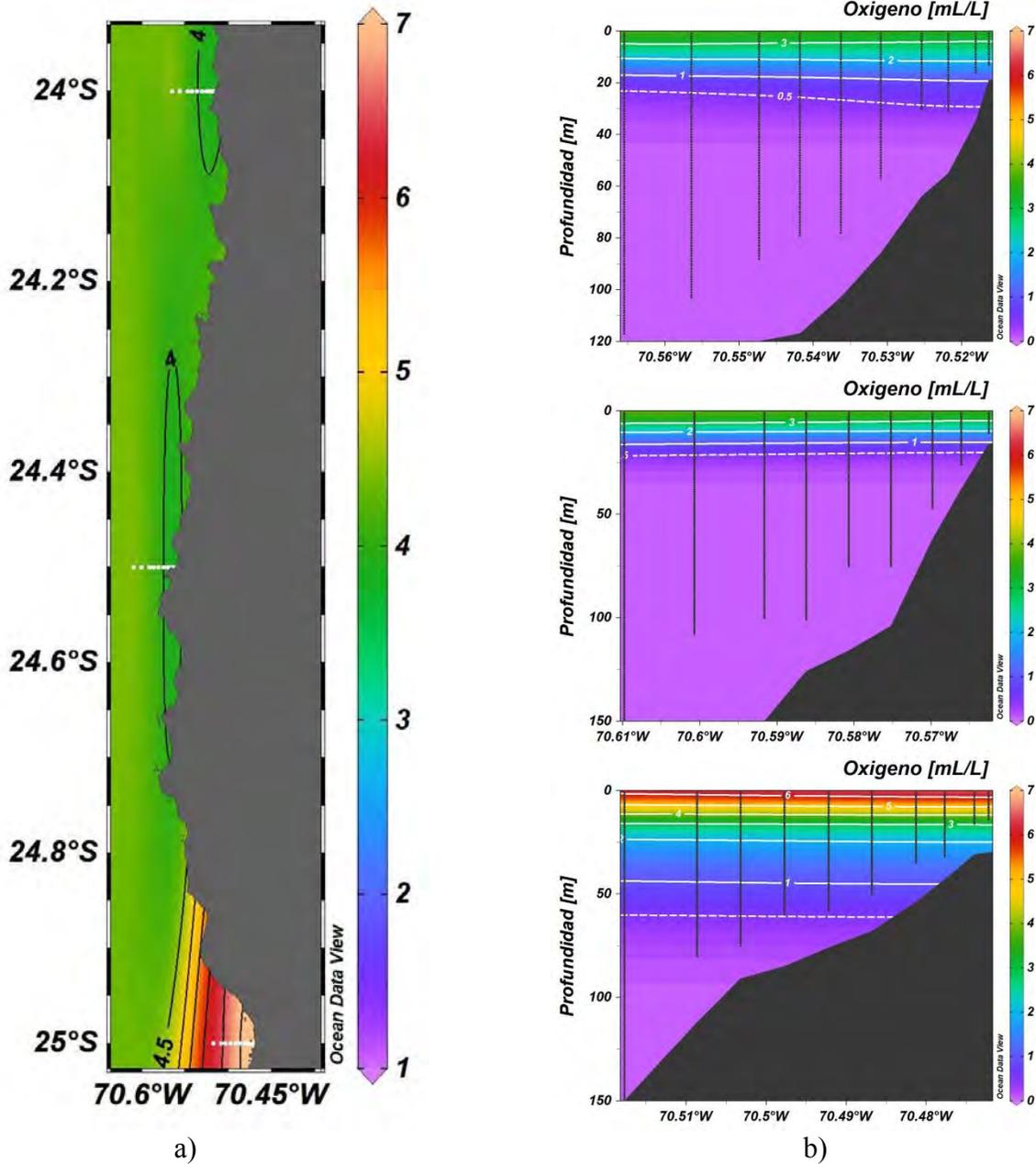


Figura 99. a) Distribución superficial de Oxígeno disuelto (mL/L) y b) Distribución vertical de Oxígeno disuelto (mL/L) en las transecta XIII, XIV y XV, durante el principio de primavera 2018.

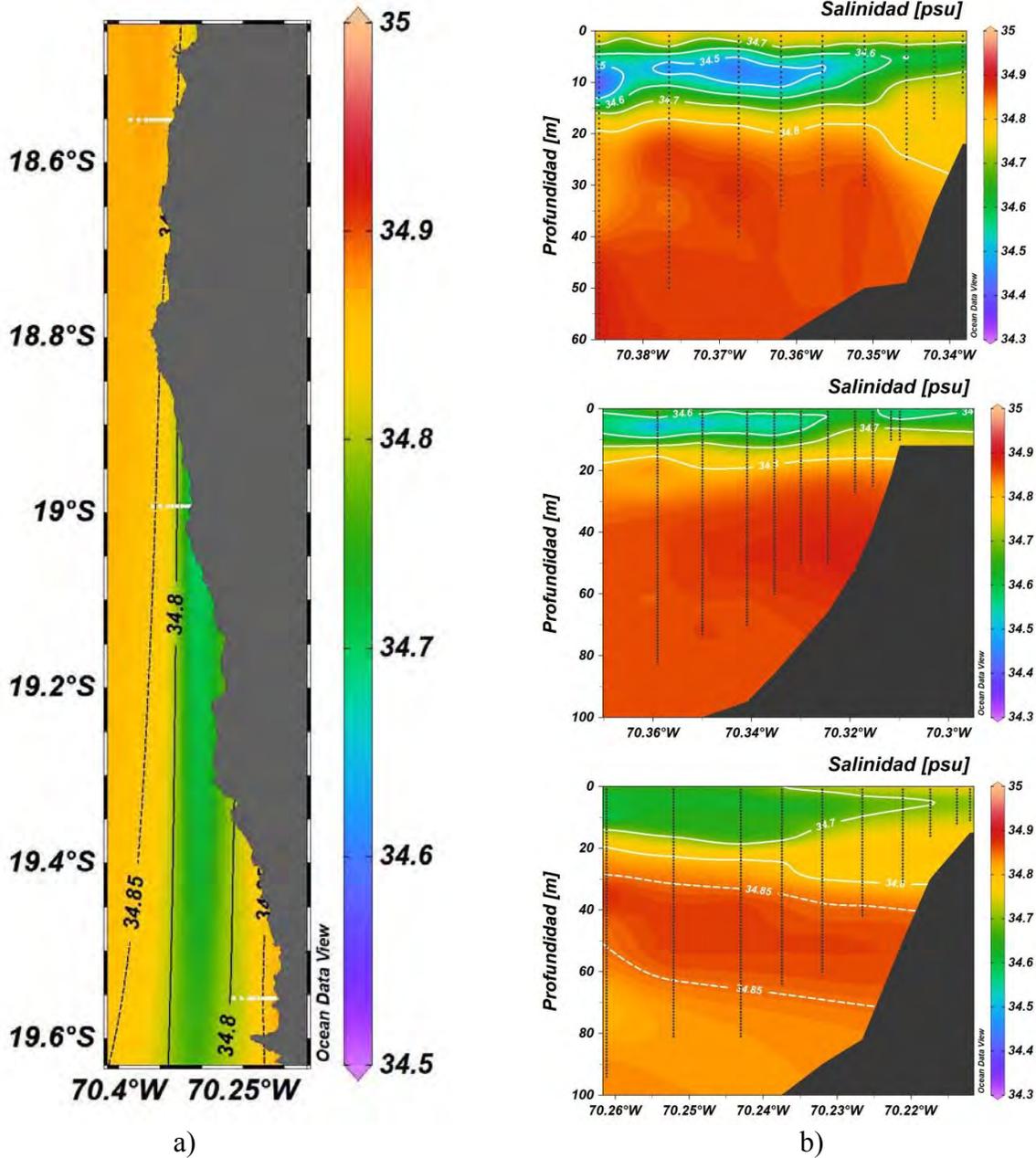


Figura 100. a) Distribución superficial de Salinidad (psu) y b) Distribución vertical de Salinidad (psu) en las transecta I, II y III, durante el principio de primavera 2018.

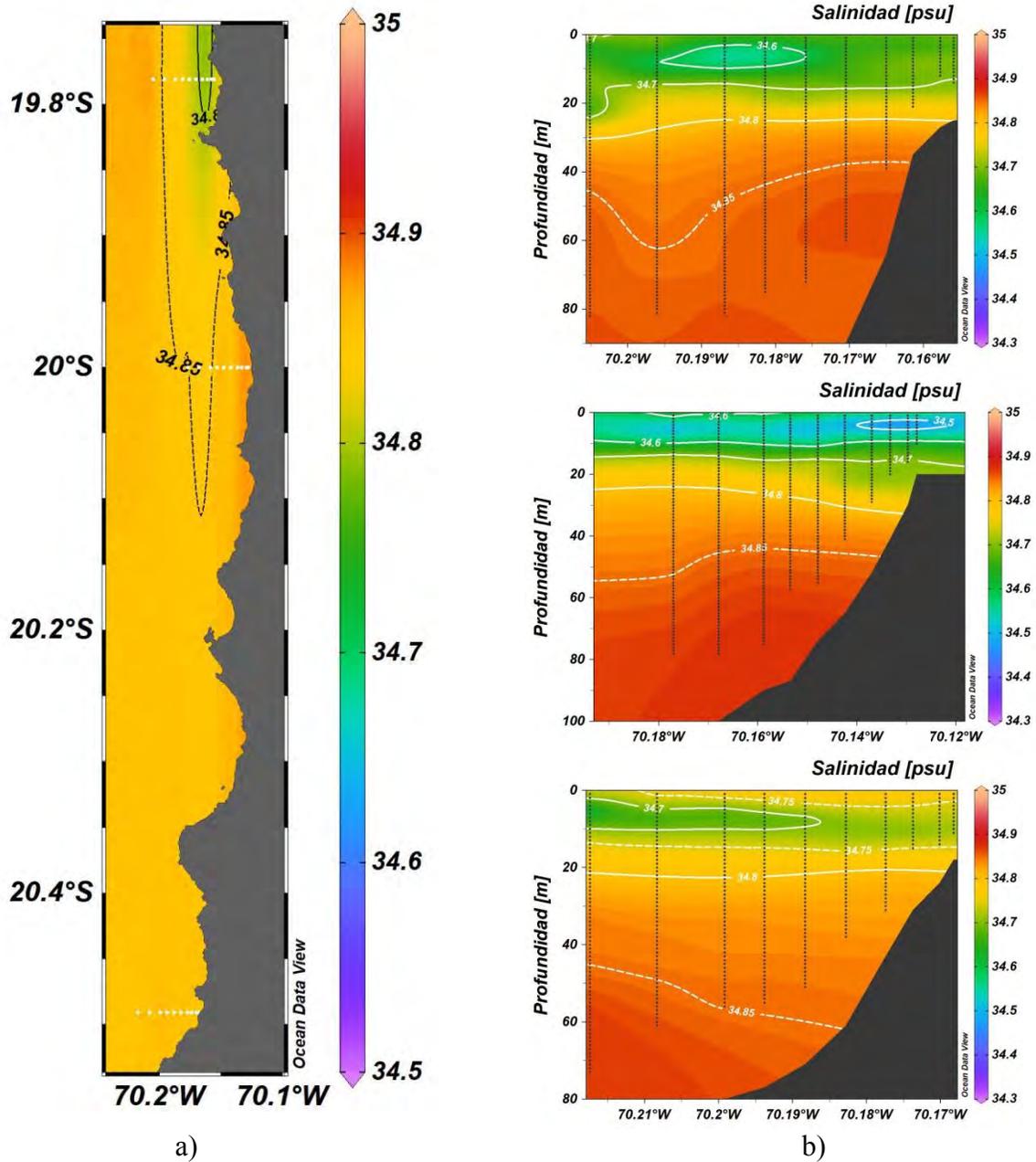


Figura 101. a) Distribución superficial de Salinidad (psu) y b) Distribución vertical de Salinidad (psu) en las transecta IV, V y VI, durante el principio de primavera 2018.

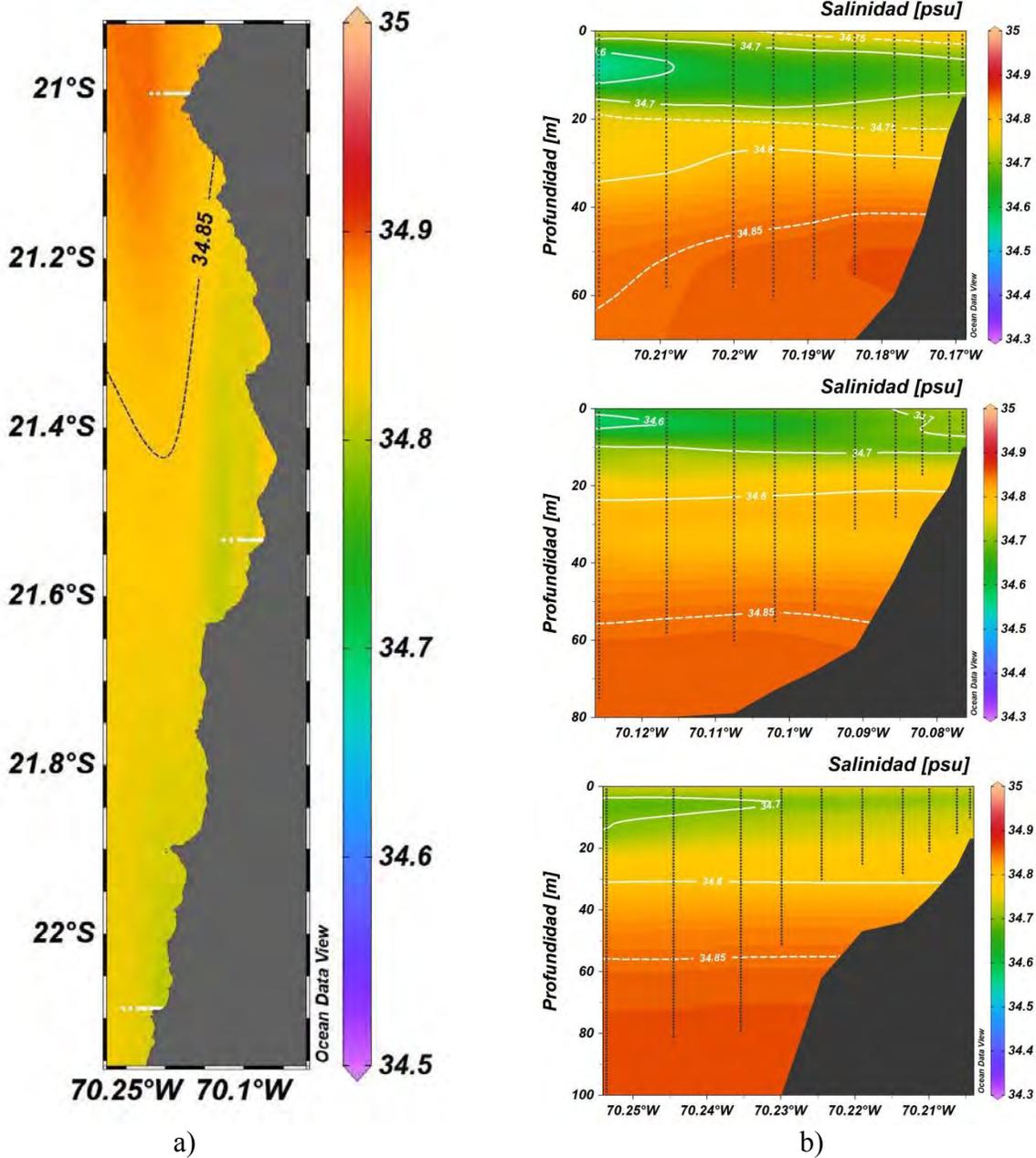


Figura 102. a) Distribución superficial de Salinidad (psu) y b) Distribución vertical de Salinidad (psu) en las transecta VII, VIII y IX, durante el principio de primavera 2018.

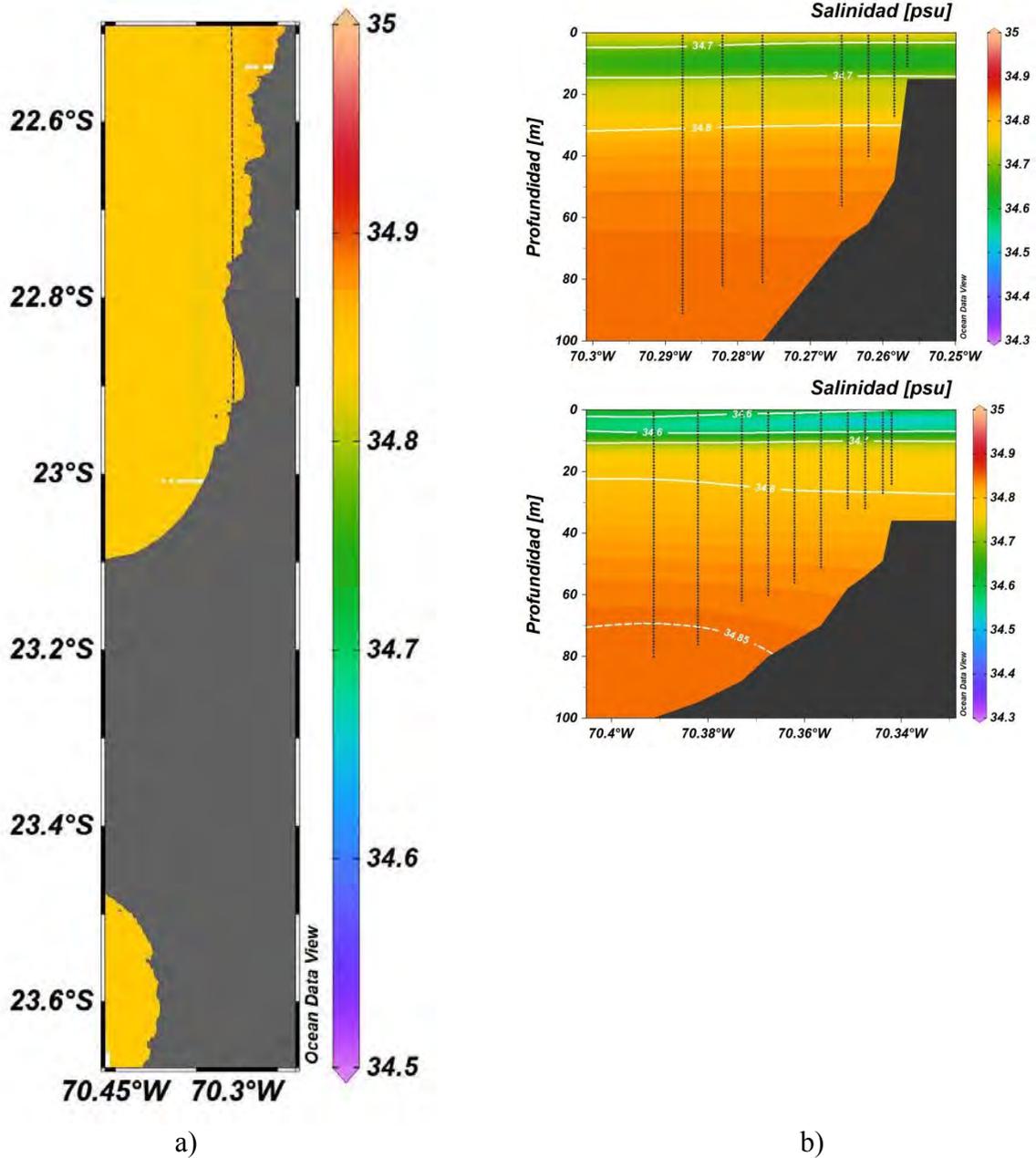


Figura 103. a) Distribución superficial de Salinidad (psu) y b) Distribución vertical de Salinidad (psu) en las transecta X y XI, durante el principio de primavera 2018.

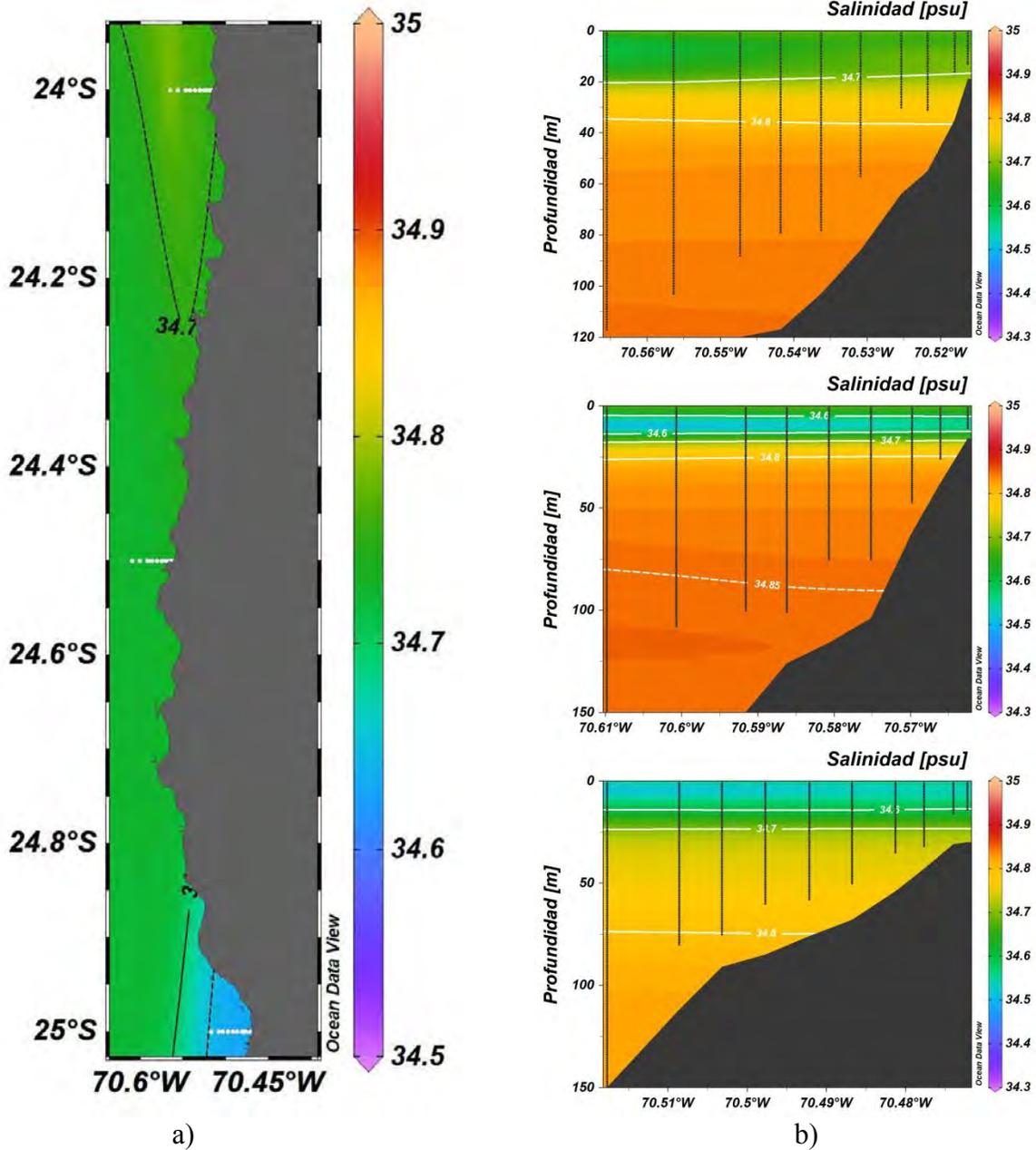


Figura 104. a) Distribución superficial de Salinidad (psu) y b) Distribución vertical de Salinidad (psu) en las transecta XIII, XIV y XV, durante el principio de primavera 2018.

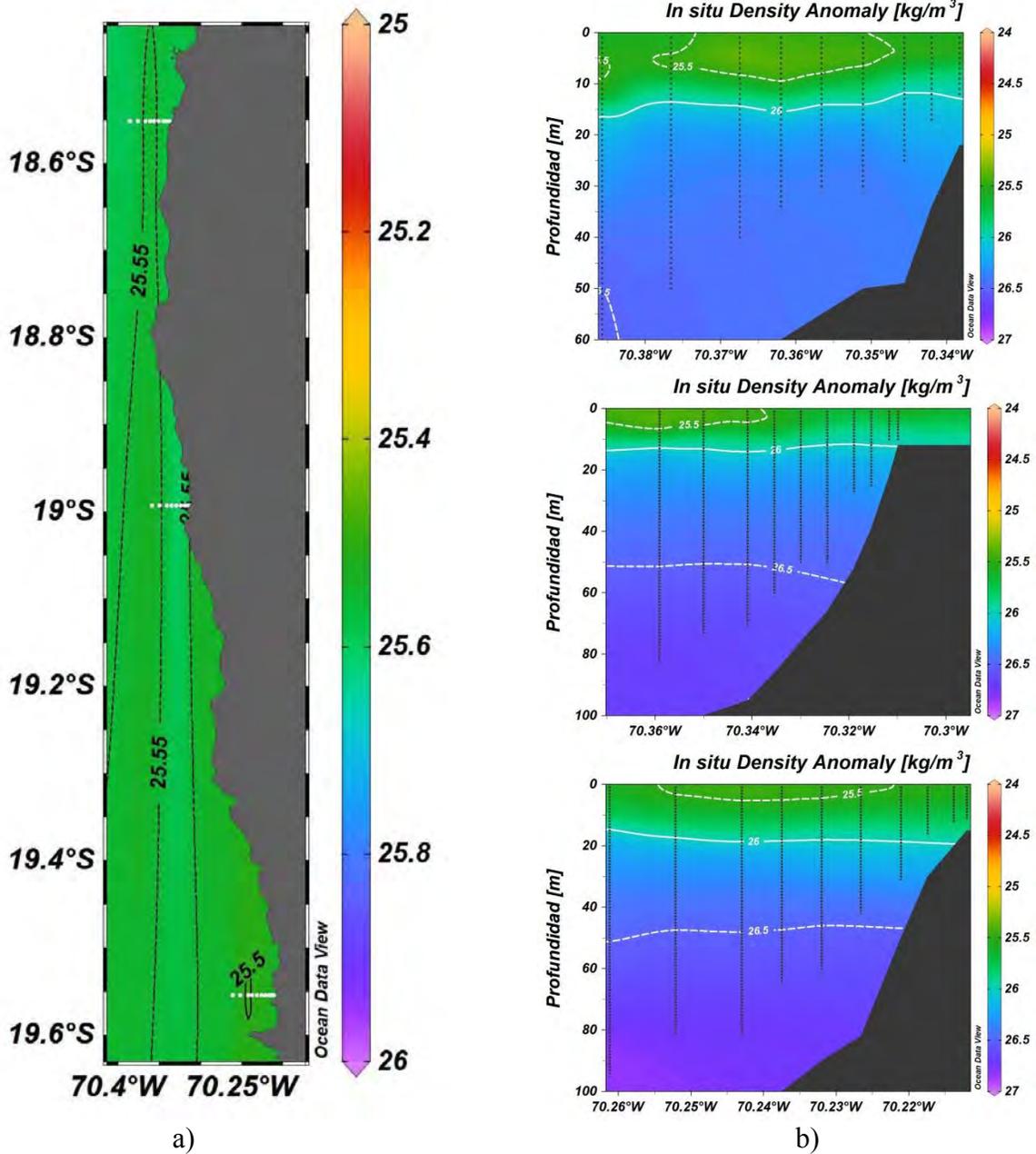


Figura 105. a) Distribución superficial de Densidad (kg/m^3) y b) Distribución vertical de Densidad (kg/m^3) en las transecta I, II y III, durante el principio de primavera 2018.

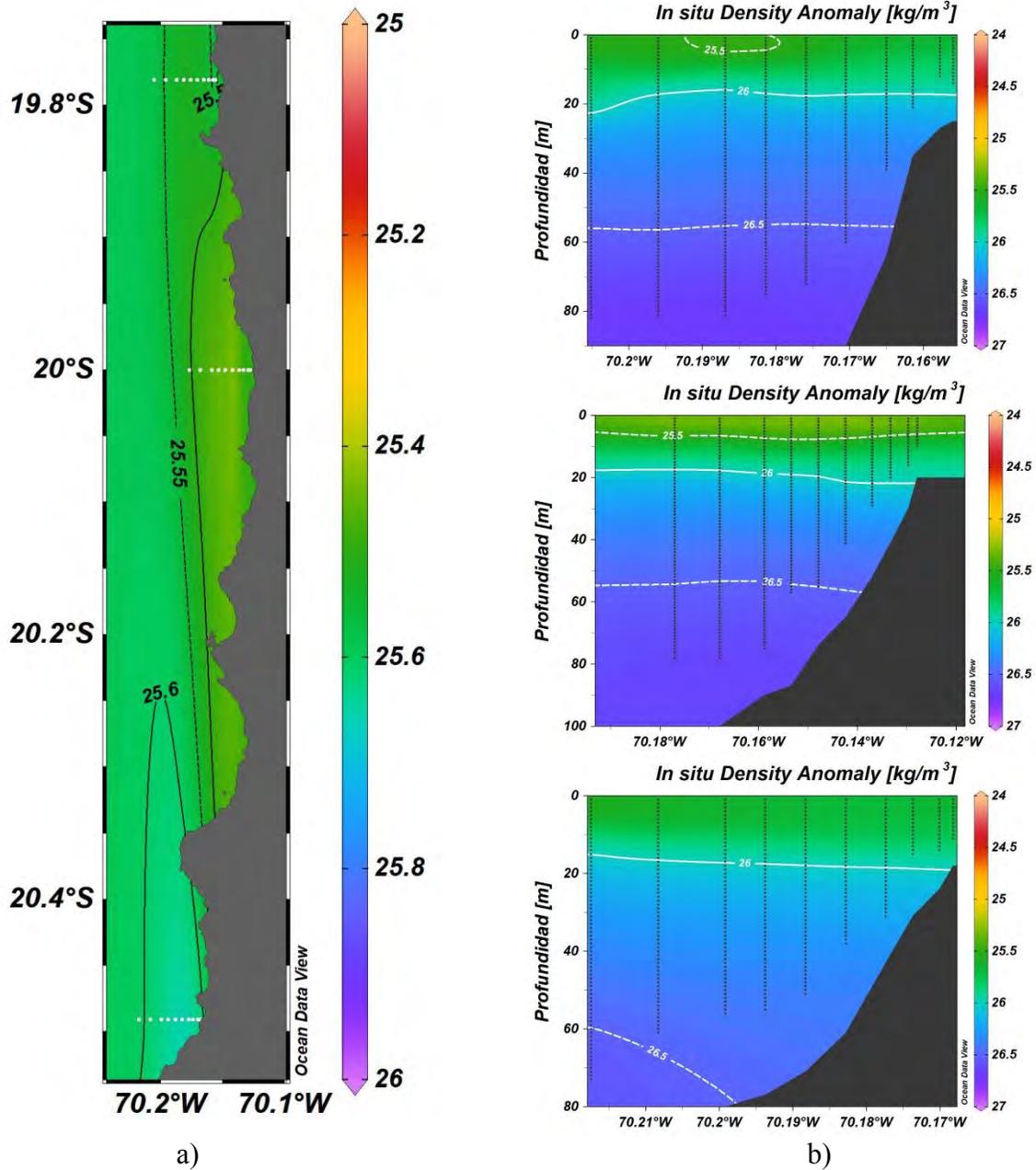


Figura 106. a) Distribución superficial de Densidad (kg/m^3) y b) Distribución vertical de Densidad (kg/m^3) en las transecta IV, V y VI, durante el principio de primavera 2018.

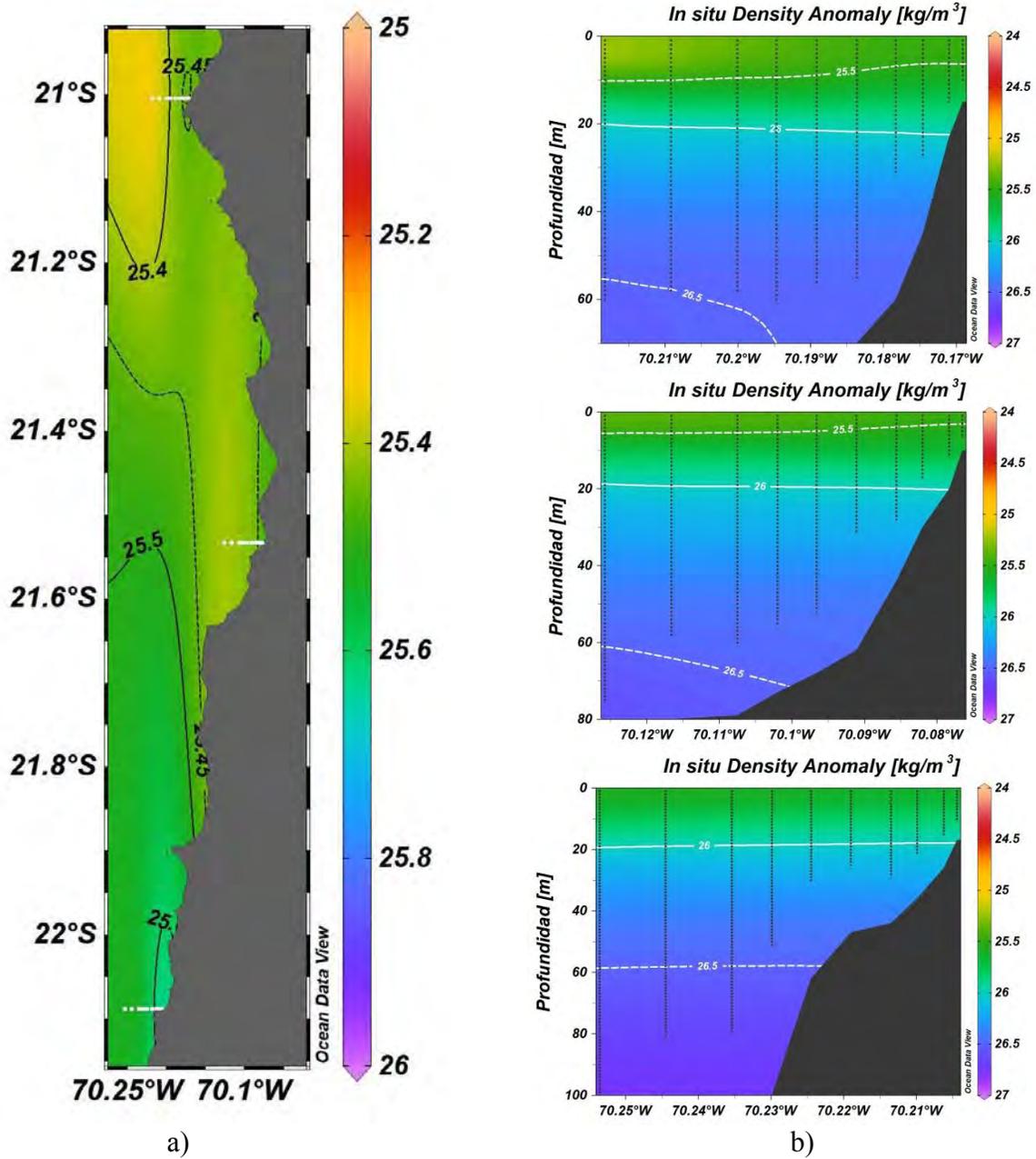


Figura 107. a) Distribución superficial de Densidad (kg/m^3) y b) Distribución vertical de Densidad (kg/m^3) en las transecta VII, VIII y IX, durante el principio de primavera 2018.

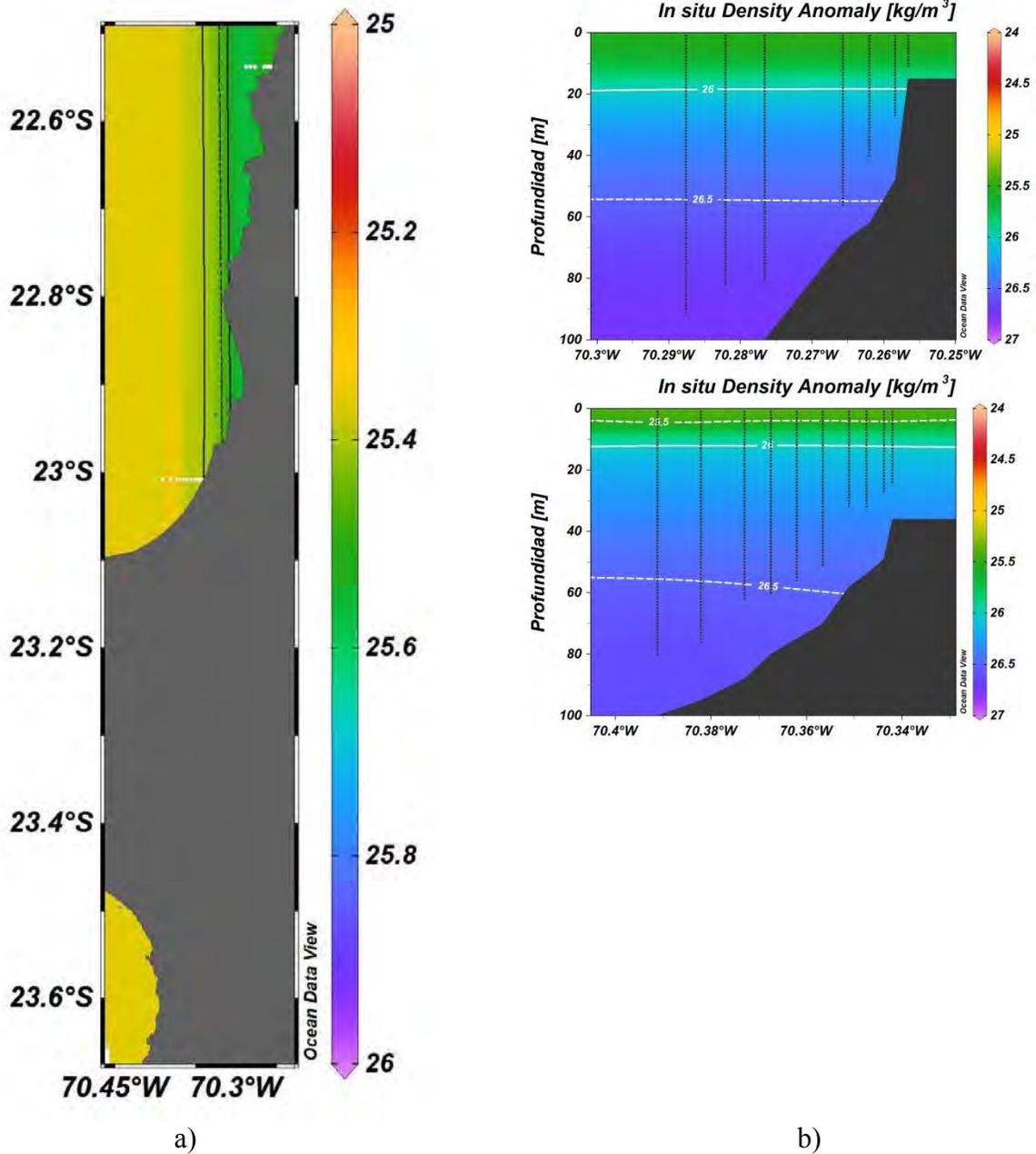


Figura 108. a) Distribución superficial de Densidad (kg/m^3) y b) Distribución vertical de Densidad (kg/m^3) en las transecta X y XI, durante el principio de primavera 2018.

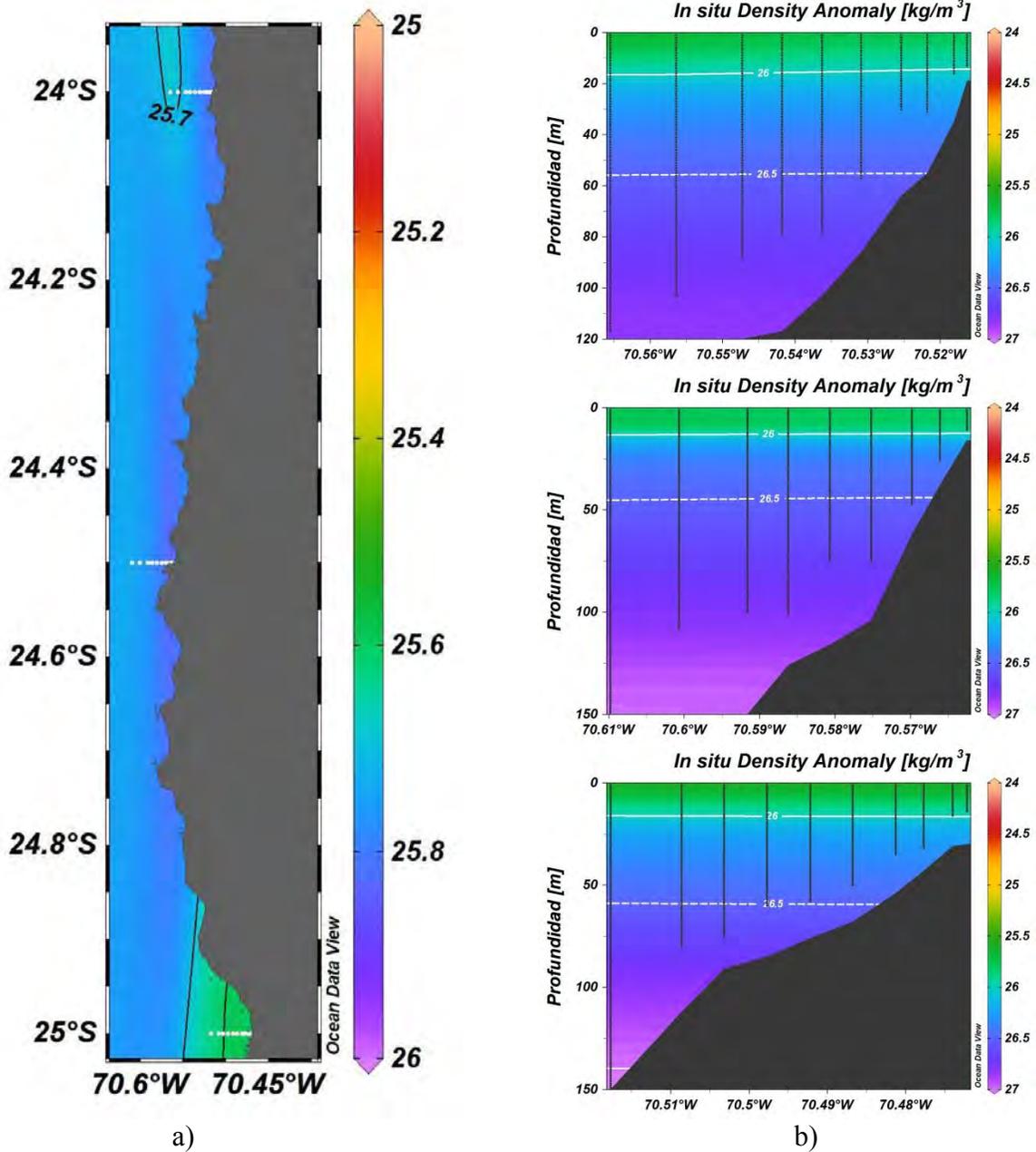


Figura 109. a) Distribución superficial de Densidad (kg/m^3) y b) Distribución vertical de Densidad (kg/m^3) en las transecta XIII, XIV y XV, durante el principio de primavera 2018.

NUTRIENTES

El nitrato fluctuó entre 0,0 y 21,2 μM . En general, el sector entre Arica (18°33'S) y punta Patache (20°29'S) exhibió todas las profundidades valores superiores a 10,0 μM .

La distribución a nivel superficial mostró concentraciones cercanas a 10,0 μM que se distribuyeron entre Arica (18°33'S) y punta Patache (20°29'S) y desde Antofagasta (23°38'S) al sur, con un sector entre punta Lobos (21°00'S) y Mejillones (23°00'S) donde predominaron valores inferiores a 5,0 μM . A 10 m se registró un incremento en Mejillones (23°00'S) donde se detectó un foco de 17,6 μM . A los 25 m el nitrato se incrementó, lo que se evidenció particularmente en el sector entre punta Lobos (21°00'S) y caleta Cobija (22°32'S). El foco de Mejillones (23°00'S) exhibió la máxima concentración (21,2 μM), y máximos secundarios de 20,5 y 19,5 μM se observaron en caleta Vitor (18°59'S) y Pisagua (19°33'S) respectivamente (Figura 110). En los estratos de 50 y 75 m el patrón de distribución se mantuvo y predominaron concentraciones superiores a 10,0 μM en toda el área (Figura 111).

En la componente vertical, con excepción de punta Arenas (21°31's) y caleta Botija (24°30'S), las secciones muestran el predominio de valores de nitrato superiores a 10,0 μM ocupando la columna de agua desde los 10 m de profundidad y extendiéndose entre la costa y las 3 mn (Figuras 112, 113 y 114).

El nitrito fluctuó entre un mínimo de 0,0 y un máximo de 12,3 μM . En general, con excepción de los estratos de 75 y 100 m, toda el área exhibió concentraciones inferiores a 1,0 μM .

La distribución horizontal en superficie mostró el predominio de valores inferiores a 1,0 μM en toda la zona, condición que se acentuó entre punta Lobos (21°00'S) y Mejillones (23°00'S) donde se registraron concentraciones cercanas a cero. A 10 y a 25 m se mantuvo este patrón, excepto por la presencia a los 10 m de profundidad de la máxima concentración (12,3 μM) que se detectó en Arica (18°33'S) a 1,8 mn de la costa, y por un foco secundario de 5,6 μM localizado a 3 mn en Tocopilla (22°05'S) (Figura 115). A los 50 m la zona entre Arica (18°33'S) y caleta Vitor (18°59'S) exhibió valores cercanos a 2,5 μM , y a 75 m entre Pisagua (19°33'S) y Mejillones (23°00'S) el nitrito fluctuó entre 3,0 y 4,0 μM (Figura 116).

La distribución vertical evidenció la presencia de bajas concentraciones ocupando toda la columna de agua en gran parte del área, excepto por el máximo detectado en Arica

(18°33'S), el cual se encontró restringido a los 10 m de profundidad, y por valores superiores a 3,0 μM que ocuparon los estratos más profundos (>75 m) entre caleta Vitor (18°59'S) e Iquique (20°00'S) y que se extendieron a lo largo de toda la transecta (Figuras 117, 118 y 119).

El fosfato presentó valores extremos de 0,2 y 4,0 μM , observándose baja variabilidad en las magnitudes registradas en cada profundidad.

Siguiendo la tendencia de los otros nutrientes, la distribución en superficie se caracterizó por la presencia de altos valores (>1,0 μM) desde Arica (18°33'S) a punta Patache (20°29'S) y entre punta Amarilla (24°00'S) y caleta Botija (24°30'S), y de las menores concentraciones entre punta Lobos (21°00'S) y Mejillones (23°00'S), registrándose un foco muy costero (0,2 mn) de 3,3 μM frente a punta Patache (20°29'S). A los 10 m en toda el área existió un predominio de valores entre 2,0 y 3,0 μM . En el estrato de los 25 el fosfato se incrementó, registrándose la máxima concentración (4,0 μM) en caleta Botija (24°30'S) a 1,2 mn de la costa, y dos focos secundarios de 3,7 y 3,3 μM localizados en Arica (18°33'S) y en caleta Buena (19°46'S) respectivamente (Figura 120). A 50 y 75 m se mantuvo el predominio de altos valores (>2,0 μM) en toda la zona, registrándose un máximo de 3,5 μM en punta Arenas (21°31'S) y de 3,1 μM en Mejillones (23°00'S) respectivamente (Figura 121).

En la componente vertical, las secciones revelaron que, exceptuando la superficie, toda la columna de agua exhibió concentraciones de fosfato mayores a 2,0 μM , las cuales se distribuyeron ente la costa y las 3,0 mn, destacando la presencia de focos superiores a 3,0 desde los 25 m de profundidad (Figuras 122, 123 y 124).

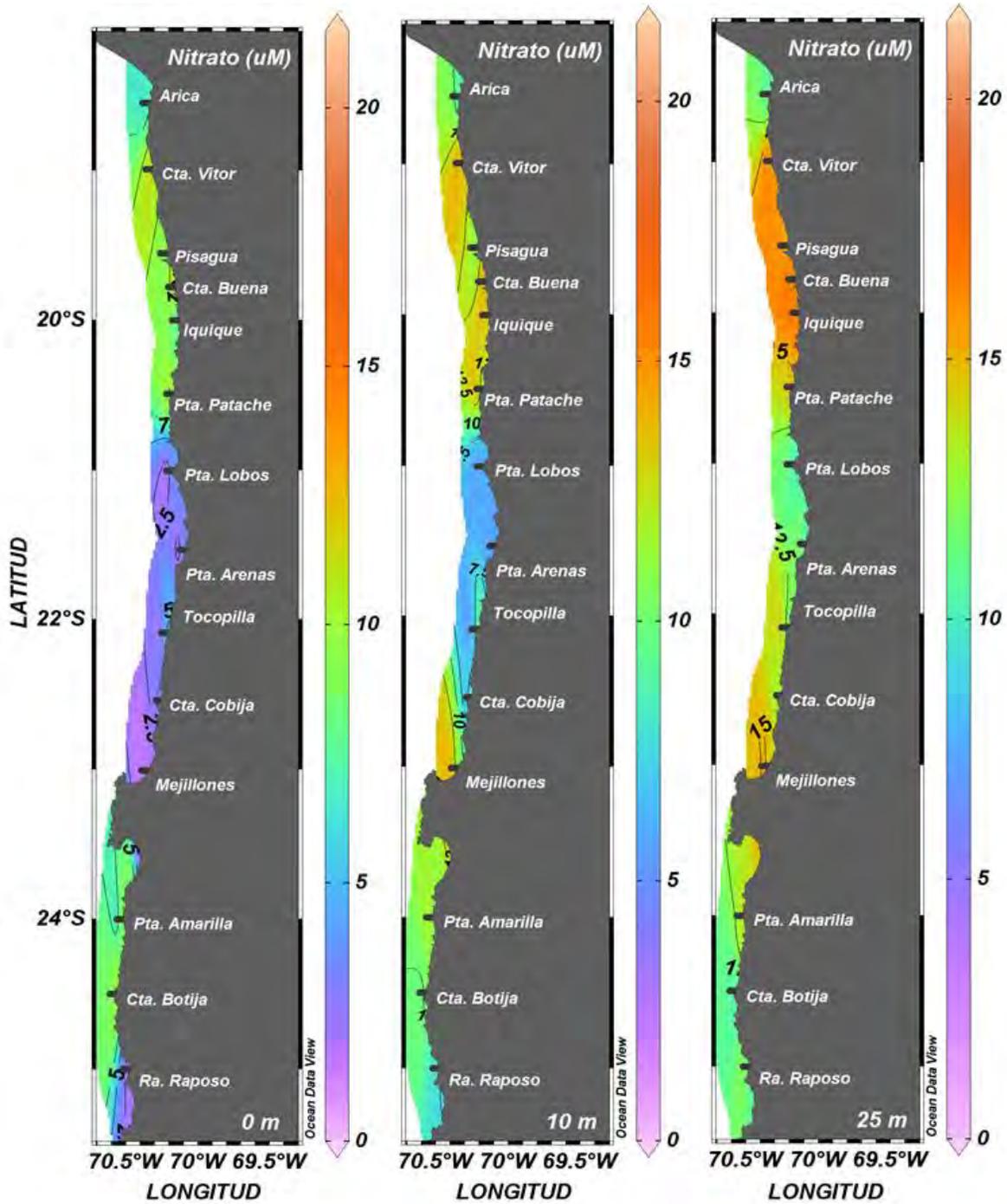


Figura 110. Distribución horizontal de nitrato (μM) entre la superficie y los 25 m de profundidad durante el pincipio de primavera 2018.

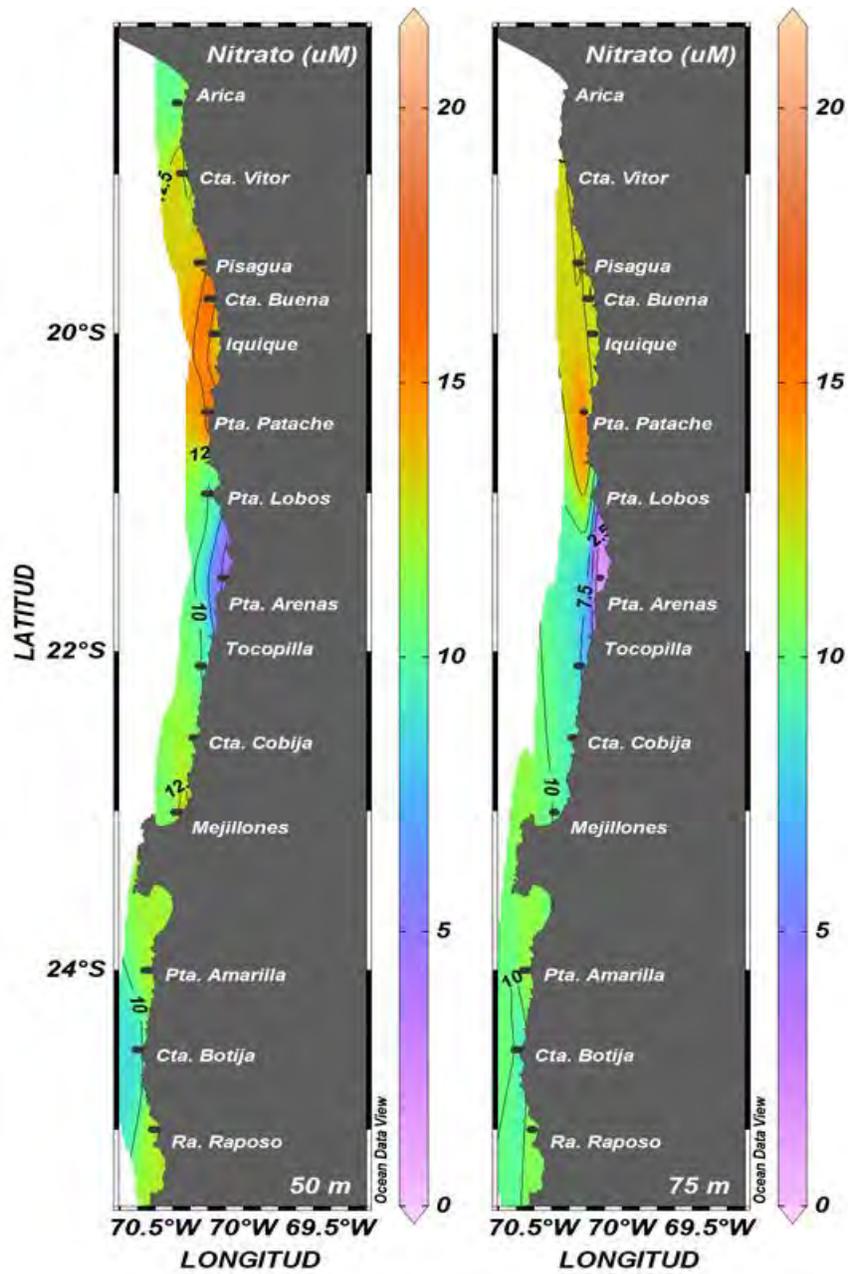


Figura 111. Distribución horizontal de nitrato (μM) entre los 50 y 75 m de profundidad durante el principio de primavera 2018.

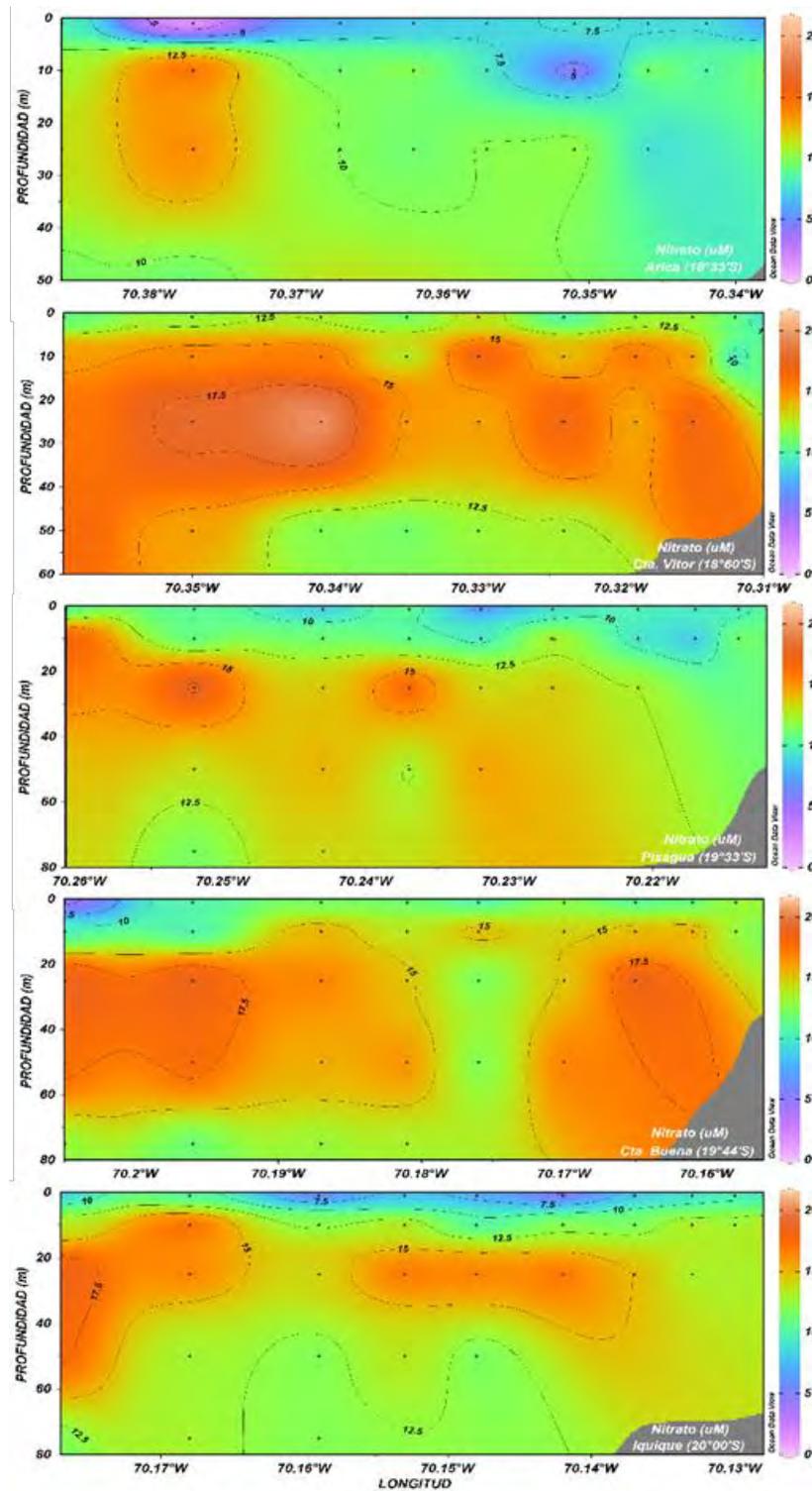


Figura 112. Distribución vertical de nitrato (μM) entre Arica (18°33'S) e Iquique (20°00'S) durante el principio de primavera 2018.

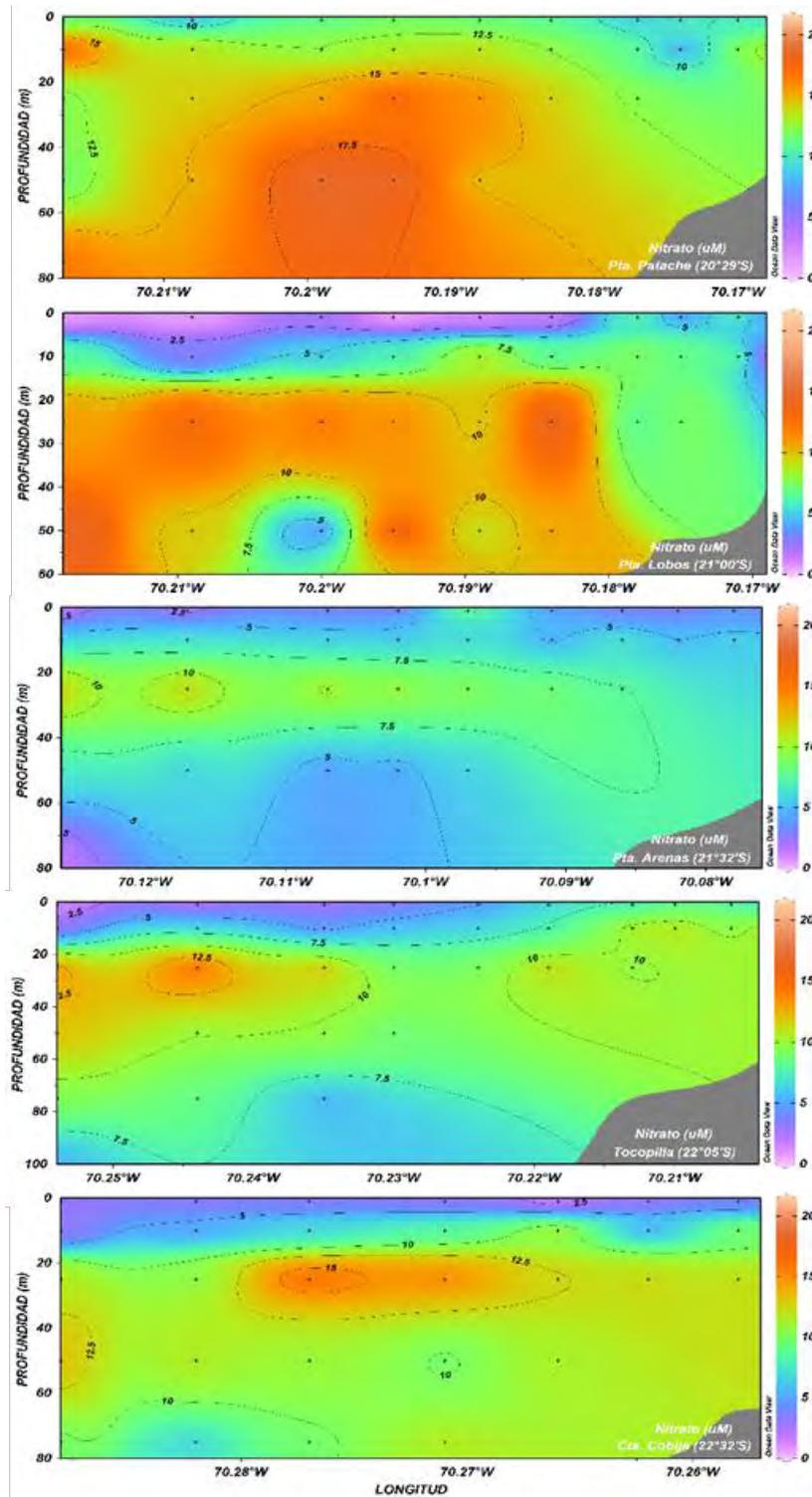


Figura 113. Distribución vertical de nitrato (μM) entre Punta Patache (20°29'S) y Caleta Cobija (22°32'S) durante el principio de primavera 2018.

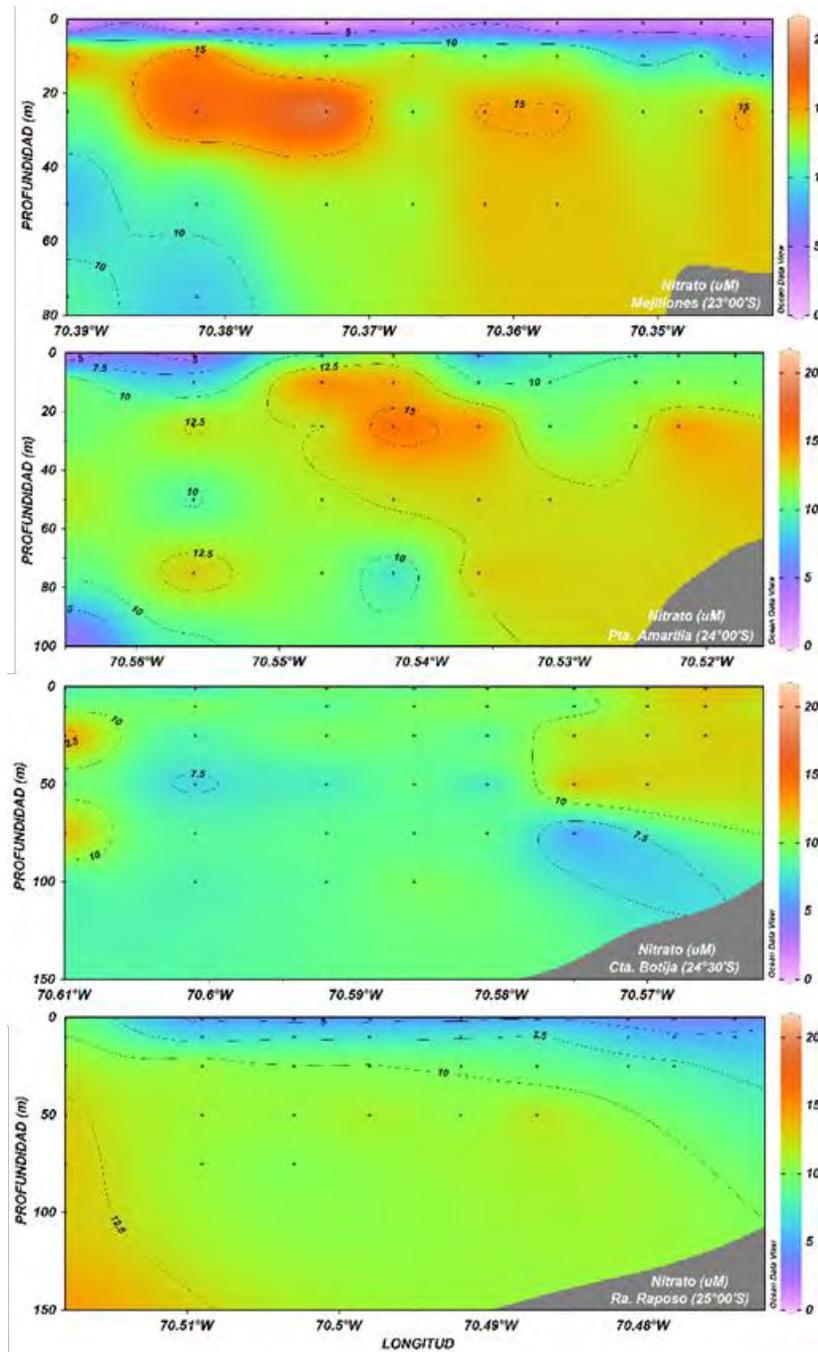


Figura 114. Distribución vertical de nitrato (μM) entre Mejillones ($23^{\circ}00'S$) y rada Paposo ($25^{\circ}00'S$) durante el principio de primavera 2018.

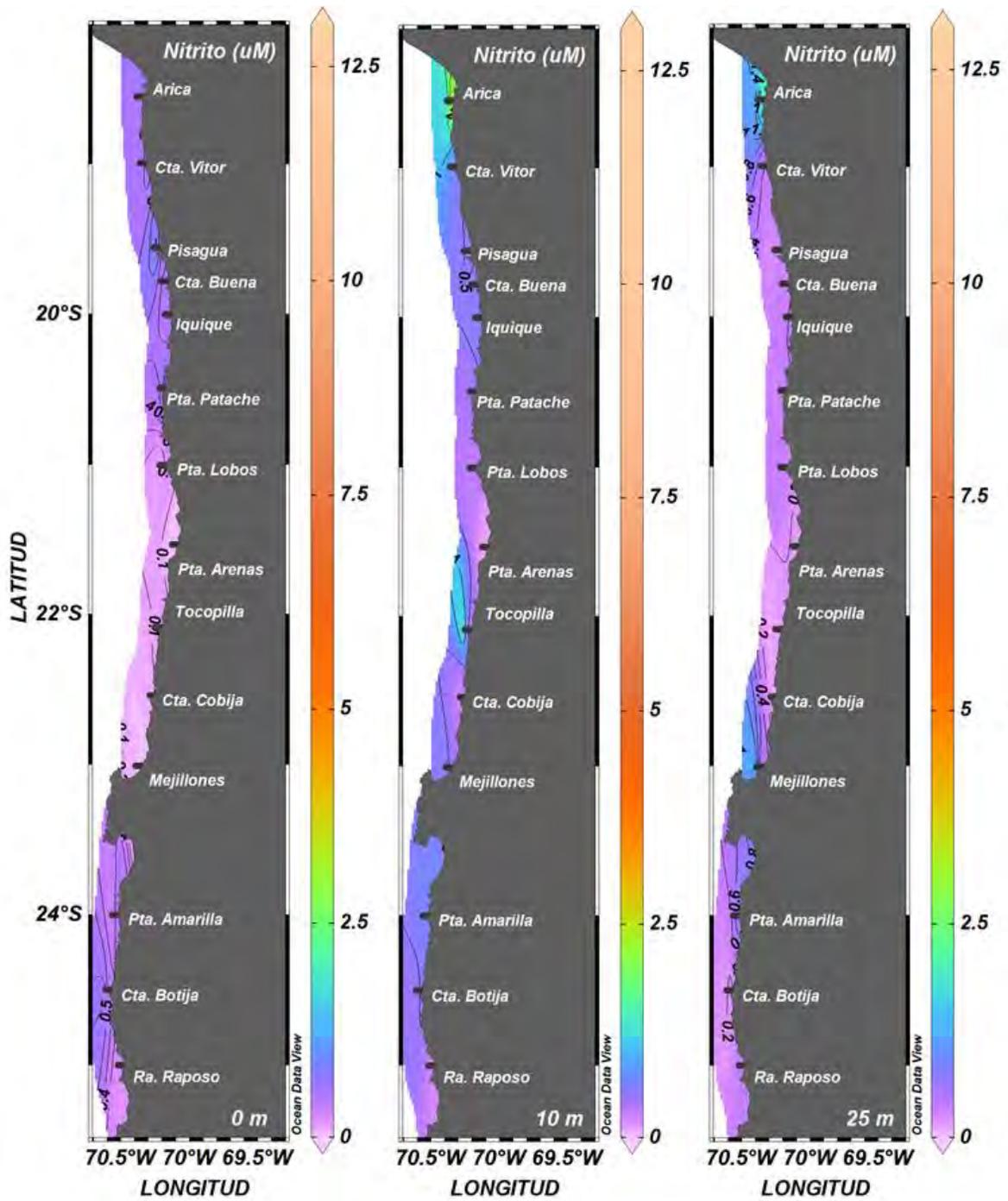


Figura 115. Distribución horizontal de nitrito (μM) entre la superficie y los 25 m de profundidad durante el pincipio de primavera 2018.

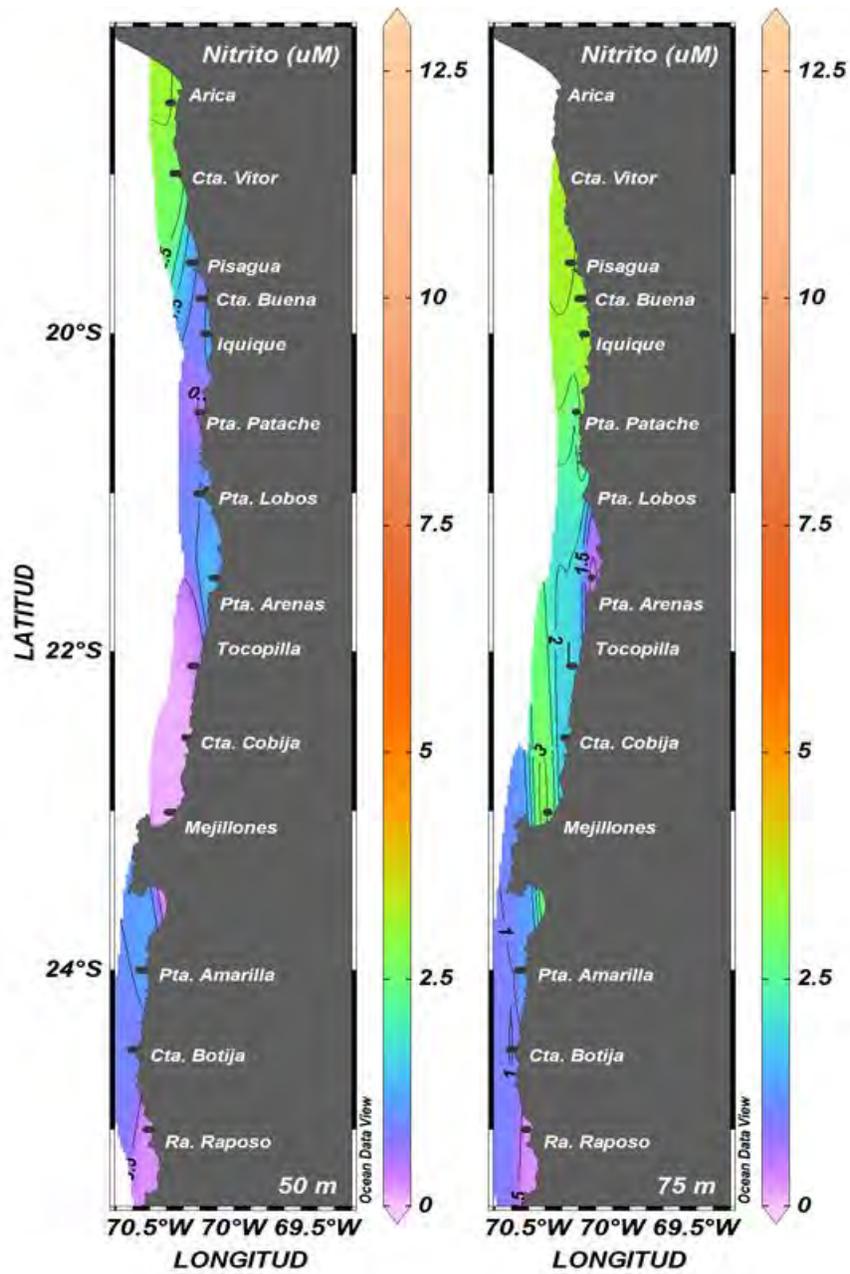


Figura 116. Distribución horizontal de nitrito (μM) entre los 50 y 75 m de profundidad durante el principio de primavera 2018.

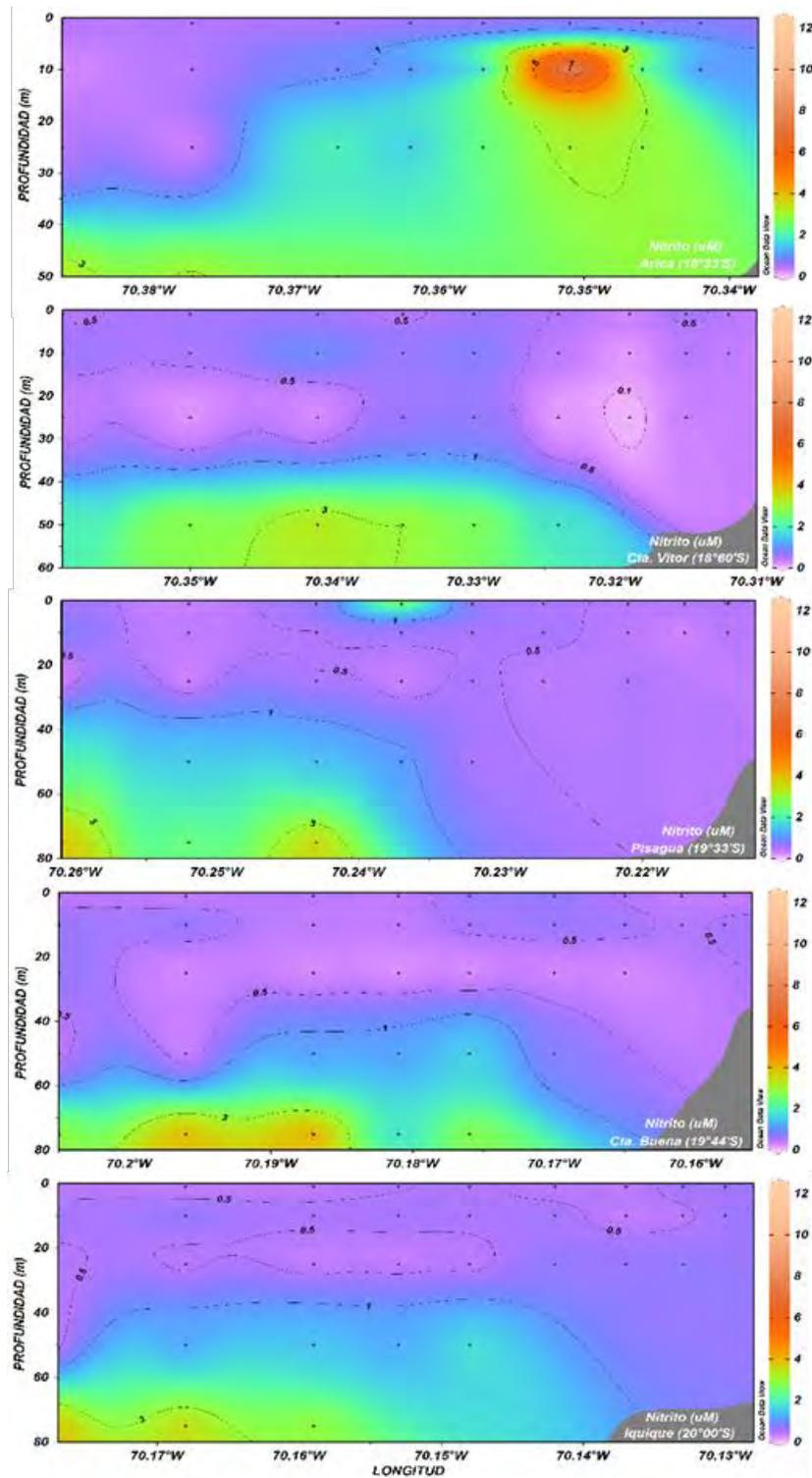


Figura 117. Distribución vertical de nitrito (μM) entre Arica (18°33'S) e Iquique (20°00'S) durante el principio de primavera 2018.

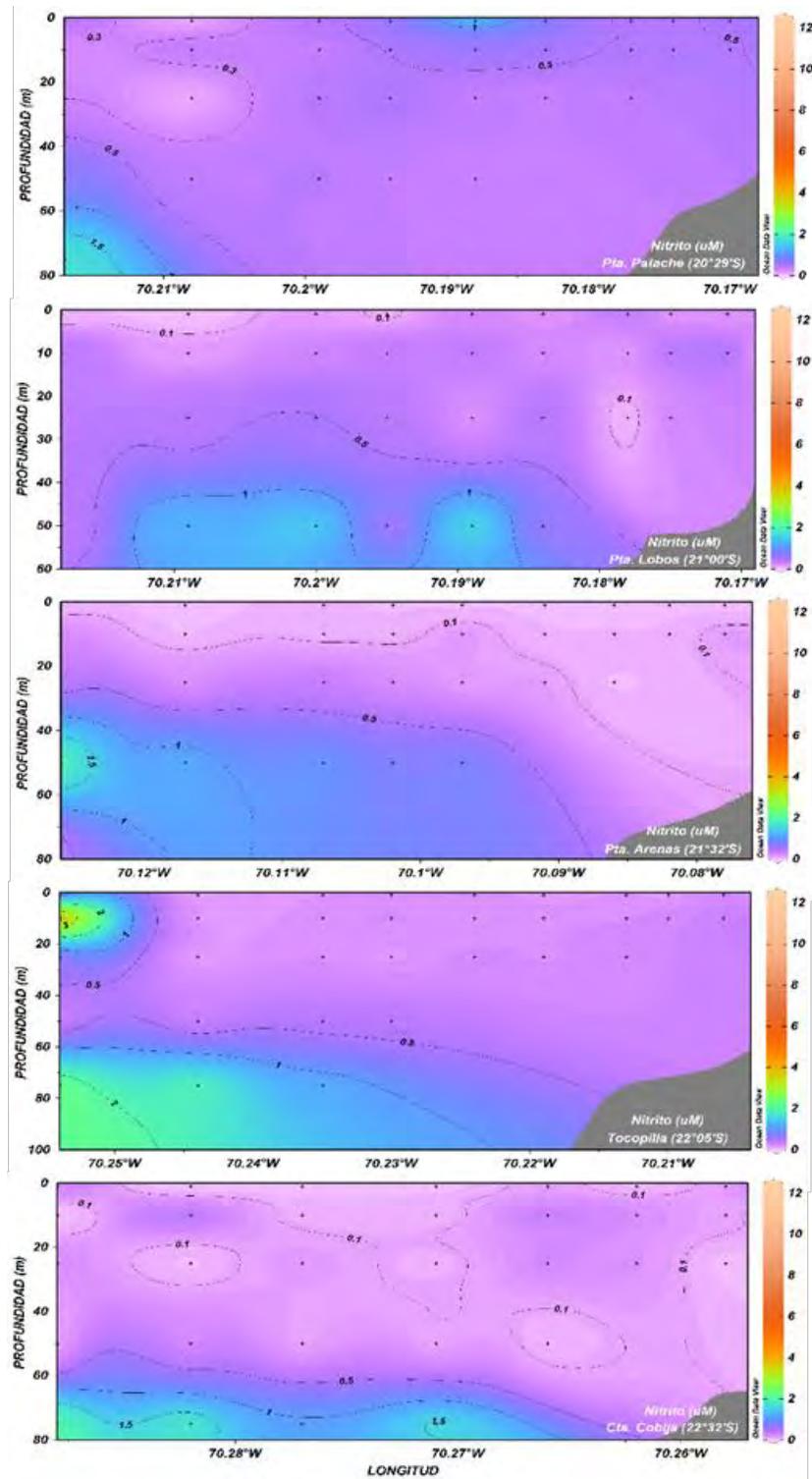


Figura 118. Distribución vertical de nitrito (μM) entre Punta Patache (20°29'S) y Caleta Cobija (22°32'S) durante el principio de primavera 2018.

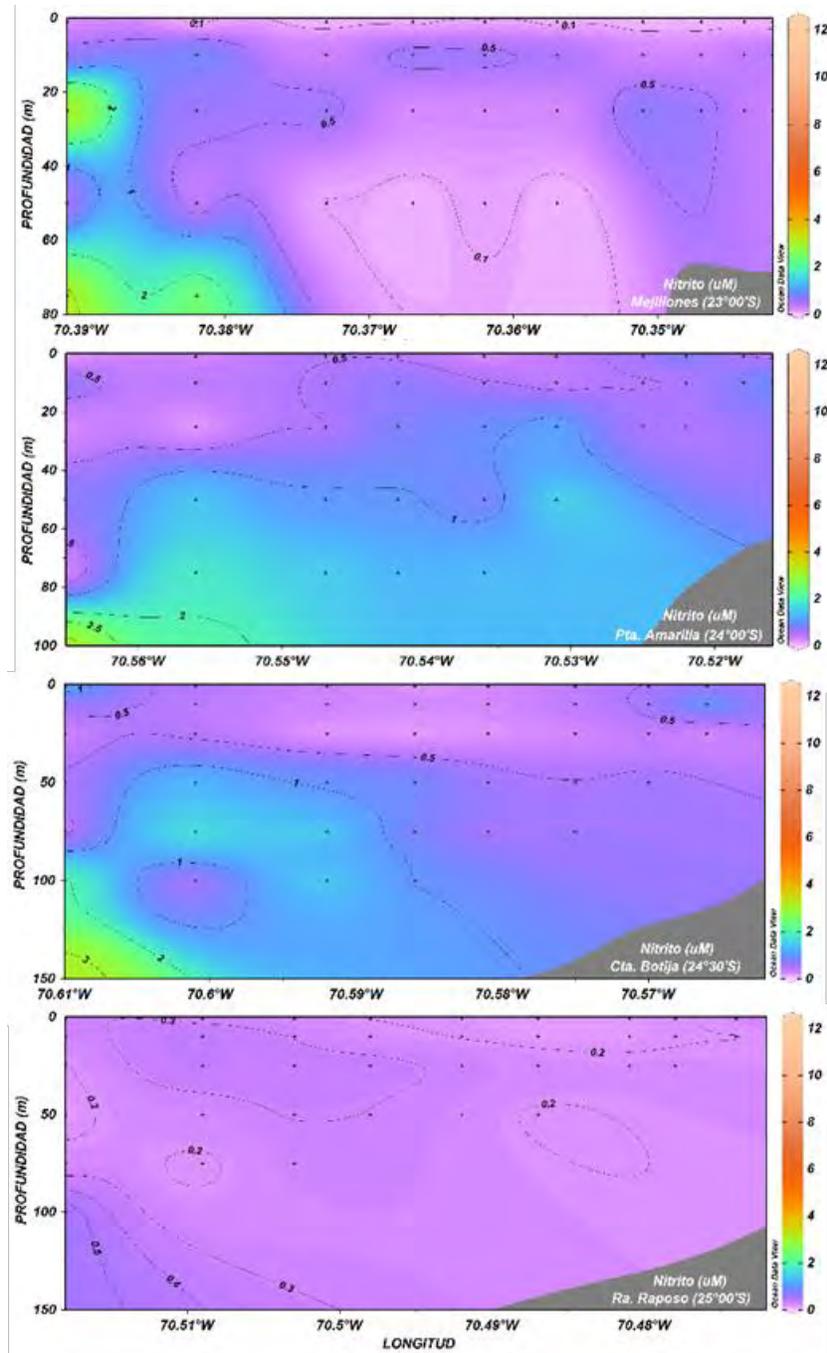


Figura 119. Distribución vertical de nitrito (μM) entre Mejillones (23°00'S) y rada Paposos (25°00'S) durante el principio de primavera 2018.

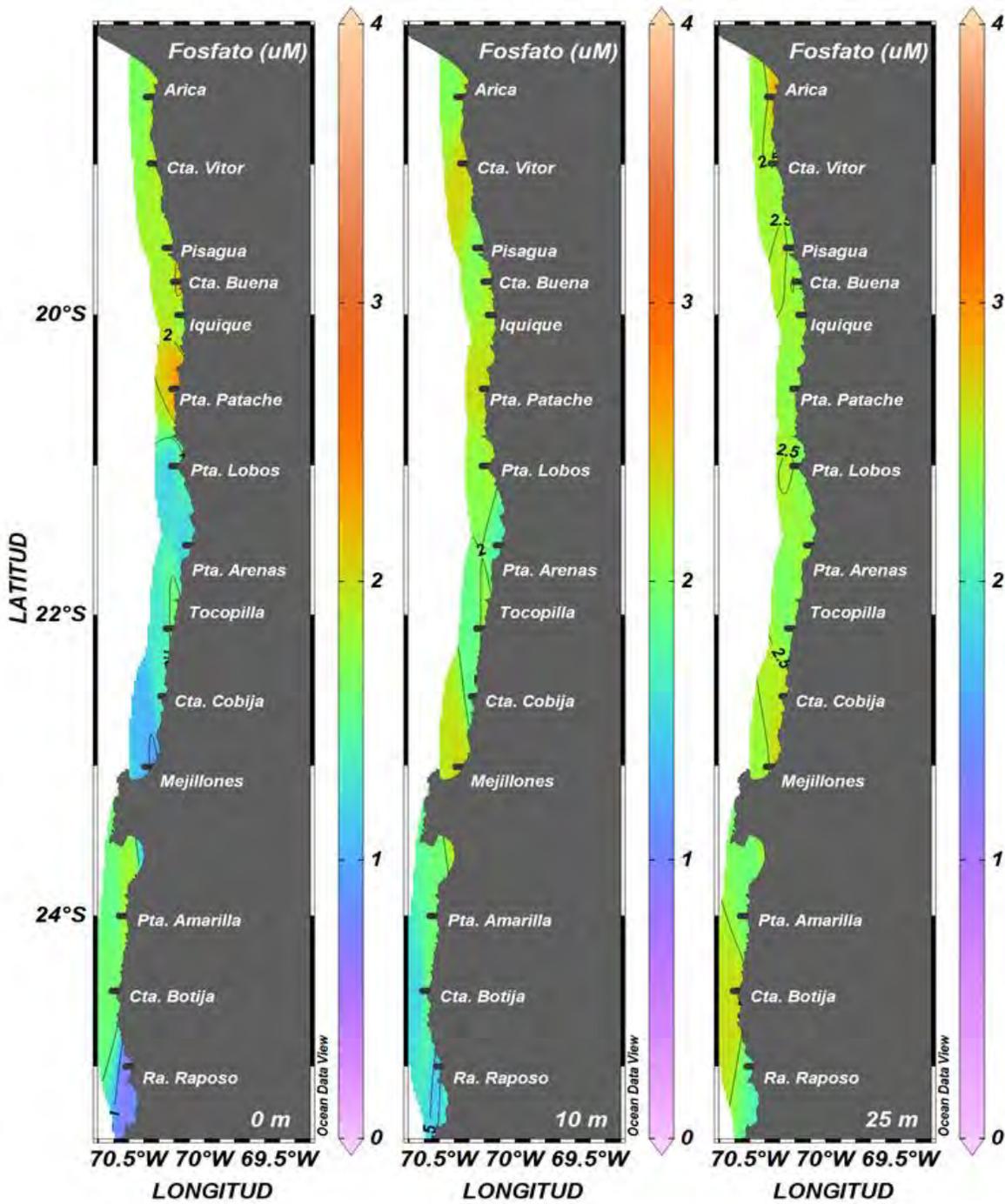


Figura 120. Distribución horizontal de fosfato (μM) entre la superficie y los 25 m de profundidad durante el principio de primavera 2018.

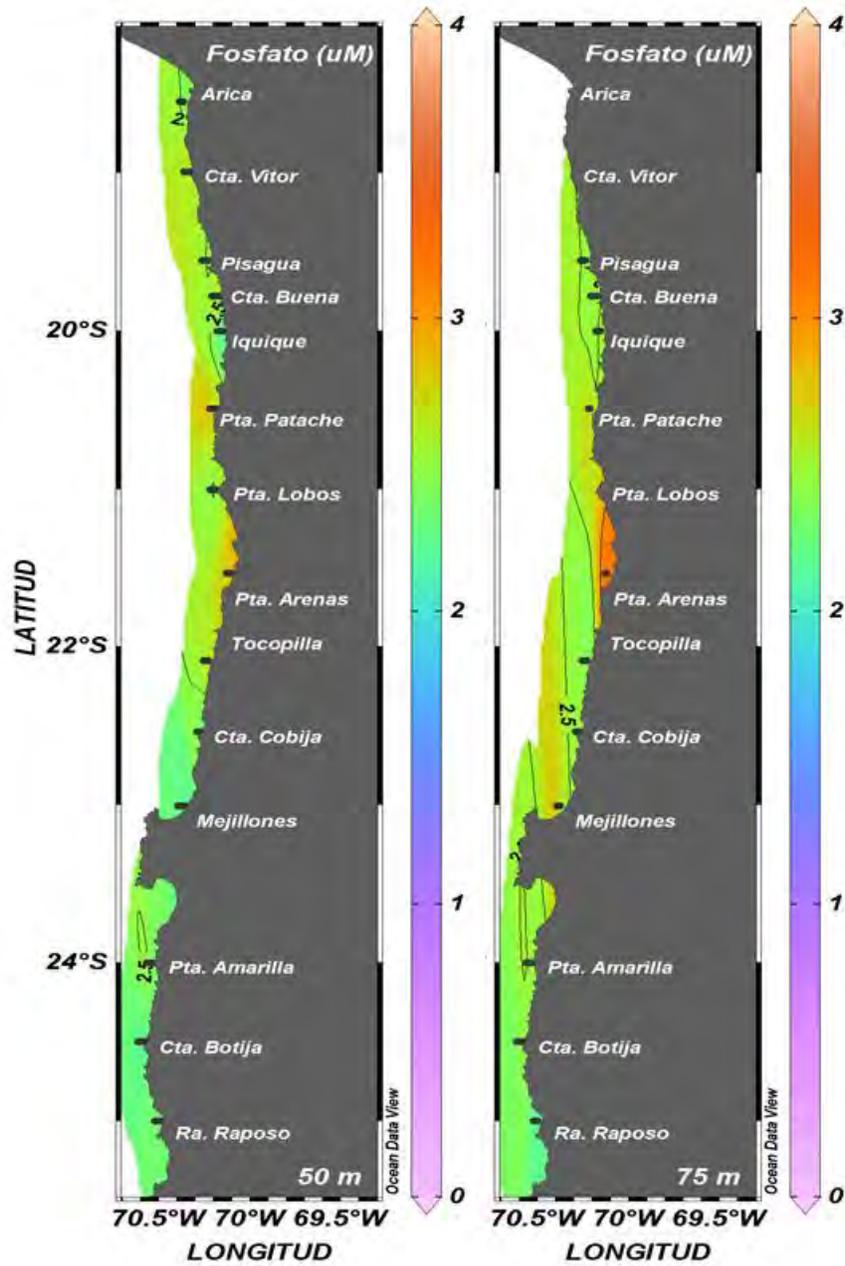


Figura 121. Distribución horizontal de fosfato (μM) entre los 50 y 75 m de profundidad durante el principio de primavera 2018.

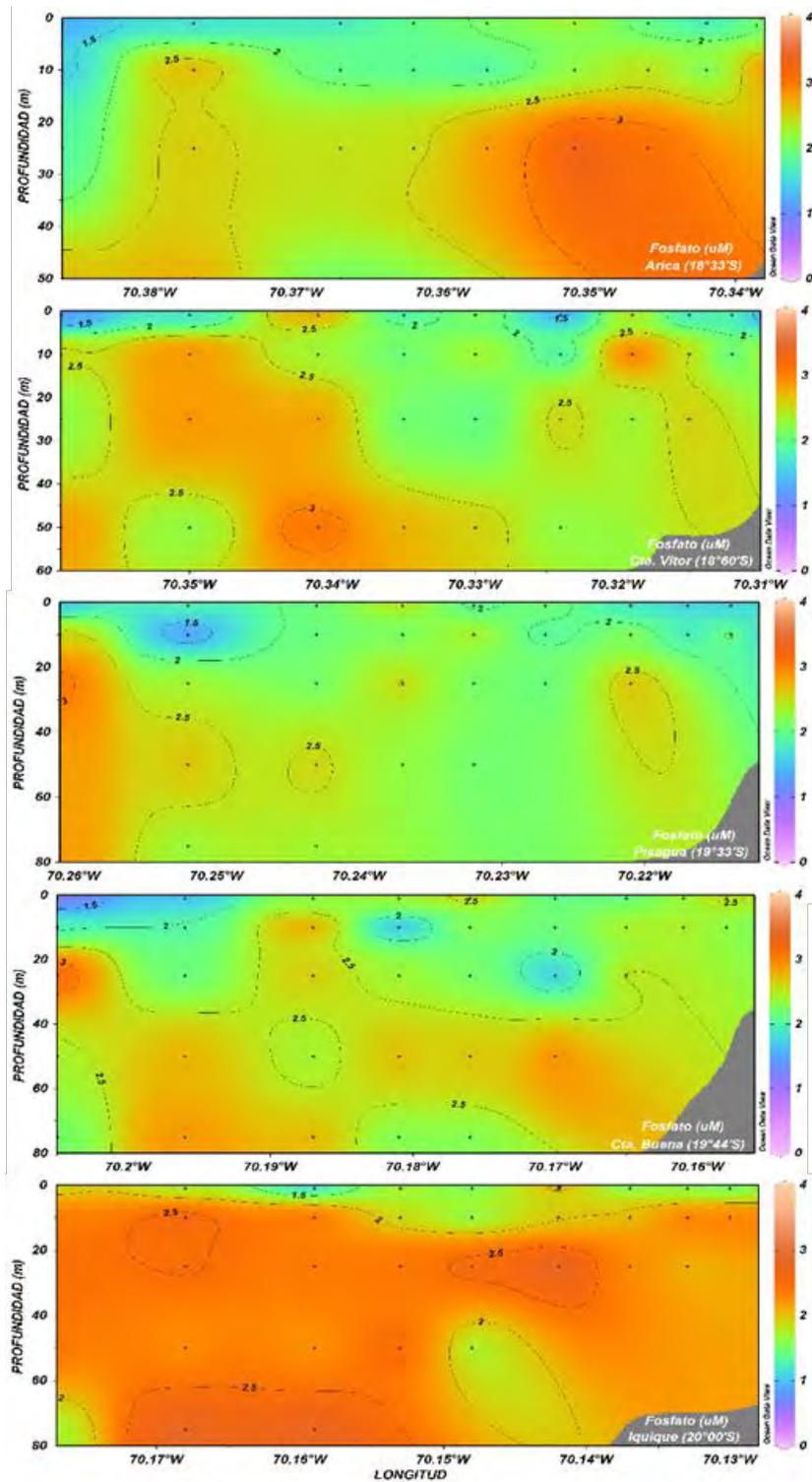


Figura 122. Distribución vertical de fosfato (μM) entre Arica ($18^{\circ}33'S$) e Iquique ($20^{\circ}00'S$) durante el pincipio de primavera 2018.

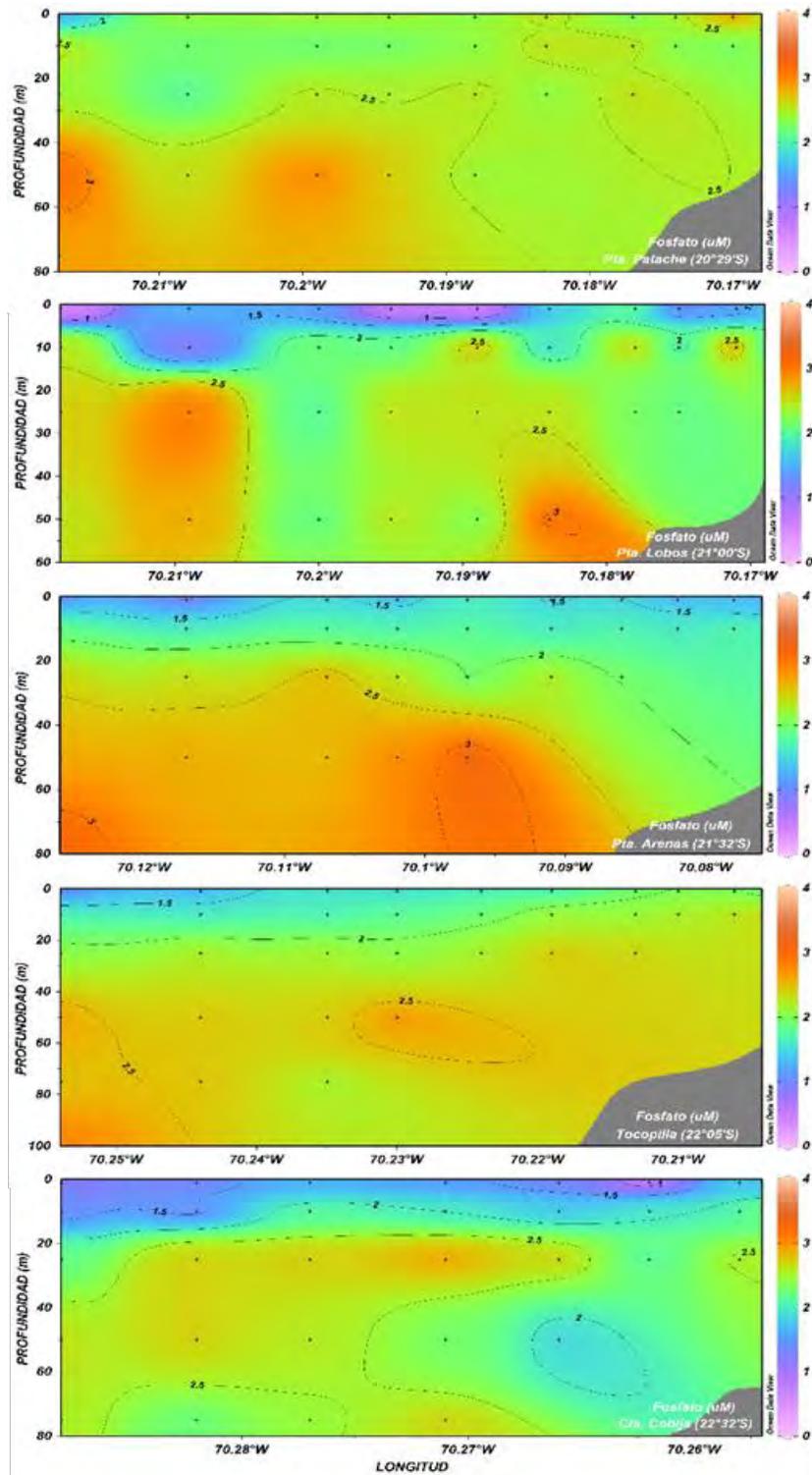


Figura 123. Distribución vertical de fosfato (μM) entre Punta Patache ($20^{\circ}29'S$) y Caleta Cobija ($22^{\circ}32'S$) durante el principio de primavera 2018.

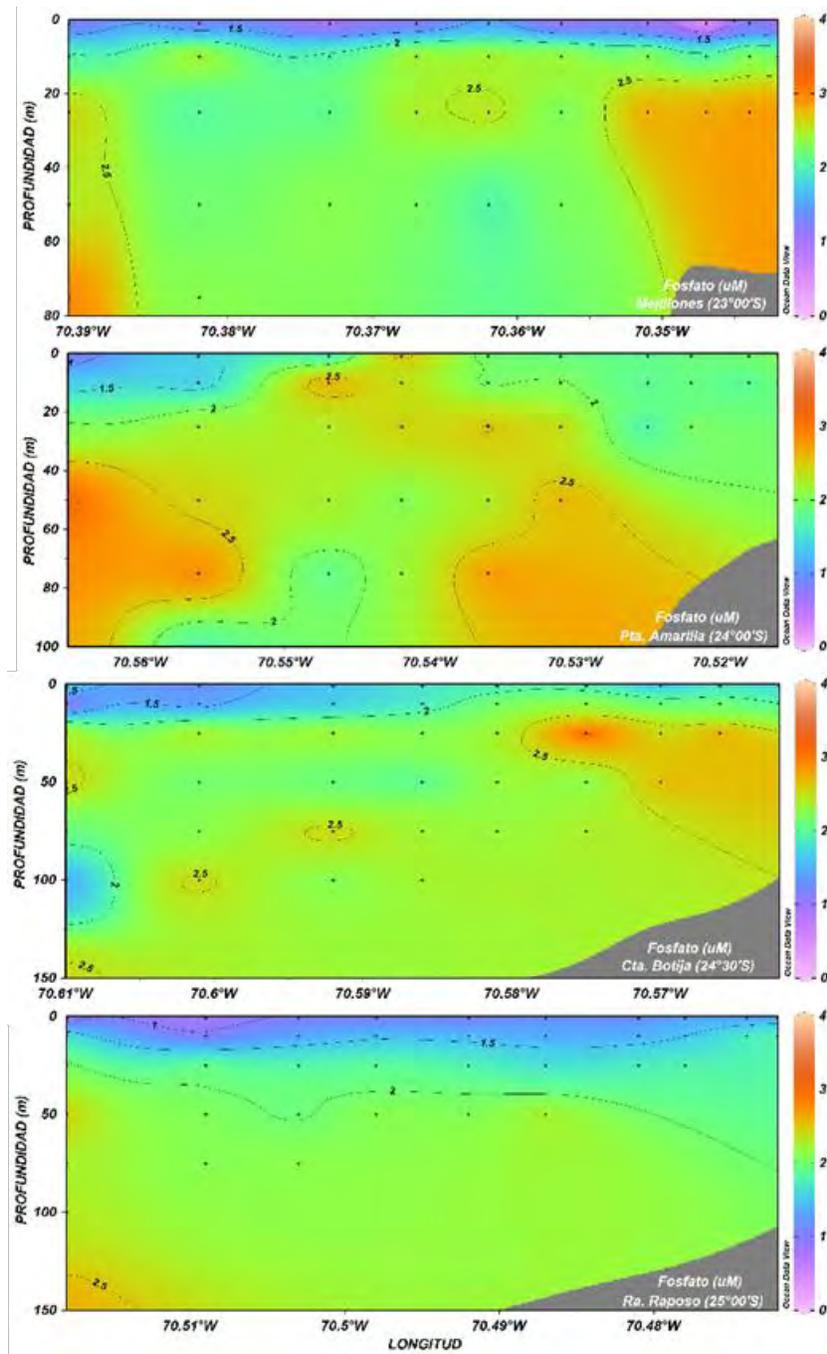


Figura 124. Distribución vertical de fosfato (μM) entre Mejillones ($23^{\circ}00'S$) y rada Paposo ($25^{\circ}00'S$) durante el pincipio de primavera 2018.

BIOMASA FITOPLANCTONICA (Cl-a)

La concentración de clorofila-a fluctuó entre 0,0 y 65,8 mg Cl-a/m³, detectándose los mayores valores (>20,0 mg Cl-a/m³) en el estrato superficial (0-10 m).

La distribución horizontal se caracterizó por exhibir el mismo patrón entre la superficie y los 10 m de profundidad, el cual se caracterizó por la presencia de dos focos de altos valores (>20 mg Cl-a/m³) que se localizaron en el sector entre Iquique (20°00'S) y Tocopilla (22°05'S) y en rada Paposo (25°00'S). Frente a rada Paposo (25°00'S) se detectó la máxima concentración (65,8 mg Cl-a/m³), localizada en superficie a 0,4 mn de la costa, que a 10 m alcanzó un valor de 63,5 mg Cl-a/m³, junto a un foco secundario de 42,7 mg Cl-a/m³ que se registró en punta Arenas (21°31'S), donde predominaron valores superiores a 30,0 mg Cl-a/m³ a lo largo de toda la transecta (Figura 125). A 25 m toda la zona exhibió biomasa inferiores a 5,0 mg Cl-a/m³, y a 50 m menores a 1,0 µg Cl-a/L (Figura 126).

Las secciones verticales mostraron la predominancia de concentraciones de clorofila- a inferiores a 5,0 mg Cl-a/m³ ocupando toda la columna de agua en gran parte de la zona. Entre Iquique (20°00'S) y punta Arenas (21°31'S) se observan los focos sub-superficiales cercanos a 30,0 mg Cl-a/m³, extendiéndose entre la costa y las 3 mn, y en rada Paposo (25°00'S) el máximo principal superficial que se proyectó costa afuera con valores superiores a 30,0 mg Cl-a/m³ en el estrato entre los 5 y 10 m de profundidad (Figuras 127, 128y 129).

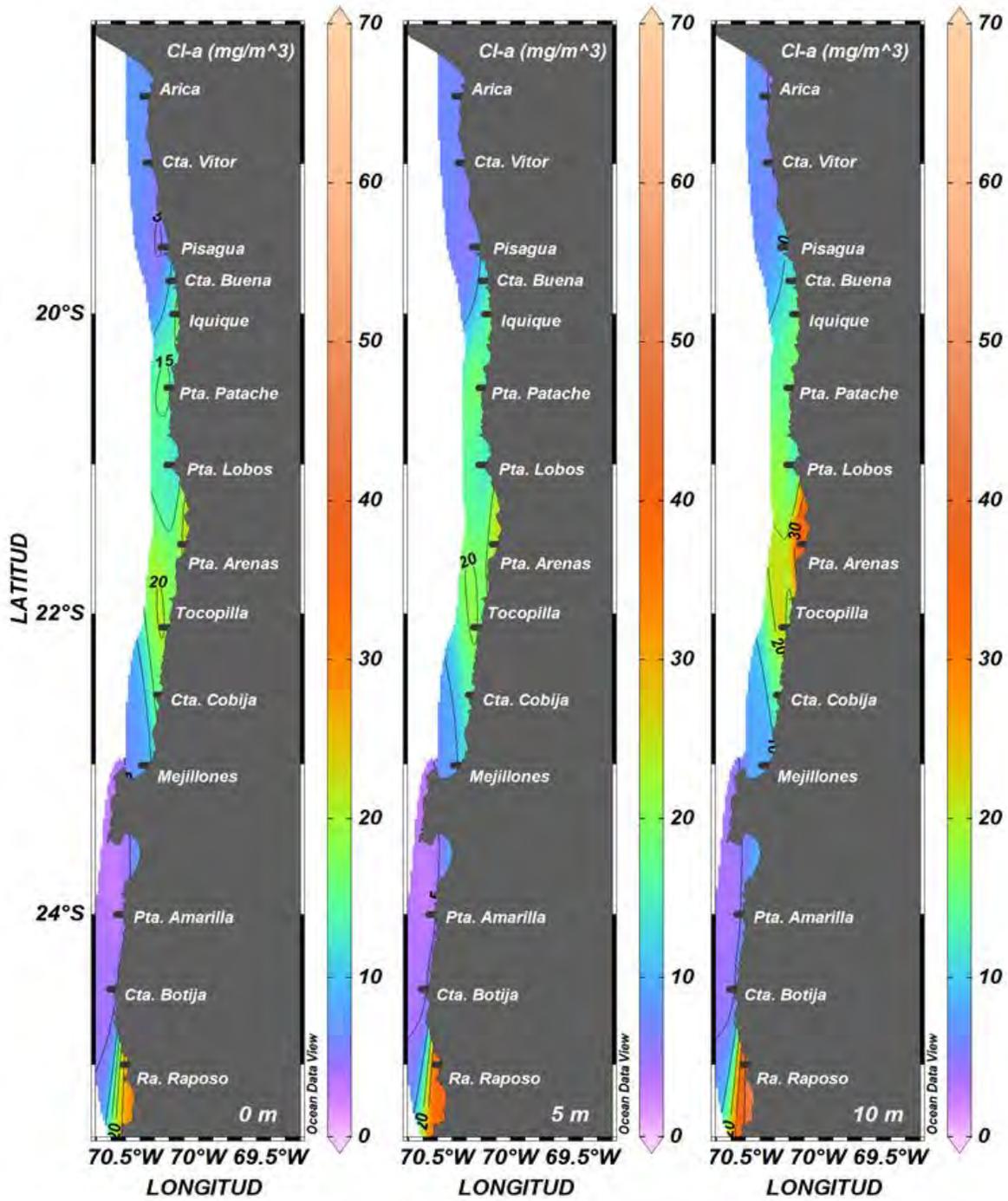


Figura 125. Distribución horizontal de la biomasa fitoplanctónica (mg Chl-a/m^3) entre la superficie y los 10 m de profundidad durante el principio de primavera 2018.

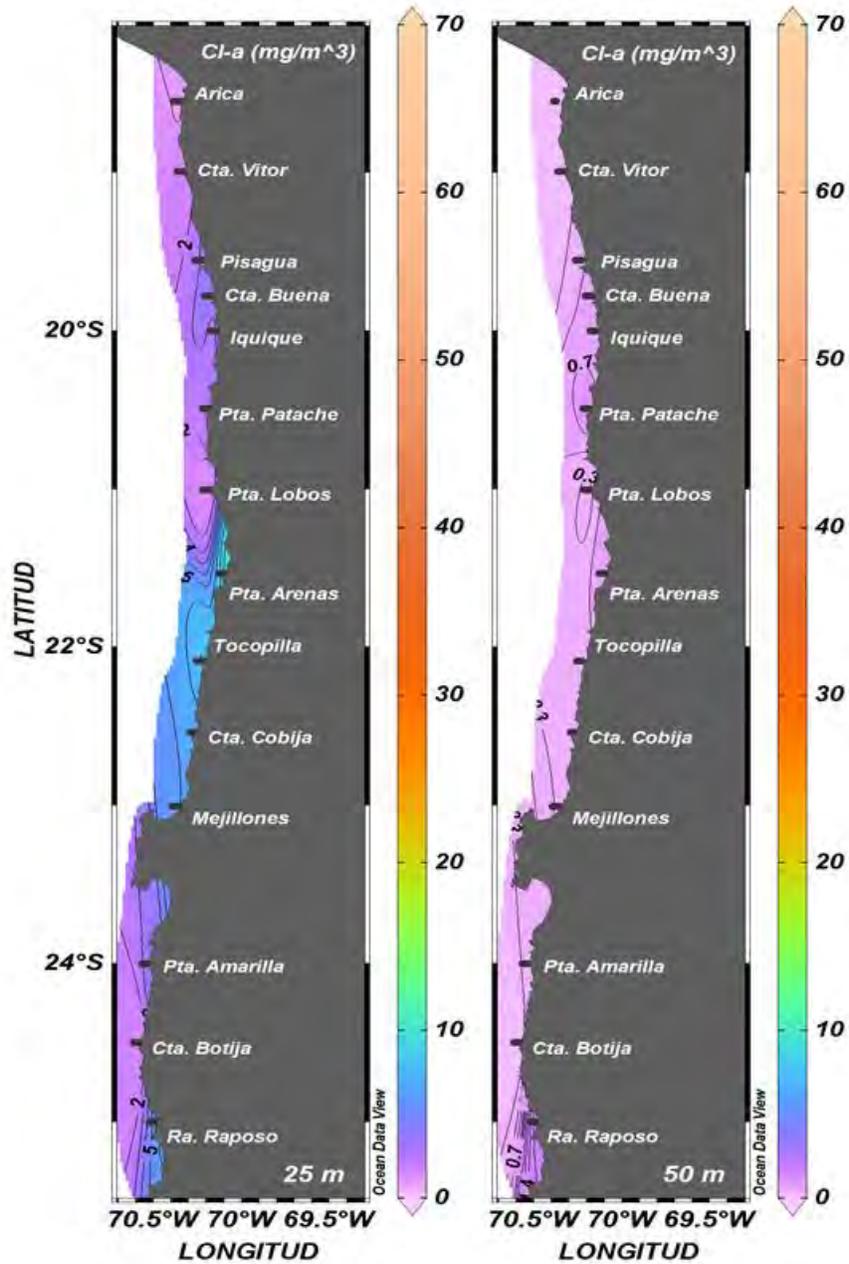


Figura 126. Distribución horizontal de la biomasa fitoplanctónica (mg Cl-a/m^3) entre los 25 y 50 m de profundidad durante el principio de primavera 2018.

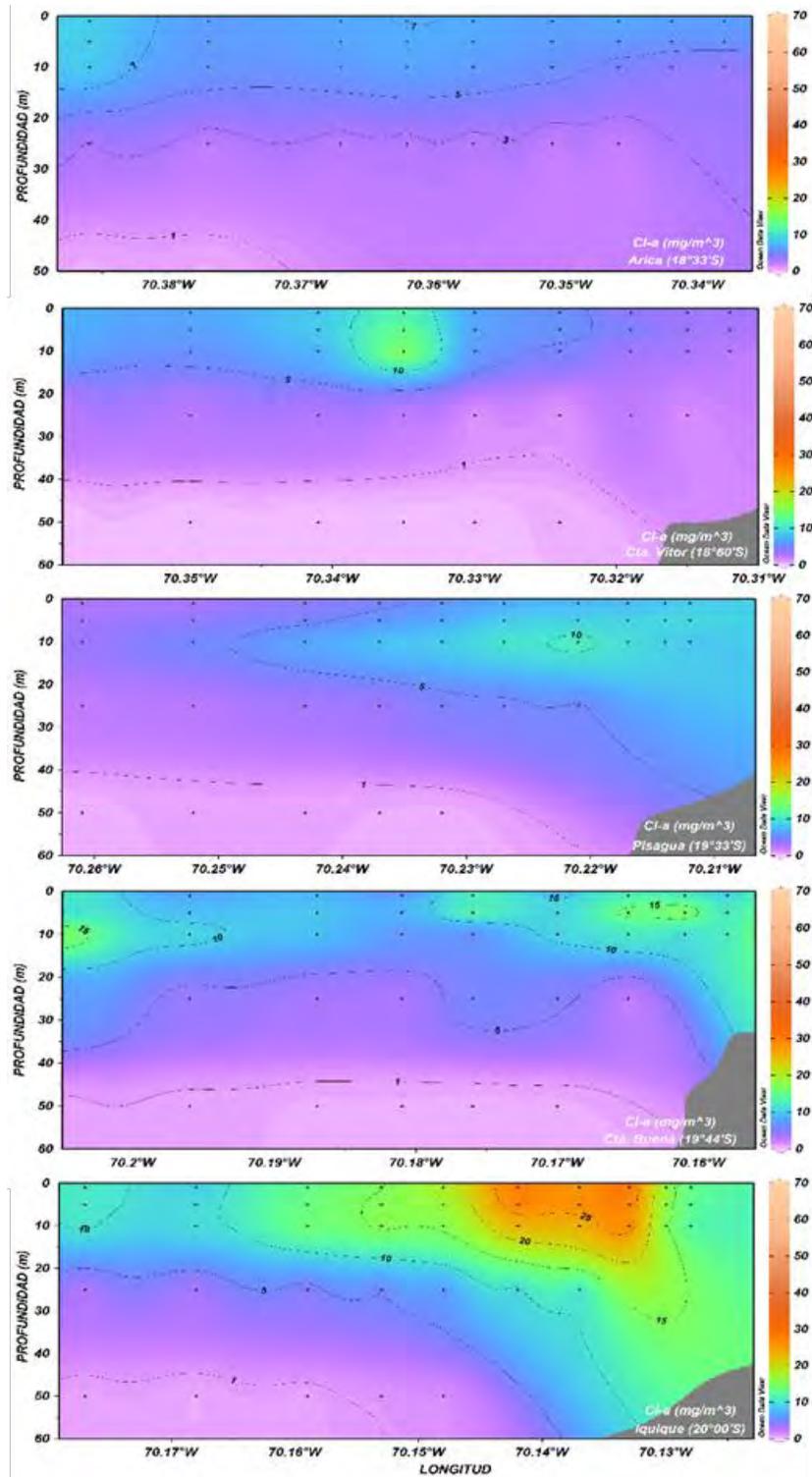


Figura 127. Distribución vertical de la biomasa fitoplanctónica (mg Cl-a/m^3) entre Arica ($18^{\circ}33'S$) e Iquique ($20^{\circ}00'S$) durante el principio de primavera 2018.

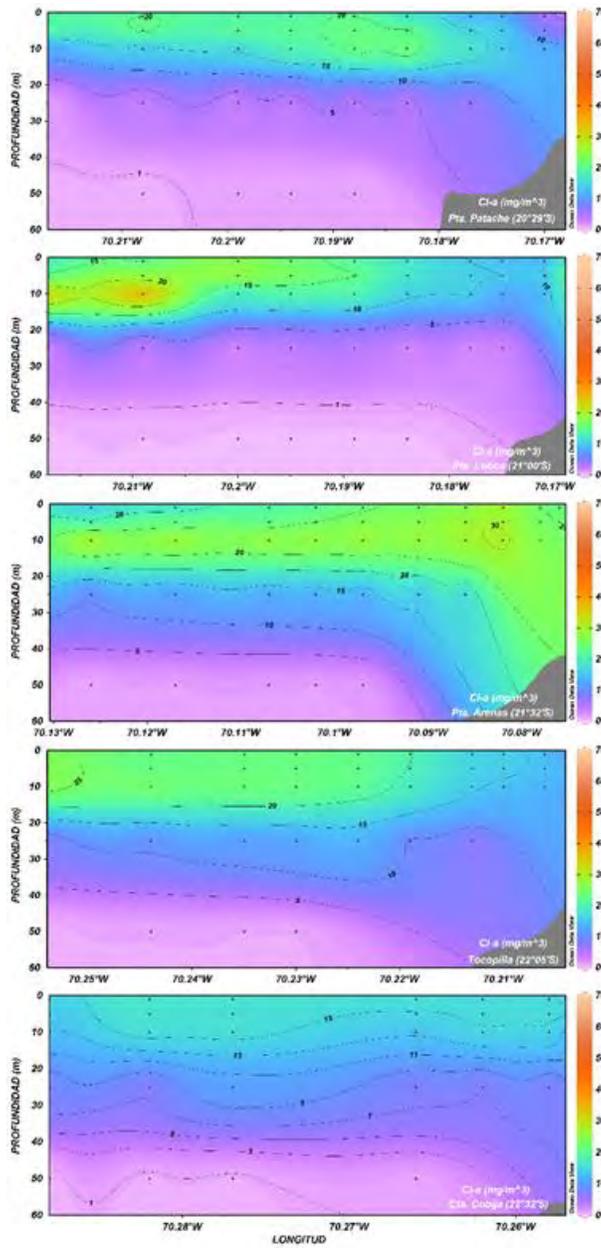


Figura 128. Distribución vertical de la biomasa fitoplanctónica (mg Chl-a/m^3) entre Punta Patache ($20^{\circ}29'S$) y Caleta Cobija ($22^{\circ}32'S$) durante el principio de primavera 2018.

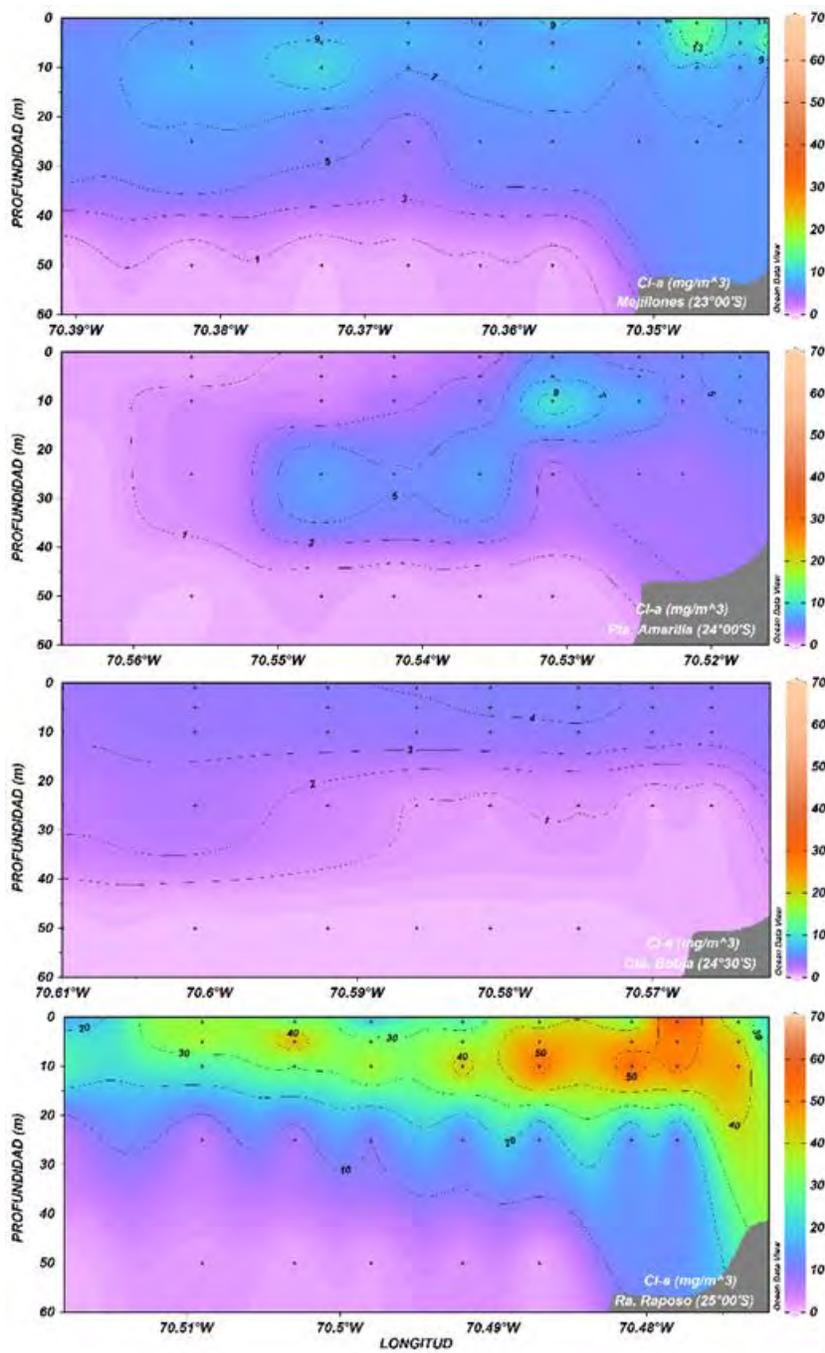


Figura 129. Distribución vertical de la biomasa fitoplanctónica (mg Cl-a/m^3) entre Mejillones ($23^{\circ}00'S$) y rada Paposo ($25^{\circ}00'S$) durante el principio de primavera 2018.

ANÁLISIS COMPARATIVO

La concentración de clorofila-a reveló diferencias estadísticamente significativas entre las campañas, las cuales fueron generadas por los mayores valores registrados durante el periodo de inicios de la primavera de 2018 (Figura 130).

Entre los nutrientes, el nitrato y el fosfato mostraron diferencias entre las épocas analizadas. En el caso del nitrato éstas se debieron a que durante inicios de la primavera de 2018 las concentraciones fueron mayores a las del verano de 2018 (Figura 131-panel izquierdo), a diferencia del fosfato que durante el verano de 2018 exhibió valores más altos que en inicios de la primavera de 2018 (Figura 131-panel derecho).

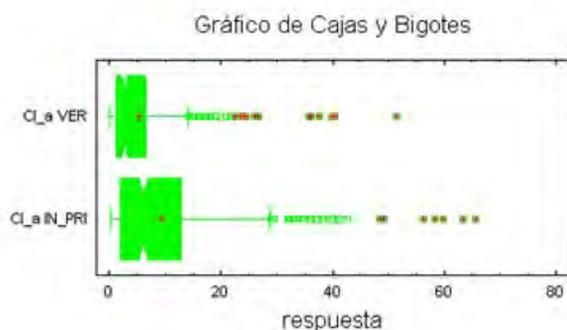


Figura 130. Gráfico de cajas y bigotes resultante del análisis comparativo de la biomasa fitoplanctónica (mg Cl-a/m³) registrada durante las campañas de verano (VER) e inicios de la primavera de 2018 (IN_PRI).

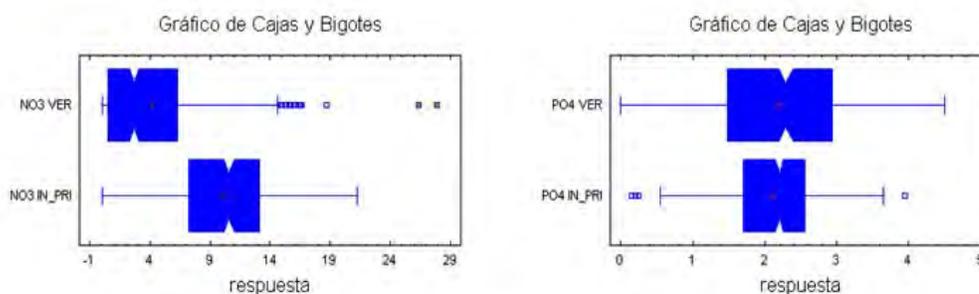


Figura 131. Gráficos de cajas y bigotes resultante del análisis comparativo de la concentración (μM) de nitrato (panel izquierdo) y fosfato (panel derecho) registrada durante las campañas de verano (VER) e inicios de la primavera de 2018 (IN_PRI).

Levantamiento Batimetrico

El área de estudio descargada y procesada de ETOPO 1, se muestra en la Figura 132.

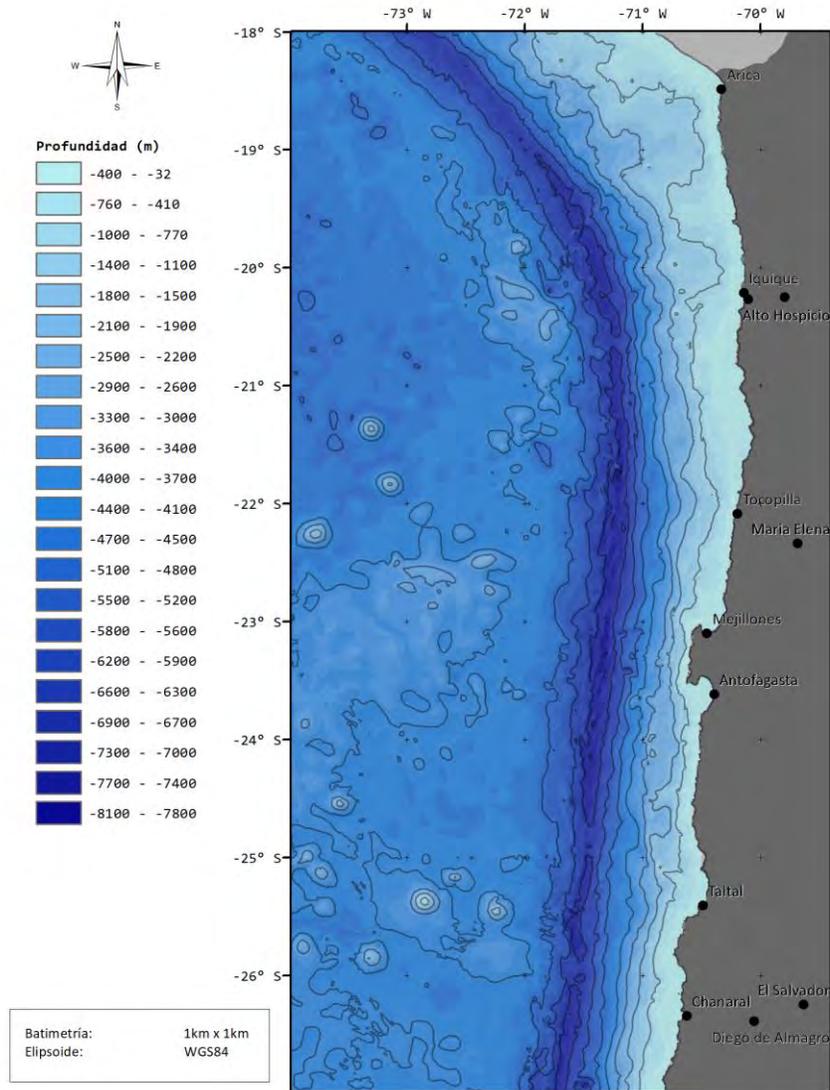


Figura 132: Batimetría del área de estudio según requerimientos

Caracterización de batimetría de los sitios seleccionados del borde costero

Procesamiento de la información batimétrica

Los criterios de búsqueda en Copernicus Open Acces Hub fueron:

footprint:"Intersects(POLYGON((-72.05192251725265 -22.755488353154064,-68.94648488860551 -22.755488353154064,-68.94648488860551 -18.24334438079987,-72.05192251725265 -18.24334438079987,-72.05192251725265 -22.755488353154064)))") AND (beginPosition:[2017-10-01T00:00:00.000Z TO 2018-03-20T23:59:59.999Z] AND endPosition:[2017-10-01T00:00:00.000Z TO 2018-03-20T23:59:59.999Z]) AND (platformname:Sentinel-2 AND cloudcoverpercentage:0 TO 8) OR (platformname:Sentinel-3)

El portal arrojó imágenes de múltiples capas (Tabla 15), las que una vez fueron descargadas, fueron almacenadas y ordenadas en un directorio para su posterior utilización (Figura 133).

Tabla 15. Listado de imágenes satelitales Sentinel-2 y Sentinel-3 descargadas.

Nombre de imagen	url	Detalles
S2B_MSIL1C_20180320T143749_N0206_R096_T19KDDQ_20180320T192038	https://scihub.copernicus.eu/dhus/o/data/v1/Products('fe063228-149c-41ef-850e-164c12f71ce9')	Mission: Sentinel-2 Instrument: MSI Sensing Date: 2018-03-20T14:37:49.027Z Size: 772.43 MB
S2B_MSIL1C_20180320T143749_N0206_R096_T19KDT_20180320T192038	https://scihub.copernicus.eu/dhus/o/data/v1/Products('6f319dd3-9bf8-4e4a-bb01-e6328dd297b7')	Mission: Sentinel-2 Instrument: MSI Sensing Date: 2018-03-20T14:37:49.027Z Size: 250.60 MB
S2B_MSIL1C_20180320T143749_N0206_R096_T19KET_20180320T192038	https://scihub.copernicus.eu/dhus/o/data/v1/Products('c0f49fe2-e292-424d-9bc9-784904e1422f')	Mission: Sentinel-2 Instrument: MSI Sensing Date: 2018-03-20T14:37:49.027Z Size: 727.59 MB
S2B_MSIL1C_20180320T143749_N0206_R096_T19KDU_20180320T192038	https://scihub.copernicus.eu/dhus/o/data/v1/Products('2e8ac4a9-fbff-4c11-a226-f4d3c762547d')	Mission: Sentinel-2 Instrument: MSI Sensing Date: 2018-03-20T14:37:49.027Z Size: 93.90 MB
S2B_MSIL1C_20180320T143749_N0206_R096_T19KDR_20180320T192038	https://scihub.copernicus.eu/dhus/o/data/v1/Products('224dcf2a-7bb0-4925-a588-98e2396bcdf3')	Mission: Sentinel-2 Instrument: MSI Sensing Date: 2018-03-20T14:37:49.027Z Size: 631.46 MB
S2B_MSIL1C_20180320T143749_N0206_R096_T19KER_20180320T192038	https://scihub.copernicus.eu/dhus/o/data/v1/Products('918f2e09-d97d-4551-b45d-9f0b29d458a2')	Mission: Sentinel-2 Instrument: MSI Sensing Date: 2018-03-20T14:37:49.027Z Size: 757.29 MB
S2B_MSIL1C_20180320T143749_N0206_R096_T19KDS_20180320T192038	https://scihub.copernicus.eu/dhus/o/data/v1/Products('48bf3d04-3f36-442b-b94d-17704c072016')	Mission: Sentinel-2 Instrument: MSI Sensing Date: 2018-03-20T14:37:49.027Z Size: 450.15 MB
S2B_MSIL1C_20180320T143749_N0206_R096_T19KES_20180320T192038	https://scihub.copernicus.eu/dhus/o/data/v1/Products('7aee7e90-6c7c-48ab-9e37-2ca898485ef4')	Mission: Sentinel-2 Instrument: MSI Sensing Date: 2018-03-20T14:37:49.027Z Size: 753.42 MB
S2B_MSIL1C_20180320T143749_N0206_R096_T19KEV_20180320T192038	https://scihub.copernicus.eu/dhus/o/data/v1/Products('b28d9233-05a5-4019-af07-8fbfefcca677')	Mission: Sentinel-2 Instrument: MSI Sensing Date: 2018-03-20T14:37:49.027Z Size: 609.65 MB
S2B_MSIL1C_20180320T143749_N0206_R096_T19KEU_20180320T192038	https://scihub.copernicus.eu/dhus/o/data/v1/Products('b208f1f5-9725-4ab4-a44f-2ac8b3c7c890')	Mission: Sentinel-2 Instrument: MSI Sensing Date: 2018-03-20T14:37:49.027Z Size: 687.56 MB

S2B_MSIL1C_20180320T143749_N0206_R096_T19KEQ_20180320T192038	https://scihub.copernicus.eu/dhus/o data/v1/Products('cb85c6e4-6f86-4ec1-8b97-a2451923f93f')/	Mission: Sentinel-2 Instrument: MSI Sensing Date: 2018-03-20T14:37:49.027Z Size: 765.30 MB
S3A_SR_2_LAN_20180320T024232_20180320T025231_20180320T035355_0599_029_117_SVL_O_N_R_003	https://scihub.copernicus.eu/dhus/o data/v1/Products('b37e7ccb-7e86-474c-99d0-793845da32d8')/	Mission: Sentinel-3 Instrument: SRAL Sensing Date: 2018-03-20T02:42:31.529752Z Size: 29.41 MB
S3A_SR_1_SRA_20180320T024231_20180320T025231_20180320T034802_0599_029_117_SVL_O_N_R_003	https://scihub.copernicus.eu/dhus/o data/v1/Products('bb6497fa-560c-494a-80c9-7e7fa3694dc2')/	Mission: Sentinel-3 Instrument: SRAL Sensing Date: 2018-03-20T02:42:31.329805Z Size: 10.45 MB
S3A_SR_1_SRA_A_20180320T022745_20180320T031814_20180321T155045_3029_029_117_LN3_O_ST_003	https://scihub.copernicus.eu/dhus/o data/v1/Products('47c85198-a7c9-4681-941a-980e9fe2e81b')/	Mission: Sentinel-3 Instrument: SRAL Sensing Date: 2018-03-20T02:27:44.618845Z Size: 2.27 GB
S3A_SR_1_SRA_BS_20180320T022745_20180320T031814_20180321T155045_3029_029_117_LN3_O_ST_003	https://scihub.copernicus.eu/dhus/o data/v1/Products('ba0cdd69-fdd7-4b67-81e5-a22dabbc96f9')/	Mission: Sentinel-3 Instrument: SRAL Sensing Date: 2018-03-20T02:27:44.618845Z Size: 1.72 GB
S3A_SR_1_SRA_20180320T022745_20180320T031814_20180321T155045_3029_029_117_LN3_O_ST_003	https://scihub.copernicus.eu/dhus/o data/v1/Products('f726a385-789f-486b-af73-7f31265fb67a')/	Mission: Sentinel-3 Instrument: SRAL Sensing Date: 2018-03-20T02:27:44.618845Z Size: 52.10 MB
S3A_SR_2_LAN_20180320T022745_20180320T031552_20180321T175846_2887_029_117_LN3_O_ST_003	https://scihub.copernicus.eu/dhus/o data/v1/Products('b35b4857-bc3f-4b0a-bc10-5969c7f16b78')/	Mission: Sentinel-3 Instrument: SRAL Sensing Date: 2018-03-20T02:27:44.618845Z Size: 112.59 MB
S3A_SR_1_SRA_BS_20180320T022745_20180320T031814_20180414T213250_3029_029_117_LN3_O_NT_003	https://scihub.copernicus.eu/dhus/o data/v1/Products('2d617083-75e2-4f1c-8efb-1401234663b2')/	Mission: Sentinel-3 Instrument: SRAL Sensing Date: 2018-03-20T02:27:44.618845Z Size: 1.72 GB
S3A_SR_1_SRA_20180320T022745_20180320T031814_20180414T213250_3029_029_117_LN3_O_NT_003	https://scihub.copernicus.eu/dhus/o data/v1/Products('18c9739f-4566-4082-9345-5dc497bda5fd')/	Mission: Sentinel-3 Instrument: SRAL Sensing Date: 2018-03-20T02:27:44.618845Z Size: 52.13 MB
S3A_SR_1_SRA_A_20180320T022745_20180320T031814_20180414T213250_3029_029_117_LN3_O_NT_003	https://scihub.copernicus.eu/dhus/o data/v1/Products('eafd9920-f815-4566-bffe-aa51496a6eef')/	Mission: Sentinel-3 Instrument: SRAL Sensing Date: 2018-03-20T02:27:44.618845Z Size: 2.27 GB
S3A_SR_2_LAN_20180320T022745_20180320T031552_20180414T234008_2887_029_117_LN3_O_NT_003	https://scihub.copernicus.eu/dhus/o data/v1/Products('0c755cdb-edcf-4bd1-b4ca-fd7035a67a47')/	Mission: Sentinel-3 Instrument: SRAL Sensing Date: 2018-03-20T02:27:44.618845Z Size: 112.59 MB
S3A_SR_2_LAN_20180319T141749_20180319T142748_20180319T161033_0599_029_110_SVL_O_N_R_003	https://scihub.copernicus.eu/dhus/o data/v1/Products('cc4959a9-36c4-4750-969f-a2101e2f721c')/	Mission: Sentinel-3 Instrument: SRAL Sensing Date: 2018-03-19T14:17:48.520576Z Size: 29.45 MB
S3A_SR_1_SRA_20180319T141748_20180319T142748_20180319T160421_0599_029_110_SVL_O_N_R_003	https://scihub.copernicus.eu/dhus/o data/v1/Products('3c068bc6-6d69-4cc8-992e-3e2cd74058c1')/	Mission: Sentinel-3 Instrument: SRAL Sensing Date: 2018-03-19T14:17:48.373118Z Size: 10.37 MB
S3A_SR_2_LAN_20180319T135026_20180319T144049_20180320T160956_3023_029_110_LN3_O_ST_003	https://scihub.copernicus.eu/dhus/o data/v1/Products('557111bb-7331-4ef1-94a5-6e99428eb487')/	Mission: Sentinel-3 Instrument: SRAL Sensing Date: 2018-03-19T13:50:25.534529Z Size: 85.30 MB
S3A_SR_2_LAN_20180319T135026_20180319T144049_20180413T220417_3023_029_110_LN3_O_NT_003	https://scihub.copernicus.eu/dhus/o data/v1/Products('ca20e5e9-6460-4213-b993-e705c476074b')/	Mission: Sentinel-3 Instrument: SRAL Sensing Date: 2018-03-19T13:50
S3A_SR_1_SRA_20180319T135020_20180319T144050_20180320T154733_3029_029_110_LN3_O_ST	https://scihub.copernicus.eu/dhus/o data/v1/Products('136bb62a-e472-4c19-a8cf-6026e86ba695')/	Mission: Sentinel-3 Instrument: SRAL Sensing Date: 2018-03-19T13:50:19.903989Z Size: 50.94 MB

_003		
S3A_SR_1_SRA_BS_20180319T135020_20180319T144050_20180320T154733_3029_029_110_____LN3_O_ST_003	https://scihub.copernicus.eu/dhus/o/data/v1/Products('496aba49-642a-4ad2-86f4-353cb54c2c8c')/	Mission: Sentinel-3 Instrument: SRAL Sensing Date: 2018-03-19T13:50:19.903989Z Size: 1.69 GB
S3A_SR_1_SRA_A_20180319T135020_20180319T144050_20180320T154733_3029_029_110_____LN3_O_ST_003	https://scihub.copernicus.eu/dhus/o/data/v1/Products('9f45e692-fa00-46e7-80d3-aa655b09f40c')/	Mission: Sentinel-3 Instrument: SRAL Sensing Date: 2018-03-19T13:50:19.903989Z Size: 2.25 GB
S3A_SR_1_SRA_BS_20180319T135020_20180319T144050_20180413T213648_3029_029_110_____LN3_O_NT_003	https://scihub.copernicus.eu/dhus/o/data/v1/Products('7bfcc096-3b85-431f-82ad-1da519f69d9a')/	Mission: Sentinel-3 Instrument: SRAL Sensing Date: 2018-03-19T13:50:19.903976Z Size: 1.69 GB
S3A_SR_1_SRA_A_20180319T135020_20180319T144050_20180413T213648_3029_029_110_____LN3_O_NT_003	https://scihub.copernicus.eu/dhus/o/data/v1/Products('784cd4b6-f031-47d2-8123-0d900a9e5fa6')/	Mission: Sentinel-3 Instrument: SRAL Sensing Date: 2018-03-19T13:50:19.903976Z Size: 2.25 GB
S3A_SR_1_SRA_20180319T135020_20180319T144050_20180413T213648_3029_029_110_____LN3_O_NT_003	https://scihub.copernicus.eu/dhus/o/data/v1/Products('00acd85e-74e9-4f73-b710-c340bc7daf58')/	Mission: Sentinel-3 Instrument: SRAL Sensing Date: 2018-03-19T13:50:19.903976Z Size: 50.97 MB
S2A_MSIL1C_20180318T144731_N0206_R139_T18KZE_20180318T181347	https://scihub.copernicus.eu/dhus/o/data/v1/Products('3e808c10-01f3-4bfa-aea0-7a6d5db366bf')/	Mission: Sentinel-2 Instrument: MSI Sensing Date: 2018-03-18T14:47:31.026Z Size: 157.52 MB
S2A_MSIL1C_20180318T144731_N0206_R139_T18KZC_20180318T181347	https://scihub.copernicus.eu/dhus/o/data/v1/Products('eb3b2572-b277-49db-8dd6-fb7fff0e0855')/	Mission: Sentinel-2 Instrument: MSI Sensing Date: 2018-03-18T14:47:31.026Z Size: 503.80 MB
S2A_MSIL1C_20180318T144731_N0206_R139_T18KZV_20180318T181347	https://scihub.copernicus.eu/dhus/o/data/v1/Products('3e103717-2e1b-4a98-b6b1-b7af854f22e5')/	Mission: Sentinel-2 Instrument: MSI Sensing Date: 2018-03-18T14:47:31.026Z Size: 726.18 MB
S2A_MSIL1C_20180318T144731_N0206_R139_T18KZA_20180318T181347	https://scihub.copernicus.eu/dhus/o/data/v1/Products('5613c429-8810-4cb0-98df-e092faa6f5c6')/	Mission: Sentinel-2 Instrument: MSI Sensing Date: 2018-03-18T14:47:31.026Z Size: 753.29 MB
S2A_MSIL1C_20180318T144731_N0206_R139_T19KDQ_20180318T181347	https://scihub.copernicus.eu/dhus/o/data/v1/Products('0796049a-ad85-4eb4-999f-2f96e7951a32')/	Mission: Sentinel-2 Instrument: MSI Sensing Date: 2018-03-18T14:47:31.026Z Size: 336.22 MB
S2A_MSIL1C_20180318T144731_N0206_R139_T19KBV_20180318T181347	https://scihub.copernicus.eu/dhus/o/data/v1/Products('2c1bf4c1-3a25-4e34-ae07-84e3749055e4')/	Mission: Sentinel-2 Instrument: MSI Sensing Date: 2018-03-18T14:47:31.026Z Size: 333.78 MB
S2A_MSIL1C_20180318T144731_N0206_R139_T19KDR_20180318T181347	https://scihub.copernicus.eu/dhus/o/data/v1/Products('4c2fb3d1-87cc-4c8d-b383-e954e4af824d')/	Mission: Sentinel-2 Instrument: MSI Sensing Date: 2018-03-18T14:47:31.026Z Size: 459.74 MB
S2A_MSIL1C_20180318T144731_N0206_R139_T19KDT_20180318T181347	https://scihub.copernicus.eu/dhus/o/data/v1/Products('43802dff-a8ed-4bc4-a159-1ddf6b78f831')/	Mission: Sentinel-2 Instrument: MSI Sensing Date: 2018-03-18T14:47:31.026Z Size: 743.13 MB
S2A_MSIL1C_20180318T144731_N0206_R139_T19KCV_20180318T181347	https://scihub.copernicus.eu/dhus/o/data/v1/Products('0dfde27a-5158-46f2-811f-c0807979d907')/	Mission: Sentinel-2 Instrument: MSI Sensing Date: 2018-03-18T14:47:31.026Z Size: 655.01 MB
S2A_MSIL1C_20180318T144731_N0206_R139_T19KEV_20180318T181347	https://scihub.copernicus.eu/dhus/o/data/v1/Products('4c398b44-c24d-4f6a-a5d4-e442c30595e4')/	Mission: Sentinel-2 Instrument: MSI Sensing Date: 2018-03-18T14:47:31.026Z Size: 425.98 MB
S2A_MSIL1C_20180318T144731_N0206_R139_T19KBU_20180318T181347	https://scihub.copernicus.eu/dhus/o/data/v1/Products('4bc5c1bb-e710-4186-a37f-d6b58c211882')/	Mission: Sentinel-2 Instrument: MSI Sensing Date: 2018-03-18T14:47:31.026Z Size: 497.56 MB
S2A_MSIL1C_20180318T144731_N0206_R139_T19KCU_20180318T181347	https://scihub.copernicus.eu/dhus/o/data/v1/Products('e646d9b9-0ae9-4cc6-93c6-4ca8459d3200')/	Mission: Sentinel-2 Instrument: MSI Sensing Date: 2018-03-18T14:47:31.026Z Size: 671.31 MB
S2A_MSIL1C_20180318T144731_N0206_R139_T19KEU_20180318T181347	https://scihub.copernicus.eu/dhus/o/data/v1/Products('8431ab4d-fa9b-4f5e-acb6-609cf8b19fd0')/	Mission: Sentinel-2 Instrument: MSI Sensing Date: 2018-03-18T14:47:31.026Z Size: 270.18 MB
S2A_MSIL1C_20180318T144731_N0	https://scihub.copernicus.eu/dhus/o	Mission: Sentinel-2 Instrument: MSI

206_R139_T19KCR_20180318T181347	data/v1/Products('0a5e5d75-0fbd-4305-8bbc-3319ccf4e18b')/	Sensing Date: 2018-03-18T14:47:31.026Z Size: 744.53 MB
S2A_MSIL1C_20180318T144731_N0206_R139_T19KBT_20180318T181347	https://scihub.copernicus.eu/dhus/o data/v1/Products('57deb5fa-004f-416d-aa9d-8a13bd2cb70f')/	Mission: Sentinel-2 Instrument: MSI Sensing Date: 2018-03-18T14:47:31.026Z Size: 672.01 MB
S2A_MSIL1C_20180318T144731_N0206_R139_T19KCQ_20180318T181347	https://scihub.copernicus.eu/dhus/o data/v1/Products('b625cd74-f755-4b1a-897f-a544e4cdc0cd')/	Mission: Sentinel-2 Instrument: MSI Sensing Date: 2018-03-18T14:47:31.026Z Size: 755.34 MB
S2A_MSIL1C_20180318T144731_N0206_R139_T19KDU_20180318T181347	https://scihub.copernicus.eu/dhus/o data/v1/Products('8d70ed27-0c9d-4b85-93fd-fb3b2825ecec')/	Mission: Sentinel-2 Instrument: MSI Sensing Date: 2018-03-18T14:47:31.026Z Size: 740.07 MB
S2A_MSIL1C_20180318T144731_N0206_R139_T19KBR_20180318T181347	https://scihub.copernicus.eu/dhus/o data/v1/Products('919a5794-dba9-4d9d-ae6a-22ef2c9c5dac')/	Mission: Sentinel-2 Instrument: MSI Sensing Date: 2018-03-18T14:47:31.026Z Size: 756.78 MB
S2A_MSIL1C_20180318T144731_N0206_R139_T19KDS_20180318T181347	https://scihub.copernicus.eu/dhus/o data/v1/Products('c98da49c-76b7-41b7-b135-53557a929172')/	Mission: Sentinel-2 Instrument: MSI Sensing Date: 2018-03-18T14:47:3

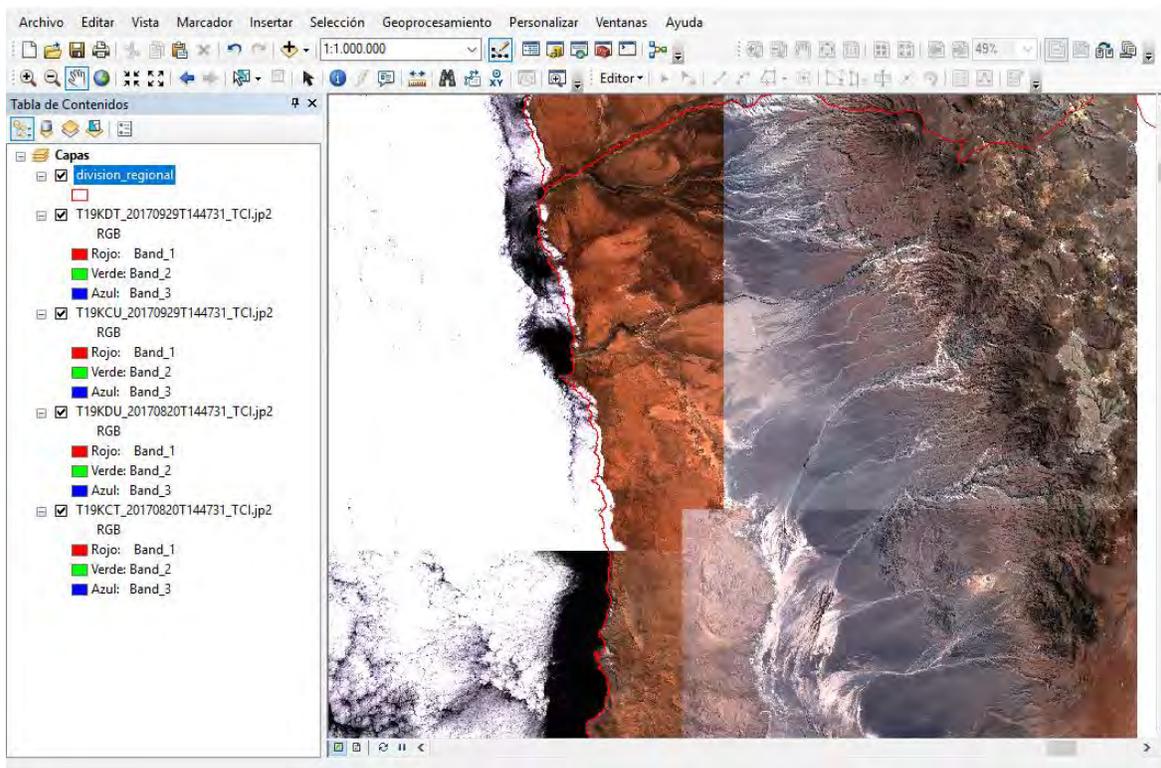


Figura 133. Ejemplo de uso de Imágenes satelitales Sentinel-2 proyectadas en software ArcMap.

Objetivo específico 4: Identificar mediante imágenes satelitales y observaciones directas de condiciones hidrográficas, los sitios potenciales para el desarrollo de la acuicultura costera de la XV, I y II Región

Generación de mapa base y Selección de capas de información necesarias para la definición de sitios potenciales.

Se seleccionaron 21 capas de información, previa verificación de su origen, metadatos y georreferenciación espacial (datum WGS84 y sistema de proyección UTM, zona sur 19). En la Tabla 16 se muestra el detalle de la información.

Tabla 16: Capas de coberturas identificadas y seleccionadas para el estudio

ID	Nombre	Fuente	Formato	Fecha Publicación	Enlace Web
1	Áreas de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos	Subsecretaría de Pesca y Acuicultura	SHP	22-02-16	http://www.ide.cl/descarga/capas/category/oceanos-y-costa.html
2	Áreas Marinas Costeras Protegidas	Ministerio del Medio Ambiente	SHP	22-02-16	http://www.ide.cl/descarga/capas/category/oceanos-y-costa.html
3	Caletas Pesqueras Decretadas	Servicio nacional de Pesca y Acuicultura	SHP	13-12-17	http://www.ide.cl/descarga/capas/category/oceanos-y-costa.html
4	Cartografía Digital A.A.A. (XV, I y II Regiones)	Subsecretaría de Pesca y Acuicultura	DWG	07-03-18	http://www.subpesca.cl/portal/619/w3-article-80640.html
5	Centros Poblados - Censo 2017	INE	SHP	22-01-18	http://www.censo2017.cl/mapa-resultados-comunas/
6	División Política Administrativa (polígonos)	INE	SHP	16-01-17	http://www.ide.cl/descarga/capas/category/limites-y-fronteras.html
7	Reservas Marinas	Ministerio del Medio Ambiente	SHP	22-06-16	http://www.ide.cl/descarga/capas/category/medio-ambiente/3.html
8	Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE)	Ministerio de Bienes Nacionales	SHP	02-03-17	http://www.ide.cl/descarga/capas/category/medio-ambiente/3.html
9	Santuario de la Naturaleza	Consejo de Monumentos Nacionales	SHP	04-10-16	http://www.ide.cl/descarga/capas/category/medio-ambiente/3.html
10	Reservas Nacionales	Ministerio del Medio Ambiente	SHP	22-01-16	http://www.ide.cl/descarga/capas/category/medio-ambiente/3.html
11	Sitios definidos por Estrategia Regional de Biodiversidad	Ministerio del Medio Ambiente	SHP	22-02-16	http://www.ide.cl/descarga/capas/category/medio-ambiente/3.html
12	Sitios Prioritarios de Conservación de la Biodiversidad	Ministerio del Medio Ambiente	SHP	22-02-16	http://www.ide.cl/descarga/capas/category/medio-ambiente/3.html
13	Red Vial Nacional	Ministerio de Obras Públicas	SHP	21-04-16	http://www.ide.cl/descarga/capas/category/transporte.html
14	Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas	Superintendencia de Servicios Sanitarios	SHP	17-06-16	http://www.ide.cl/descarga/capas/category/sociedad/2.html
15	Zonas de Exclusión Militar	Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada	SHP	Varios	http://www.shoa.cl/php/index.php
16	Energía (cobertura eléctrica)	Ministerio de Energía	SHP	20-12-2017	http://sig.minenergia.cl/sig-minen/moduloCartografico/composer/
17	Concesiones de Acuicultura	Subsecretaría de Pesca y Acuicultura	SHP	16-08-2018	http://www.ide.cl/descarga/capas/subpesca/concesiones_acuicultura.zip

18	Áreas de Fondeo Embarcaciones	GEF-PNUD Humboldt	SHP	07-2015	http://humboldt.iwlearn.org/es/hclme-home-es
19	Zonas de Actividad Industrial	GAP Chile	SHP	25-03-2010	http://www.biouls.cl/public_php/pdf/Informe%20Final%20GAP-Chile%202010-03-25.pdf
20	Atractivos Turísticos Nacionales	Servicio Nacional de Turismo	SHP	11-06-2018	http://www.geoportal.cl/ArcGIS/rest/services/MinisteriodeEconomia/chile_mineconomia_sernatur_atractivos_turisticos_nacionales/MapServer
21	Terminales Marítimos	Ministerio de Energía	SHP	20-12-2017	http://sig.minenergia.cl/sig-minen/moduloCartografico/composer/

Análisis y representación geográfica de Afecciones y/o Restricciones

Como se mencionó en la metodología, sólo 7 capas fueron seleccionadas para el análisis de restricciones (Tabla 17). Con esta información se ejecutó el modelo de sustracción, el cual dio como resultado el mapa de las áreas libres de restricciones (Figura 134).

Tabla 17. Capas de coberturas de Afecciones y/o Restricciones seleccionadas para análisis.

ID	Nombre	Fuente	Tipo	Formato
1	Áreas de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos	Subsecretaría de Pesca y Acuicultura	Polígonos	SHP
5	Reservas Marinas	Ministerio del Medio Ambiente	Polígonos	SHP
9	Sitios definidos por Estrategia Regional de Biodiversidad	Ministerio del Medio Ambiente	Polígonos	SHP
11	Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas	Superintendencia de Servicios Sanitarios	Puntos	SHP
12	Zonas de Exclusión Militar	Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada	Polígonos	SHP
14	Áreas de Fondeo Embarcaciones	GEF-PNUD Humboldt	Puntos	SHP
15	Zonas de Actividad Industrial (Empresas Costeras)	GAP Chile	Puntos	SHP

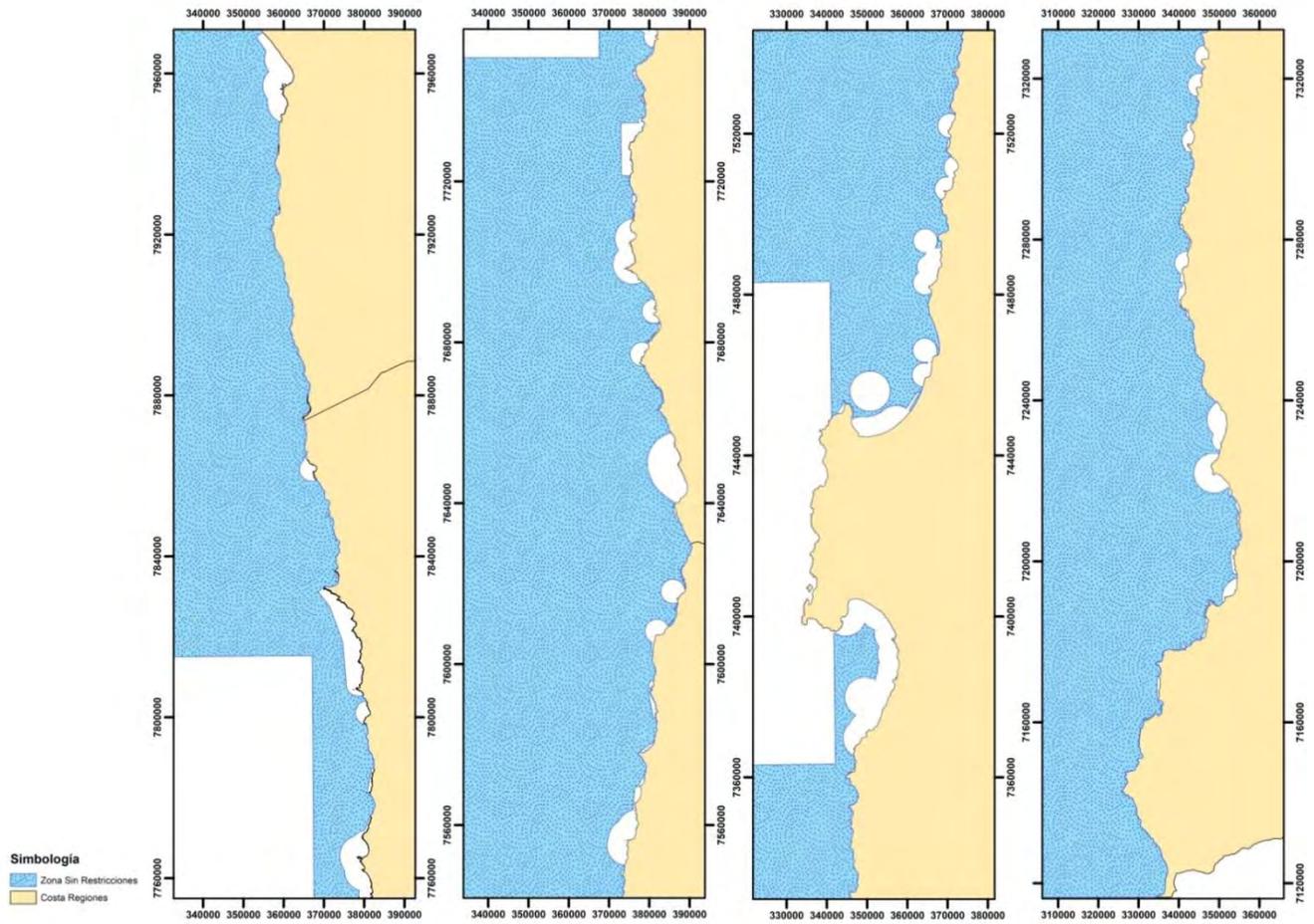


Figura 134. Mapa de áreas libres de restricciones en la zona de estudio. A: entre Arica e Iquique, B: entre caleta Los Verdes y Tocopilla, C: entre punta Atala y caleta Amarilla, D: entre caleta Agua Salada y Cifuncho.

Análisis de Disponibilidad de Recursos

Los criterios de clasificación de variables logísticas y de recursos seleccionados en base al análisis AHP y proceso Weighted Overlay, se muestran en la Tabla 18.

Tabla 18. Criterios de Calificación de variables Logísticas y de Recursos

Variables	Malo	Aceptable	Bueno
Cercanía a Puertos (km)	> 10	5 - 10	1 - 5
Distancia a Zonas Turísticas (km)	< 1	1 - 1,5	> 1,5
Distancia a Centros Poblados (Mano de Obra) (km)	> 20	15 - 20	10 - 15
Proximidad a Fuentes de Insumos (Ciudades Principales) (km)	> 20	10 - 20	5 - 10
Proximidad a Cobertura Eléctrica (km)	> 20	10 - 20	5 - 10
Proximidad a Red Vial (Accesibilidad) (km)	> 20	10 - 20	5 - 10

Cercanía a Puertos: en el análisis previo de las variables para establecer su importancia y peso relativo dio como resultado que la cercanía a Puertos fue la de mayor importancia (25,88%), lo anterior es imperativo para realizar faenas en el mar, un embarque y desembarque seguro de personal, materias primas e insumos requiere de buenos accesos marítimos y zonas seguras para el fondeo de las embarcaciones de trabajo, en este sentido, se consideró que una zona de influencia a una distancia entre 1 a 5 km es buena para la operación de un centro de cultivo, una zona de influencia a una distancia de 5 a 10 km es aceptable y una zona a una distancia mayor a 10 km no es una zona que cumpla con las condiciones de operatividad suficientes, por lo cual se considera mala, todo lo anterior en el contexto de las características oceanográficas y disponibilidad de zonas de recursos en el área de estudio.

Distancia a Zonas Turísticas: se consideró que una distancia de menos de 1 km a zonas de atractivos turísticos no cumple con las condiciones suficientes para la instalación de centros de cultivo, ya que puede generar interferencias operativas con embarcaciones turísticas y con los mismos turistas que practiquen deportes náuticos en la zona, por lo que se consideran como zonas malas, las zonas aceptables van de 1 a 1,5 km de distancia y las buenas serían las que se localizan a más de 1,5 km. Esta variable obtuvo el menor nivel de importancia, con un peso relativo de 2,76%.

Dsitancia a Centros Poblados: la importancia de esta variable radica en la disponibilidad de mano de obra cercana a las zonas de operación de los centros de cultivo, pero que no implique una interacción negativa con la zona de influencia del centro poblado como puede ser la navegación en el caso de una caleta de pescadores y de ciudades principales o las descargas de emisarios en este último caso. Esta variable alcanzó un peso relativo de 25,45% siendo la segunda en importancia, por lo que se estableció como buena, una zona de influencia a una distancia de 10 a 15 km, aceptable a una distancia de 15 a 20 km y mala a una distancia mayor a 20 km.

Proximidad a Fuentes de Insumos: esta variable está en directa relación con las ciudades principales, dado que son lugares esenciales para el abastecimiento de materias primas, insumos y acceso a servicios específicos y básicos para la operación de los centros de cultivo, esta variable alcanzó un peso relativo de 23,72%, siendo la tercera en importancia, por lo que se definió como buena una zona de influencia a una distancia de 5 a 10 km, como aceptable a una distancia de 10 a 20 km y como mala a una distancia de más de 20 km.

Proximidad a Cobertura Eléctrica: esta variable es importante desde el punto de vista logístico para la operación de un centro de cultivo, el cual debe contar con instalaciones en tierra que permitan un adecuado apoyo operacional a las actividades en mar, si bien las mejoras tecnológicas permiten establecer centros de apoyo con energías alternativas, contar con acceso a la red eléctrica sigue siendo importante aunque no excluyente, esta variable alcanzó un peso relativo de 5,59%. En este caso se estableció como buena una zona de influencia a una distancia de 5 a 10 km, como aceptable a una distancia de 15 a 20 km y como mala a una distancia mayor a 20 km.

Proximidad a Red Vial: esta variable está directamente relacionada con la accesibilidad existente hacia el borde costero desde la red vial principal y redes secundarias, un acceso expedito permite llegar con las materias primas, insumos y personal en forma eficiente a los lugares de embarque y desembarque cercanos a los centros de cultivo en mar e instalaciones de apoyo en tierra. Esta variable alcanzó un peso relativo de 16,49%, siendo la cuarta en importancia, por lo que se determinó como buena una zona de influencia a una distancia de 5 a 10 km, como aceptable una zona de influencia a una distancia de 10 a 20 km y como mala una zona de influencia mayor a 20 km.

Con estos criterios se elaboró el mapa de influencia de las zonas con disponibilidad de recursos, y fueron utilizados, además, para establecer los rangos de entrada en el modelo de superposición ponderada de capas (Figura 135).

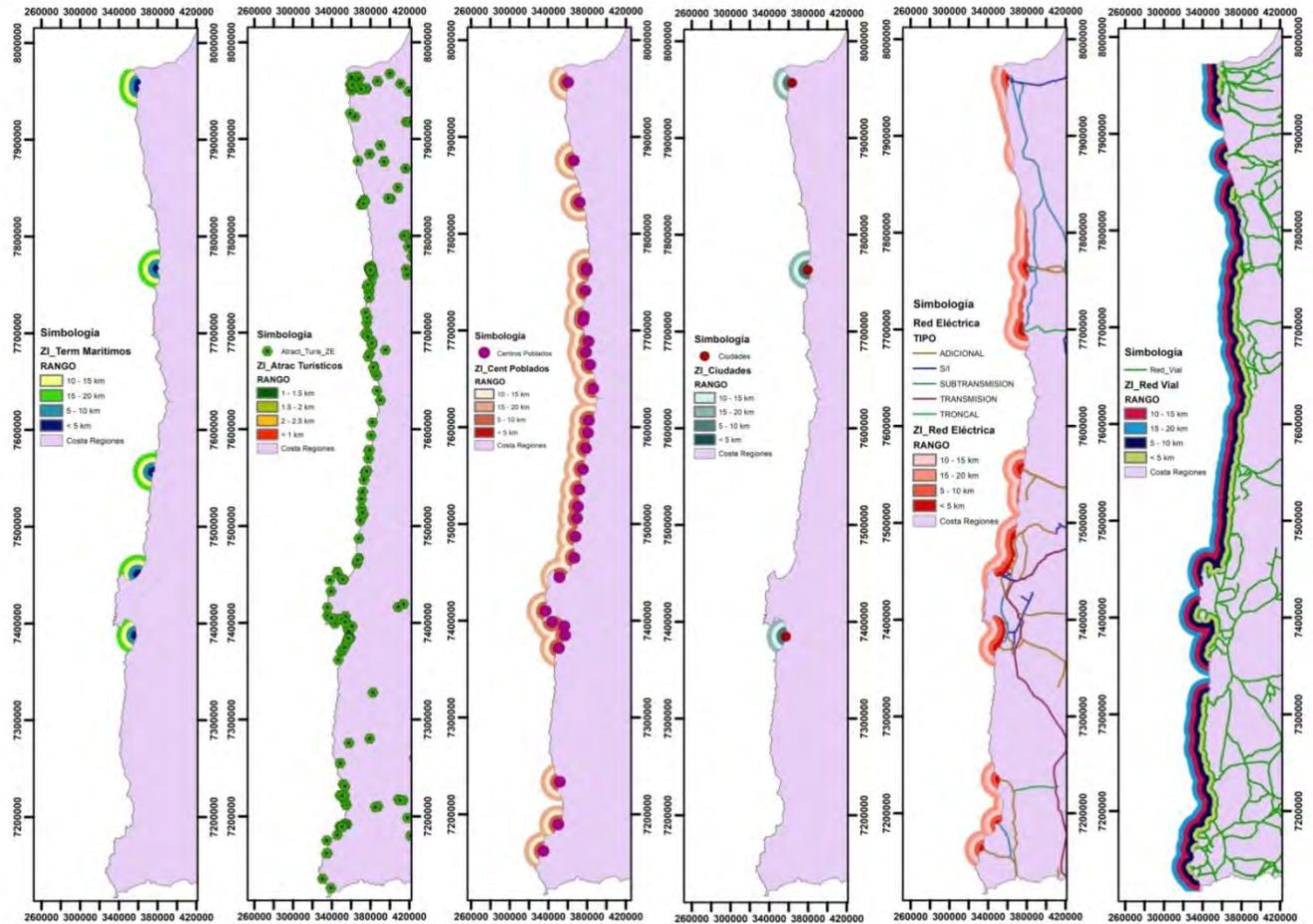


Figura 135. Mapas de zonas de influencia con recursos

Análisis de Aptitudes Físicas

Los criterios de clasificación de variables físicas, químicas y biológicas, seleccionados en base al análisis AHP y proceso Weighted Overlay, se muestran en la Tabla 19.

Tabla 19. Criterios de Calificación de variables Biofísicas

Variables	Malo	Aceptable	Bueno
Profundidad (m)	< 15	40 - 150	15 - 40
Velocidad de corriente (m/s)	-	0.05 - 0.1	0.1 - 0.2
Altura de Ola (m) (*)	2 - 3	1 - 2	< 1
Temperatura del agua (°C)	< 16,7	16,7 - 18	18 - 23
Clorofila a (mg/m ³)	< 8	8 - 15	> 15
Oxígeno disuelto (mL/L)	-	3.4 – 4.1	> 4.1

Con esta información se construyeron mapas, tipo capas ráster, de las áreas con aptitudes físicas, químicas y de productividad biológica en la zona de estudio (Figura 136). Luego, en función de su peso, las variables fueron recalificadas en términos de rangos (Figura 137). Esta información, se utilizó, además, para el análisis multicriterio y la evaluación de aptitud final.

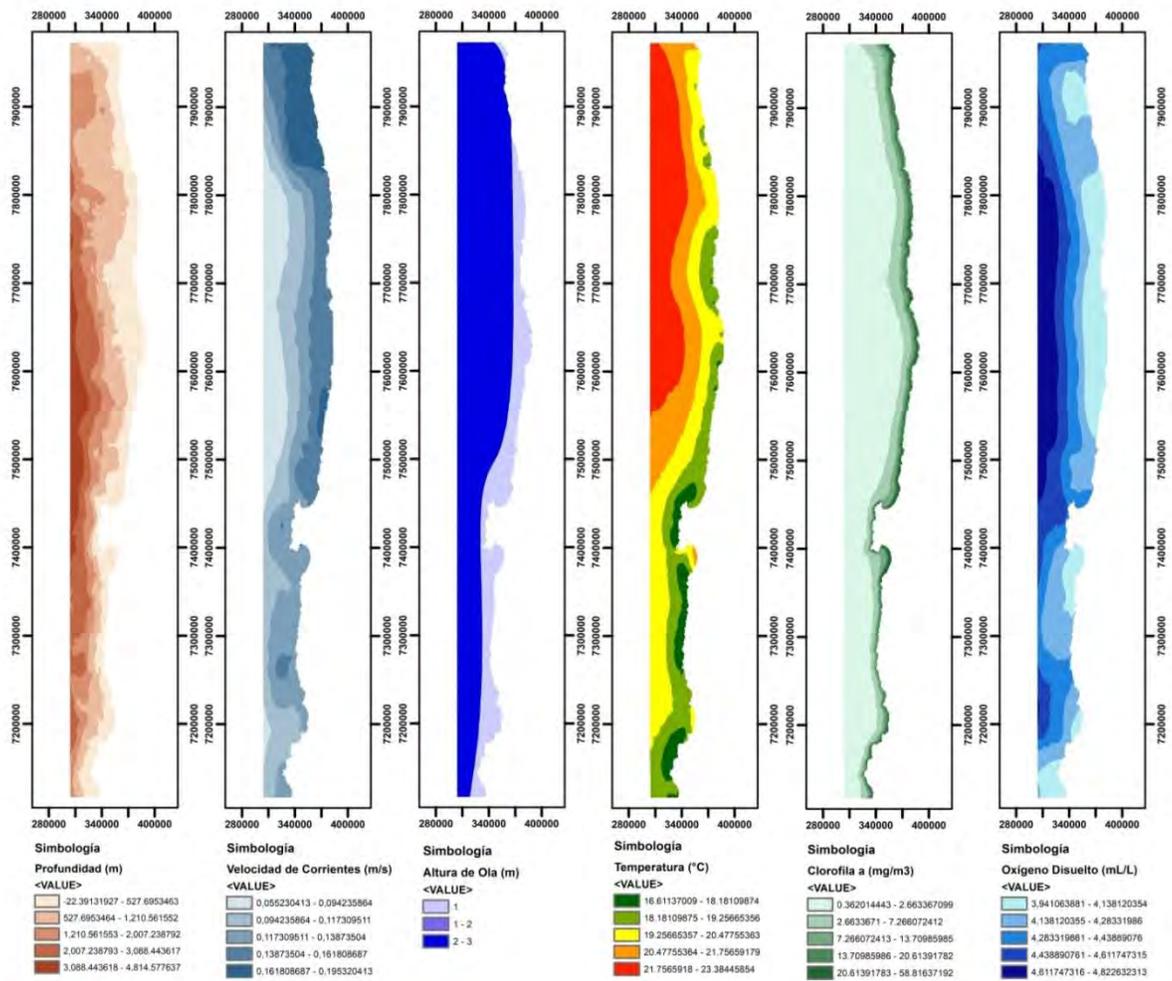


Figura 136. Capas ráster de las variables físicas, químicas y biológicas

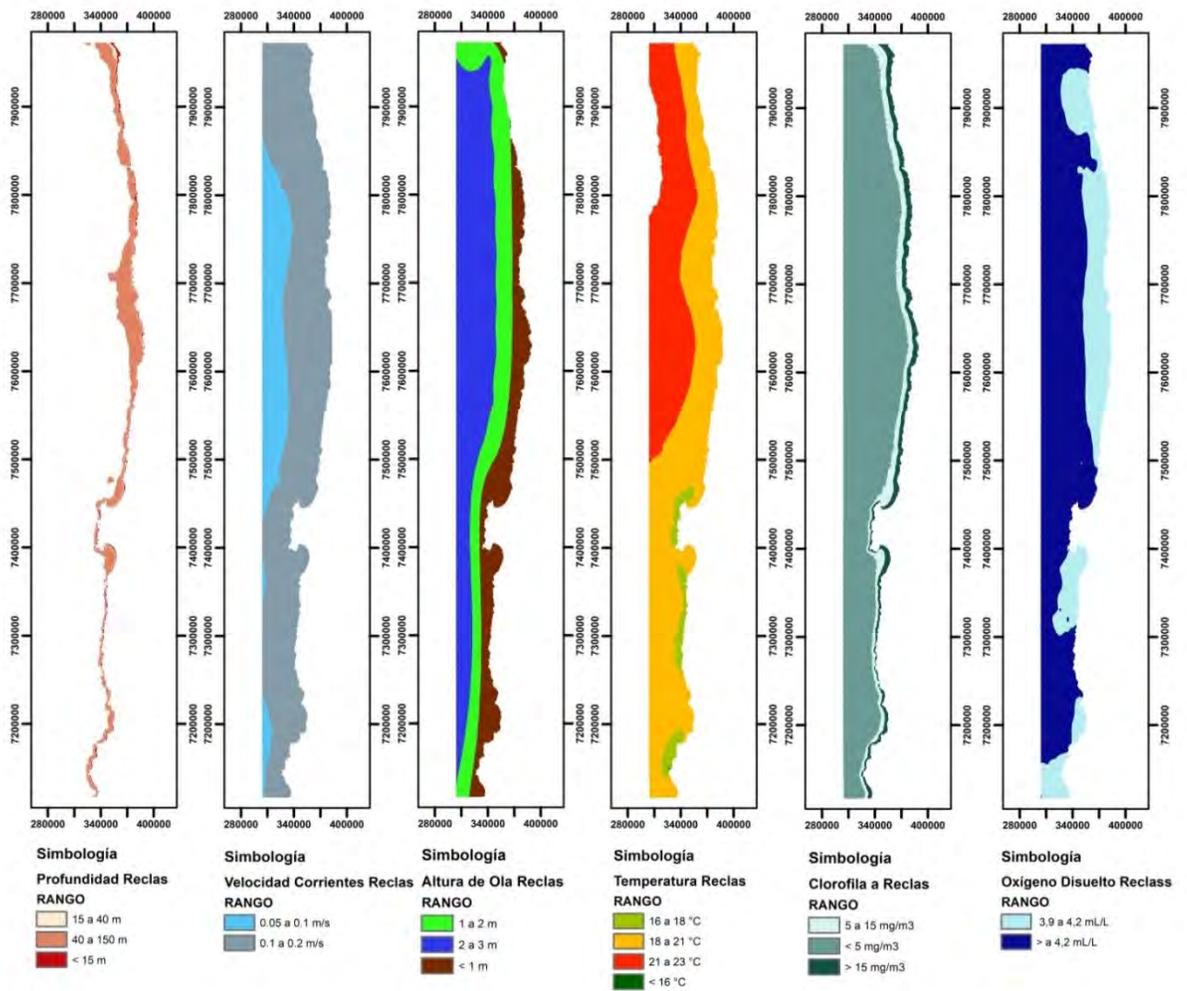


Figura 137. Capas ráster de las variables físicas, químicas y biológicas reclasificadas por rangos

Análisis Multicriterio y Evaluación de Aptitud

El análisis con el modelo de superposición ponderada de capas, seleccionó sólo aquellas zonas que cuentan con las variables Cercanía a Puertos y a Fuentes de Insumos, por lo que se generó una capa interceptada con las variables cercanía a Centros Poblados, a la Red Eléctrica y a la Red Vial, con el propósito de incluir a aquellas zonas, dentro del área de estudio, que cuentan con disponibilidad de mano de obra, cobertura eléctrica y accesibilidad terrestre.

El resultado fue un mapa que reveló la existencia de 5 zonas que concentran recursos (núcleos de recursos) y 7 zonas que exhibieron disponibilidad de uno(s) de los recursos y/o aptitudes físicas (Figura 138). Si bien algunas están alejadas de puertos y fuentes de insumos, éstas se asocian a caletas de pescadores, las que cuentan con condiciones para ser consideradas zonas con alto potencial para el desarrollo de actividades de acuicultura.

En relación al resultado del modelo de superposición ponderada de capas de las variables físicas, químicas y biológicas, éste arrojó que en la zona costera de la XV Región el 43,2% de las zonas tuvo clasificación Buena, el 36,5% Aceptable, y el 20,3% Mala. Para la zona costera de la I Región, el análisis mostró la existencia de un 55,4% de zonas Buenas, 10,9% de zonas Aceptables y un 33,7% de zonas Malas, y para la II Región, se registró un 75,4% de zonas Buenas, 8,1% de zonas Aceptables y 16,5% de zonas Malas (Figura 139). Al dimensionar las zonas en hectáreas y porcentaje, se obtuvo que en la XV, I y II regiones las Zona Buenas equivalen a 451.239 Ha (61,7%), las Zonas Aceptable a 99.418 Ha (13,6%) y las Zonas Mala a 181.195 Ha (24,8%) (Tabla 20).

Tabla 20. Clasificación de Zonas por Región en Hectáreas y Porcentaje en función de las variables Biofísicas analizadas

Clasificación	Regiones			Total Ha	Porcentaje
	XV	I	II		
Zonas Buenas (Ha)	46.717	181.807	222.715	451.239	61,7%
Zonas Aceptables (Ha)	39.483	36.011	23.924	99.418	13,6%
Zonas Malas (Ha)	21.963	110.553	48.679	181.195	24,8%
Total (Ha)	108.162	328.372	295.317	731.851	100,0%

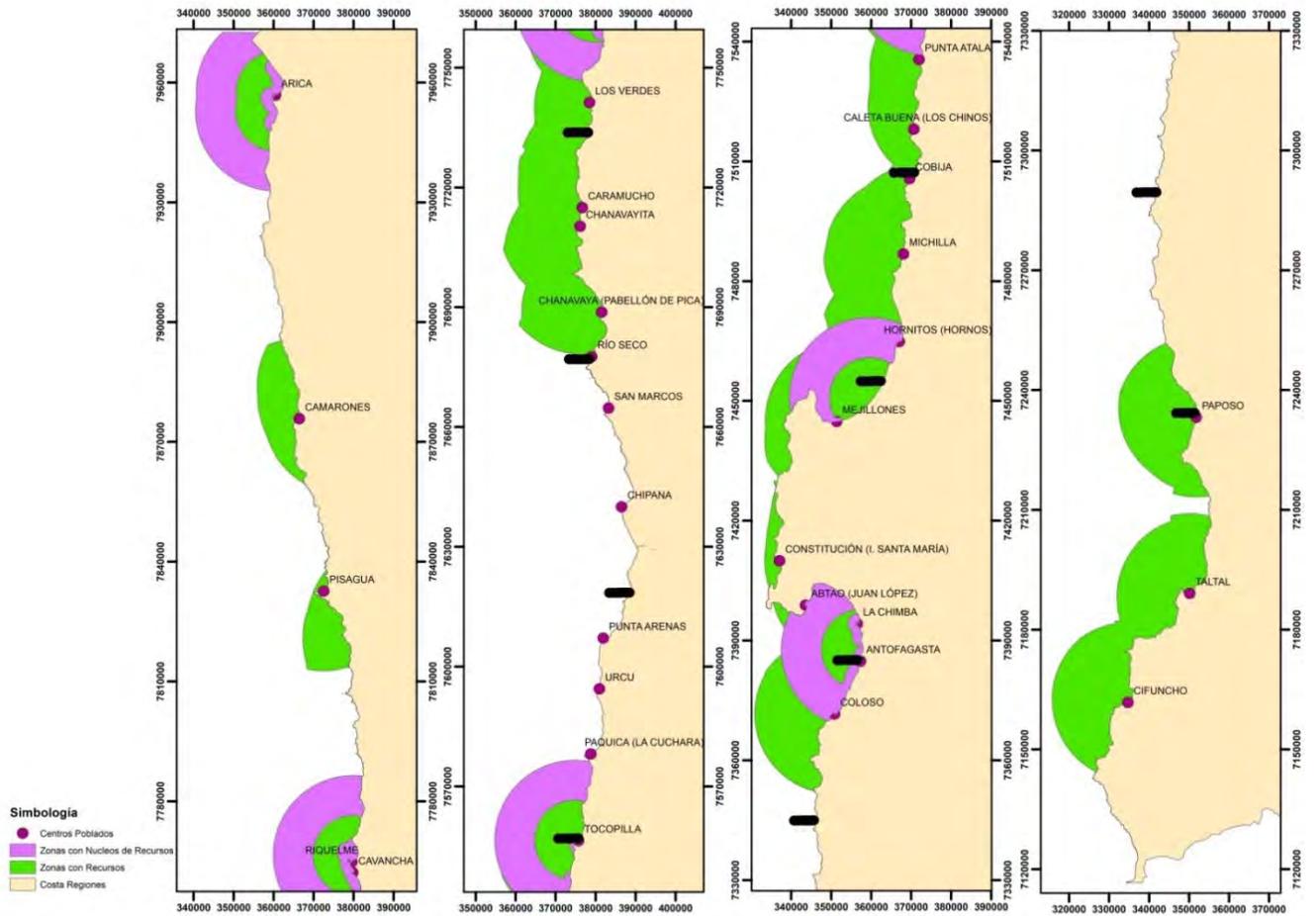


Figura 138. Mapa de zonas con núcleos concentrados de recursos y de zonas extendidas con disponibilidad de recursos dentro del área de estudio. A: entre Arica e Iquique, B: entre caleta Los Verdes y Tocopilla, C: entre punta Atala y caleta Amarilla, D: entre caleta Agua Salada y Cifuncho.

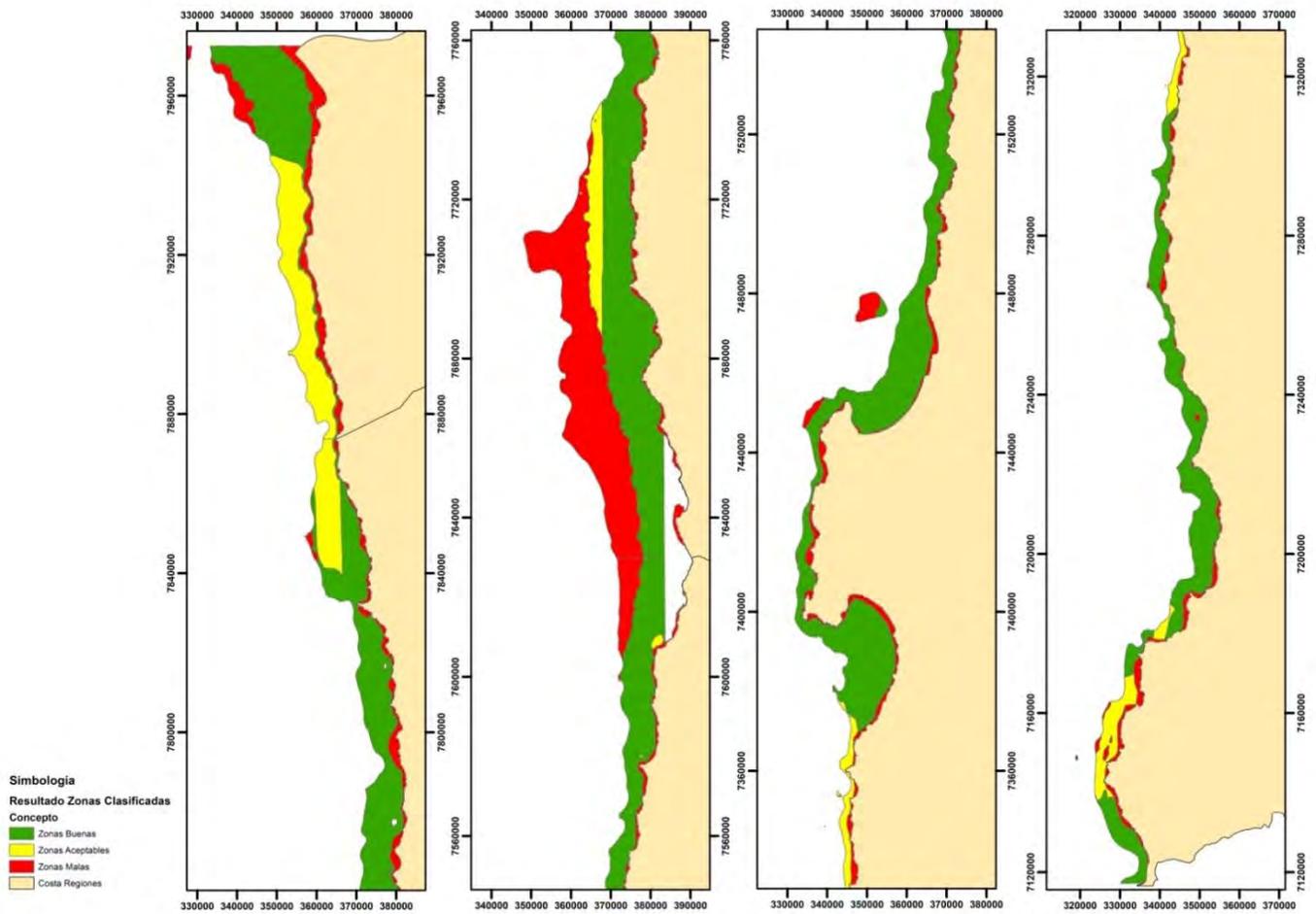


Figura 139. Mapa de zonas clasificadas de acuerdo a las variables físicas, químicas y biológicas. A: entre Arica e Iquique, B: entre caleta Los Verdes y Tocopilla, C: entre punta Atala y caleta Amarilla, D: entre caleta Agua Salada y Cifuncho.

La selección final de las zonas aptas para el desarrollo de actividades de acuicultura en el área de estudio se realizó cruzando los resultados de las zonas libres de restricciones con las zonas con aptitudes físicas, químicas y biológicas y con las zonas con recursos disponibles (Figura 140).

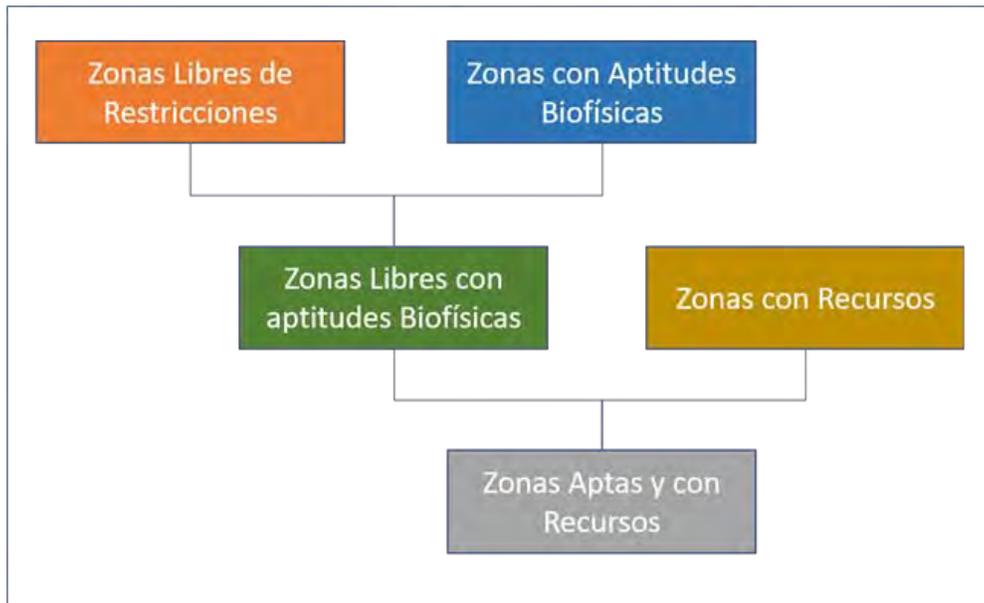


Figura 140. Cruce final de resultados

El resultado final de la selección y clasificación de áreas con aptitudes biofísicas y disponibilidad de recursos en la costa de la zona de estudio arrojó que existen 194.763 Ha equivalentes a un 68,8% de zonas “Buenas”, 48.008 Ha equivalentes a 16,9% con categoría de “Aceptables” y 40.481 Ha de zonas “Malas” equivalentes al 14,3%.

La Figura 141 muestra el área de estudio dividida en los sectores A: entre Arica e Iquique, B: entre Los Verdes y Tocopilla, C: entre punta Atala y caleta Amarilla, y D: entre caleta Agua Salada y Cifuncho, y en cada uno de ellos las zonas seleccionadas indicando su clasificación:



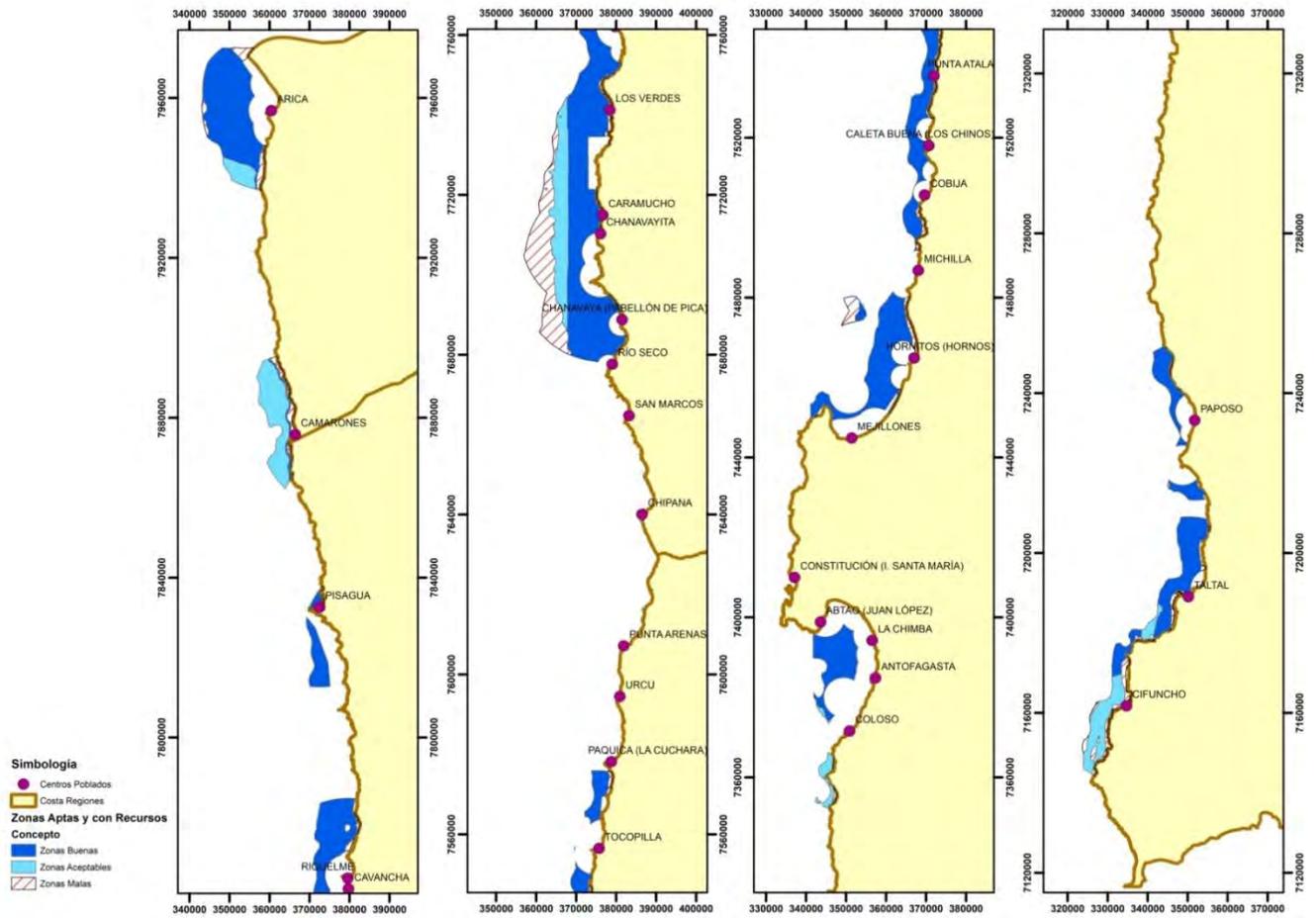
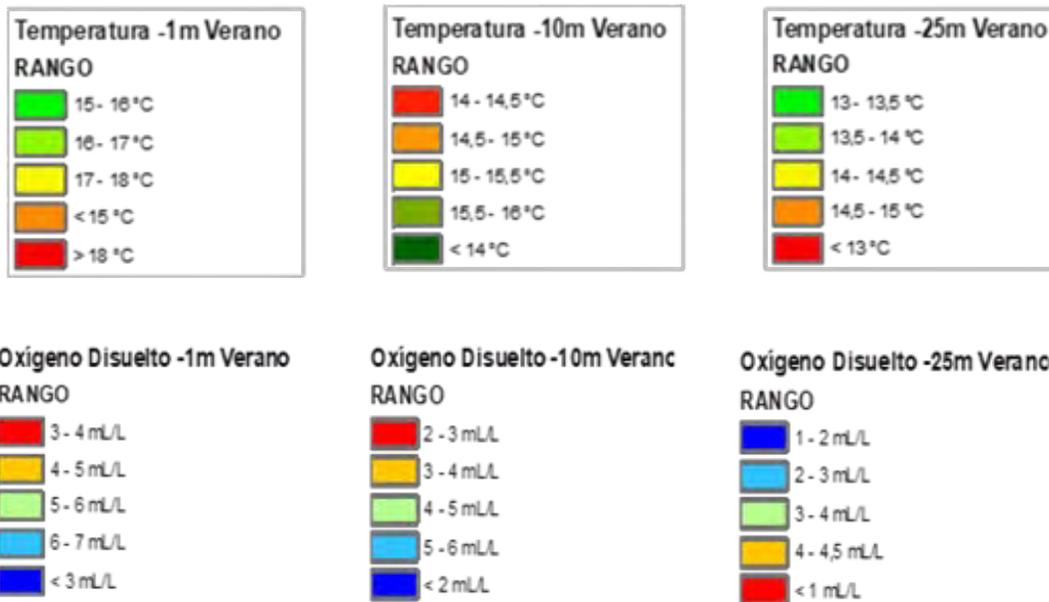


Figura 141. Mapa de las zonas seleccionadas dentro del área de estudio, libres de restricciones, con aptitudes físicas, químicas y biológicas, y con recursos disponibles. A: entre Arica e Iquique, B: entre caleta Los Verdes y Tocopilla, C: entre punta Atala y caleta Amarilla, D: entre caleta Agua Salada y Cifuncho.

Cruce de Resultados con Datos Registrados *In Situ*

Crucero de verano 2018

Las Figuras 142, 143, 144, 145, 146 y 147 muestran el comportamiento de las variables temperatura (°C) y oxígeno disuelto (mL/L) en las zonas seleccionadas, a profundidades de 1, 10 y 25 m durante el verano de 2018. En éstas se incluye la clasificación de las zonas, y los rangos de temperatura y de contenido de oxígeno disuelto para cada una de las profundidades, de acuerdo a la siguiente simbología:



Los rangos se obtuvieron de los valores promedio calculados por transecta (Tabla 21), y corresponden a los siguientes:

Rangos de temperatura:

- 1 m: 15°C-18°C
- 10 m: 14°C-16°C
- 25 m: 13°C-15°C

Rangos de oxígeno disuelto:

- 1 m: 3-7 mL/L
- 10 m: 2-6 mL/L
- 25 m: 1-4,5 mL/L

Tabla 21. Valores promedios de temperatura (°C) y oxígeno disuelto (mL/L) en los niveles de 1m, 10 m y 25 m, por sectores de acuerdo a las transectas ubicadas en las en las zonas seleccionadas. Verano 2018.

Transectas	1 m		10 m		25 m	
	T (°C)	O ₂ (mL/L)	T (°C)	O ₂ (mL/L)	T (°C)	O ₂ (mL/L)
I-II	19,6	4,9	15,5	2,5	13,5	0,5
II-III	17,4	4,7	14,8	2,9	13,4	0,5
III-IV	17,1	3,7	15,1	3,0	14,0	1,9
V-VI-VII-VII	17,0	4,0	15,0	3,4	13,6	1,8
IX-X-XI	18,0	4,5	14,1	2,8	13,2	1,5
XII-XIII	19,1	5,4	15,6	5,1	13,4	3,7
XIV-XV	17,3	4,6	16,1	4,6	14,8	4,2

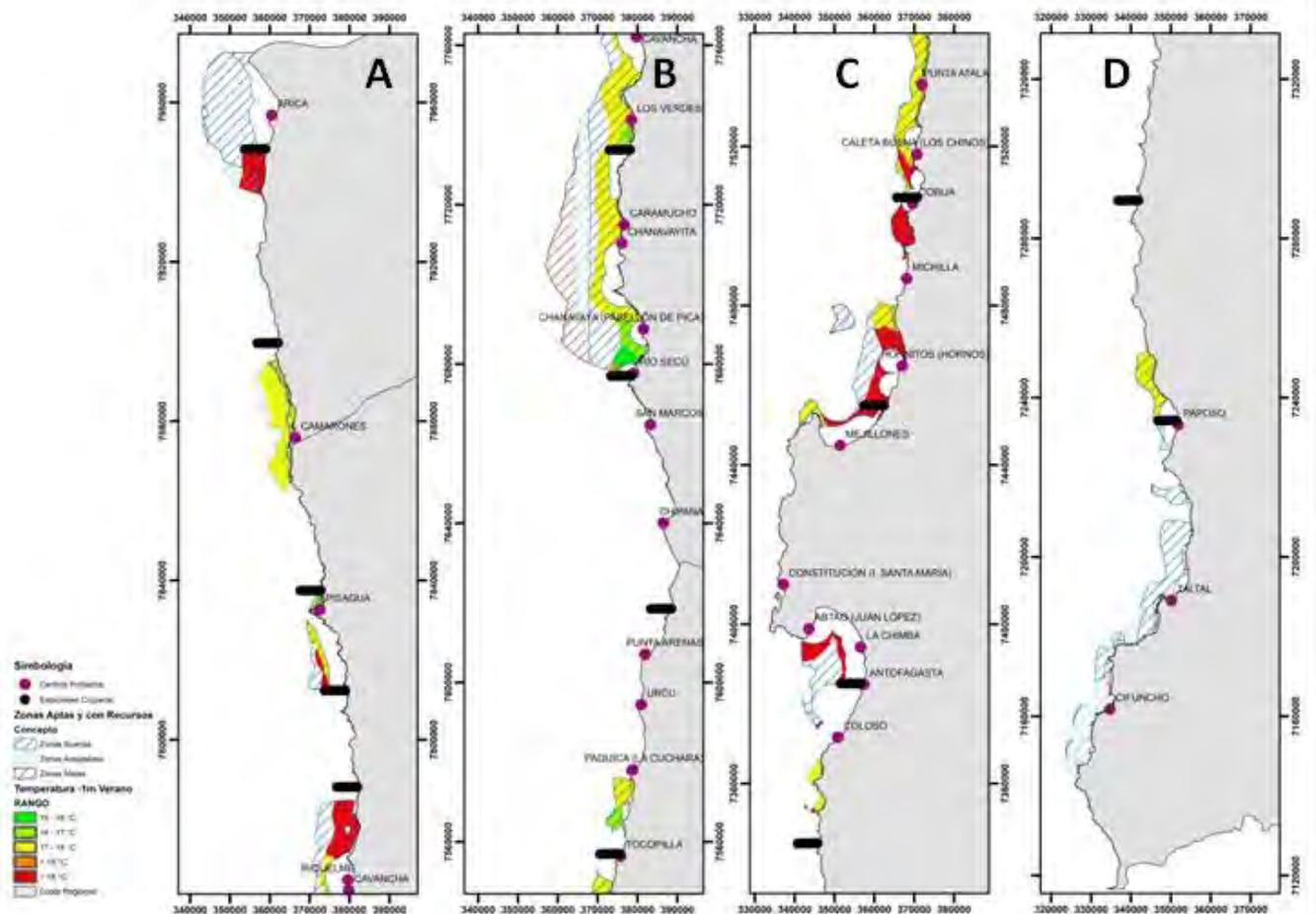


Figura 142. Temperatura (°C) a 1 m de profundidad en las zonas seleccionadas durante el verano de 2018. A: entre Arica e Iquique, B: entre caleta Los Verdes y Tocopilla, C: entre punta Atala y caleta Amarilla, D: entre caleta Agua Salada y Cifuncho.

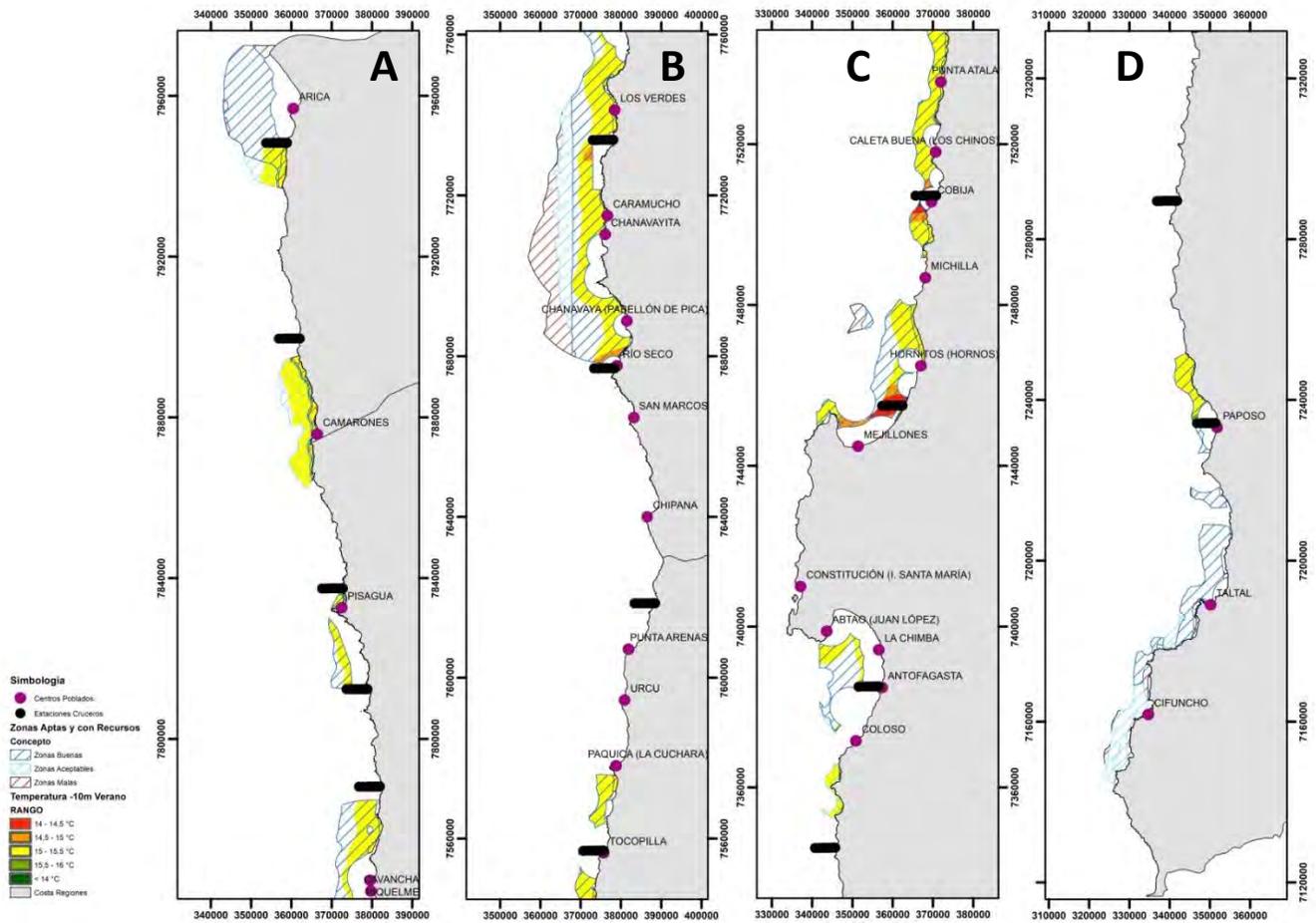


Figura 143. Temperatura (°C) a 10 m de profundidad en las zonas seleccionadas durante el verano de 2018. A: entre Arica e Iquique, B: entre caleta Los Verdes y Tocopilla, C: entre punta Atala y caleta Amarilla, D: entre caleta Agua Salada y Cifuncho.

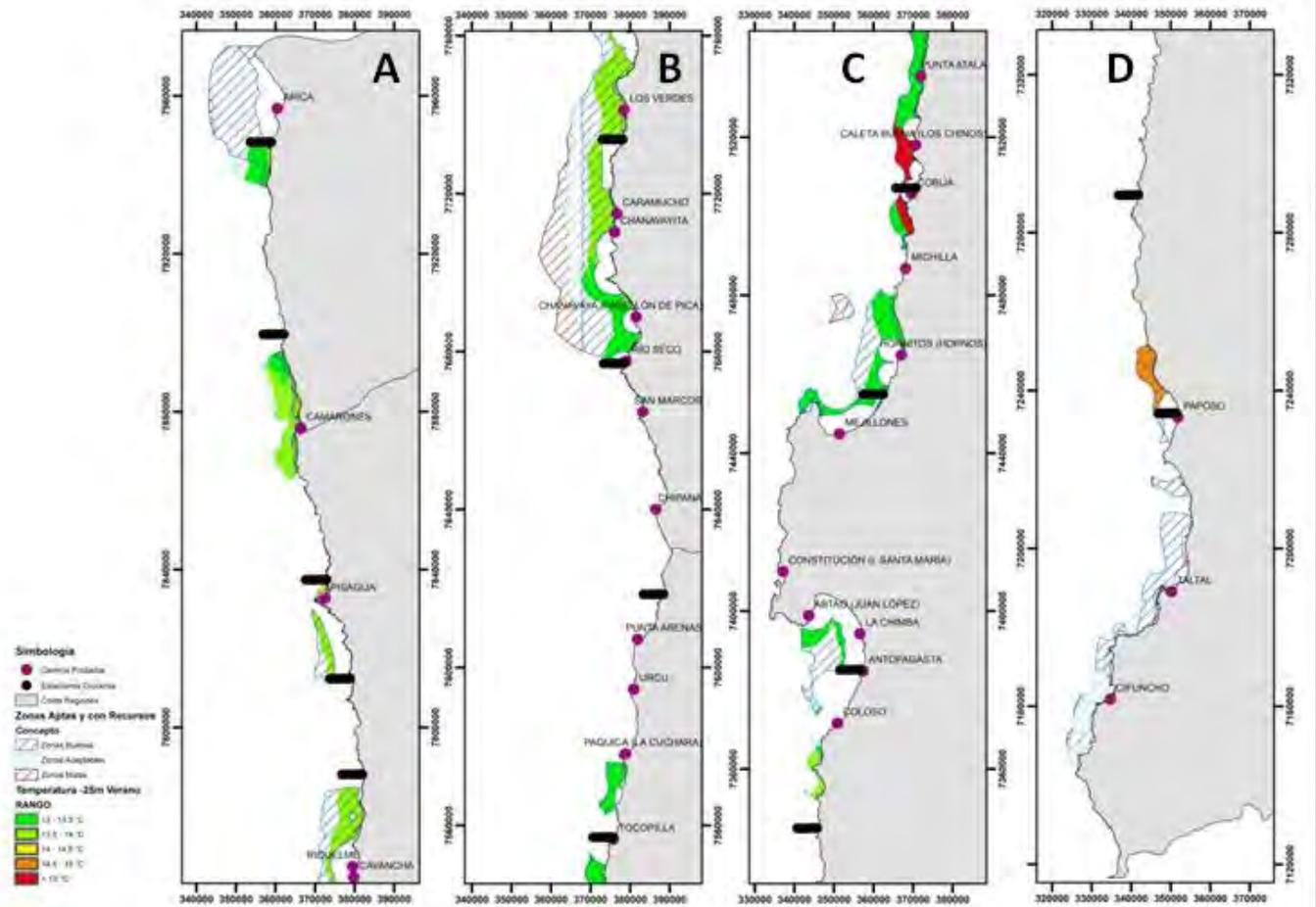


Figura 144. Temperatura (°C) a 25 m de profundidad en las zonas seleccionadas durante el verano de 2018. A: entre Arica e Iquique, B: entre caleta Los Verdes y Tocopilla, C: entre punta Atala y caleta Amarilla, D: entre caleta Agua Salada y Cifuncho.

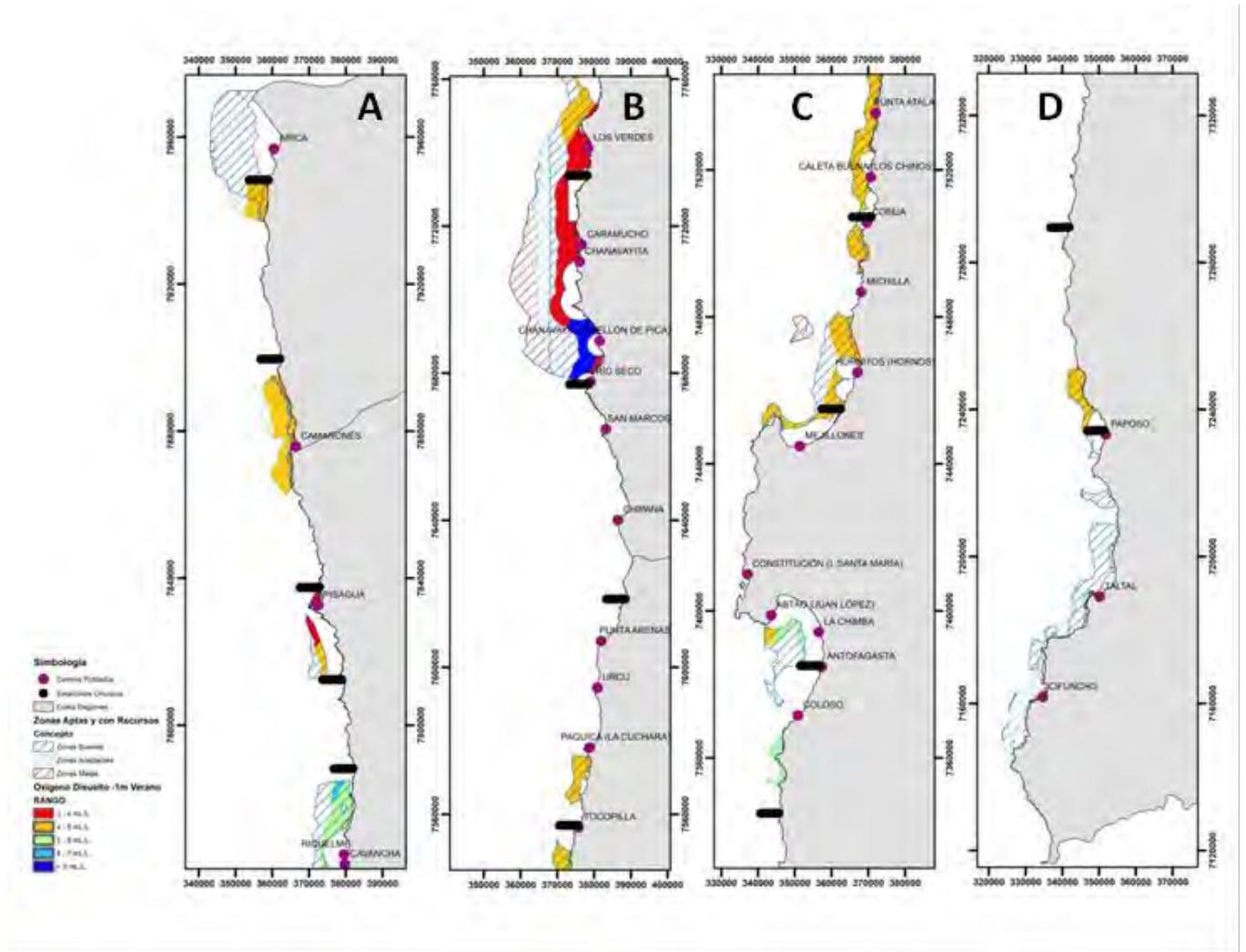


Figura 145. Oxígeno Disuelto (mL/L) a 1 m de profundidad en las zonas seleccionadas durante el verano de 2008. A: entre Arica e Iquique, B: entre caleta Los Verdes y Tocopilla, C: entre punta Atala y caleta Amarilla, D: entre caleta Agua Salada y Cifuncho.

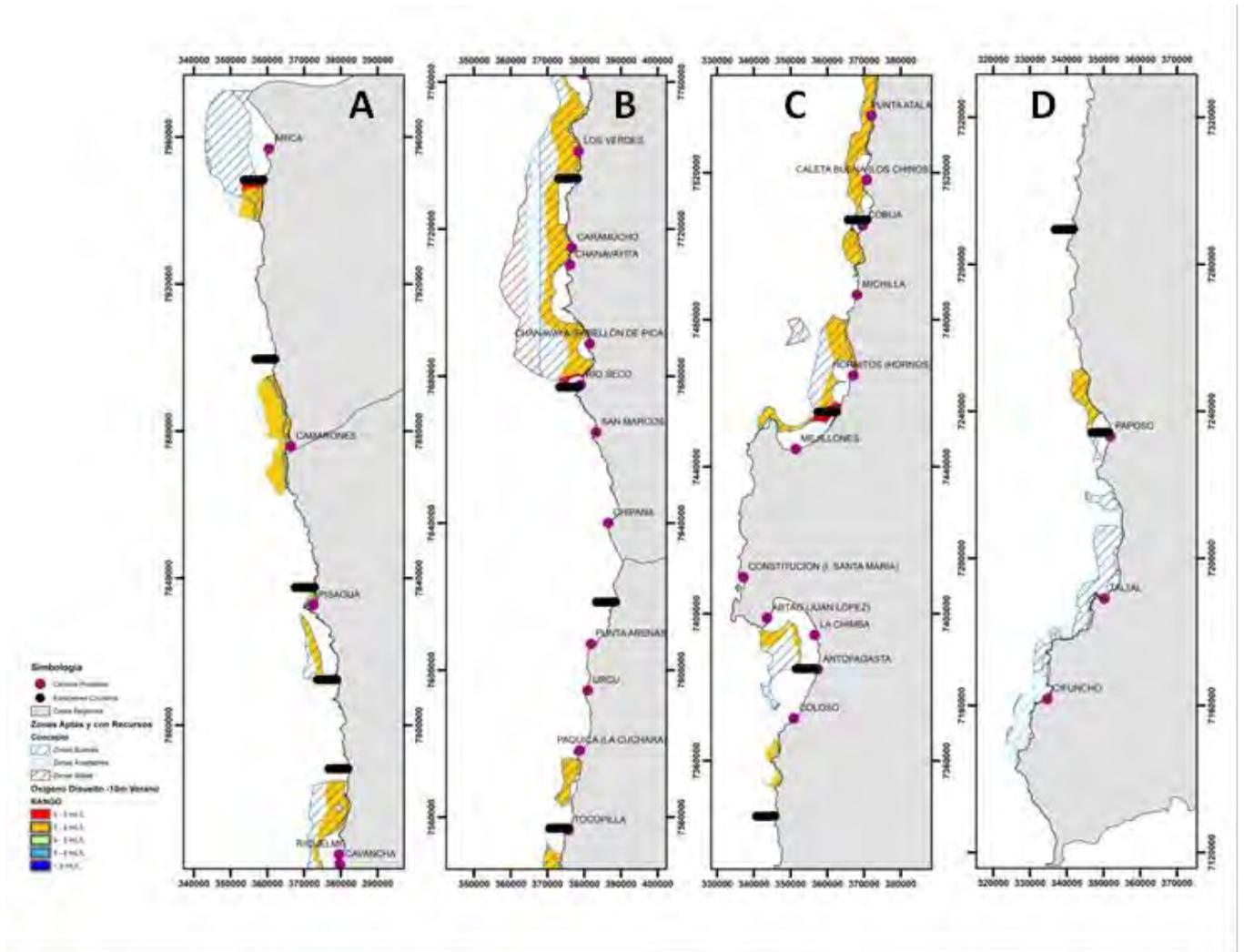


Figura 146. Oxígeno Disuelto (mL/L) a 10 m de profundidad en las zonas seleccionadas durante el verano de 2008. A: entre Arica e Iquique, B: entre caleta Los Verdes y Tocopilla, C: entre punta Atala y caleta Amarilla, D: entre caleta Agua Salada y Cifuncho.

entre 5 y 20 m de profundidad. La ZMO en caleta Cobija (transecta X), se mantuvo sobre los 40 m, en cambio en Mejillones (transecta XI) se ubicó entre los 18 y 26 m de profundidad, profundizándose hacia el sector oceánico. En Antofagasta y punta Amarilla (transectas XII y XIII) se ubicó bajo los 100 m de profundidad (Figuras 152 y 153). En el sector D, la zona entre caleta Botija y rada Paposo (transectas XIV y XV), mostró una termoclina localizada entre los 15 y 30 m de profundidad, y la ZMO por sobre los 120 m (Figura 154).

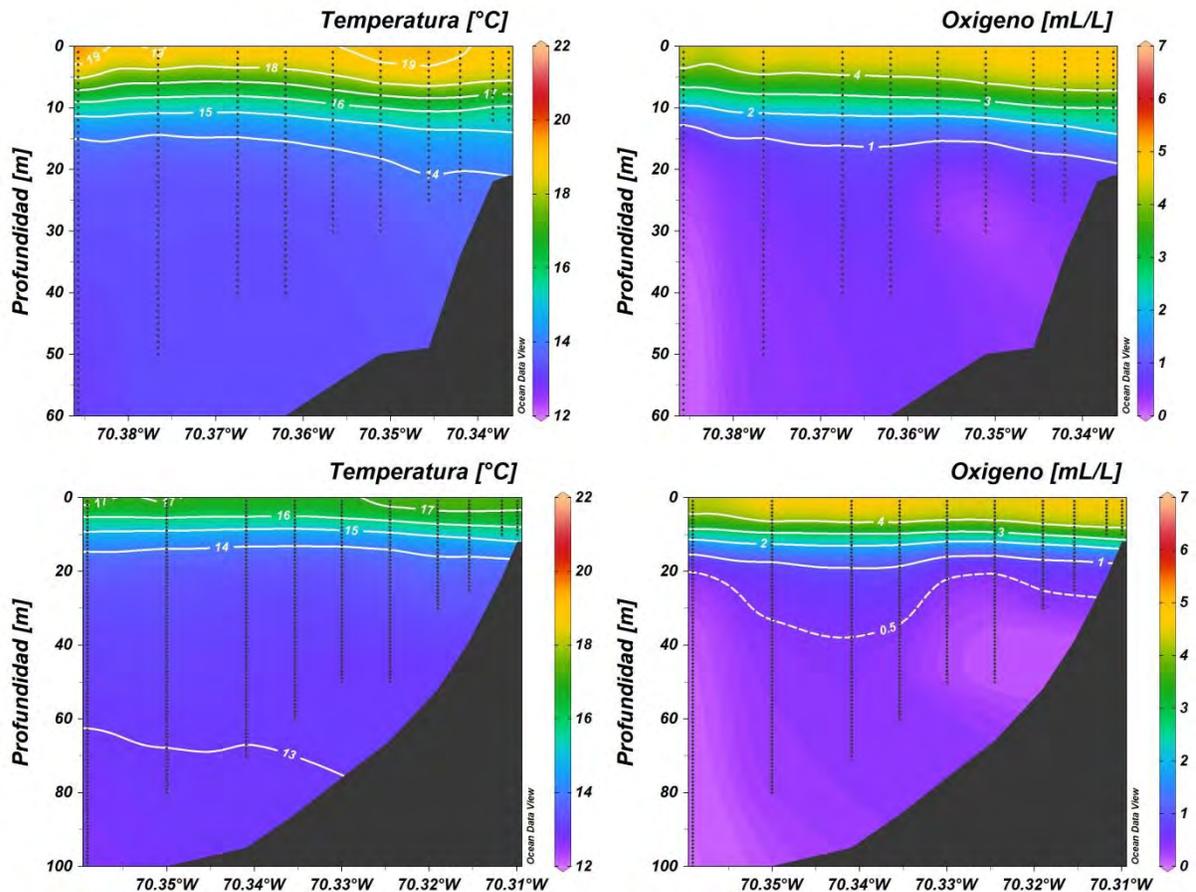


Figura 148. Secciones verticales de Temperatura (°C) (panel izquierdo) y oxígeno disuelto (mL/L) (panel derecho) en las transectas I y II, correspondiente al Sector A.

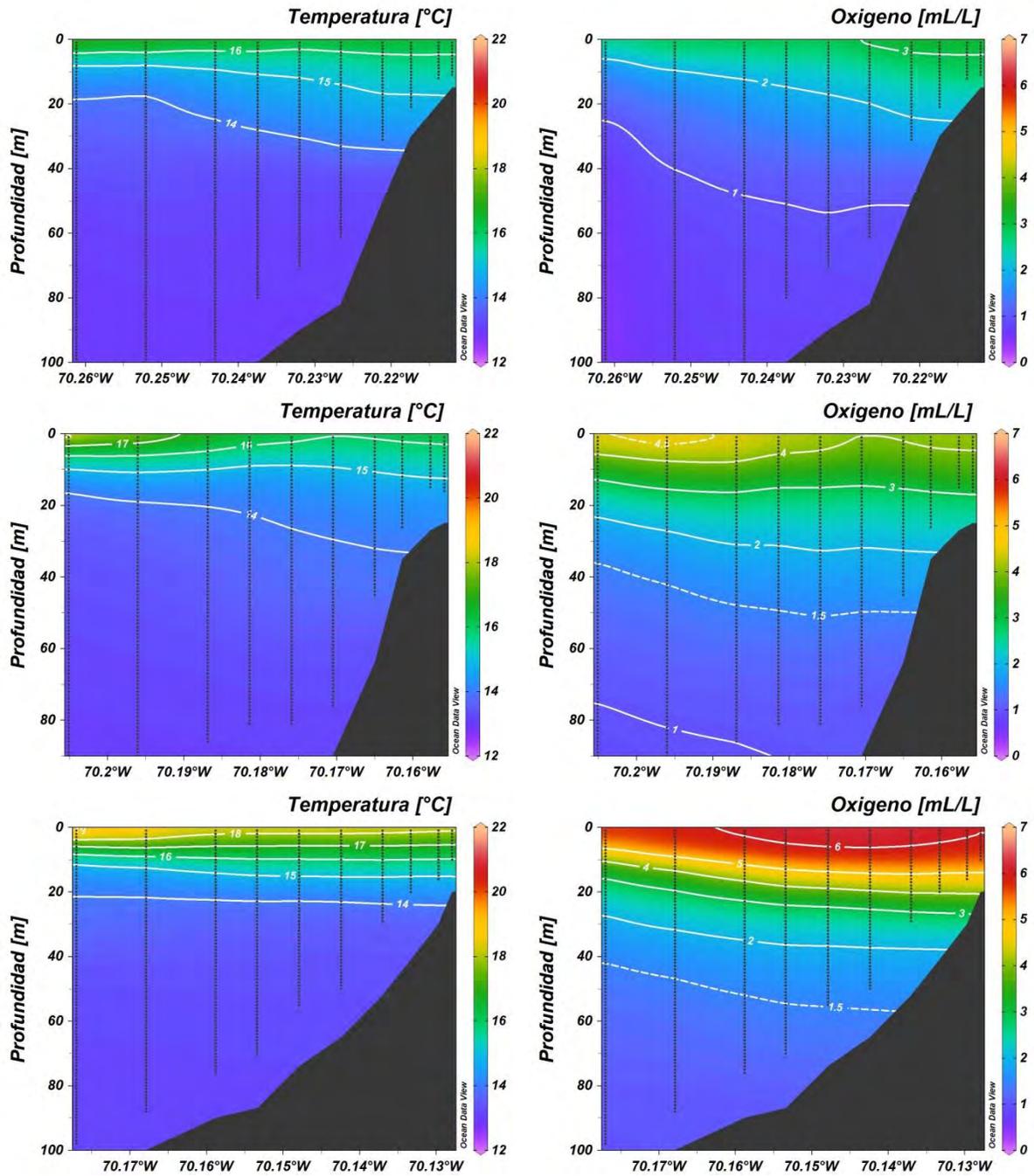


Figura 149. Secciones verticales de Temperatura (°C) (panel izquierdo) y oxígeno disuelto (mL/L) (panel derecho) en las transectas III, IV y V correspondiente al Sector A.

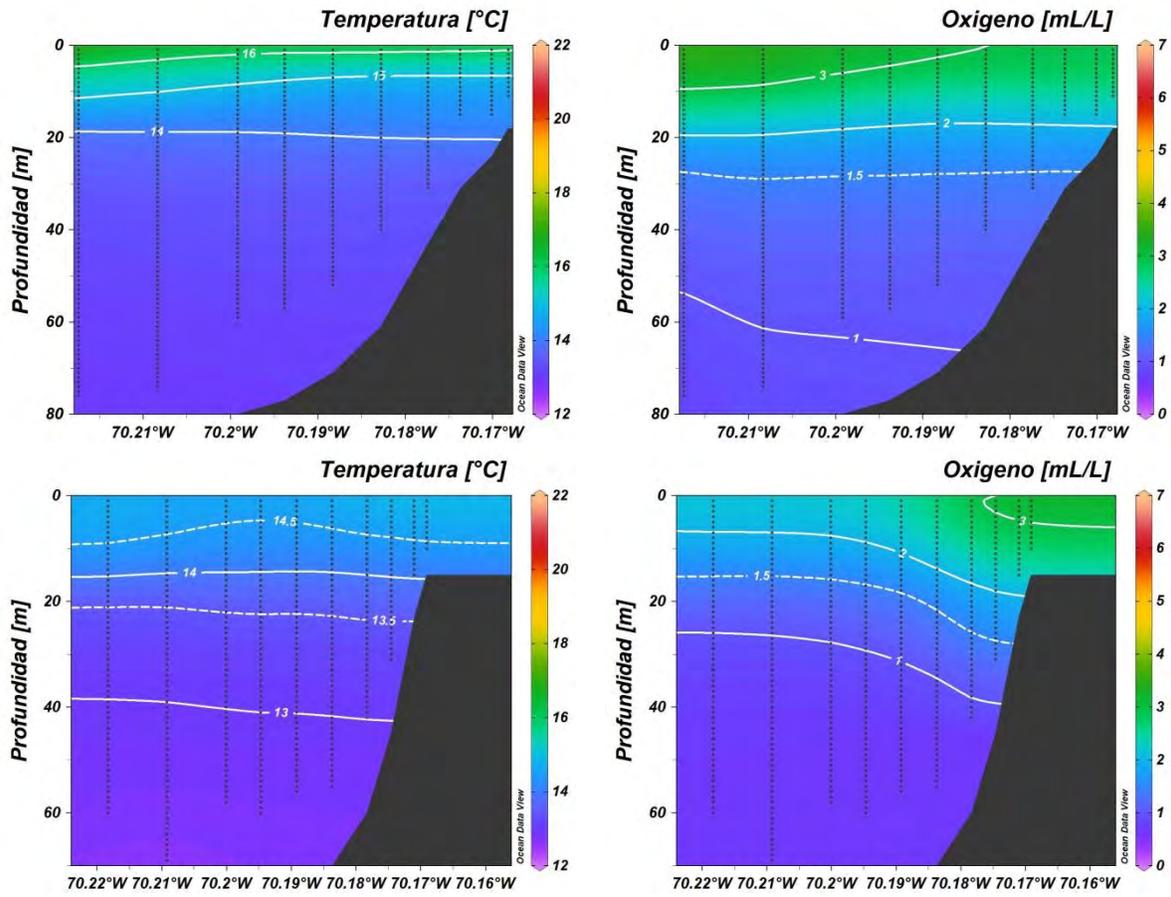


Figura 150. Secciones verticales de Temperatura (°C) (panel izquierdo) y oxígeno disuelto (mL/L) (panel derecho) en las transectas VI y VII correspondiente al Sector B.

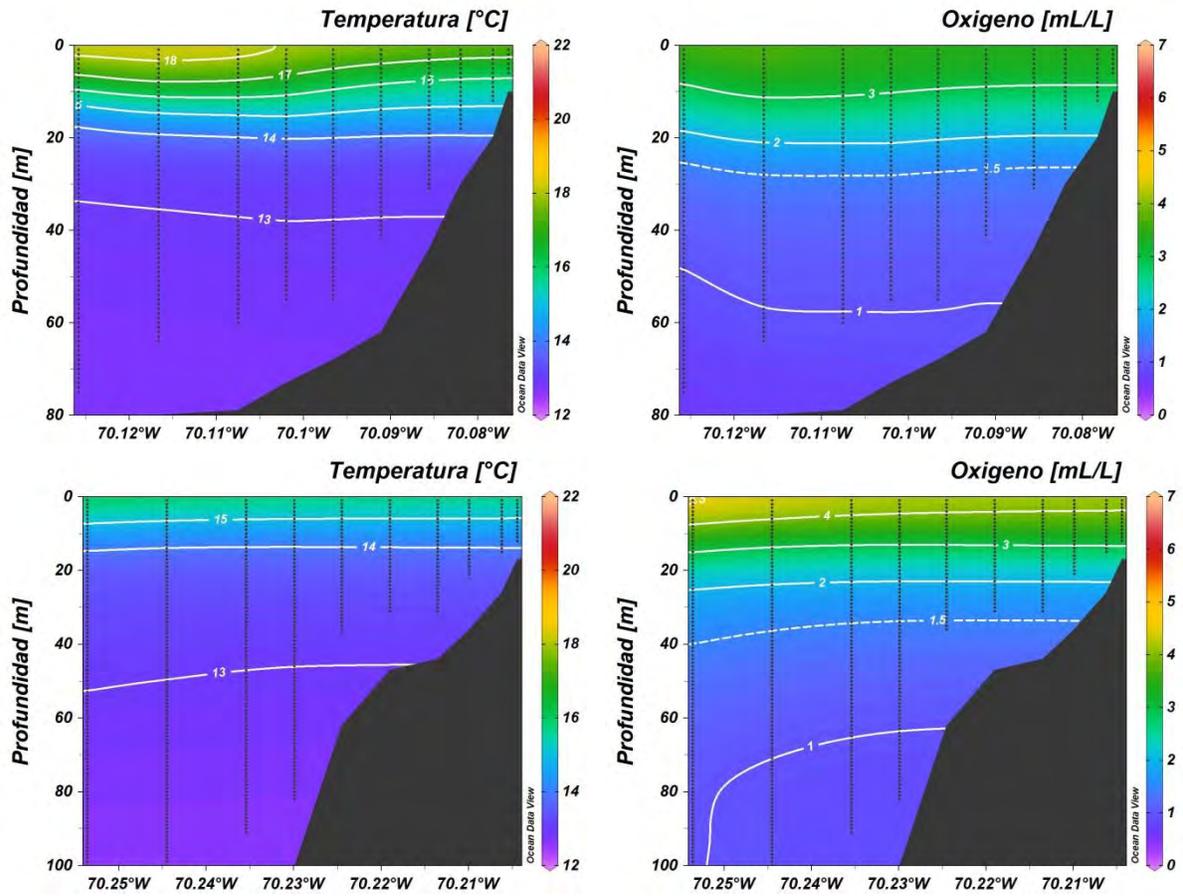


Figura 151. Secciones verticales de Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) (panel izquierdo) y oxígeno disuelto (mL/L) (panel derecho) en las transectas VIII y IX correspondiente al Sector B.

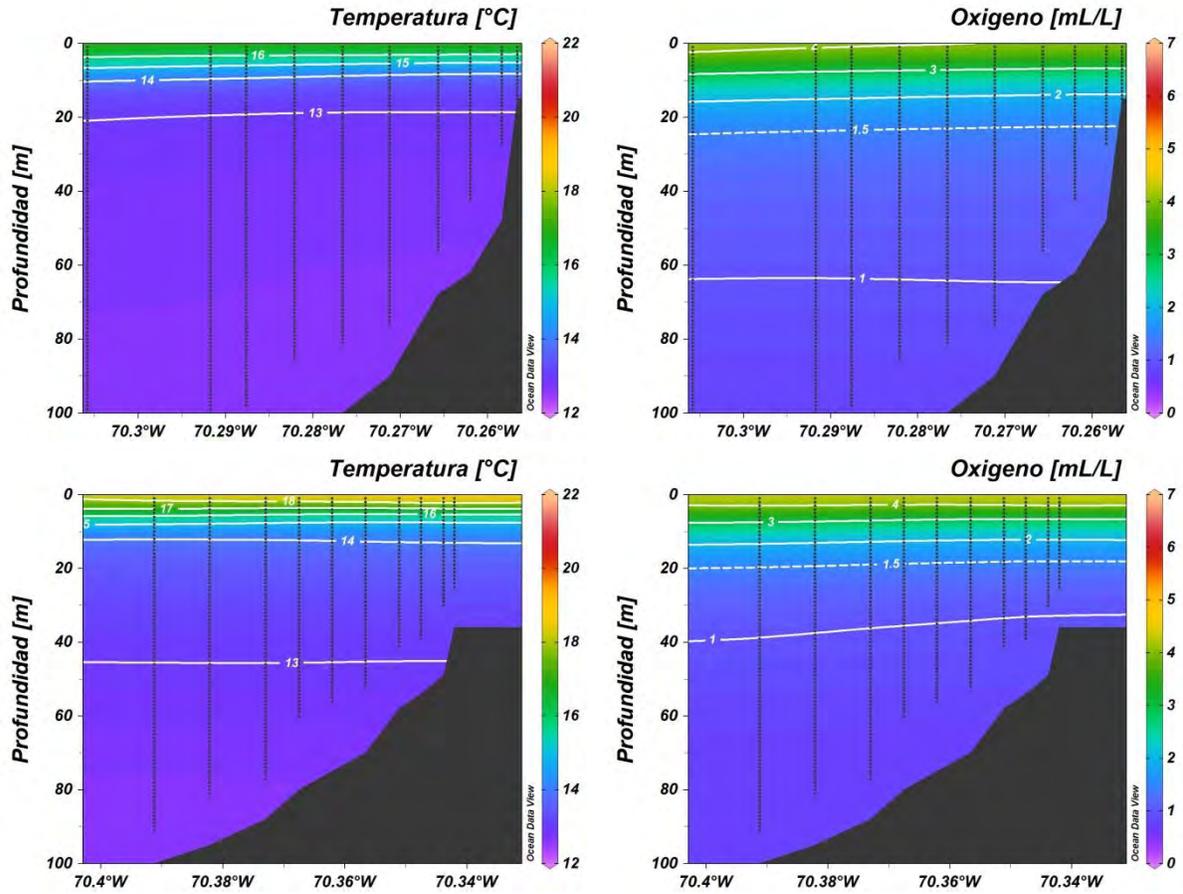


Figura 152. Secciones verticales de Temperatura (°C) (panel izquierdo) y oxígeno disuelto (mL/L) (panel derecho) en las transectas X y XI correspondiente al Sector C.

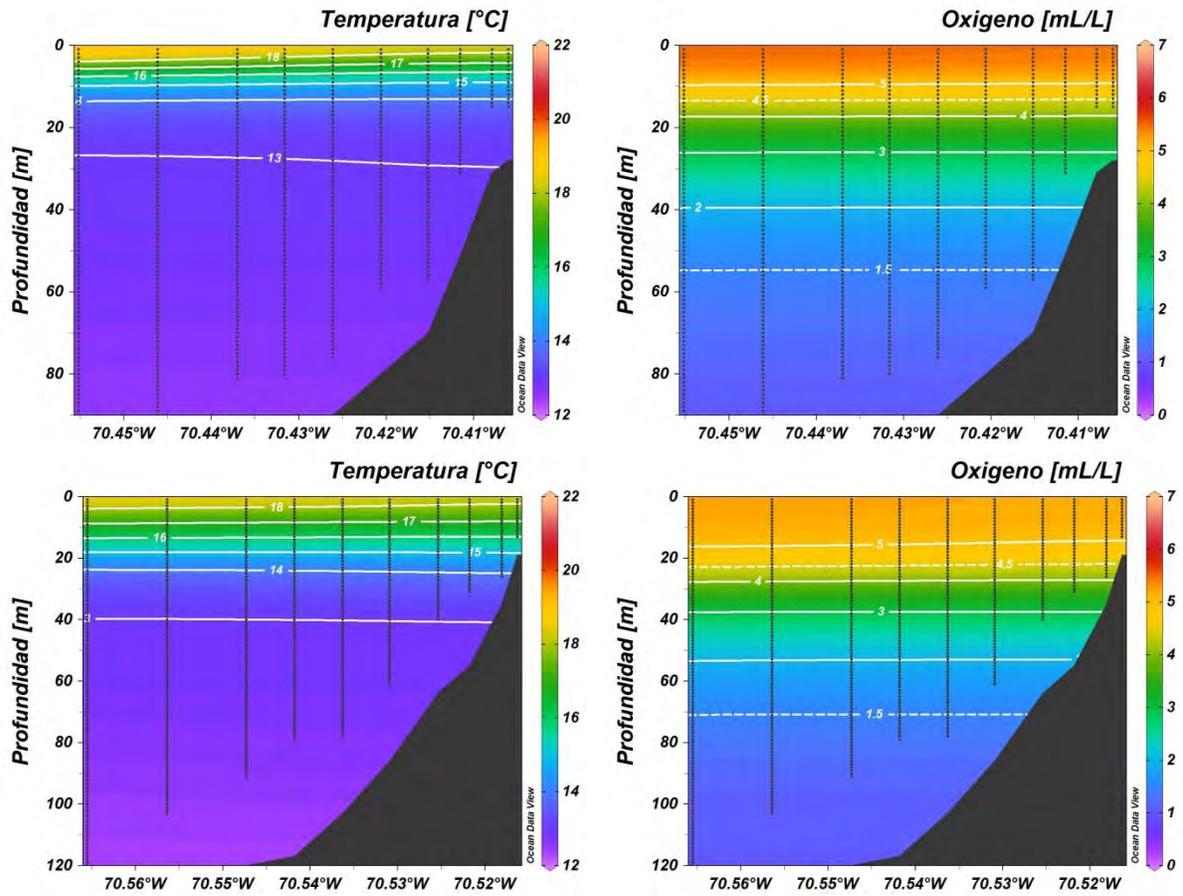


Figura 153. Secciones verticales de Temperatura (°C) (panel izquierdo) y oxígeno disuelto (mL/L) (panel derecho) en las transectas XII y XIII correspondiente al Sector C.

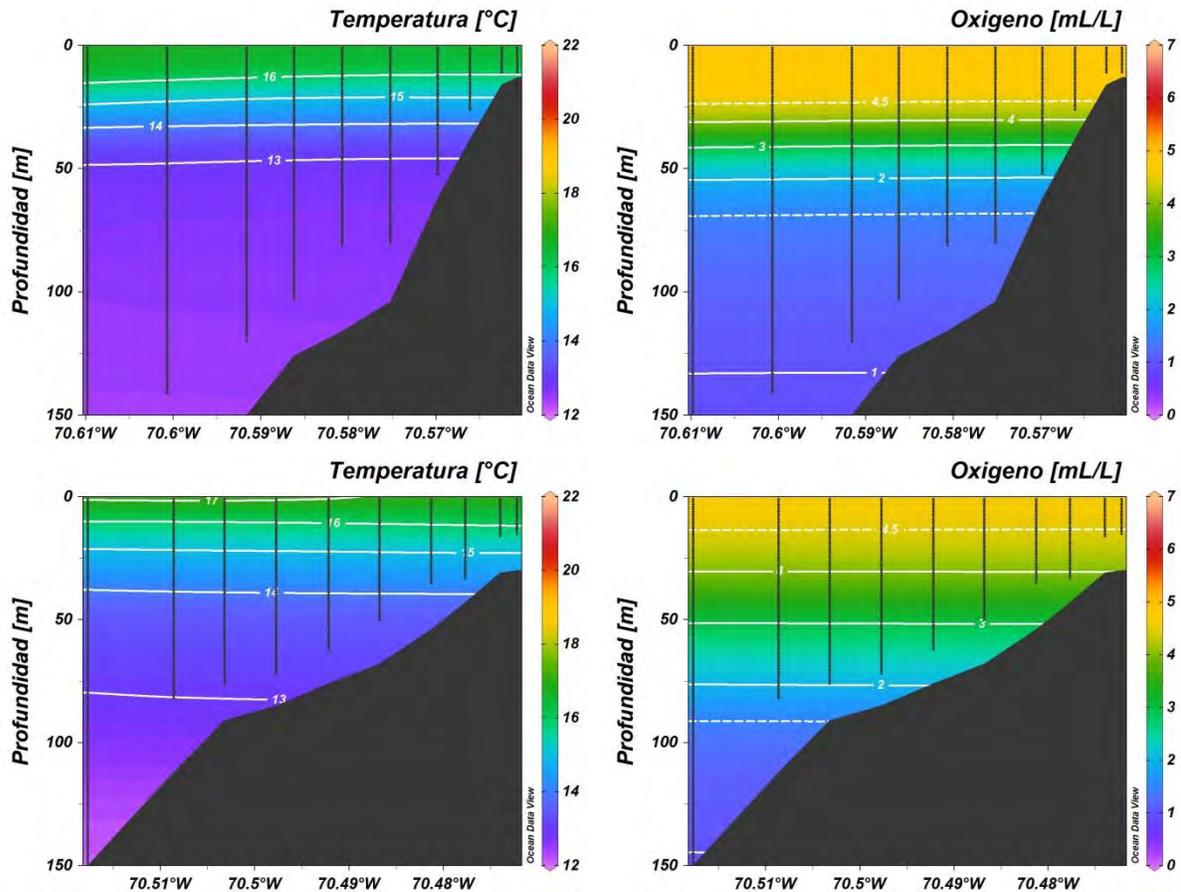


Figura 154. Secciones verticales de Temperatura (°C) (panel izquierdo) y oxígeno disuelto (mL/L) (panel derecho) en las transectas XIV y XV correspondiente al Sector D.

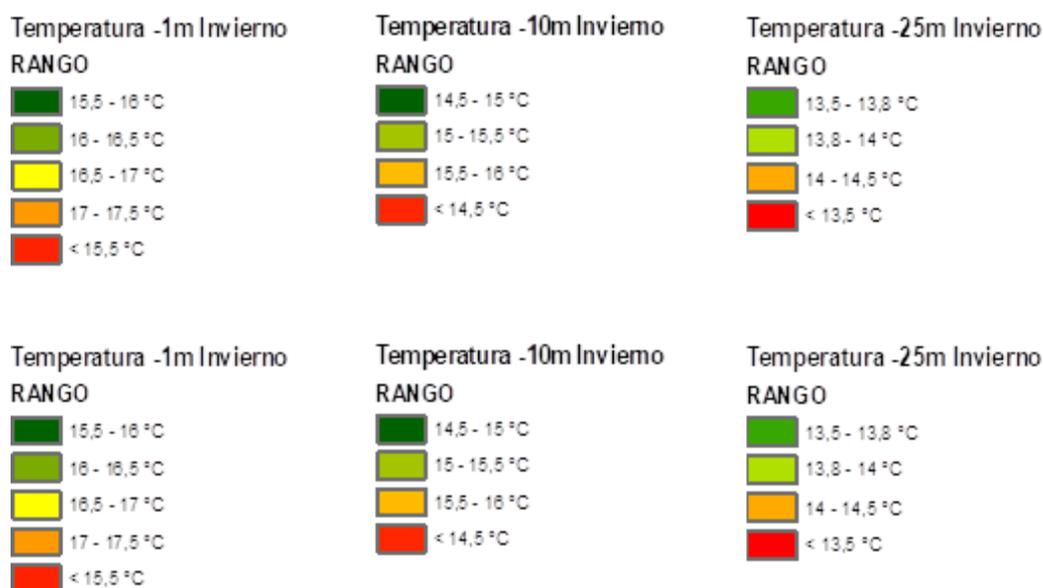
También se determinaron los valores mínimos y máximos de los nutrientes, nitrato (μM), nitrito (μM) y fosfato (μM), y de biomasa fitoplanctónica (mg Cl-a/m^3), de las transecta pertenecientes a cada sector. Para esto las concentraciones de nutrientes de cada estación fueron integradas entre los 10 m y la máxima profundidad (~ 100 m), y las de clorofila-a, entre la superficie y los 10 m de profundidad (Tabla 22).

Tabla 22. Valores mínimos y máximos por transecta de nitrato (μM), nitrito (μM) y fosfato (μM), y de biomasa fitoplanctónica (mg Cl-a/m^3) durante la campaña de verano de 2018.

Transecta	Nitrato (μM)		Nitrito (μM)		Fosfato (μM)		Biomasa Fitoplanctónica (mg Cl-a/m^3)	
	mín	máx	mín	máx	mín	máx	mín	máx
I-II	0,0	5,0	0,0	3,4	0,5	2,6	1,1	5,9
II-II	3,3	16,7	0,1	0,3	1,3	2,4	2,8	6,8
III-IV	0,3	6,1	0,0	4,0	0,9	4,1	1,8	12,3
V-VI-VII-VIII	0,0	4,6	0,0	2,8	0,6	3,4	5,0	11,9
IX-X-XI	0,3	9,0	0,1	3,6	1,0	2,9	3,9	34,1
XII-XIII	2,4	14,6	0,1	1,9	0,0	2,8	0,7	2,9
XIV-XV	2,8	13,5	0,1	0,4	0,3	2,3	0,5	4,9

Crucero principio de primavera 2018

Las Figuras 155, 156, 157, 158, 159 y 160 muestran el comportamiento de las variables temperatura ($^{\circ}\text{C}$) y oxígeno disuelto (mL/L) en las zonas seleccionadas, a profundidades de 1, 10 y 25 m durante el principio de la primavera de 2018, incluyendo la clasificación de las zonas, y los rangos de temperatura y de contenido de oxígeno disuelto de acuerdo a la siguiente simbología.



Los rangos para el periodo de principio de primavera, obtenidos de los valores promedio por transecta (Tabla 23), son los siguientes:

Rangos de temperatura:

1 m: 15,5°C-17,5°C

10 m: 14,5°C a 16°C

25 m: 13,5°C a 14,5°C

Rangos de oxígeno disuelto:

1 m: 3-7 mL/L

10 m: 1-4,2 mL/L

25 m: 0,1-1,05 mL/L

Tabla 23. Valores promedios de temperatura (T°C) y oxígeno disuelto (mLO₂ /L) en las profundidades de 1, 10 y 25 m durante la campaña de principio de primavera de 2018.

Transectas	1 m		10 m		25 m	
	T (°C)	O ₂ (mL/L)	T (°C)	O ₂ (mL/L)	T (°C)	O ₂ (mL/L)
I	16,4	3,3	14,8	0,7	13,3	0,1
II	16,1	3,0	14,5	0,8	13,5	0,2
III-IV	16,3	4,0	15,1	2,2	13,7	0,4
V-VI-VII	16,7	4,6	15,4	2,1	14,0	0,5
IX-X-XI	16,6	4,9	14,8	2,1	13,8	0,5
XII-XIII	15,3	4,1	14,4	2,2	13,5	0,5
XV	15,5	6,9	14,4	4,5	13,4	1,9

Al principio de la primavera de 2018, también se observó la ZMO a 25 m de profundidad en toda la región, excepto en la zona de rada Paposos, asociada a la isoterma de 13,5°C.

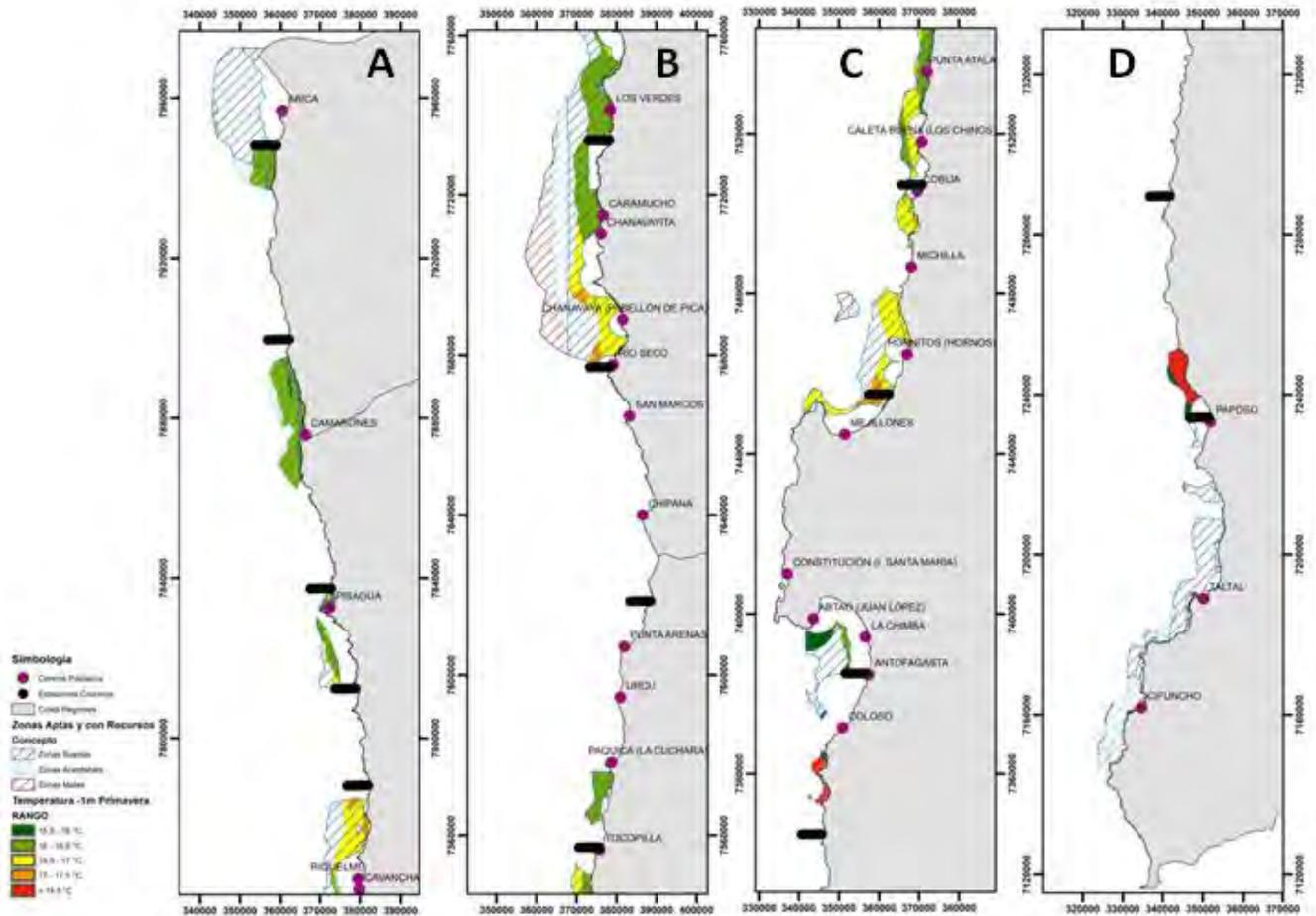


Figura 155. Temperatura (°C) a 1 m de profundidad en las zonas seleccionadas durante el principio de la primavera de 2018. A: entre Arica e Iquique, B: entre caleta Los Verdes y Tocopilla, C: entre punta Atala y caleta Amarilla, D: entre caleta Agua Salada y Cifuncho.

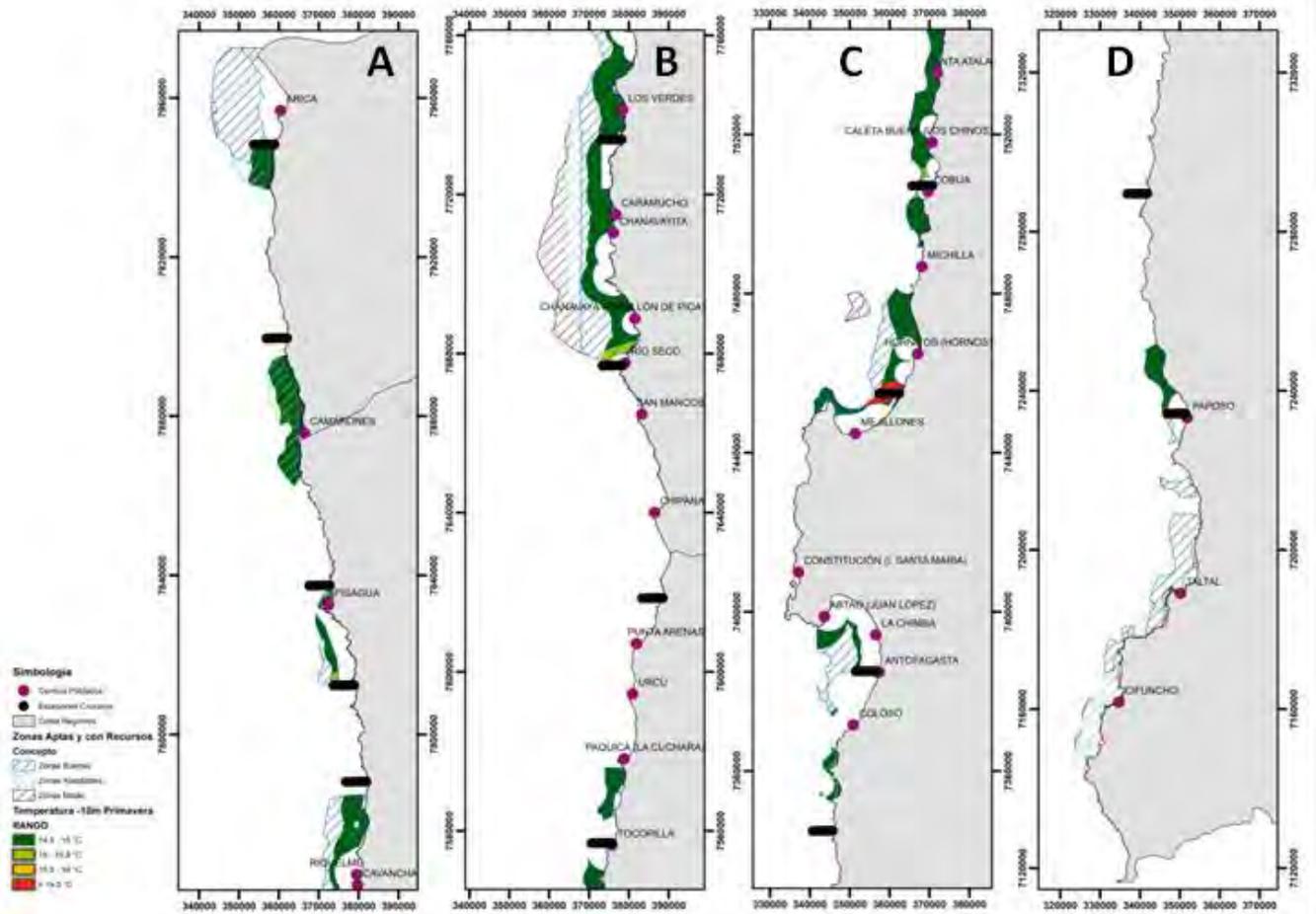


Figura 156. Temperatura (°C) a 10 m de profundidad en las zonas seleccionadas durante el principio la de primavera de 2018. A: entre Arica e Iquique, B: entre caleta Los Verdes y Tocopilla, C: entre punta Atala y caleta Amarilla, D: entre caleta Agua Salada y Cifuncho.

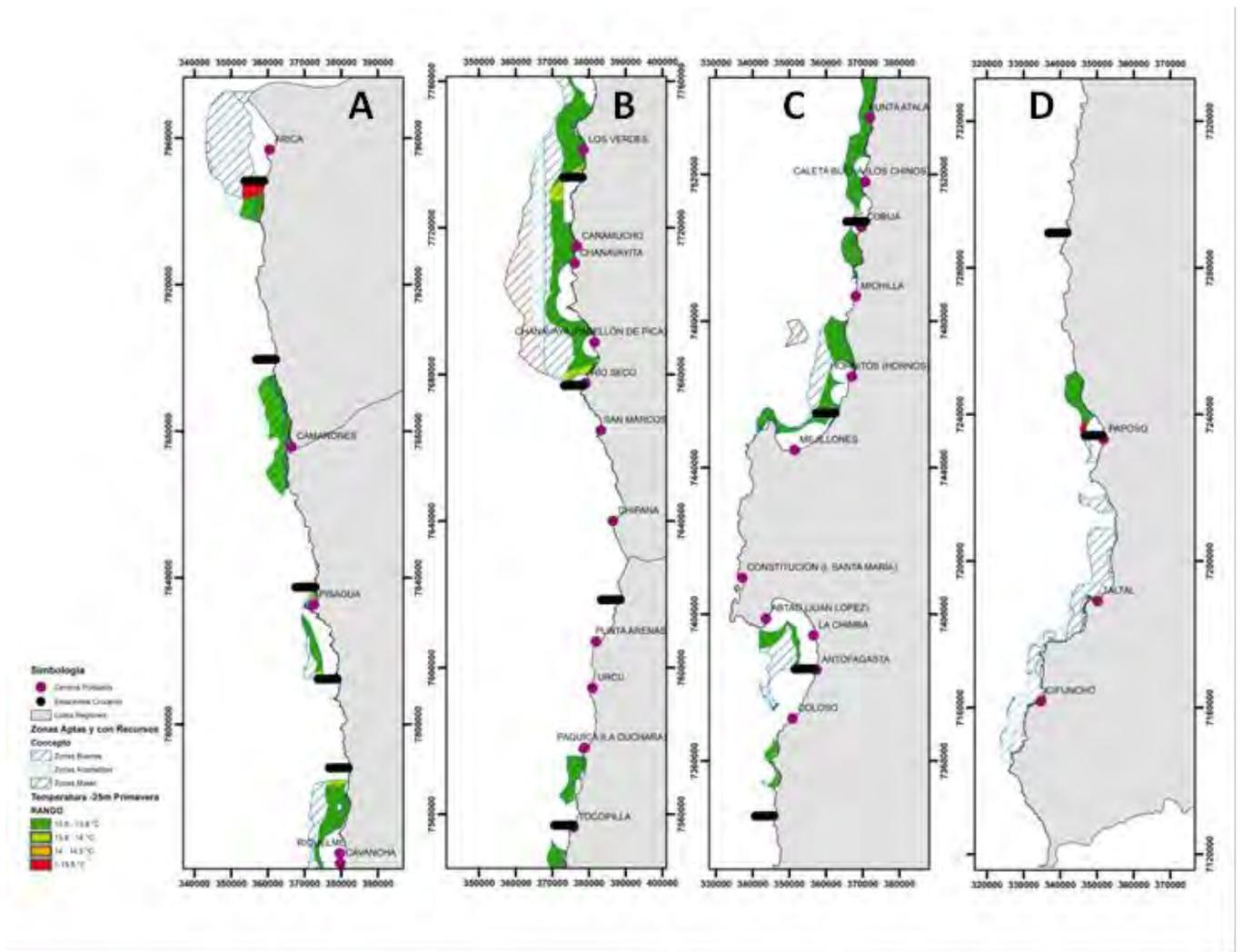


Figura 157. Temperatura (°C) a 25 m de profundidad en las zonas seleccionadas durante el principio de la primavera de 2018. A: entre Arica e Iquique, B: entre caleta Los Verdes y Tocopilla, C: entre punta Atala y caleta Amarilla, D: entre caleta Agua Salada y Cifuncho.

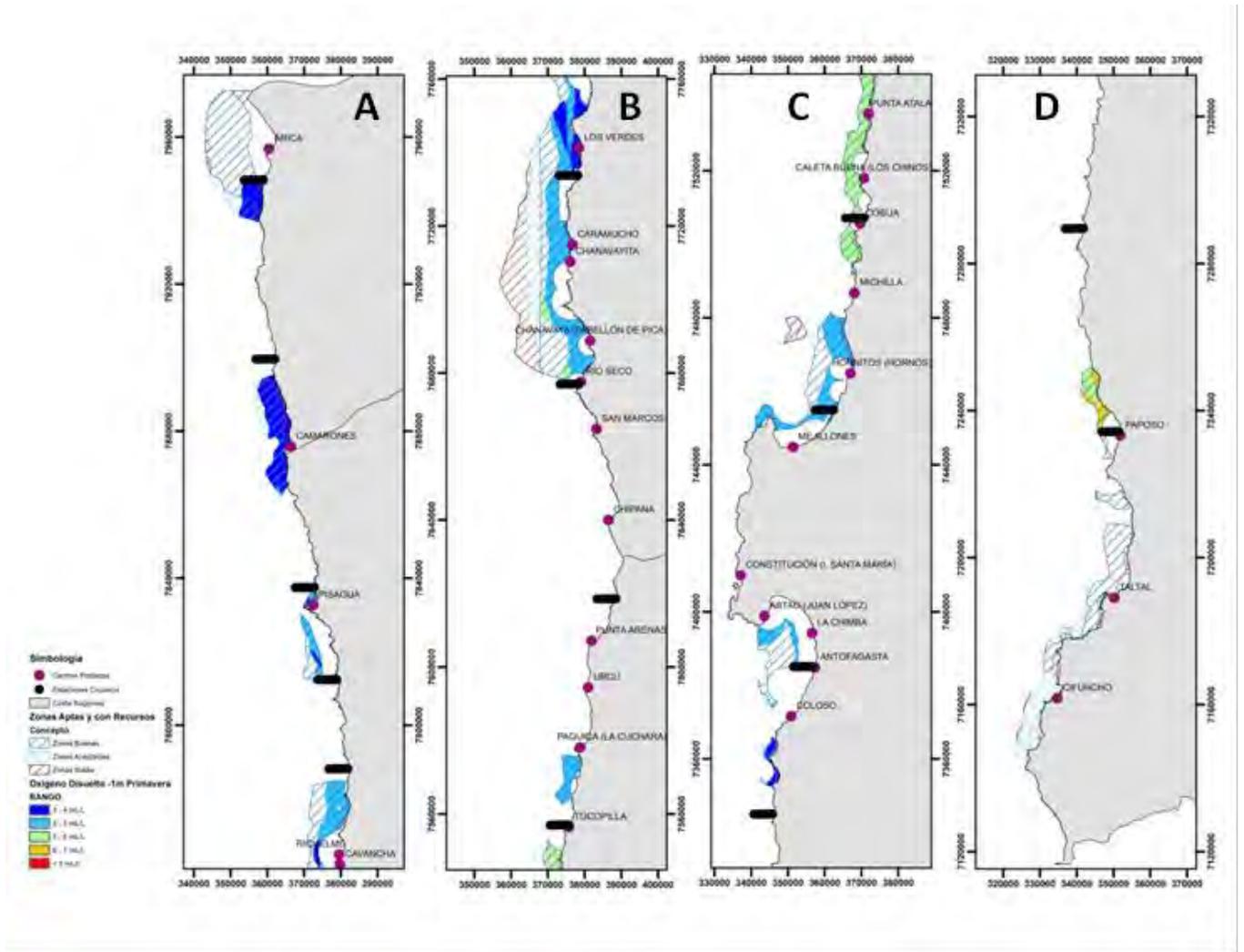


Figura 158. Oxígeno Disuelto (mL/L) a 1 m de profundidad en las zonas seleccionadas durante el principio de la primavera de 2018. A: entre Arica e Iquique, B: entre caleta Los Verdes y Tocopilla, C: entre punta Atala y caleta Amarilla, D: entre caleta Agua Salada y Cifuncho.

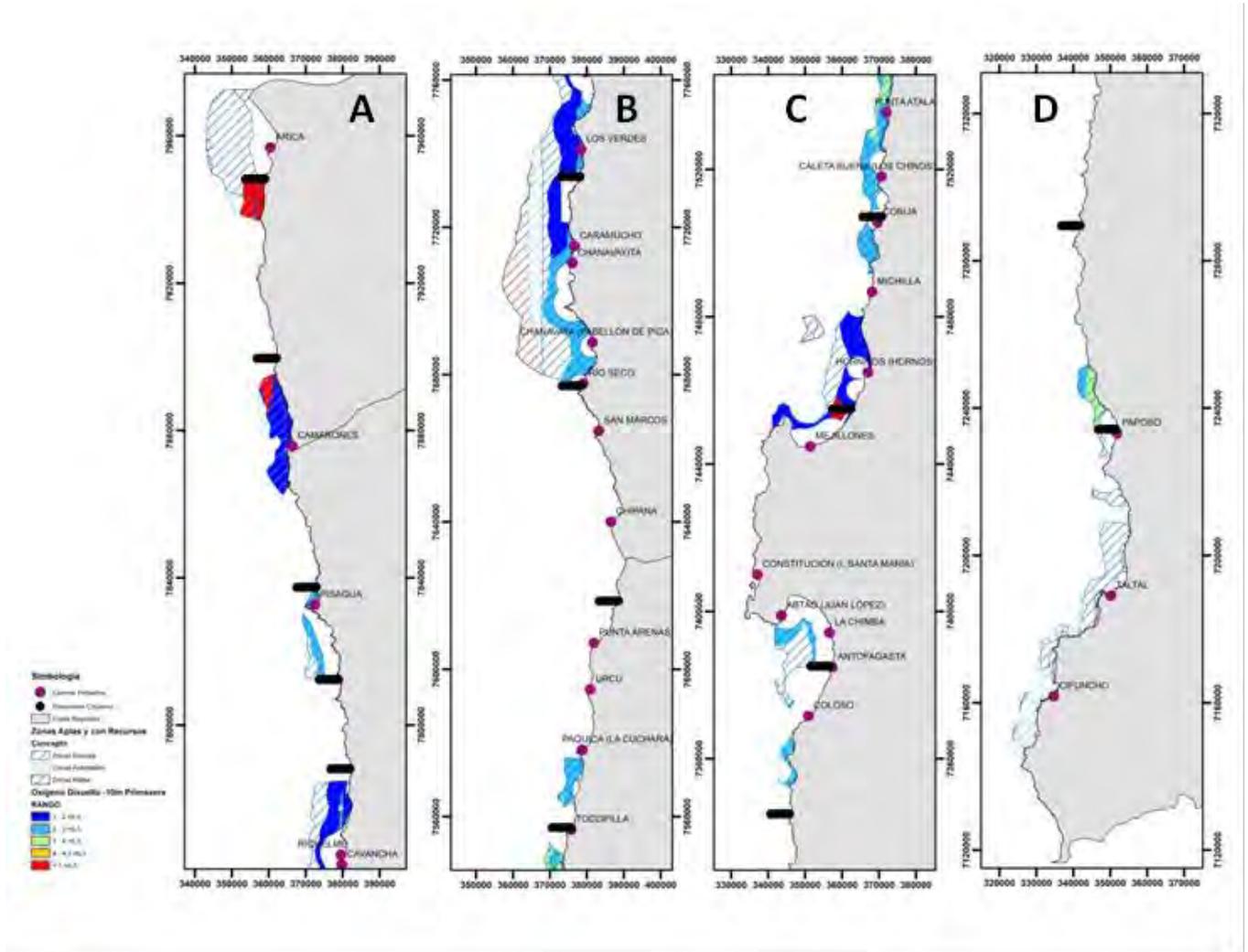


Figura 159. Oxígeno Disuelto (mL/L) a 10 m de profundidad en las zonas seleccionadas durante el principio de la primavera de 2018. A: entre Arica e Iquique, B: entre caleta Los Verdes y Tocopilla, C: entre punta Atala y caleta Amarilla, D: entre caleta Agua Salada y Cifuncho.

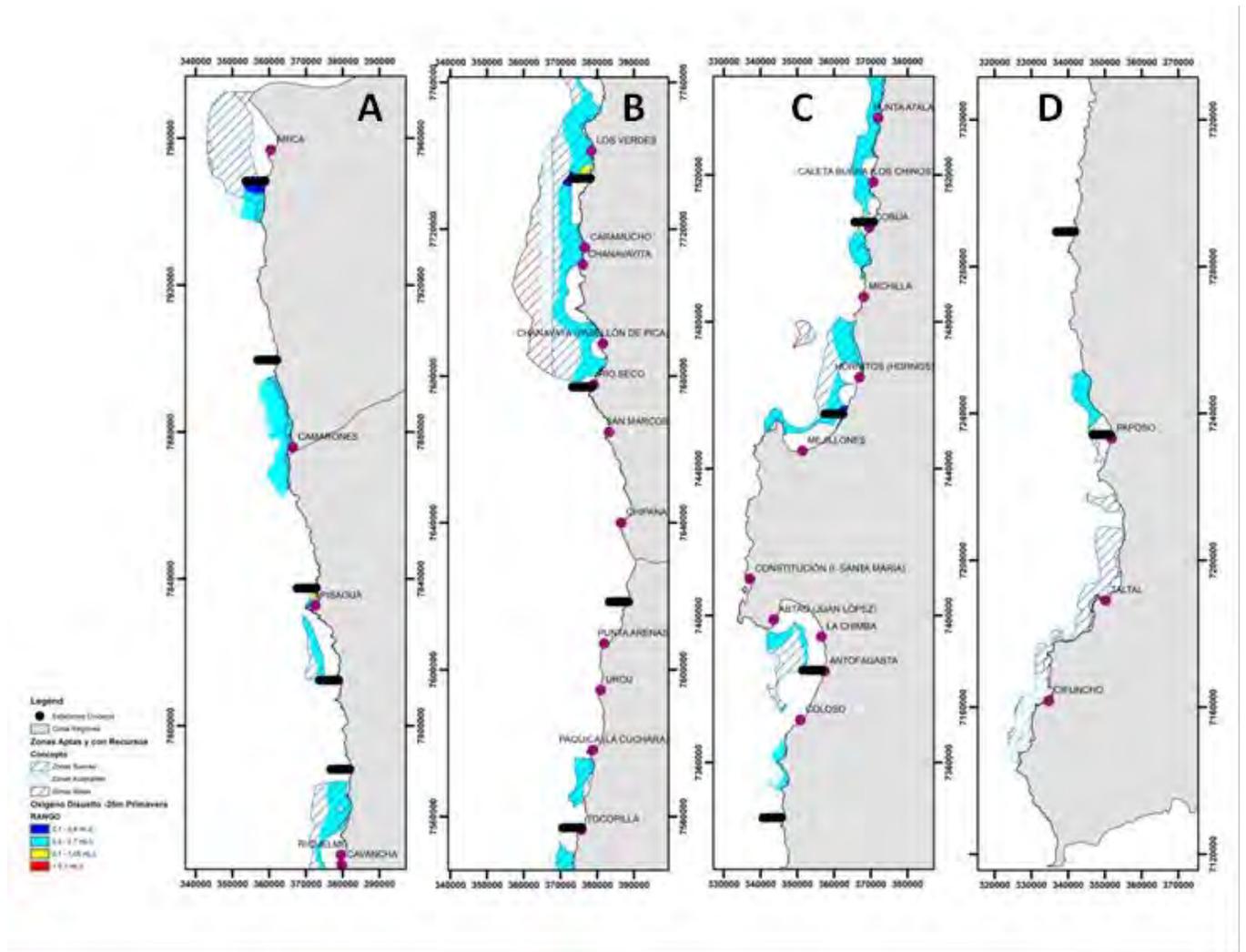


Figura 160. Oxígeno Disuelto (mL/L) a 25 m de profundidad en las zonas seleccionadas durante el principio de la primavera de 2018. A: entre Arica e Iquique, B: entre caleta Los Verdes y Tocopilla, C: entre punta Atala y caleta Amarilla, D: entre caleta Agua Salada y Cifuncho.

En relación a la distribución vertical, en las transectas del sector A, entre Arica e Iquique, la termoclina osciló entre 3 y 19 m de profundidad y la ZMO se ubicó entre los 5 y 25 m (Figuras 161 y 162). En el sector B, entre caleta Los Verdes y Tocopilla, mostraron una termoclina oscilando entre 7 y 17 m de profundidad y la ZMO entre los 11 y 31 m (Figuras 163 y 164). Entre punta Atala y caleta Amarilla, sector C, se observó la termoclina entre los 4 y 15 m de profundidad, y la ZMO entre los 6 y 26 m (Figuras 165 y 166) y las secciones

verticales de las transectas del sector D, caleta Botija y rada Paposo, mostraron una termoclina muy somera, entre 2 y 8 m de profundidad, y la ZMO localizada entre los 8 y 54 m (Figura 167).

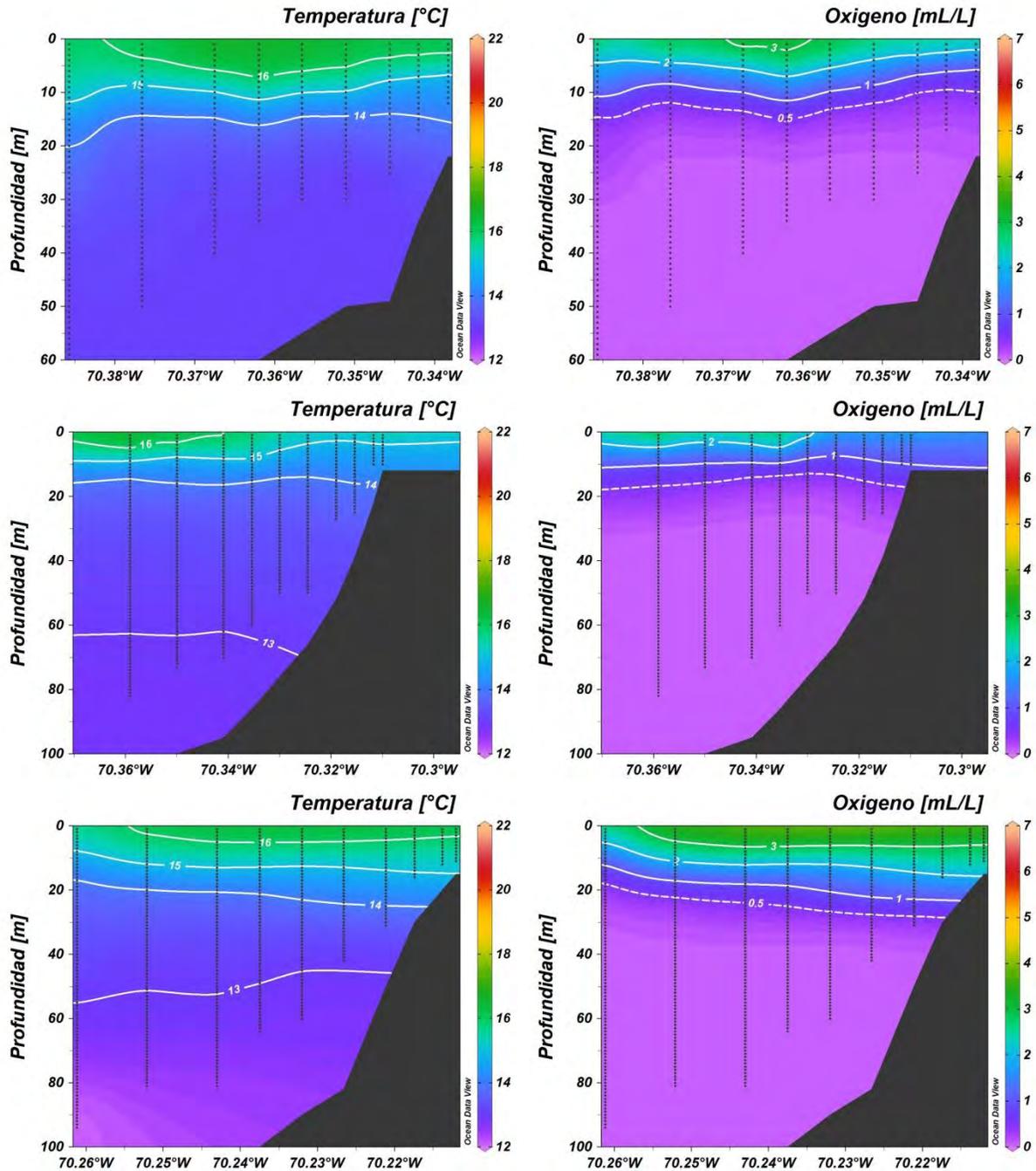


Figura 161. Secciones verticales de Temperatura (°C) (panel izquierdo) y oxígeno disuelto (mL/L) (panel derecho) en las transectas I, II y III, correspondiente al Sector A.

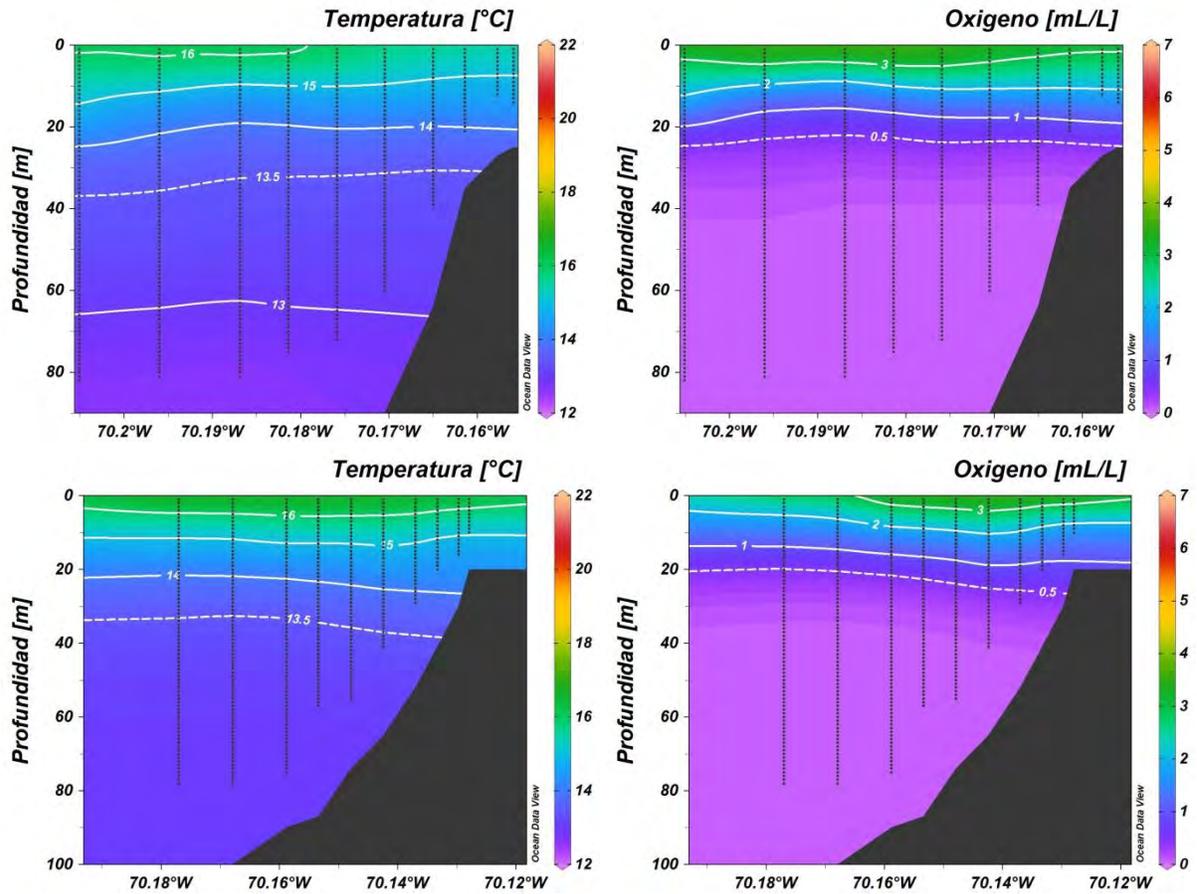


Figura 162. Secciones verticales de Temperatura (°C) (panel izquierdo) y oxígeno disuelto (mL/L) (panel derecho) en las transectas IV y V, correspondiente al Sector A.

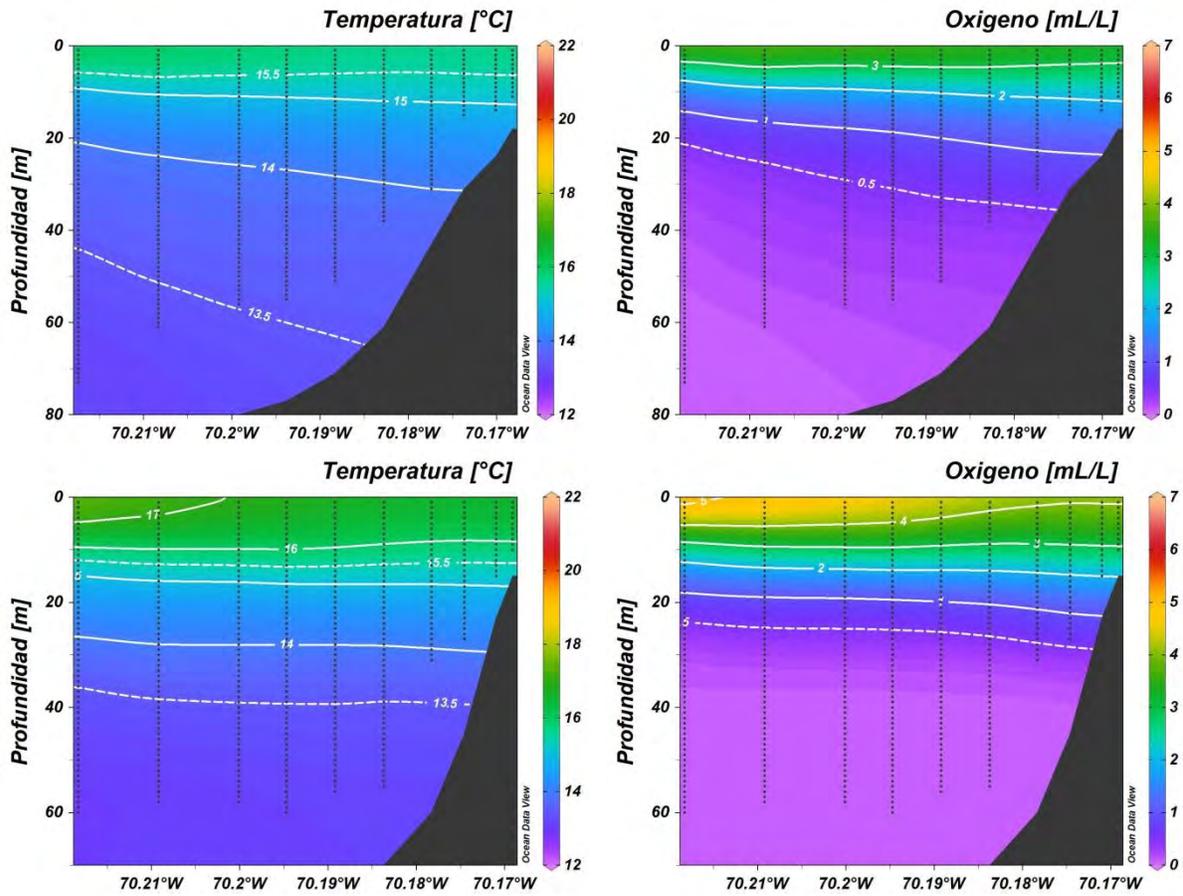


Figura 163. Secciones verticales de Temperatura (°C) (panel izquierdo) y oxígeno disuelto (mL/L) (panel derecho) en las transectas VI y VII, correspondiente al Sector B.

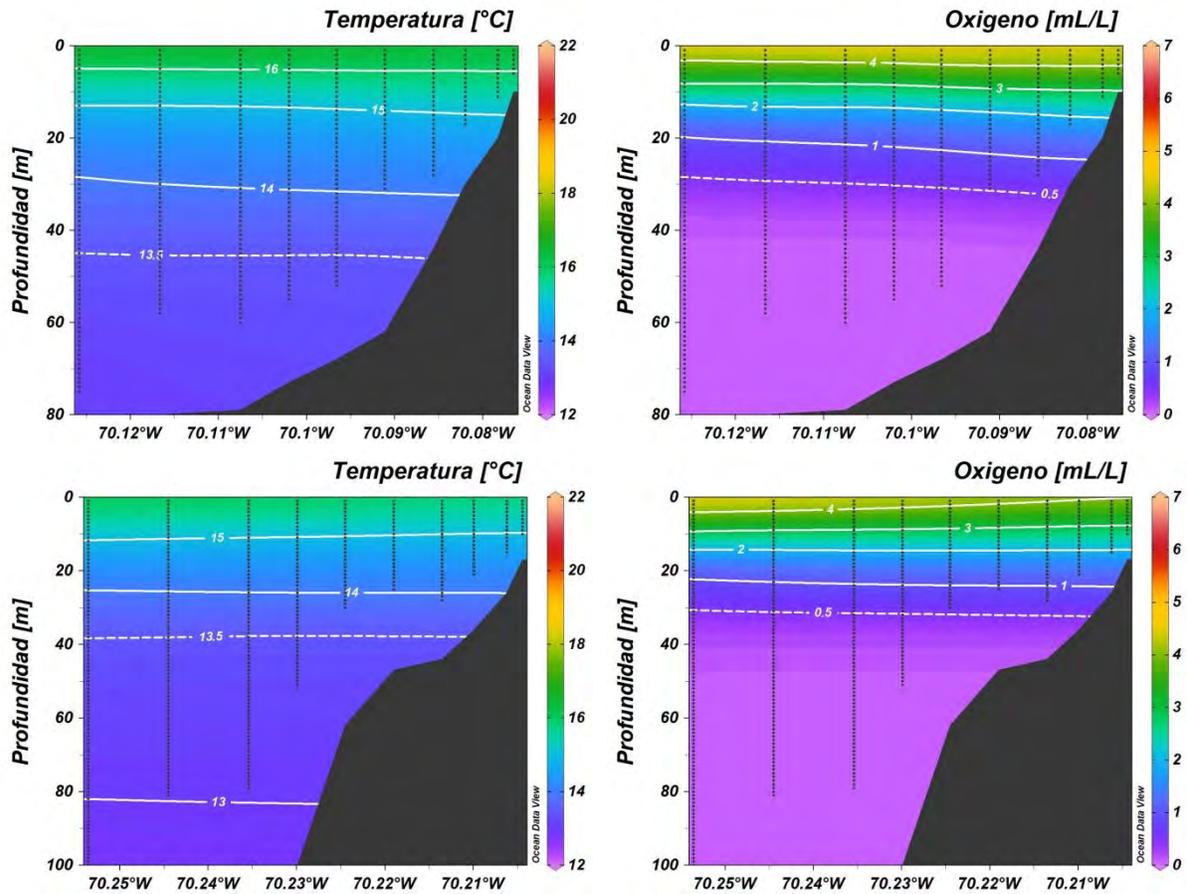


Figura 164. Secciones verticales de Temperatura (°C) (panel izquierdo) y oxígeno disuelto (mL/L) (panel derecho) en las transectas VIII y IX, correspondiente al Sector B.

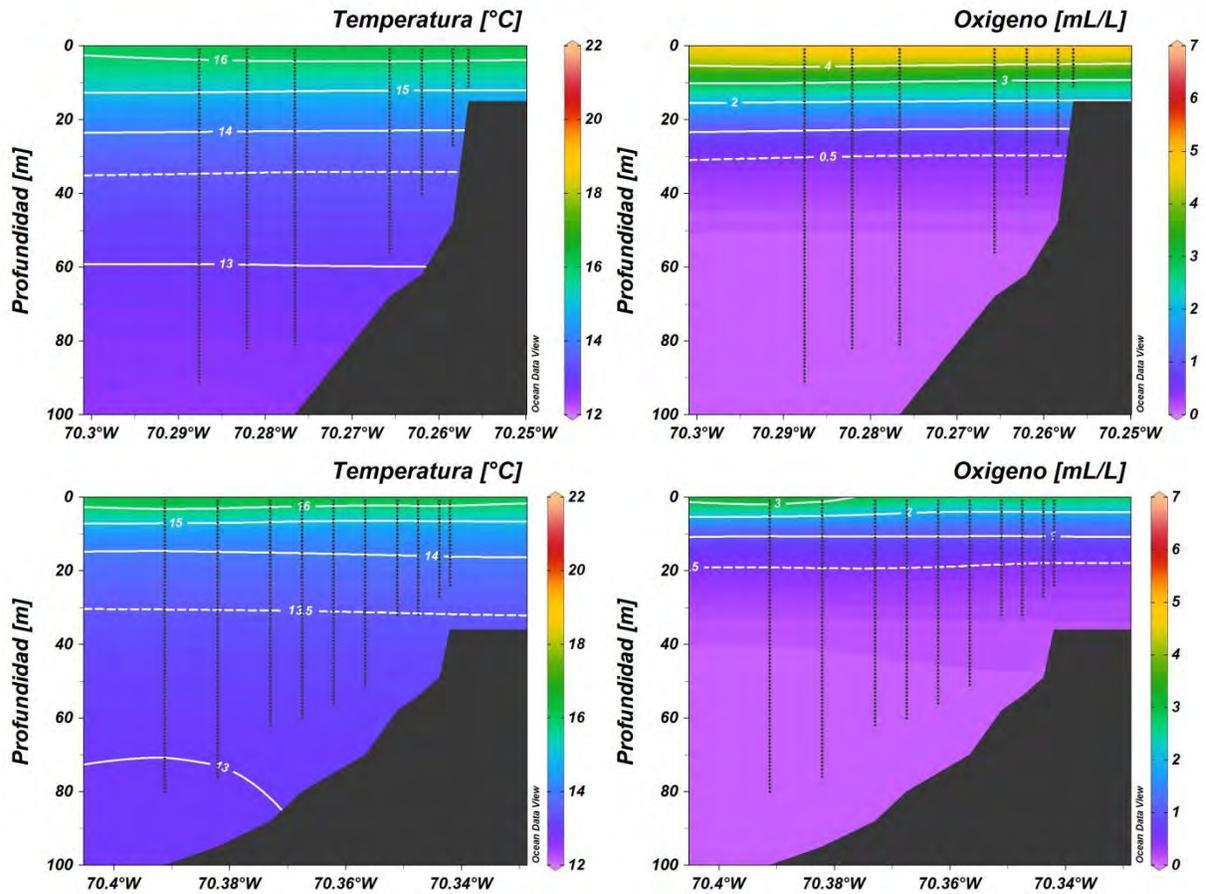


Figura 165. Secciones verticales de Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) (panel izquierdo) y oxígeno disuelto (mL/L) (panel derecho) en las transectas X y XI, correspondiente al Sector C.

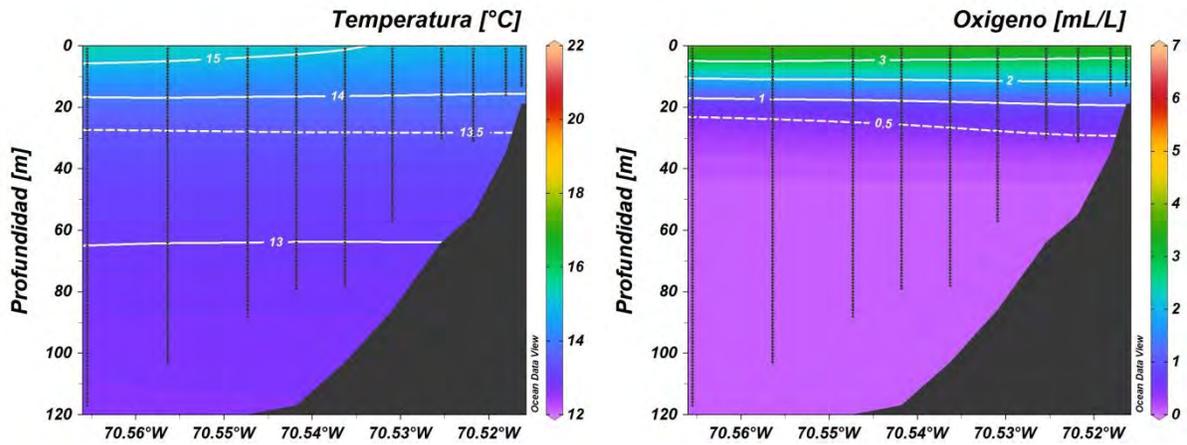


Figura 166. Secciones verticales de Temperatura (°C) (panel izquierdo) y oxígeno disuelto (mL/L) (panel derecho) en la transecta XIII, correspondiente al Sector C.

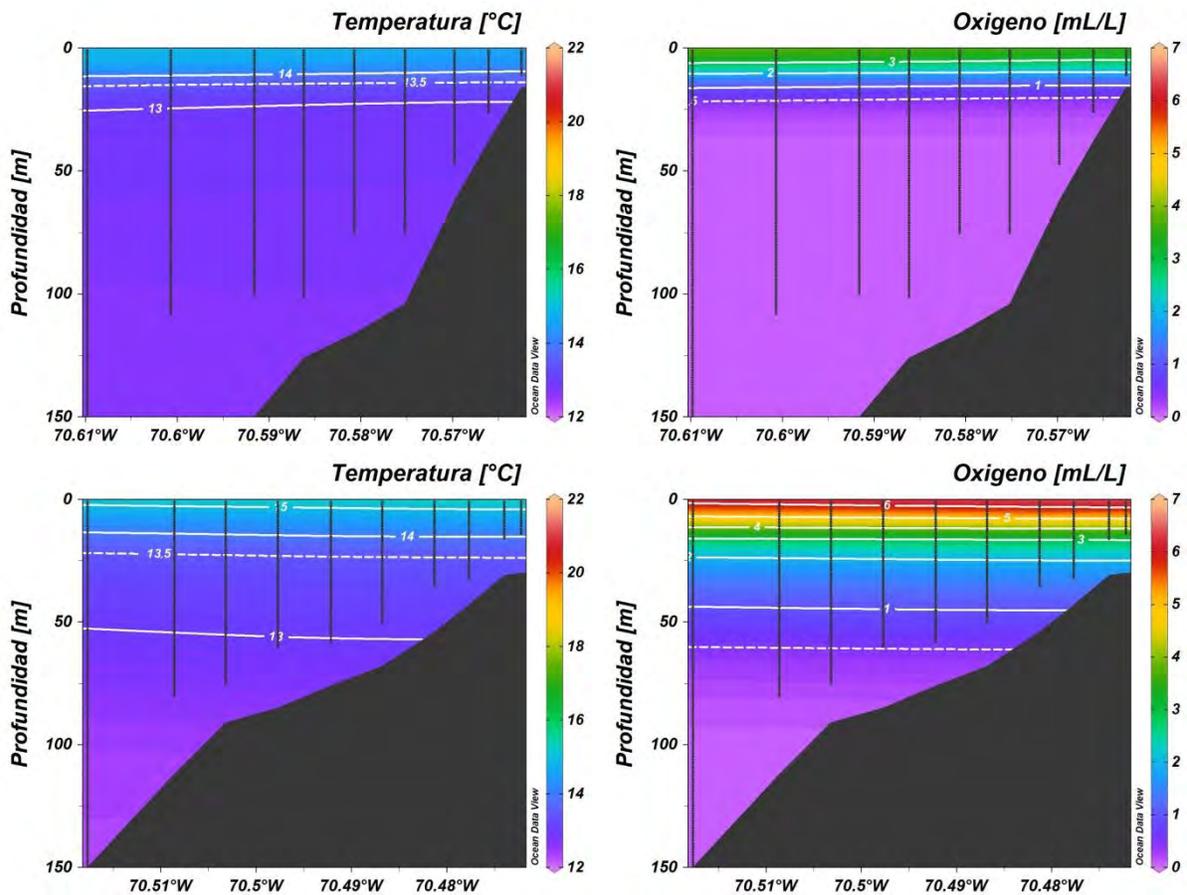


Figura 167. Secciones verticales de Temperatura (°C) (panel izquierdo) y oxígeno disuelto (mL/L) (panel derecho) en la transecta XIV y XV, correspondiente al Sector D.

En relación al contenido de nutrientes y biomasa fitoplanctónica asociado a las zonas seleccionadas, en la Tabla 24 se muestran los valores integrados por transecta, lo cual se realizó siguiendo el mismo procedimiento que el descrito para la campaña de verano.

Tabla 24. Valores mínimos y máximos por transecta de nitrato (μM), nitrito (μM) y fosfato (μM), y de biomasa fitoplanctónica (mg Cl-a/m^3) durante la campaña de principio de primavera de 2018.

Transecta	Nitrato (μM)		Nitrito (μM)		Fosfato (μM)		Biomasa Fitoplanctónica (mg Cl-a/m^3)	
	mín	máx	mín	máx	mín	máx	mín	máx
I	3,6	10,4	0,5	4,7	1,2	3,0	3,6	8,9
II	8,4	13,4	0,04	1,1	1,5	2,4	2,3	14,2
III-IV	6,5	17,0	0,1	1,4	1,5	2,5	2,8	14,4
V-VI-VII	0,8	15,5	0,0	1,1	1,2	3	5,4	41
IX-X-XI	4,4	13,5	0,0	1,5	1,2	2,6	5,1	24,5
XII-XIII	6,1	12,1	0,2	1,7	0,8	2,4	0,5	7,3
XV	3,7	11,3	0,1	0,3	1,0	2,6	18,2	55,8

Análisis del COP en las zonas seleccionadas

El COP incluye organismos vivos del fitoplancton y zooplancton y se considera parte del inventario de carbono para la región. Por lo anterior, para efecto del presente trabajo, puede considerarse como una variable proxy de la disponibilidad de alimento para las potenciales especies marinas a cultivar.

Para relacionar al COP con las zonas seleccionadas como aptas para la acuicultura, el área de estudio fue dividida en 8 sectores. El sector 1 incluyó la transecta I, el sector 2 la transecta II, el sector 3 las transecta III y IV, el 4 incluyó las transectas V a la VII, el 5 las transectas IX, X y XI, el sector 6 las transectas XII y XIII y el sector 7 las transectas XIV y XV. La zona entre Arica y caleta Vitor (sectores 1 y 2) muestra la mayor concentración de esta variable ($>900 \text{ mg m}^{-3}$), y por lo tanto sería el más importante. En un segundo nivel queda el área entre Pisagua y punta Amarilla (sectores 3, 4, 5 y 6), con concentraciones de COP entre 550 y 800 mg m^{-3} . El sector 7, entre caleta Botija y rada Paposo, presentó en promedio concentraciones cercanas a 500 mg m^{-3} , y por lo tanto sería el menos apto desde el punto de vista del COP (Figuras 168).

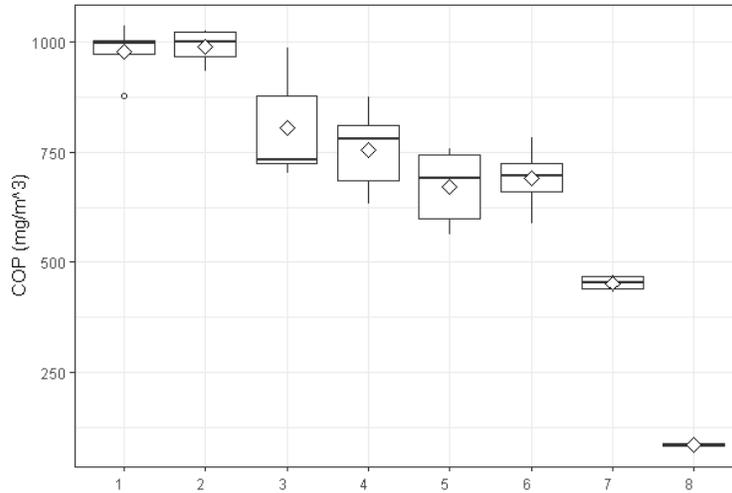


Figura 168. Concentraciones promedio de Carbono Orgánico Particulado (COP) (mg m^{-3}) por sector dentro del área de estudio. Sector 1: transecta I, Sector 2: transecta II, Sector 3: transectas III y IV, Sector 4: transectas V a la VII, Sector 5: transectas IX, X y XI, Sector 6: transectas XII y XIII, Sector 7: transectas XIV y XV.

Con la información del COP se construyó un mapa, tipo capa ráster en la zona de estudio y luego, en función de su peso, fue recalificado en términos de rangos (Figura 169). Finalmente se realiza el cruce del COP con las zonas seleccionadas en el estudio (Figura 170).

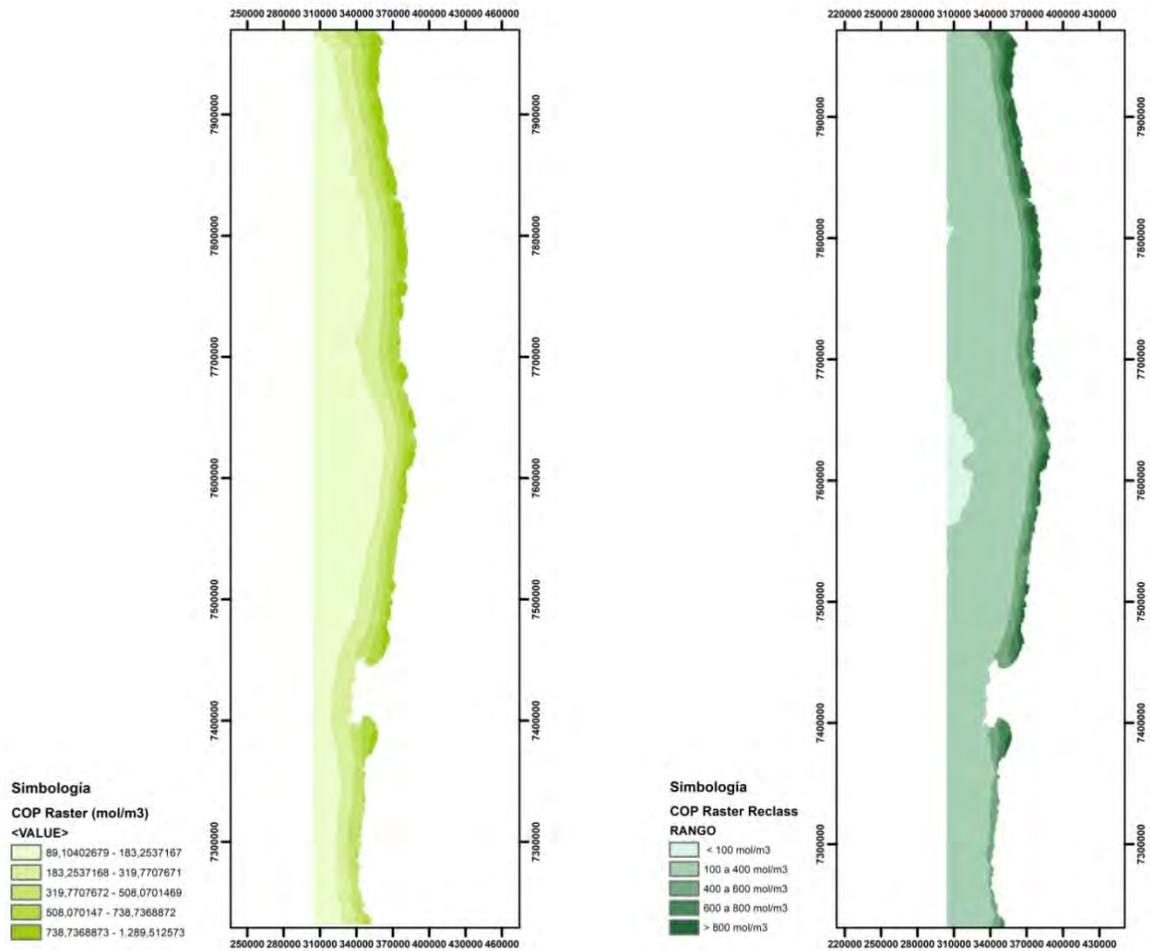


Figura 169. Imágenes raster en bruto y reclasificada del COP (mg/m³) para la zona de estudio.

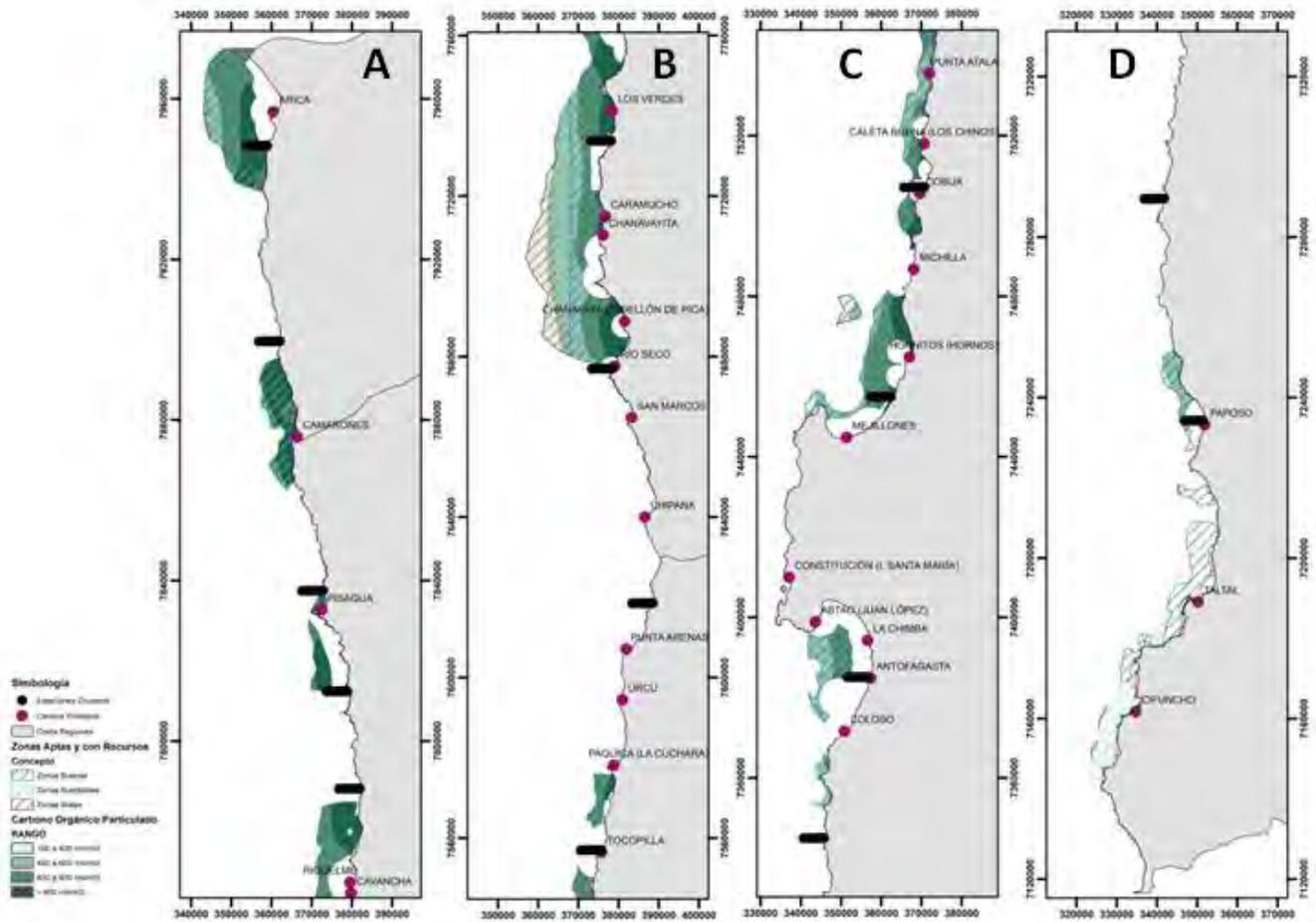


Figura 170. Cruce del COP (mg/m³) con las zonas seleccionadas en el estudio. A: entre Arica e Iquique, B: entre caleta Los Verdes y Tocopilla, C: entre punta Atala y caleta Amarilla, D: entre caleta Agua Salada y Cifuncho.

Propuesta de Áreas Apropriadadas para la Acuicultura

De acuerdo con los resultados obtenidos en el presente proyecto, se proponen los sectores que desde el punto de vista biofísico presentan las características apropiadas para el desarrollo de actividades de acuicultura en la XV Región de Arica y Parinacota, de Tarapacá y de Antofagasta.

El resultado final de la selección de las zonas con aptitudes biofísicas para actividades de acuicultura fue sectorizado por región de norte a sur, definiendo sectores y subsectores de acuerdo con su extensión y en aproximación a las transectas de las estaciones de muestreo definidas en el proyecto.

A la extensión total de las zonas identificadas y seleccionadas se les restó las A.A.A. establecidas por decretos para las respectivas regiones quedando identificadas solamente las áreas definidas por el presente proyecto.

Se determinó el centroide de cada sector y subsector para establecer su georreferenciación y se determinó el área respectiva de cada uno.

Áreas Apropriadadas para la Acuicultura propuestas para la XV Región de Arica y Parinacota

En la XV Región se establecieron 4 sectores de norte a sur, los cuales alcanzan una extensión total de 74.341 hectáreas como se muestra en la Tabla 25 y la Figura 171.

Tabla 25. Sectores de A.A.A. propuestos para la Región de Arica y Parinacota.

Región	Sector	Área (Ha)	Centroide Sector	
			UTM X (m)	UTM Y (m)
XV - Arica y Parinacota	1	34.629,96	347.360,4975	7.961.643,5811
	2	27.814,45	354.057,8022	7.926.743,1509
	3	11.272,00	359.310,3683	7.888.942,4588
	4	624,71	363.720,8040	7.875.603,0231
Área Total Región		74.341,12		

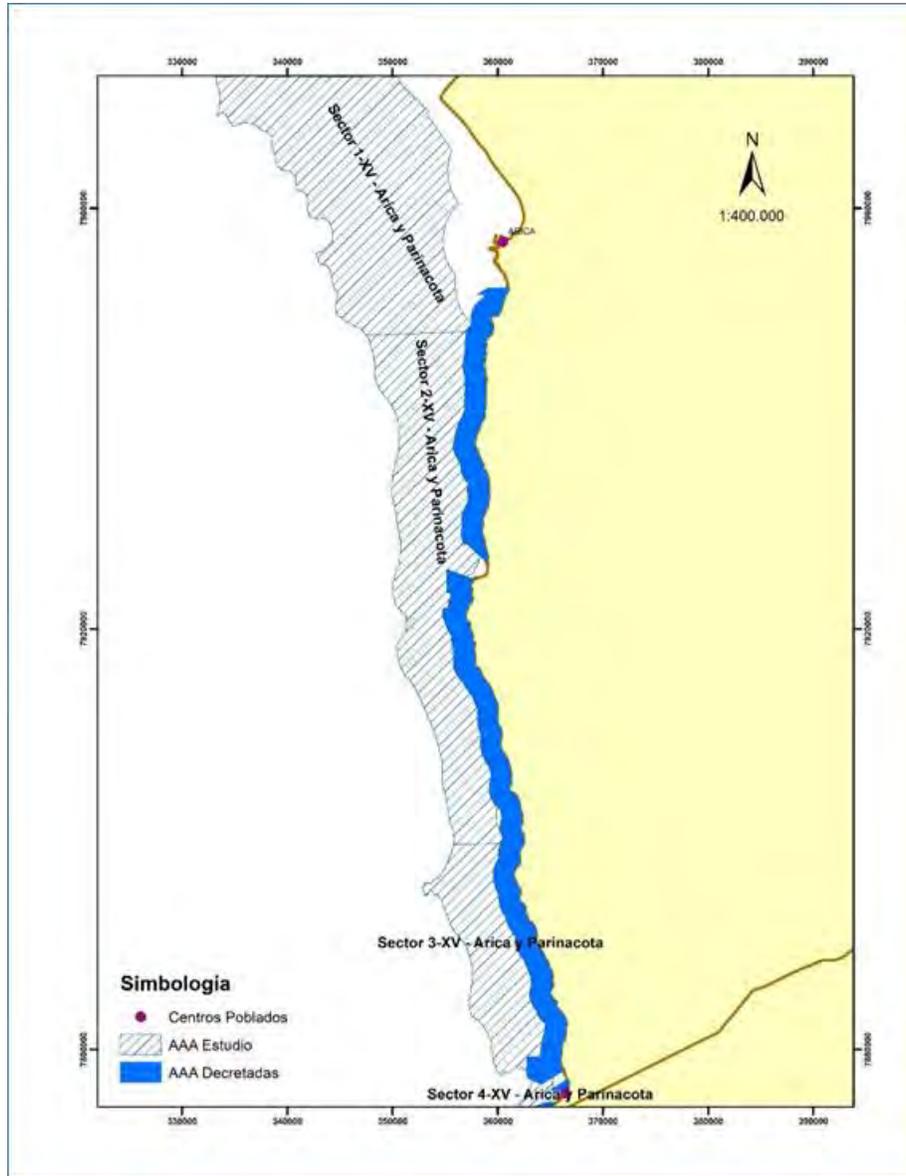


Figura 171. Sectores de A.A.A. en la región de Arica y Parinacota.

Áreas Apropriadadas para la Acuicultura propuestas para la I Región de Tarapacá

Para la I Región de Tarapacá se establecieron 6 sectores y 2 subsectores, la extensión total de las áreas propuestas para esta región es de 165.744,68 hectáreas como se muestra en la Tabla 26 y la Figuras 172, 173, 174 y 175.

Tabla 26. Sectores de A.A.A. propuestos para la Región de Tarapacá.

Región	Sector	Subsector	Área Subsector (Ha)	Área Sector (Ha)	Centroide Sector/Subsector	
					UTM X (m)	UTM Y (m)
I - Tarapacá	1			26.899,38	364.090,3347	7.851.295,4516
	2	2.1	4.162,23	9.661,91	367.380,5959	7.835.279,1009
		2.2	5.499,68		372.161,5791	7.819.019,6586
	3			10.505,26	375.315,2172	7.801.174,1868
	4			35.694,40	373.693,6427	7.759.051,1222
	5			51.684,88	370.145,2567	7.704.310,2228
	6			31.298,85	377.498,7693	7.655.137,0993
Área Total Región				165.744,68		

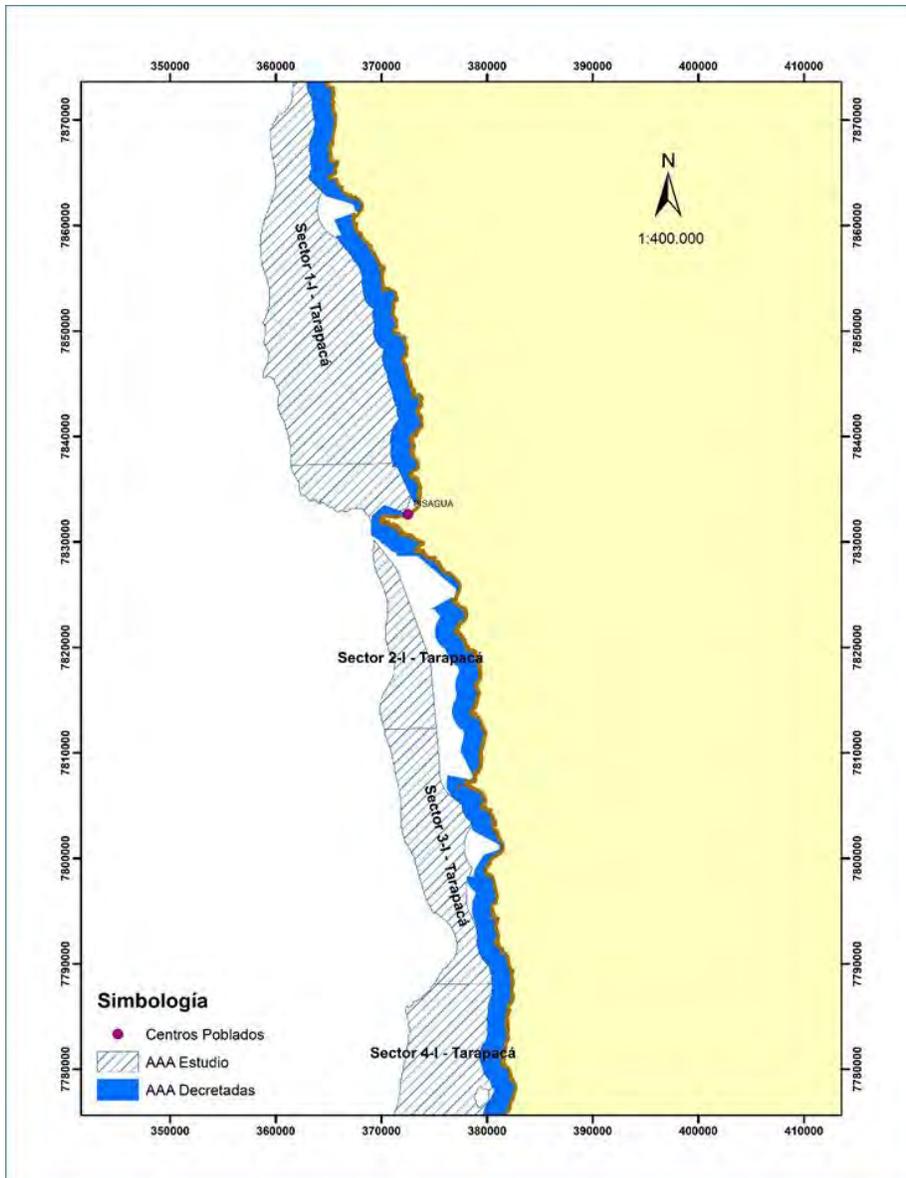


Figura 172. Sectores de A.A.A. en la región de Tarapacá – (Sectores 1, 2, 3 y 4).

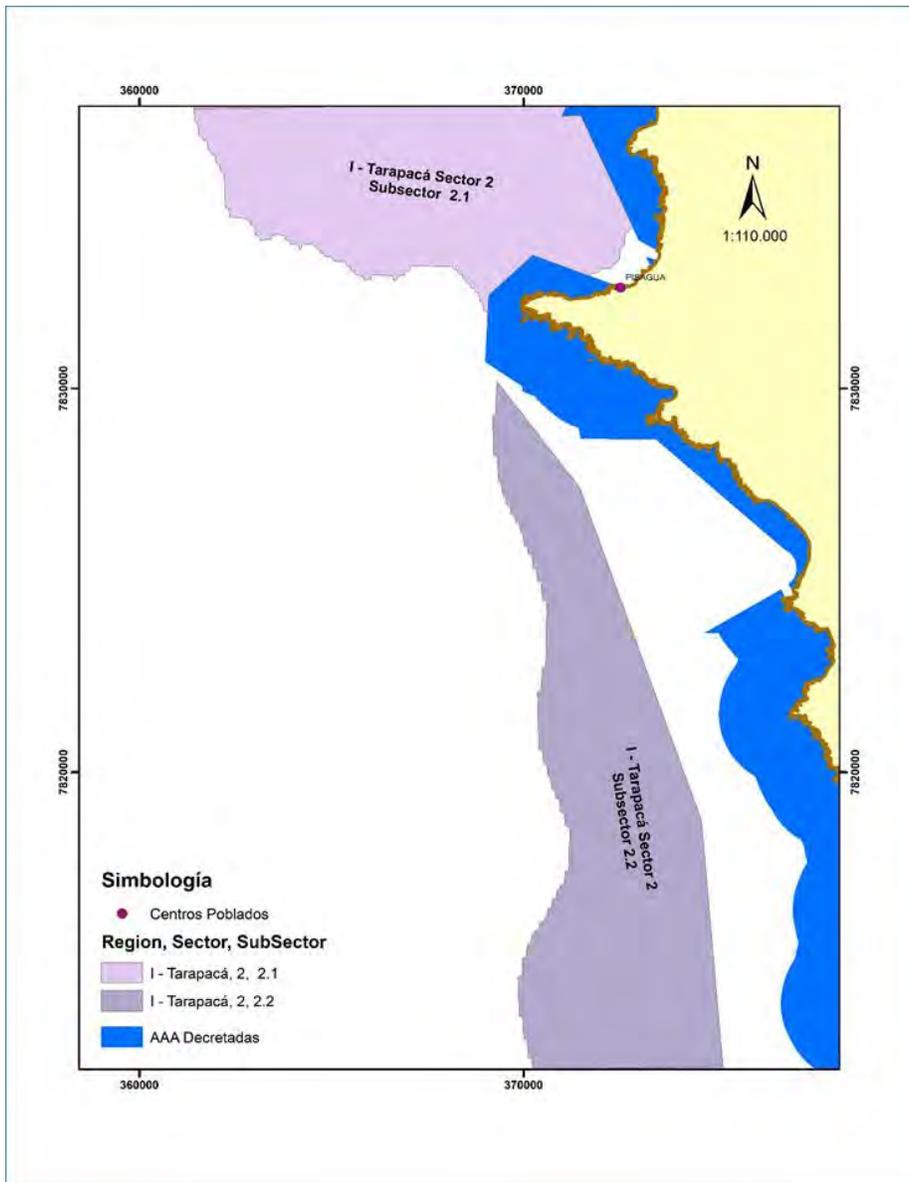


Figura 173. Subsectores del Sector 2 de la A.A.A. propuestas para la región de Tarapacá.

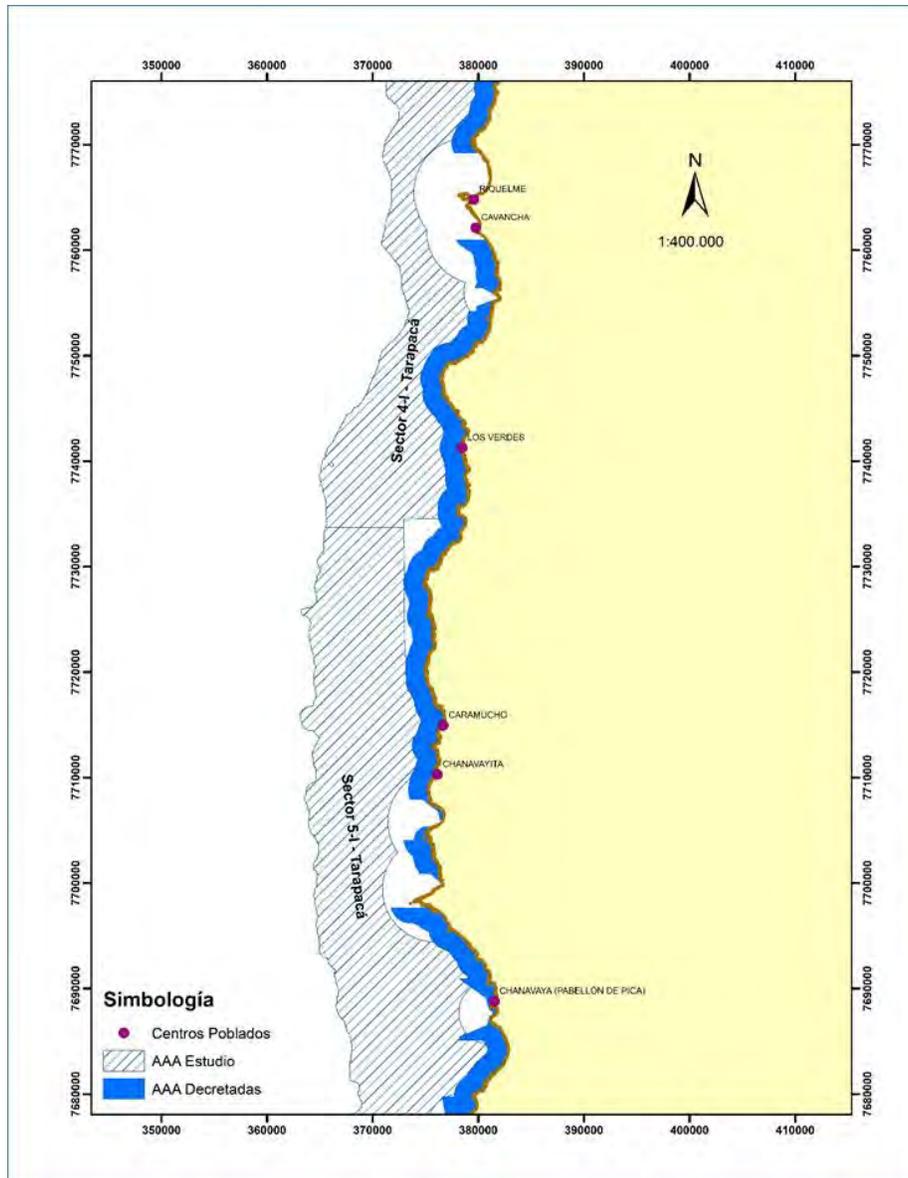


Figura 174. Sectores de la A.A.A. en la región de Tarapacá – (Sectores 4 y 5).

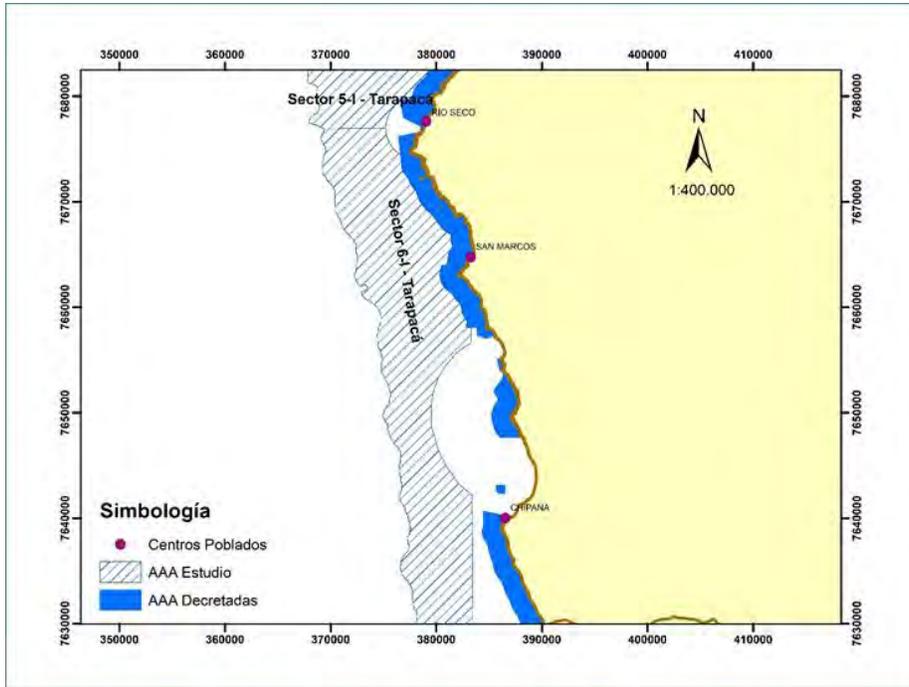


Figura 175. Sectores de la A.A.A. en la región de Tarapacá – (Sectores 5 y 6).

Áreas Apropriadadas para la Acuicultura propuestas para la II Región de Antofagasta

Para la II Región de Antofagasta se establecieron 8 sectores y 15 subsectores, la extensión total de las áreas propuestas para esta región es de 117.632,10 hectáreas como se muestra en la Tabla 27 y la Figuras 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185 y 186.

Tabla 27. Sectores de A.A.A. propuestos para la Región de Antofagasta.

Región	Sector	Subsector	Área Subsector (Ha)	Área Sector (Ha)	Centroide Sector/Subsector	
					UTM X (m)	UTM Y (m)
II - Antofagasta	1			7.099,02	380.229,8956	7.623.764,3550
	2			28.257,23	376.839,3504	7.596.164,5767
	3			9.471,15	368.447,4367	7.528.924,8009
	4	4.1	1.923,92	21.016,82	366.137,0742	7.498.934,5270
		4.2	17.675,83		358.975,7959	7.465.037,8651
		4.3	770,26		353.720,7742	7.476.010,2238
		4.4	646,81		343.639,4535	7.454.912,3374
	5	5.1	12.441,79	13.222,85	347.443,9722	7.388.956,5849
		5.2	211,85		344.209,5181	7.362.868,7586
		5.3	94,31		343.449,4773	7.353.735,8161
		5.4	474,91		343.763,5178	7.346.767,6796
	6	6.1	827,70	2.404,07	344.661,2183	7.339.777,6893
		6.2	700,34		341.459,5496	7.317.702,9179
		6.3	876,03		339.877,3043	7.296.020,0461
	7	7.1	2.633,99	6.678,53	338.784,8355	7.273.169,1820
		7.2	4.044,54		343.889,3176	7.243.362,4172
	8	8.1	15.359,74	29.482,42	348.198,3668	7.199.470,2016
		8.2	14.122,68		329.142,5986	7.147.840,1955
Área Total Región				117.632,10		

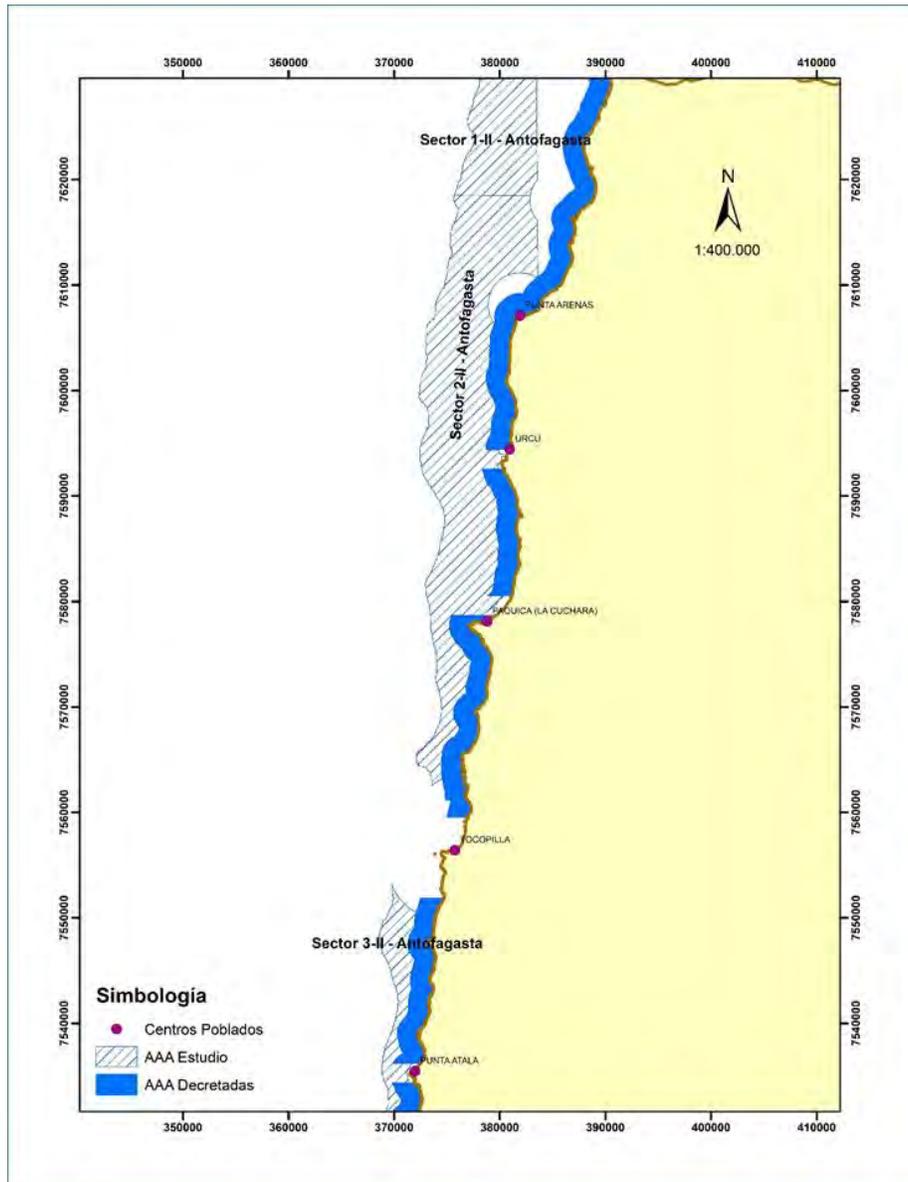


Figura 176. Sectores de la A.A.A. en la región de Antofagasta – (Sectores 1, 2 y 3).

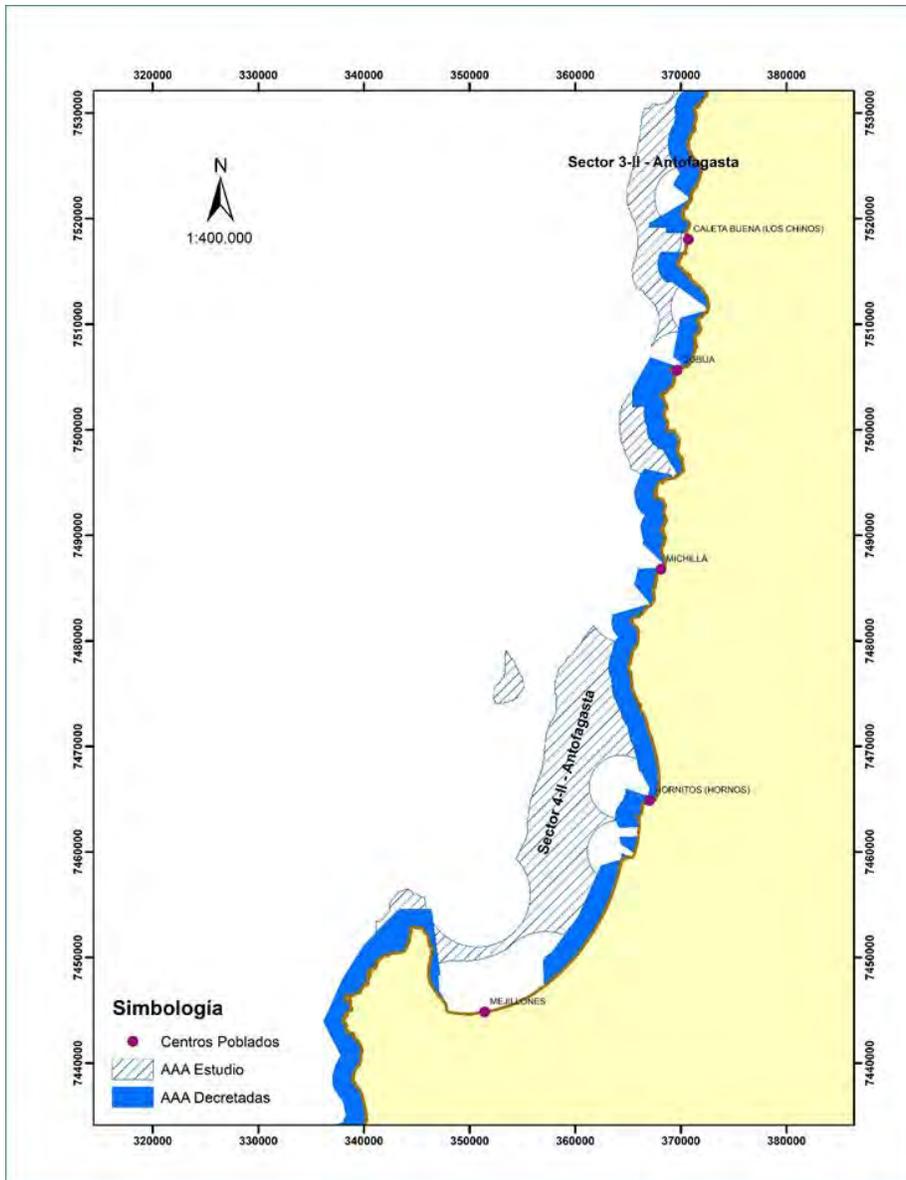


Figura 177. Sectores de la A.A.A. en la región de Antofagasta – (Sectores 3 y 4).

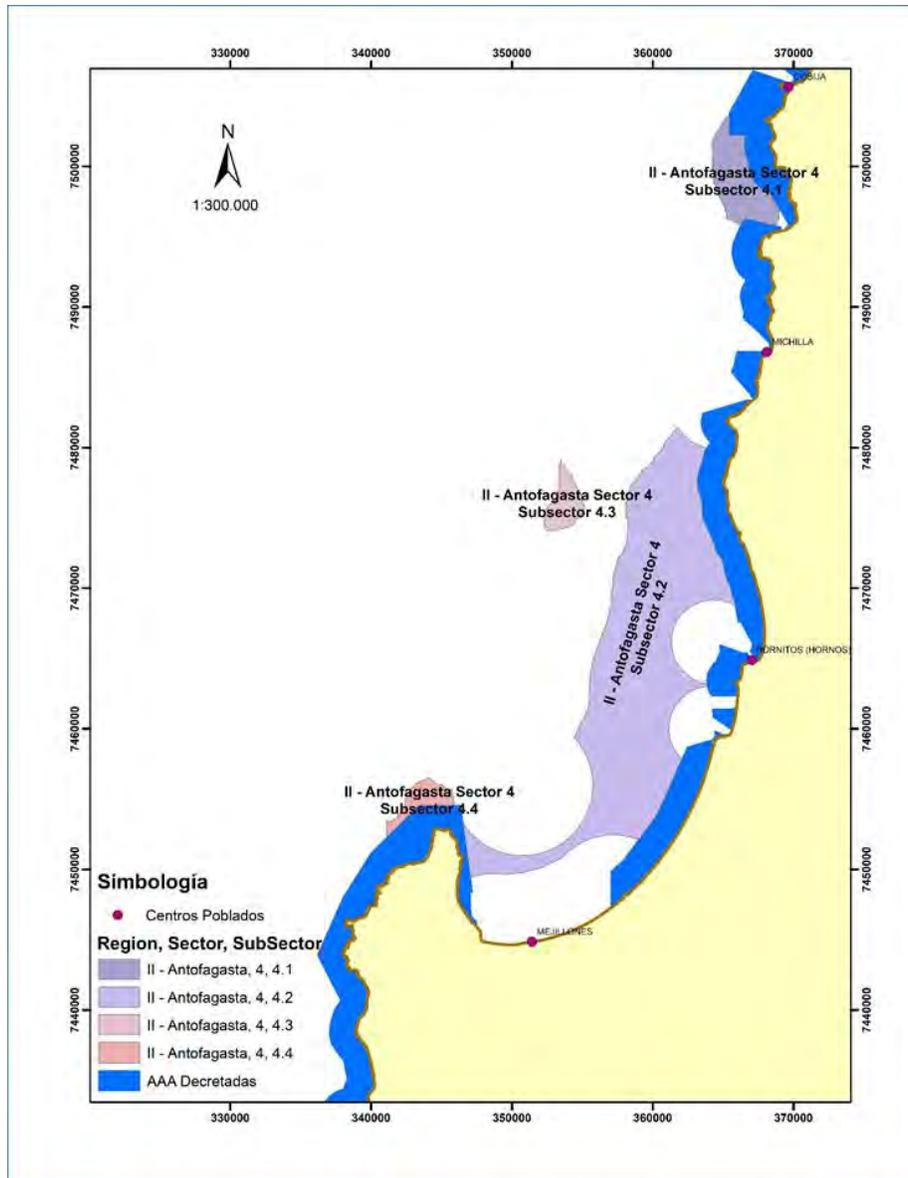


Figura 178. Subsectores del sector 4 de la A.A.A. propuesta para región de Antofagasta.

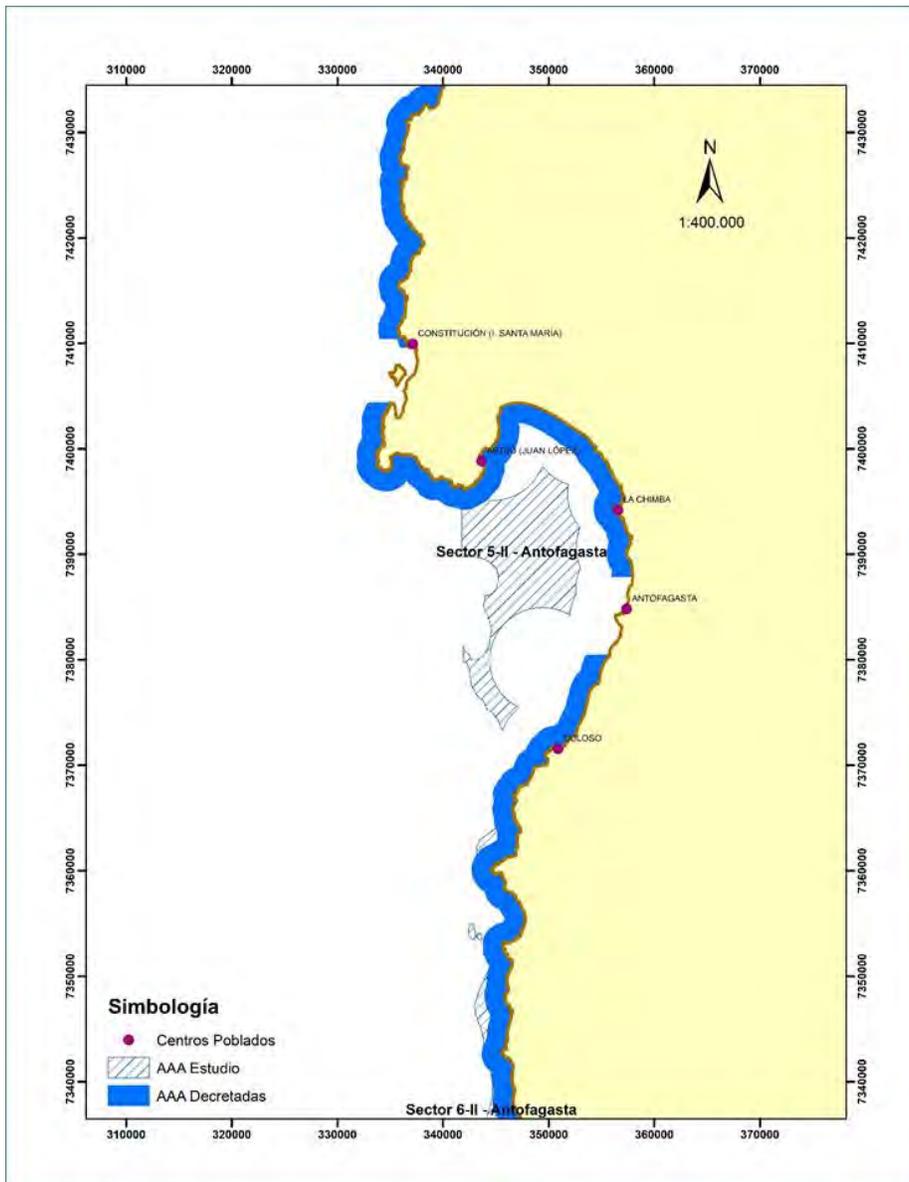


Figura 179. Sectores de la A.A.A. en la región de Antofagasta – (Sector 5).

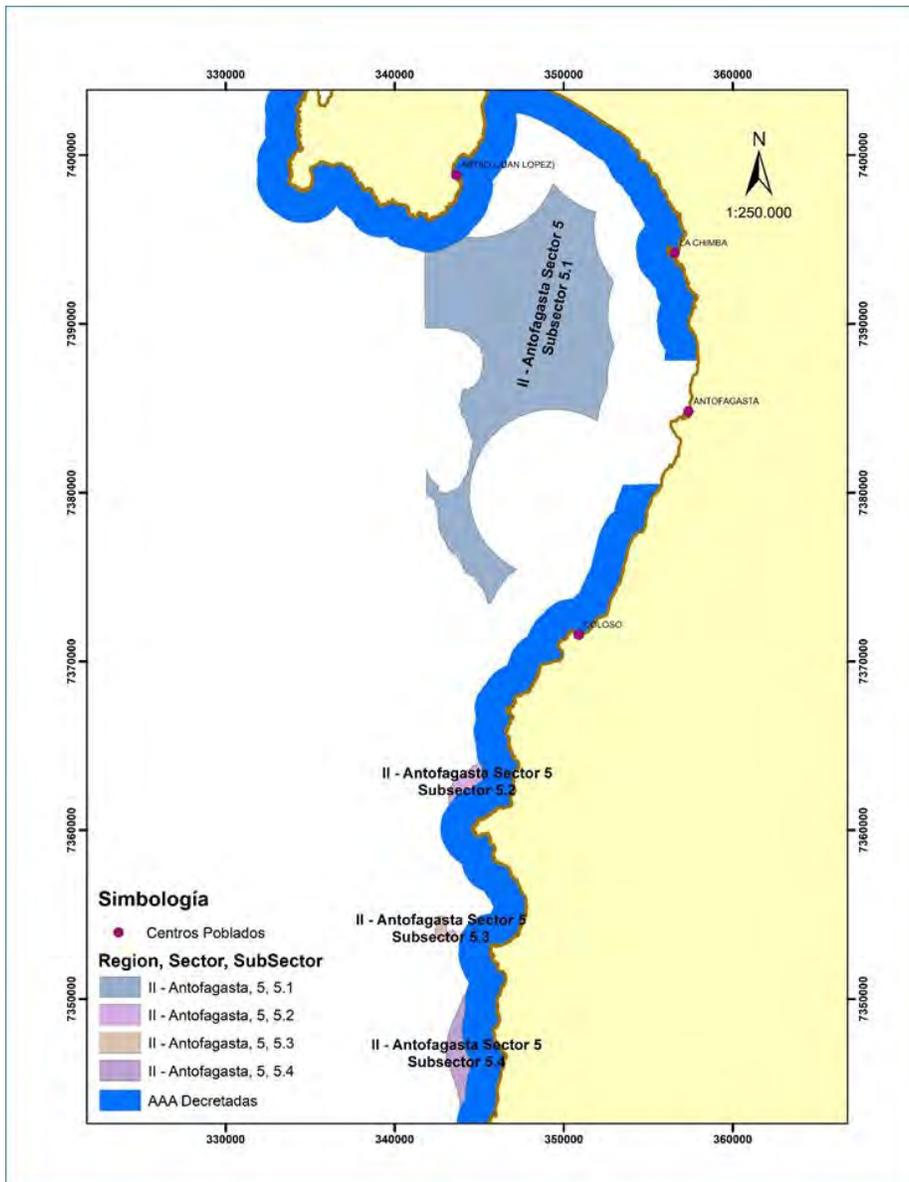


Figura 180. Subsectores del sector 5 de la A.A.A. propuesta para región de Antofagasta.

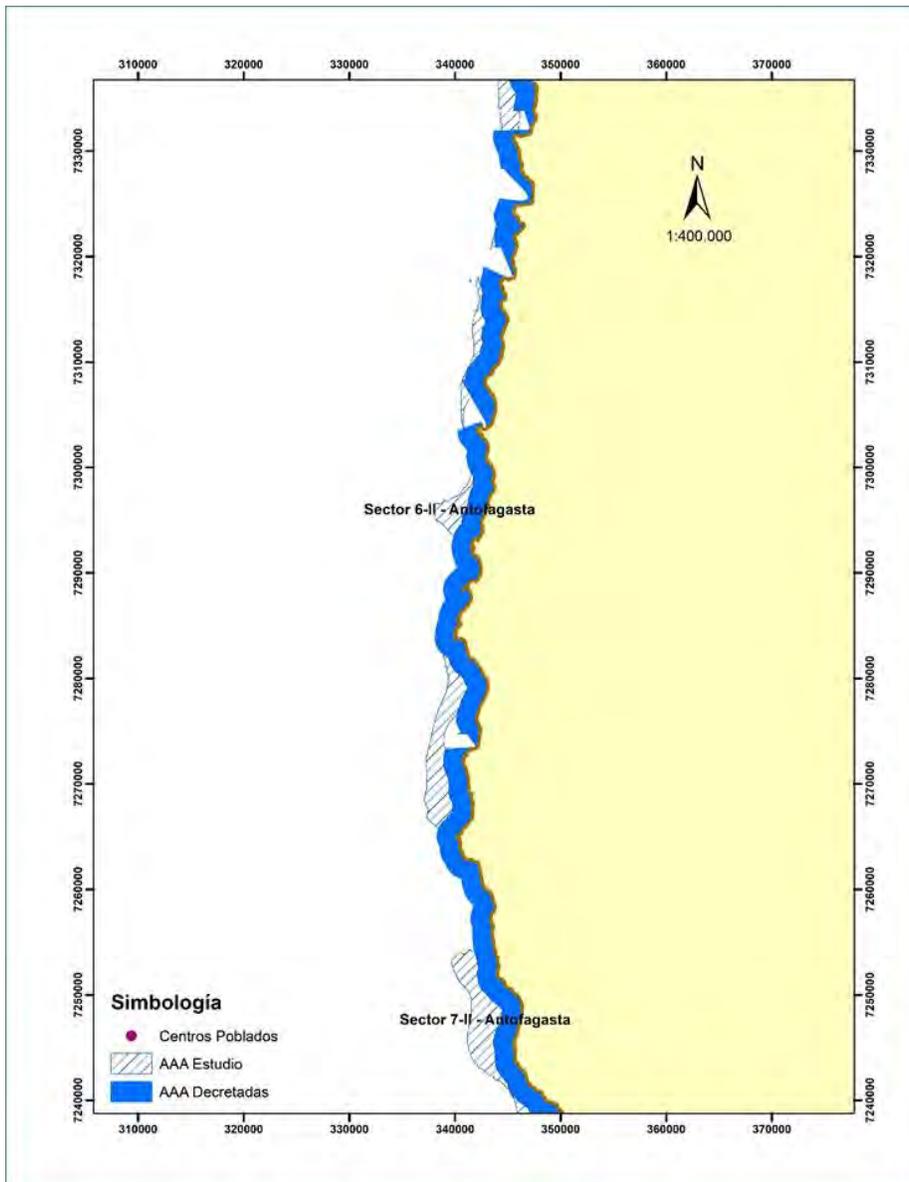


Figura 181. Sectores de la A.A.A. en la región de Antofagasta – (Sectores 6 y 7).

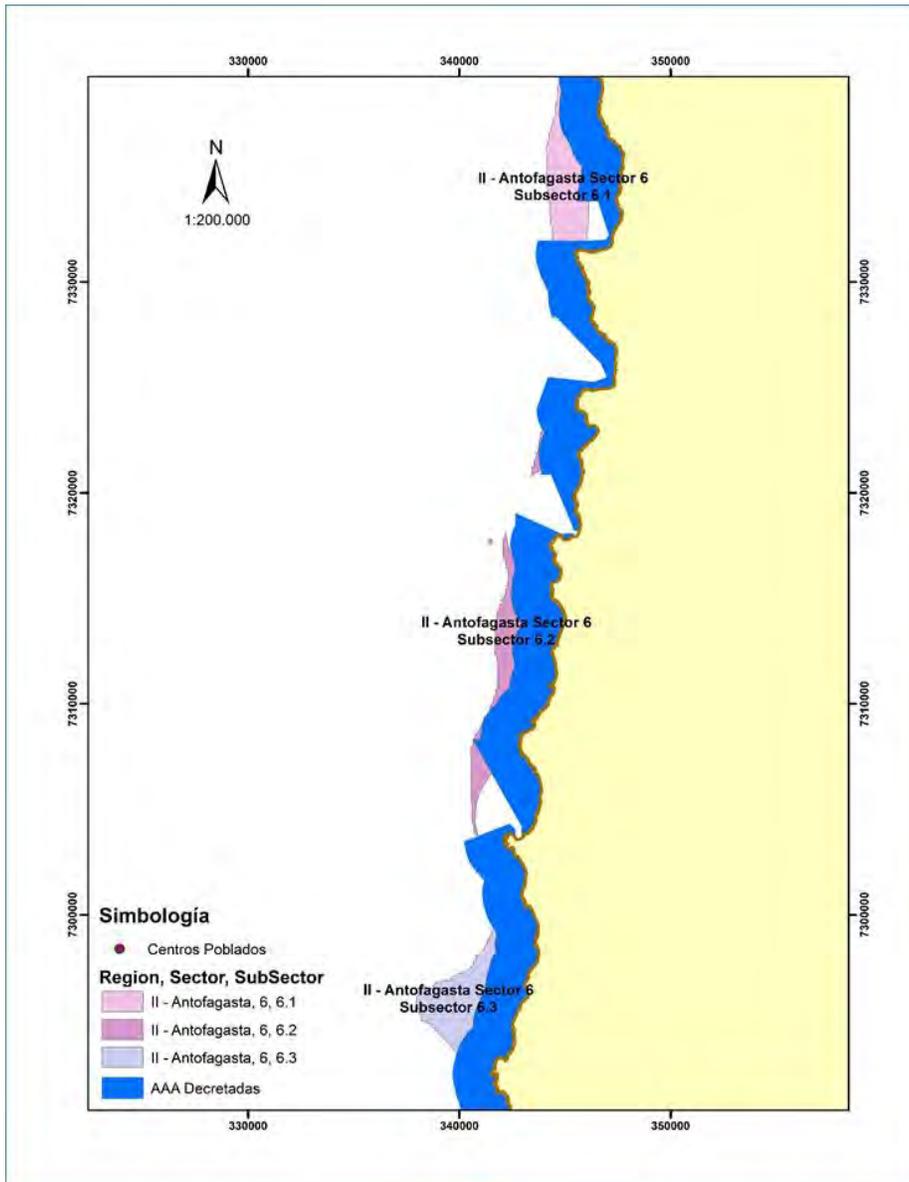


Figura 182. Subsectores del sector 6 de la A.A.A. propuesta para región de Antofagasta.

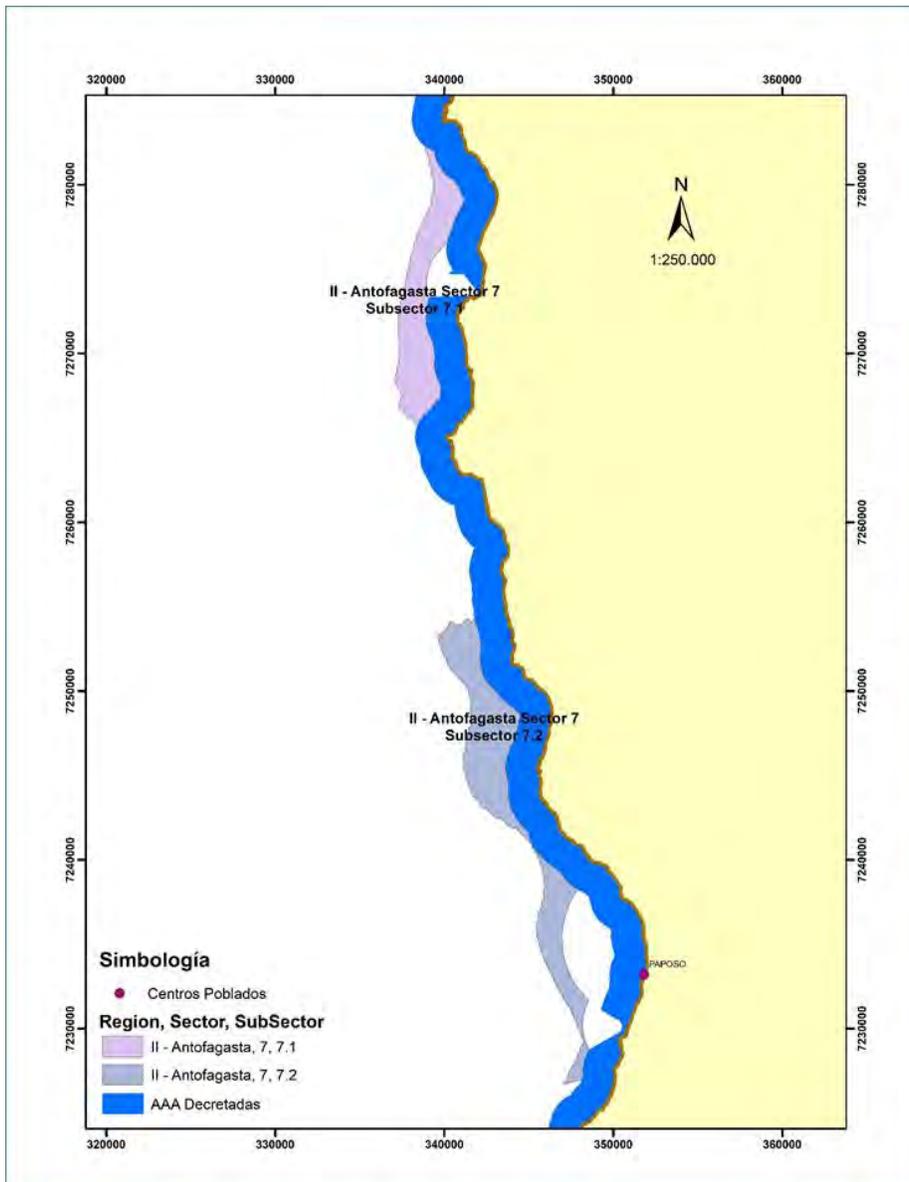


Figura 183. Subsectores del sector 6 de la A.A.A. propuesta para región de Antofagasta.

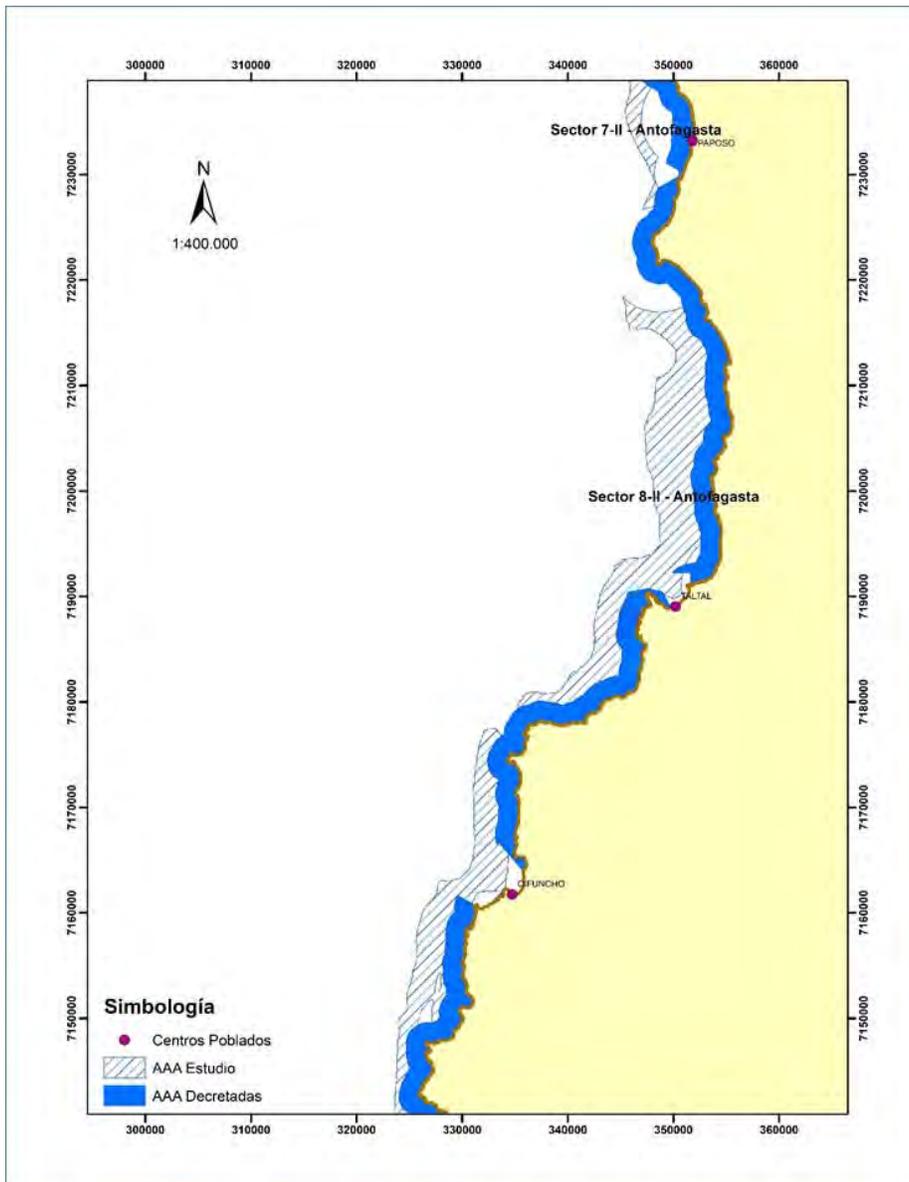


Figura 184. Sectores de la A.A.A. en la región de Antofagasta – (Sectores 7 y 8).

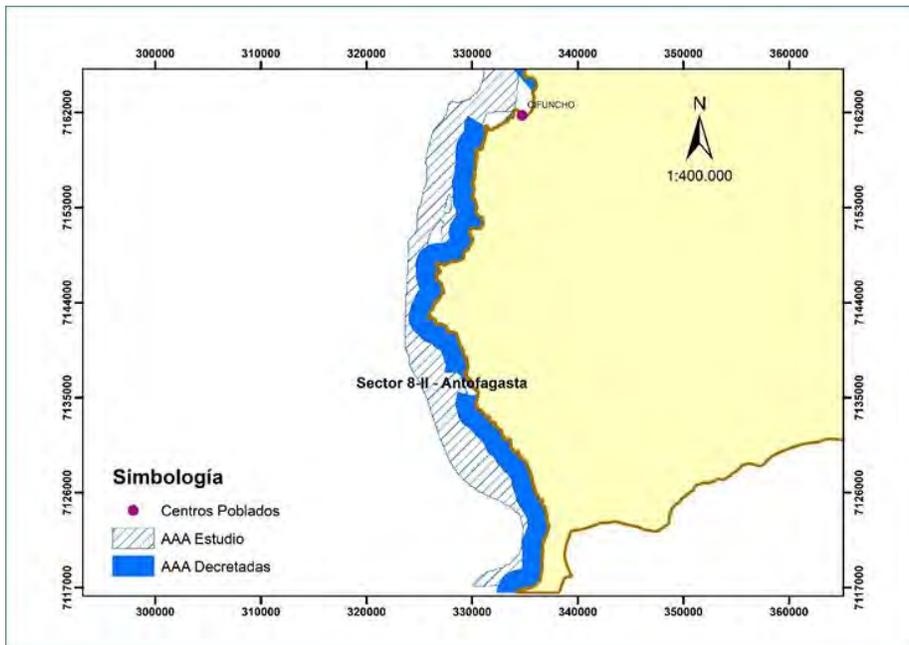


Figura 185. Sectores de la A.A.A. en la región de Antofagasta – (Sector 8).

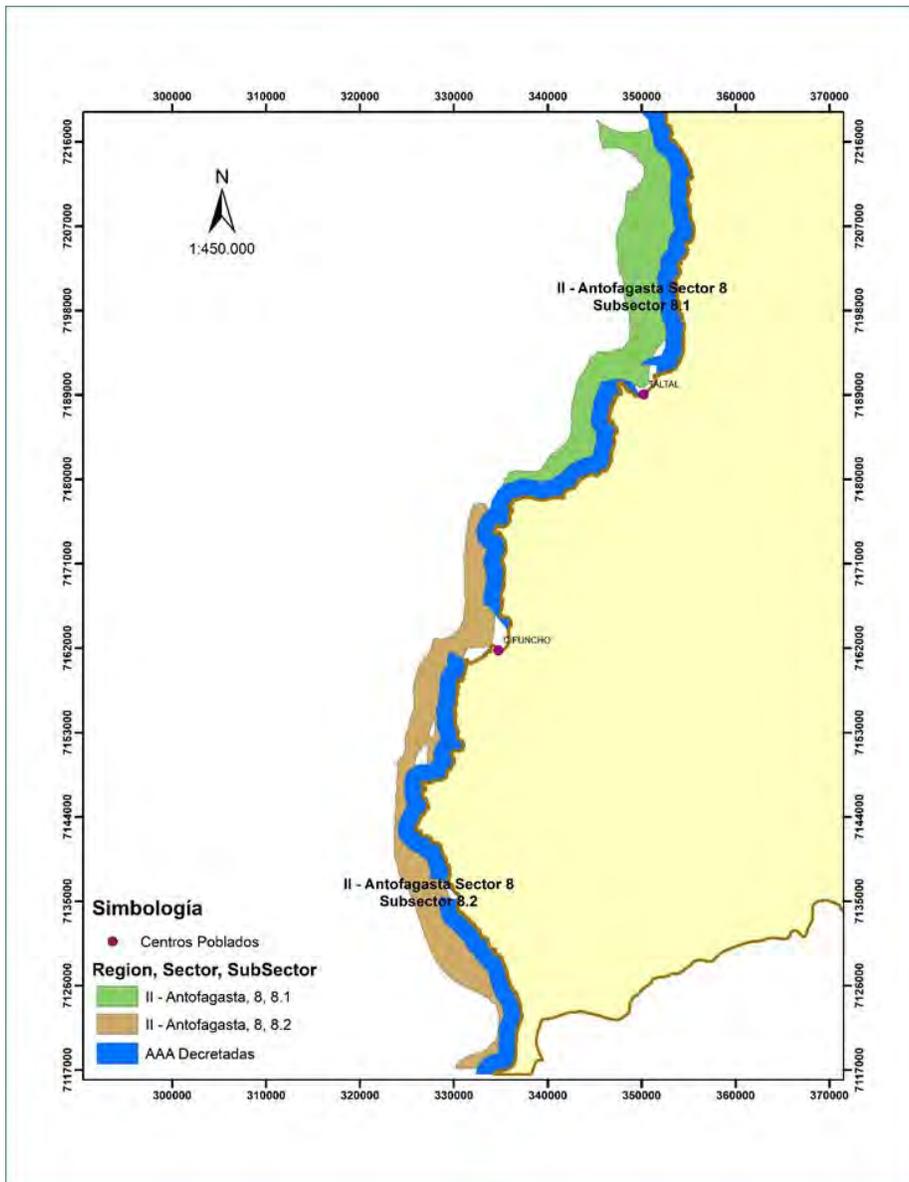


Figura 186. Subsectores del sector 8 de la A.A.A. propuesta para región de Antofagasta.

6.- ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Durante las campañas oceanográficas de verano y principio de primavera, la distribución de la temperatura superficial del mar (TSM) y del oxígeno disuelto, dividió la zona costera en sectores de aguas templadas y frías, asociados a focos de surgencia y de convergencia. Los valores de TSM registrados en varios periodos, revelan la condición que ha experimentado la región en los últimos años, asociada a un aporte masivo de aguas frías por el Jet Humboldt, producto del deshielo continuo de la antártica y que genera el transporte de aguas de menor temperatura y a la zona norte de Chile (Schneider *et.al* 2007, Fuenzalida *et. al.* 2008).

La distribución vertical de la temperatura se caracterizó por la presencia de una capa isothermal somera, con una termoclina localizada entre 5 y 20 m de profundidad, específicamente entre Arica y Mejillones. La oxiclina siguió casi el mismo patrón, y la ZMO se profundizó hacia el sur, lo cual es propio de la zona de estudio. Además, en toda la región hacia el sector oceánico, se presentó próxima a la termoclina, una desarrollada estabilidad en la columna de agua, la cual se ve reforzada por el Agua Intermedia del Pacifico Suroriental (AIPSO) que presenta un contenido salino que no permite que la ventilación de la ZMO (Fuenzalida *et al.* 2009).

Los valores de nutrientes se encuentran dentro de los rangos registrados para la zona y para otros sistemas de surgencia costera (Cerdea *et al.*, 2010; Silva *et al.*, 2009; Farías *et al.*, 2007; Herrera & Escribano, 2006; Santander *et al.*, 2001; Díaz, 1984; Silva & Konow, 1975).

El aumento de los valores con la profundidad, obedece a la presencia del Agua Ecuatorial Subsuperficial (AESS), localizada bajo los 100 m, que se caracteriza por sus altas concentraciones de nutrientes, a la cual deben sumarse los procesos de oxidación de la materia orgánica que incrementan la concentración (Silva *et al.*, 1997; Libes, 1992). El AESS es la masa de agua que abastece de nutrientes los estratos superficiales en la costa, al ascender en los procesos de surgencia, mezclándose con el agua supra-yacente, el Agua Subantártica (ASAA) (Strub *et al.*, 1998; Montencino *et al.*, 2006b). Por otra parte, las bajas concentraciones en superficie son producto de la intensa actividad fotoautotrófica propia de la zona, que conduce casi al agotamiento de estos elementos dentro de los primeros 25 m de profundidad (Silva *et al.*, 1997). Dado que los procesos de afloramiento

influyen la zona costera entre 1 y 10 m (Escribano *et al.*, 2003; Silva *et al.*, 1997), todos los nutrientes evidenciaron altos valores en la franja analizada (1-3 m). No obstante, hay que aunque existe una fuerte relación entre el contenido de nutrientes y las aguas de surgencia, el efecto del origen y de procesos *in situ*, pueden causar gran variabilidad en ellos (Friederich & Codispoti, 1981).

Durante el verano, se registraron bajos valores de nitrato asociados a altas concentraciones de nitrito en el sector entre Pisagua (19°33'S) y Mejillones (23°00'S). La presencia del máximo secundario de nitrito, asociado al mínimo relativo de nitrato, ha sido descrita como una característica de la zona (Silva, 1987; Silva *et al.*, 2009). Esta señal de procesos de desnitrificación se relaciona a la presencia de la ZMO (Farías *et al.*, 2007; Thiel *et al.*, 2007), que exhibe una fuerte variabilidad en su distribución vertical y horizontal, de acuerdo a los cambios en intensidad y frecuencia de los eventos de surgencia (Morales *et al.*, 1999). Sin embargo, esta condición no se detectó a inicios de primavera, periodo en el cual las concentraciones de nitrato aumentaron. En esta época, los procesos de surgencia recién comienzan a incrementar de intensidad (Fuenzalida, 1990) luego de un periodo de invierno durante el cual se produce una mayor turbulencia y profundización de la ZMO (Herrera & Escribano, 2006), factores que en conjunto pueden haber favorecido la presencia de nitrato.

Otra característica que se observó a comienzos de primavera, fue la distribución similar que exhibieron los tres nutrientes, los que se concentraron al norte y sur del área, mientras que el sector entre punta Patache y Mejillones mostró las menores concentraciones. Esto coincidió con la presencia de la mayor biomasa fitoplanctónica, lo que sugiere una intensa utilización por parte del fitoplancton.

El fosfato, que mostró niveles mayores en verano, generalmente presenta un comportamiento similar al del nitrato (Libes, 1992), coincidiendo la ubicación de sus máximos y mínimos en la columna de agua (Silva y Konow, 1975). Esto se detectó sólo a inicios del periodo primaveral, ya que en verano las máximas de fosfato se asociaron a bajas concentraciones de nitrato. Al respecto, hay que considerar que los procesos que sufre el nitrato, por ejemplo la desnitrificación bacteriana, no afectan de igual manera al fosfato (Chester, 1996; Pilson, 1985) y también que cambia la forma en que las especies fitoplanctónicas hacen uso de estos nutrientes (Gailhard *et al.*, 2002; Kruk *et al.*, 2002).

Además, en las aguas de afloramiento los fosfatos normalmente no son limitantes, y su detección aún en condiciones de agotamiento de nitrato, indica que éste último es el nutriente limitante para el fitoplancton (Silva, 1987).

En relación a la biomasa fitoplanctónica, los valores registrados coinciden con los informados para la zona (Santander *et al.*, 2001; Herrera & Escribano, 2006; Montecino *et al.*, 2006a; Morales *et al.*, 1996). La presencia de los mayores valores en la franja costera (1-10 m) y en el estrato superficial (0-10 m) exhibiendo un mismo patrón de distribución, es una característica propia de la región (Santander *et al.*, 2001; Herrera & Escribano, 2006) que responde al enriquecimiento permanente de nutrientes a la zona eufótica generado por los procesos de afloramiento, a los cuales el fitoplancton responde con altas tasas de crecimiento y proliferaciones erráticas y recurrentes de diferentes especies de diatomeas (Santander *et al.*, 2003). Esta asociación entre las altas biomásas y las altas abundancias de diatomeas es propia de los sistemas de surgencia, en los cuales concentraciones superiores a 1 mg Cl-a/m^3 coinciden con la dominancia de formas $>20 \mu\text{m}$ en tamaño (Iriarte & González, 2004; Herrera & Escribano, 2006; Lassiter *et al.*, 2006; Montecino *et al.*, 2006b; Morales *et al.*, 2001).

Durante las dos campañas, en la zona comprendida entre caleta Buena ($19^{\circ}46'S$) y Mejillones ($23^{\circ}00'S$), se registró una concordancia espacial entre altos valores de biomásas fitoplanctónicas y bajas concentraciones de nutrientes, lo que sugiere que en ese sector existe un aporte permanente de nutrientes y una activa incorporación por parte de la comunidad autotrófica dentro de los primeros 10 m de profundidad. Al respecto, si bien los valores de biomasa fitoplanctónica mostraron diferencias estadísticamente significativas, las magnitudes máximas de ambas épocas ($>20 \text{ mg Cl-a/m}^3$) revelan la alta producción de la zona y corroboran la débil señal estacional que existe debido a los diferentes estados de intensificación y relajación del continuo afloramiento, patrón que se repite continuamente en sitios donde la surgencia es una condición normal, dentro de los que se encuentra Mejillones ($23^{\circ}00'S$) (Escribano *et al.*, 2004).

La información satelital corroboró el escenario descrito respecto de la influencia de aguas de surgencia en la costa. Las climatologías revelaron que la región tiene una alta variabilidad espacial, destacando que la zona al norte de Tocopilla ($22^{\circ}S$), como norma, presenta las menores velocidades de viento meridional, no obstante los eventos de

surgencia ocurren de manera permanente a lo largo del año, pero con intensidades moderadas. El control de fondo, tanto de los procesos de surgencia como del patrón de vientos que predomine, está asociado al anticiclón del Pacífico sur oriental, el cual corresponde a un centro de altas presiones, que tiene un giro anticiclónico caracterizado por tener un desplazamiento estacional, lo que genera que la mayoría de las variables tengan esta señal estacional en la región (Ancapichun y Garces 2015, Schneider *et al.*, 2016). La temperatura superficial del mar (TSM) responde claramente a los eventos de surgencia costera, generando dos subregiones longitudinales, la primera en la franja costera (entre la costa y las 20 mn) caracterizada por menores temperaturas ($<18^{\circ}\text{C}$), y la segunda con características oceánicas (más allá de la 30 mn) con temperaturas superiores a los 22°C , lo cual está en concordancia por lo mostrado en Blanco *et al.* (2001). El escenario impuesto por los eventos de surgencia, estructura a las otras variables bajo análisis. El principal reflejo de lo antes mencionado corresponde a la biomasa fitoplanctónica, que exhibe las mayores concentraciones (Cl-a) ($>1\text{ mg m}^{-3}$) replegadas al margen costero. Las localidades con mayores biomásas corresponden a las bahías de la Península de Mejillones (23°S), la zona de Arica ($18,3^{\circ}\text{S}$) y la zona de Chipana (21°S).

Tanto el CIP como el COP, siguen un patrón de distribución espacial similar al de la clorofila-a. En el caso del CIP las similitudes se extienden respecto de su variabilidad longitudinal, latitudinal y mensual, destacando que los mayores valores se observaron en la península de Mejillones (23°S), pero al contrario de la clorofila-a, también al sur de esa latitud. Mientras que el COP, presenta sus mayores valores en otoño-invierno y sus mayores niveles al sur de los 22°S . Así como el carbono particulado corresponde al carbono presente en el material vivo y muerto, su carácter inorgánico permite medir remotamente los niveles de calcita o carbonato de calcio disponible para los organismos que forman estructuras duras (i.e. conchas) (Libes, 2002). En la capa superficial del océano existe muchos organismos planctónicos que presentan estructuras carbonáceas. En el fitoplancton los más conocidos corresponden a los cocolitoforidos, sin embargo estos se encuentran en niveles de escasos a raros en la región de estudio (Herrera & Escribano, 2006, Santander *et al.*, 2003). Dentro del microzooplancton se encuentran representantes con estructuras de calcita, como foraminíferos y tintinidos (Mitchell *et al.*, 2017), alcanzando éstos últimos niveles de abundancia considerados relevantes. Finalmente, no se

puede dejar de mencionar que la percepción remota, a pesar de que tiene muchas ventajas, también tiene desventajas. La más notoria corresponde al efecto nube, que deja sectores de la imagen sin información. Una segunda desventaja corresponde al efecto continente, que deja sin información la franja del océano más apegada a la costa. Esto hace que las mediciones *in situ* continúen siendo irremplazables.

El crecimiento de la acuicultura depende de la disponibilidad de áreas adecuadas para nuevas instalaciones de cultivo, particularmente para cultivos en zonas abiertas que dependen directamente de parámetros del ambiente natural como la temperatura, oxígeno y clorofila, entre otras. A nivel global se estima que una extensión de 72.000.000 km² del océano es ambientalmente adecuada para cultivar uno o más especies. Alrededor del 92% de esta área (66.000.000 km²) es ambientalmente adecuada para el cultivo de peces, un 43% (31.000.000 km²) para moluscos y un 54% (39.000.000 km²) para crustáceos (FAO 2012, Oyinlola *et al.*, 2018).

Un primer paso para describir mejor la extensión espacial del océano con potencial de producción acuicultura sostenible, es la identificación de áreas marinas que ofrezcan condiciones ambientales adecuadas para las especies actualmente cultivadas y potencialmente cultivables. Dado que la mayor parte de las operaciones acuícolas se desarrollan en instalaciones en las cuales los organismos están expuestos a las condiciones naturales, las propiedades físicas y químicas afectan directamente el crecimiento y sobrevivencia de los organismos y, en consecuencia su potencial para la producción. En este contexto, las condiciones ambientales adecuadas se refieren al área del océano que puede soportar las necesidades fisiológicas de las especies cultivadas para una producción sostenible. Las preferencias ambientales de las especies marinas cultivadas pueden ser aproximadas y mapeadas usando modelos de distribución de especies. Sobre la base de la teoría del nicho ambiental esta modelación consiste en describir cuantitativamente la relación entre los registros de observación de una especie y los variados parámetros que describen su ambiente. Tal relación se puede desarrollar utilizando registros de ocurrencia histórica de la especie tanto en el medio natural como en el ambiente de cultivo.

El primer criterio a usar para definir un área potencial para acuicultura es la idoneidad del ambiente para las especies cultivadas. Para que un área sea adecuada para la acuicultura se requiere reunir las condiciones ambientales mínimas para el crecimiento y sobrevivencia de

las especies cultivadas. Así, para cada especie cultivada, su área potencial de cultivo debe tener un índice de idoneidad de hábitat (IIH) sobre su umbral mínimo.

Estudios al respecto han demostrado que especies que muestran la más fuerte relación de IIH son la corvina roja (*Sciaenops ocellatus*), el ostión (*Argopecten purpuratus*) y la ostra del pacífico (*Crassostrea gigas*), siendo éstas dos últimas especies cultivadas en el norte de Chile. Adicionalmente los estudios a nivel global indican que existe un gran potencial para el cultivo de peces en los trópicos, entre los 20°N y 20°S (Oyinlola et al., 2018).

De acuerdo al presente estudio, la zona norte de Chile (18°S-25°S) exhibe extensa zonas para el desarrollo de la acuicultura. No obstante, parámetros ambientales como la temperatura y el oxígeno disuelto imponen límites y las especies a cultivar deberían exhibir cierto grado de adaptación a estas condiciones, lo cual debe ser cuantificado mediante indicadores de idoneidad de hábitat. Es probable que el número de especies no sea muy extenso considerando los dos parámetros más importantes (oxígeno y temperatura) especialmente para el caso de peces. Por lo anterior es probable que otros grupos de especies “menos exigentes” y con una mayor capacidad de adaptación a estos hábitats, como por ejemplo, moluscos filtradores y algas, adquieran mayor relevancia. Especial consideración revisten las macroalgas de las cuales el crecimiento y sobrevivencia dependen mayormente de las concentraciones de nutrientes y niveles de radiación fotosintéticamente activa, parámetros que en la zona norte se encuentran dentro de rangos óptimos.

En la zona norte (18°S-25°S), las áreas autorizadas para la acuicultura (AAA) suman por lo menos 150.000 hectáreas (dentro de la primera milla náutica). Se trata de una gran superficie que presenta un enorme potencial para el desarrollo de actividades de cultivos marinos. En general, están ubicadas en zonas bastante expuestas debido a la geomorfología de la costa dando lugar a escasos sectores protegidos donde se puede realizar acuicultura tradicional. La profundidad promedio de estas áreas es de 60 metros. No obstante, desde el punto de vista tecnológico, esta condición actualmente no se considera limitante tomando en cuenta que los factores físicos más importantes son la velocidad de corrientes y alturas de olas significativas, y que la tecnología *off-shore* actualmente ofrece soluciones aplicables en este ámbito. También es probable que otros factores, distintos de los ambientales, como las limitaciones tecnológicas, económicas y sociales jueguen un rol

fundamental en la determinación áreas de producción de acuicultura en las regiones XV, I y II. El estudio presente brinda un enfoque global para definir áreas a gran escala y por cierto, una aproximación más detallada sobre la idoneidad ecológica (en términos de “capacidad de carga”) mejorará la definición de las áreas para el desarrollo de la acuicultura.

Por otro lado, es importante considerar que la calidad de los resultados obtenidos está en directa relación con la calidad de la información de entrada a los modelos de selección y calificación. Mantener un estándar de calidad en la información de entrada permite obtener resultados con menos errores, los cuales pueden ser verificados posteriormente con los datos registrados *in situ*. En el caso del presente estudio la información de entrada fue obtenida de fuentes verificadas y su procesamiento obedeció a métodos validados.

La aplicación de la metodología multicriterio utilizada, en combinación con el análisis de superposición de capas generado en el sistema de información geográfica, resultaron ser una herramienta efectiva para la determinación de las zonas con aptitudes para actividades acuícolas y posterior toma de decisiones. Esta integración permitió realizar la interacción entre los diferentes criterios establecidos, tanto para las variables físicas, químicas y biológicas, como para las de recursos disponibles en la zona. Sin embargo, se debe tener en cuenta que siempre existe un grado de incertidumbre en los métodos multicriterio relacionado con la asignación de los pesos de las variables incluidas, debido a la subjetividad implícita en la asignación de la importancia de cada variable que obedece a las observaciones particulares de los expertos que participaron de este proceso. En este sentido, aunque la experiencia de los participantes hace disminuir esta incertidumbre, siempre es importante complementar los resultados con la revisión de publicaciones que aporten una mayor solidez a las asignaciones de peso a las variables.

Por otra parte, en el análisis final siempre existirá una mayor influencia de las variables que obtuvieron mayor ponderación, de ahí la importancia de contar con datos de entrada de calidad y asignación de pesos ponderados con la menor incertidumbre posible, para que la interpretación esté más cercana a la realidad.

Para este estudio los criterios utilizados en las tablas de rangos de variables, están asociados a valores transversales utilizados en diferentes publicaciones revisadas y que se aplican en la selección de sitios para el desarrollo de la acuicultura. Sin embargo, es posible acotar más los valores de los rangos, asociándolos específicamente a grupos particulares de

especies como peces, moluscos, algas o crustáceos, y más aún si se utilizan rangos específicos para una especie en particular.

Un punto importante de discutir son los resultados obtenidos en relación a las zonas con disponibilidad de recursos, los que se vieron altamente influenciados por la cercanía a los puertos. Al respecto hay que destacar que en la región, existen 5 puertos: uno en la Región de Arica y Parinacota (Arica), otro en la Región de Tarapacá (Iquique) y 3 en la Región de Antofagasta (Tocopilla, Mejillones y Antofagasta), lo cual limitó las zonas seleccionadas a los sectores de influencia de estos puertos. No obstante, en otros sitios del área de estudio, como caletas de pescadores artesanales, existe infraestructura para embarque y desembarque, por lo que se afinó el análisis cruzando esta información con las zonas en las cuales existe cobertura eléctrica y accesibilidad vial, dando como resultado una mayor amplitud de los lugares con disponibilidad de recurso.

La importancia de lo anterior radica en que al aumentar y mejorar la infraestructura disponible en la zona, aumentan las capacidades de albergar recursos disponibles para el desarrollo de la acuicultura en áreas diferentes a aquellas asociadas a los puertos principales. Sin embargo, hay que señalar que, por las características propias de la línea de costa de la zona norte del país, al no existir bahía ni áreas de resguardo, como las que caracterizan a la zona sur y austral de Chile, podría producirse un conflicto, entre la actividad de acuicultura y la pesca artesanal, por el uso de las áreas identificadas en este trabajo, ya que las zonas con aptitudes para la acuicultura tradicional serían escasas y se encontrarían traslapadas con las zonas de trabajo de la pesca artesanal. Cabe recordar que no sólo hay una escasez de áreas de resguardo en comparación a la zona sur y austral, sino que la línea de costa es considerablemente menos larga que las de aquellas zonas que se caracterizan por la presencia de acuicultura.

También hay que hacer mención a los conflictos actuales entre la pesca artesanal de la zona sur y austral y la aún floreciente actividad acuícola desarrollada en canales y fiordos. Es decir, aun presentando características y una extensión suficiente como para que ambas actividades puedan realizarse, igualmente se presentan conflictos por el uso de la superficie y columna de agua, así como una presión social creciente respecto al estado del fondo marino. Si bien es probable que la zona norte no desarrolle una actividad acuícola con la

intensidad ni magnitud de la zona sur y austral, la posibilidad de un conflicto socio-ambiental y su consiguiente presión ciudadana es una variable a tener en cuenta.

Finalmente, las zonas costeras que pudieran ofrecer históricamente condiciones de resguardo para la actividad acuícola tradicional, han estado sometidas con mayor intensidad en los últimos años a eventos de marejadas y embates climáticos, algo corroborable con los numerosos cierres de puerto que han afectado a la zona norte, impactando también a la actividad pesquera artesanal. Dichos eventos, tengan o no relación con el cambio climático, deben ser estudiados en mayor profundidad en una escala sincrónica, puesto que observaciones diacrónicas de los pescadores artesanales dan cuenta que estos eventos son recientes. Así, las zonas que se habían declarado como aptas por el Programa Chile Norte deben ser revisadas, ya que el problema de las marejadas no sólo afectaría la parte operativa de la acuicultura, sino también la navegabilidad y la interacción tierra-zona de cultivo. Por esta razón, las organizaciones de base de pescadores artesanales estarían abandonando sus intenciones de realizar cultivos en el mar, y enfocando su atención hacia experiencias en tierra, como por ejemplo, el proyecto de desarrollo de tecnología para el cultivo de corvina. Sin embargo, los extractores de recursos bentónicos sí presentan interés en la acuicultura.

En relación al análisis de los cambios que deberán ocurrir a la resolución acompañante del RAMA N°3612/2009, se señala lo siguiente: En Chile la actividad acuícola se desarrolla usando espacios geográficos que son heterogéneos en cuanto a características ambientales, económicas y sociales por lo cual el diseño regulatorio debería ser diferenciado por zonas geográficas (Estay & Chávez, 2015). En consecuencia se requiere de información científica y tecnológica consistente y que respalde la toma de decisiones sobre las proyecciones de uso de los espacios marítimos para fines de acuicultura.

Una gran limitante para estimular el desarrollo de la acuicultura en el norte de Chile y en especial de nuevas especies de importancia acuícola, tales como peces, moluscos, y algas, ha sido suponer que una legislación ambiental y sanitaria creada para regular el cultivo de salmónidos en el sur de país, sería apropiada y aplicable para desarrollar el cultivo de especies tan distintas y en zonas zoo geográficas tan distantes como el extremo norte del país. Por lo anterior es necesario introducir modificaciones y desarrollar una regulación ad-hoc que atienda los requerimientos sanitarios y ambientales de las nuevas especies y condiciones geográficas imperantes en el norte del país.

El marco regulatorio de la acuicultura en Chile contiene dos importantes elementos relacionados con el uso del espacio geográfico. Estos corresponden a las A.A.A. (Áreas “aptas” para la Acuicultura) y el RAMA (Reglamento ambiental para la acuicultura) respectivamente.

La sigla A.A.A. aparece en distintos documentos para señalar a las “Áreas apropiadas para la Acuicultura” o a las “Áreas aptas para la acuicultura”. En muchos casos las áreas definidas no son ni aptas ni apropiadas para el ejercicio de la acuicultura ya que no es suficiente un trazado gráfico sobre un mapa, realizado en forma arbitraria, para definir si un área es apta o no para el ejercicio de la acuicultura. Las A.A.A. fueron definidas originalmente considerando aquellos espacios marítimos remanentes que no interferían con la actividad extractiva artesanal y sus comunidades, considerando canalizos de acceso y salidas de puertos y caletas; interferencias con las zonas de fondeo de la escuadra nacional y áreas de ejercicios navales; conflictos con las áreas de desarrollo portuario; áreas de interés turístico; áreas que constituían parques nacionales, reservas y monumentos nacionales; y sobre posición con áreas en que existían bancos naturales de recursos hidrobiológicos incluidas las praderas naturales de algas.

En las A.A.A actualmente vigentes se observa que en muchos de estos espacios marítimos, calificadas como aptos o apropiados, existen zonas de gran inestabilidad, con rompientes, convergencias o profundidades inadecuadas que técnicamente impiden la instalación de cualquier tipo de sistema de cultivo. La aptitud para el cultivo debe entenderse como la idoneidad natural de una unidad espacial delimitada, que en este caso resulta de la integración de las características físicas, químicas y biológicas propias del lugar y de los requerimientos de la especie de interés para iniciar un cultivo. Por lo anterior es que se debería cambiar las palabras aptas o apropiadas por el término autorizadas.

Por otra parte, deben considerarse los posibles impactos y escenarios del cambio climático sobre las condiciones y servicios eco sistémicos en los cuales se sustenta la actividad acuícola. Este es un compromiso del Estado de Chile y se orienta a identificar nuevas A.A.A. y/o readecuar las A.A.A. actualmente en operación, tales que permitan su adaptación en el corto plazo a los cambios proyectados en el medioambiente, manteniendo la producción y resguardando las actividades y servicios asociados a la acuicultura. Esto permitiría la generación de nuevas áreas posibles para la relocalización, determinando su

viabilidad productiva y social y también el establecimiento de planes de largo plazo asociados a la adaptación de las actividades productivas de acuerdo a su sensibilidad y capacidad de adaptación frente al cambio climático. Por lo anterior es necesario redefinir las A.A.A. en relación a la capacidad de carga y promover el modelo productivo hacia la acuicultura off-shore. Para tal efecto se deben establecer y definir claramente los límites hasta donde abarca la acuicultura costera y la acuicultura oceánica o costa afuera (offshore) basándose por ejemplo en lo que indica la FAO (2013) y donde la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura y la Subsecretaría para las Fuerzas Armadas deben coordinar acciones para la redefinición de estos espacios marítimos para una mejor gestión del sistema de adjudicación de concesiones y autorizaciones de acuicultura y permitir un óptimo aprovechamiento de los espacios útiles para el desarrollo y crecimiento de esta actividad, lo cual constituye un factor estratégico para un desarrollo nacional sustentable.

En lo que respecta al Reglamento ambiental para la acuicultura (RAMA) es necesario que su aplicación considere las diferencias entre la acuicultura a pequeña, mediana y gran escala y también la heterogeneidad que exhibe el ambiente marino, especialmente las diferencias entre la zona sur y norte de Chile.

La acuicultura de pequeña escala (APE) es la actividad de cultivo de recursos hidrobiológicos realizada por micro y pequeñas empresas, según el Estatuto de Empresas de Menor Tamaño, del Ministerio de Economía, Fomento y Turismo. Actualmente en Chile existen cerca de 1.000 concesiones de superficie menor a seis hectáreas que calzan con esta clasificación y además existen cerca de 100 concesiones cuyos titulares son organizaciones de pescadores artesanales. Los recursos que pueden ser cultivados en esta modalidad son principalmente moluscos (choritos y ostión) y algas (pelillo), pero existe también interés en diversificar con otros recursos, incorporando experimentalmente piures, erizos y diferentes tipos de algas. La acuicultura a pequeña escala pueden ejercerla los titulares de concesiones de acuicultura y sindicatos de pescadores artesanales a cargo de las Áreas de Manejo (AMERB). Para asegurar el desarrollo de la acuicultura a pequeña escala es necesario reconocer las diferencias respecto a los medianos y grandes productores. Sin embargo en la actualidad esto no se cumple ya que los acuicultores de cualquier escala de producción, especie objetivo o área geográfica, ya sean personas naturales o jurídicas, deben dar

cumplimiento a una normativa sectorial que tiene en general, las mismas exigencias técnicas y legales para todos los involucrados en este rubro productivo (GESAM, 2006). Estudios previos sobre el emplazamiento de áreas de acuicultura de pequeña escala en la zona norte (FIP 2013-23) indican la necesidad de eliminar los requerimientos de CPS para las solicitudes de acuicultura en áreas de manejo. Lo anterior debido a que este requerimiento supone el establecimiento de actividades de acuicultura de tipo intensivo, y no recoge que las reales demandas para realizar actividades de acuicultura por parte de organizaciones de pescadores artesanales son de tipo extensivo y de tamaño reducido. Se suma esto la necesidad de contratar servicios especializados con laboratorios certificados para realizar los diferentes tipos de análisis que son altamente específicos y en general se sitúan en la zona sur-austral. Actualmente el costo aproximado de la elaboración de una CPS o de una INFA está determinado según la ubicación del laboratorio que lo ejecutará y de la ubicación del centro de acuicultura. La ejecución de este tipo de análisis en la zona norte supone un alto costo que desincentiva a organizaciones de pescadores interesadas en desarrollar proyectos de tipo APE. Por otra parte, la normativa ambiental aplicable a este tipo de desarrollos de acuicultura se basa en modelos de producción intensiva, como el salmón, y asume a priori efectos negativos en el bentos causado por aportes de materia orgánica que se depositarían en el fondo. Hacer modificaciones de tipo normativo en este aspecto, por ejemplo, excluir de sometimiento al SEIA los cultivos de algas, eliminar el requerimiento de CPS cuando se trate de cultivos de algas o filtradores como piure y ostión en esquemas productivos APE, permitirían un mejor impulso para este sector (IFOP, 2015). En este contexto también se han planteado modificaciones de la normativa actual vigente para los centros de cultivo de algas (IFOP, 2013), específicamente a la Resolución Exenta 3612/2009. En esta se propone crear una nueva categoría para el cultivo de algas, diferente de las actuales Categoría 0 (para el cultivo de algas en sustrato) y Categoría 1 (cultivo suspendido de algas) descritas en la resolución antes mencionada. Esta necesidad de separación entre organismos vegetales y animales surge del entendimiento de que la producción de organismos autótrofos y heterótrofos impone diferentes requerimientos ambientales para su desarrollo vital y generan distintos aportes al medio. En esta nueva categoría (con denominación Categoría A o Categoría Algas) que marcaría la diferencia respecto al cultivo de mitílidos, salmónidos y otros heterótrofos, sólo se debería cumplir

con el plano batimétrico dentro de las exigencias de la CPS. Asimismo dentro de los INFAs se sostiene que no es necesario en los cultivos de macroalgas solicitar los parámetros considerados en la R.E. 3612 (Materia orgánica total en los sedimentos, oxígeno disuelto, temperatura, y salinidad de la columna de agua, entre otros) dado que las praderas artificiales de macroalgas no generarían efectos sobre los sedimentos de espacios marítimos concesionados. Sin duda estas recomendaciones son atendibles, válidas y legítimas y han surgido del desarrollo y la experiencia en zonas de acuicultura “activa” (IV y X regiones). Sin embargo en el norte de Chile la acuicultura todavía se encuentra en un estado incipiente y las problemáticas futuras pueden ser diferentes. No obstante también hay elementos comunes tanto para la producción a pequeña como a gran escala.

Por otra parte y considerando la heterogeneidad que exhibe el ambiente marino, especialmente las diferencias entre la zona sur y norte de Chile es necesario revisar los aspectos relacionados con las distancias de separación entre centros de cultivo. El RAMA indica que los centros de producción extensiva ubicados en porciones de agua y fondo deberán conservar una distancia mínima entre sí de 200 metros y respecto de centros de producción intensiva de 400 metros (0,2 millas náuticas) quedando excluidos de esta exigencia aquellos centros que se encuentran en la situación prevista en la letra a) del artículo 13 y todos los cultivos de algas. Asimismo, los centros de producción intensiva ubicados en porciones de agua y fondo deberán conservar una distancia mínima entre sí de 2.778 metros (1,5 millas náuticas). La distancia mínima de dichos centros respecto de centros de producción extensivos, deberá ser de 400 metros.

La geomorfología costera del norte de Chile es muy diferente a la existente en el sur del país en donde los cultivos marinos se concentran mayoritariamente en lugares protegidos como fiordos, ensenadas y bahías. El borde litoral del norte es principalmente abierto con muy pocas bahías y caletas protegidas por lo cual la acuicultura marina sólo tiene como opción desarrollarse en zonas expuestas. Estas zonas costeras abiertas, y también oceánicas, tienen una dinámica particular que favorecen la circulación de masas de agua y pueden facilitar por lo tanto la dispersión y evitar eventos de sedimentación, eutroficación o deterioros localizados de la columna de agua y del sistema bentónico. En consecuencia es lógica una reducción de las distancias entre centros de cultivos dando mayor importancia al

tipo de especie cultivada, al sistema de producción empleado y a la capacidad de carga asociada a la tecnología aplicada.

Caracterización de las Areas Apropriadas para la Acuicultura propuestas por este Estudio

Para la caracterización de las Areas Apropriadas para la acuicultura se incluyó el mapa de ubicación geográfica con sus respectivos límites norte y sur, además de la superficie que comprende el sector en el mar. Adicionalmente se describieron las variables biofísicas principales para cada sector en función de los datos in situ y de segunda fuente y finalmente, se incorporó el Índice de Idoneidad de Habitat (IIH; Nishida et al., 2018; Brown & Hartwick, 1988 y Brooks, 1997), el cual indica el nivel de compatibilidad ambiental con los requerimientos de cultivo de una especie en un sector determinado, para lo cual, se seleccionaron las especies para cultivos industriales en la zona norte de Chile, calculando el IIH de cada especie propuesta en cada región con sus sectores respectivos:

Selección de Especies

La selección de especies recomendables para su cultivo industrial en la zona norte se basa en cuatro aspectos principales, que son: (i) la disponibilidad de tecnología de cultivo desarrollada (tecnología de engorde); (ii) la capacidad para la producción y abastecimiento de larvas, semillas, alevines u otros (tecnología de Hatchery); (iii) la capacidad para asegurar la alimentación de la especie cultivada y; (iv) la existencia de nicho de mercado para aquellas especies con potencial de cultivo.

Especies	Nivel de desarrollo			
	Tecnología de engorde	Tecnología de Hatchery	Producción de alimento	Mercado
Ostión (<i>Argopecten purpuratus</i>)	Alto	Alto	No aplica	Existe
Ostra del Pacífico (<i>Crassostrea gigas</i>)	Alto	Alto	No aplica	Existe
Abalon (<i>Haliotis</i>)	Alto	Alto	Alto	Existe
Dorado (<i>Seriola lalandi</i>)	Alto	Mediano	En desarrollo	Existe
Corvina (<i>Cilus gilberti</i>)	Alto	Alto	En desarrollo	Existe
Mitílidos (<i>Ch. chorus, A. ater</i>)	Alto	Bajo	No aplica	Existe
Algas pardas (<i>Lessonia</i>)	Mediano	Mediano	No aplica	Existe

Indice de idoneidad de habitat (IIH)

El índice de idoneidad de hábitat IIH (o HSI por su sigla en inglés de la expresión Habitat Suitability Index) indica el nivel de compatibilidad de las condiciones ambientales con los requerimientos de una especie para ser cultivada en ese ambiente. Matemáticamente se expresa como la media geométrica de los índices parciales (II) de parámetros ambientales (Nishida et al., 2018; Brown & Hartwick, 1988 y Brooks, 1997).

$$IIH = \sqrt[n]{II_1 \times II_2 \times II_3 \dots \times II_n}$$

El IIH calculado debe entregar un puntaje entre 0 y 1.

Categorización de los puntajes IIH

En base al puntaje estimado se puede entonces calificar el potencial de cultivo en el sector seleccionado.

Puntaje	Calificación
<0.5	Malo
0.5 - 0.59	Suficiente
0.6 – 0.69	Bueno
0.7 – 0.79	Muy Bueno
>0.8	Excelente

Por cierto, para la aplicación del índice de idoneidad de hábitat es necesario conocer los rangos de valores de los parámetros ambientales de interés y en especial aquellos valores óptimos para el crecimiento de las especies.

Principales requerimientos ambientales de las especies seleccionadas

Ostión (*Argopecten purpuratus*)

	Rango	Óptimo para crecimiento	Fuentes
Temperatura	7-28°C	18-23	Uribe, 1995 ¹ ; Uribe & Blanco, 2001 ² ; Disalvo et al., 1984 ³ ; Navarro & Gonzalez, 1998 ⁴ :
Clorofila	3-16 mg/m ³	>10 mg/m ³	
Corrientes	1,1 – 15,6 cm/s	2-4 cm/s	
Salinidad	27-35 ‰	34.4 a 34.9 ‰	
Oxígeno	1,87-7,74 ml/l	>5ml/l	

1.- Uribe, E. 1995. Determinación de la capacidad de carga de Bahía Inglesa (III Región) y Tongoy (IV Región). Informe técnico FIP 1993-28. 290 pp.
 2.- Uribe, E, & J.L. Blanco. 2001. capacidad de los sistemas acuáticos para el sostenimiento del cultivo de pectínidos: el caso de *Argopecten purpuratus* en la Bahía Tongoy, Chile. En: A. N. Maeda-Martínez (ed.) Los Moluscos Pectínidos de Iberoamérica: Ciencia y Acuicultura, Cap. 12: pp 1-16.
 3- Disalvo, L., Alarcón, E., Martínez, G., Uribe, & E. 1984. Progress mass culture of *Argopecten purpuratus* with notes on its natural history. Rev. Chilena Hist. Nat, 57, 33-45.
 4.- Navarro, J.M & C.M. González, 1998. Physiological responses of the Chilean scallop *Argopecten purpuratus* to decreasing salinities. Aquaculture, 167: 315-327.

Ostra del Pacifico (Crassostrea gigas)

	Rango	Óptimo para crecimiento	Fuentes
Temperatura	8-34°C	15-25°C	Quayle, D. 1969 ¹ ; Malouf & Breese 1977 ² ; Tenore & Dunstan 1973 ³ .
Clorofila	1-55 mg/m ³	>12 mg/m ³	
Corrientes	Fuertes	Fuertes	
Salinidad	10-35‰	25-32‰	
Oxígeno	2-8 ml/l	>5 ml/l	

1. - Quayle, D. 1969. Pacific oyster culture in British Columbia. Bulletin of Fisheries Research Board of Canada, 169, 192.
2. - Malouf, R. E. & Breese, W. P. 1977. Seasonal changes in the effects of temperature and water flow rate on the growth of juvenile Pacific oysters, *Crassostrea gigas*. *Aquaculture* 12: 1-13
3. - Tenore K.R. & W.M. Dunstan. 1973. Comparison of feeding and biodeposition of three bivalves at different food levels. *Mar Biol.* 21:190-195

Abalon (Haliotis)

	Rango	Óptimo para crecimiento	Fuentes
Temperatura	12-24°C	18,4°C	Mardones et al, 2013 ¹ ; Diaz et al., 2000 ² ; Flores & Leal, 2007 ³ ; Steinarsson & Imsland, 2003 ⁴ ; Kim et al, 2013 ⁵
Oxígeno	4,2-16,68 ml/L	>8,5 ml/L	
Corrientes	s/i	s/i	
Salinidad	34-36‰	35 ‰	

- 1.- Mardones, A., A. Augsburg, R. Vega & P. de Los Ríos-Escalante. 2013 Tasas de crecimiento de *Haliotis rufescens* y *Haliotis discus hannai* en cultivos en estanques en el sur de Chile (41,5°S) Lat. Am. J. Aquat. Res., 41(5): 959-967.
- 2.- Díaz, F., M.A. del Río-Portilla, E. Sierra, M. Aguilar & A.D. Re-Araujo. 2000. Preferred temperature and critical thermal maxima of red abalone *Haliotis rufescens*. *J. Therm. Biol.*, 25: 257-261.
- 3.- Flores, R. & P. Leal. 2007. Status and perspectives of the aquaculture industry in Chile, with special reference to molluscs. *Shellfish News. Centre for Environment, Fisheries. Aquaculture Science, UK.*, pp. 19-22.
- 4.- Steinarsson, A. & A.K. Imsland. 2003. Size dependant variation in optimum growth temperature of red abalone (*Haliotis rufescens*). *Aquaculture*, 224: 353-362.
- 5.- Kim, T. W., J. P. Barry & F. Micheli. 2013. The effects of intermittent exposure to low-pH and low-oxygen conditions on survival and growth of juvenile red abalone. *Biogeosciences*, 10: 7255–7262.

Mitílidos

	Rango	Óptimo para crecimiento	Fuentes
Temperatura	9-33	12-18	Sicard et al 2006 ¹ ; Mesas & Tarifeño 2015 ² ; Campos et al, 2017 ³ ; Ojeda 2015 ⁴ ; Molinet 2013 ⁵ .
Oxígeno	3-8 ml/l	>5 ml/l	
Clorofila	1-9 mg/m ³	>8 mg/m ³	
Corrientes	s/i	s/i	
Salinidad	5-35 ‰	35‰	

- 1.- Sicard, M.T., A.N. Maeda-Martinez, S.E. Lluch-Cota, C.Lodeiros, L.M. Roldan-Carrillo & R. Mendoza. 2006. Frequent monitoring of temperature: an essential requirement for site selection in bivalve aquaculture in tropical-temperate transition zones. *Aquacult. Res.*, 37: 1040-1049.
- 2.- Mesas, A. & E. Tarifeño. 2015. Temperaturas letales superiores para el mejillón, *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck, 1819), en la costa de Chile central Lat. Am. J. Aquat. Res. 43 (3): 473-483.
- 3.- Campos, P., M. Ávila; A. Buschmann, R. Riquelme, M. Piel, C. De Zarate, F. Pérez, A. Clement, M. Erbs & M. Vega. 2017. Determinación de los impactos asociados a los cultivos de macroalgas y moluscos filtradores y su interacción con cultivos salmónidos. Informe Final. FIP 2014-45. 340 pp.
- 4.- Ojeda, M. 2015. Variabilidad espacial y temporal de larvas de mitílidos en el estuario Reloncaví, sur de Chile. Tesis para optar al Título de Ingeniero en Acuicultura. Universidad Austral de Chile. 53 pp.
- 5.- Molinet, C. 2013. Evaluación de los factores limitantes en el desarrollo de cultivos de mitílidos, para análisis de capacidad de carga, X Región de Los Lagos (1ra Etapa). Subsecretaría de Pesca, Universidad Austral de Chile, Instituto de Acuicultura, Sede Puerto Montt

Algas pardas (*Lessonia*)

	Rango	Óptimo para crecimiento	Fuentes
Temperatura	5 – 23°C	10-15°C	Santelices et al., 1980 ¹ ; Oppliger et al., 2012 ² ; Martinez, E. 1999 ³
Irradiancia	6 – 100 $\mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$	40-70 $\mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$	
Corrientes	s/i	s/i	
Salinidad	27 a 35 ‰	34.4 a 34.9 ‰	

1.- Santelices B, Castilla JC, Cancino J, & Schmiede P. 1980. Comparative ecology of *Lessonia nigrescens* and *Durvillaea antarctica* (Phaeophyceae) in central Chile. *Mar Biol* 59:179–189.

2.- Oppliger, L.V., J.A. Correa, A.H. Engelen, F. Tellier, V. Vieira, S. Faugeton, M. Valero, G. Gomez and C. Destombe. 2012. Temperature effects on gametophyte life-history traits and geographic distribution of two cryptic kelp species. *PLoS ONE*. 7: e39289.

3.- Martinez, E. 1999. Latitudinal Differences in Thermal Tolerance among Microscopic Sporophytes of the Kelp *Lessonia nigrescens* (phaeophyta: Laminariales) *Pacific Science* (1999), vol. 53, no. 1: 74-81

Dorado (*Seriola lalandi*)

	Rango	Óptimo para crecimiento	Fuentes
Temperatura	10-32,5°C	26,5°C	Abbink et al. 2012 ¹ ; Bowyer et al. 2012 ² ; Moran et al., 2009 ³ ; Nakada 2000 ⁴ ; Pirozzi & Booth 2009 ⁵
Oxígeno	6,4-10,7 ml/l	8,1 ml/l	
Corrientes	s/i	s/i	
Salinidad	s/i	35 ‰	

1.- Abbink, W., Blanco Garcia, A., Roques, J. A., Partridge, G. J., Kloet, K., & Schneider, O. 2012. The effect of temperature and pH on the growth and physiological response of juvenile yellowtail kingfish *Seriola lalandi* in recirculating aquaculture systems. *Aquaculture*, 330, 130–135.

2.- Bowyer, J. N., Qin, J. G., Smullen, R. P., & Stone, D. A. J. 2012. Replacement of fish oil by poultry oil and canola oil in yellowtail kingfish (*Seriola lalandi*) at optimal and suboptimal temperatures. *Aquaculture*, 356, 211–222.

3.- Moran, D., Pether, S. J., & Lee, P. S. 2009. Growth, feed conversion and faecal discharge of yellowtail kingfish (*Seriola lalandi*) fed three commercial diets. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater*, 43, 917–927.

4.- Nakada, M. 2000. Yellowtail and related species culture. In R. R. Stickney (Ed.), *Encyclopedia of Aquaculture* (pp. 1007–1036). London: Wiley.

5.- Pirozzi, I., & M. A. Booth, 2009. The routine metabolic rate of mulloay (*Argyrosomus japonicus*: Sciaenidae) and yellowtail kingfish (*Seriola lalandi*: Carangidae) acclimated to six different temperatures. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 152, 586–592

Corvina (*Cilus gilberti*)

	Rango	Óptimo para crecimiento	Fuentes
Temperatura	9-33°C	21°C	Cárdenas 2012 ¹ ; Espinoza & Contreras 2018 ² .
Oxígeno	6,5-10,5 ml/l	>7 ml/l	
Corrientes	s/i	s/i	
Salinidad	s/i	s/i	

1.- Cárdenas, S. 2012. Biología y acuicultura de corvinas en el mundo. *Revista AquaTIC*, 37: 1-13

2.- Espinoza, L. & Z. Contreras. 2018. Captura y acondicionamiento de reproductores de corvina *Cilus gilberti*. *Ciencia & Desarrollo*, Vol. 17(1): 43 – 49.

**Región de Arica y Parinacota
Sector 1**

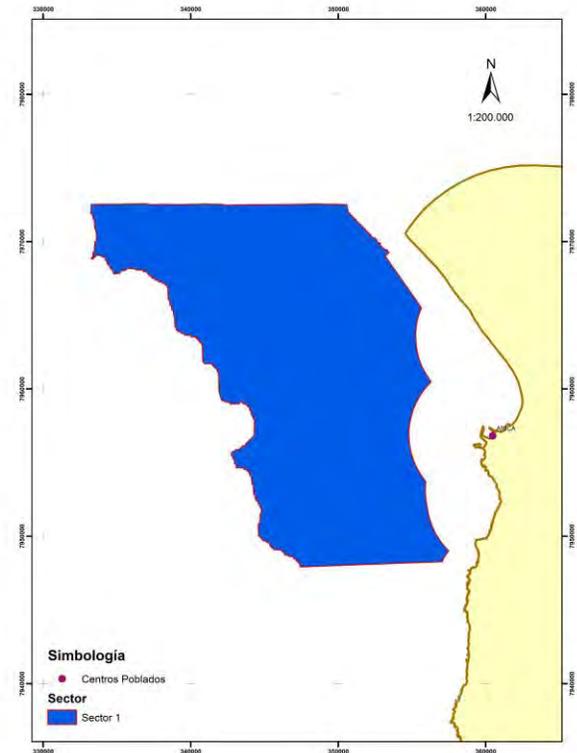
Ubicación Geográfica

Límite Norte: 70°28'38,707"W 18°19'52,985"S

Límite Sur: 70°24'7,719"W 18°33'9,249"S

Superficie (Ha): 34.629,96

Lugar(es) Poblado(s) Cercano (LPMC): Arica



VARIABLES BIOFÍSICAS

Temperatura (°C): 19.0°-19.5°C (Verano 2018)
 16.5°C (Primavera 2018)
 18.0°-23.0°C (Calificación; Bueno)

Oxígeno (mL/L): 5.0 mL/L (Verano 2018)
 3.0 mL/L (Primavera 2018)
 > 4.1 mL/L (Calificación; Bueno)

COP: > 800 mol/m³ (2002-2017)

Clorofila: 1.1-5.9 mgCl-a/m³ (Verano 2018)
 3.6-8.9 mgCl-a/m³ (Primavera 2018)
 > 15.0 mgCl-a/m³ (Calificación; Bueno)

Profundidad: 15-40 m (Calificación; Bueno)

Corrientes: 0.1-0.2 m/s (Calificación; Bueno)

Altura de Olas < 1 m (Calificación; Bueno)

OBSERVACIONES GENERALES

En verano 2018 la isoterma de 14°C se ubicó a 20 m de profundidad, que ésta asociada a la isolinia de oxígeno disuelto de 1.0 mL/L. Para la primavera de 2018 la isoterma de 14°C se ubicó a 15 m de profundidad, que ésta asociada a la isolinia de oxígeno disuelto de 0.5 mL/L. Es recomendable para cultivos de recursos que los sistemas se ubiquen en los primeros 15m de profundidad por la presencia de la mínima de oxígeno disuelto.

IDONEIDAD ACUICOLA

Índices de idoneidad de hábitat (IIH) para el cultivo de recursos en el sector:

Ostión del norte (*Argopecten purpuratus*): 0,73 (MB)
 Ostra del pacífico (*Crassostrea gigas*) : 0,68 (B)
 Abalón (*Haliotis*) : 0,5 (S)
 Mitílidos : 0,62 (B)
 Algas pardas : 0,7 (MB)
 Dorado (*Seriola lalandi*) : 0,5 (S)
 Corvina (*Cilus gilberti*) : 0,58 (S)

Puntaje	Calificación
<0,5	Malo (M)
0,5 – 0,59	Suficiente (S)
0,6 – 0,69	Bueno (B)
0,7– 0,79	Muy Bueno (MB)
>0,8	Excelente (E)

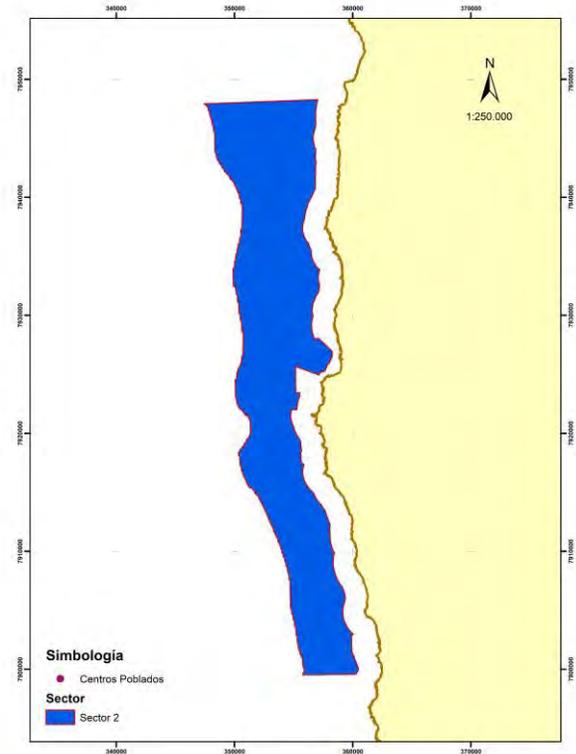
Región de Arica y Parinacota Sector 2

Ubicación Geográfica

Límite Norte: 70°24'7,719"W 18°33'9,249"S
Límite Sur: 70°20'54,107"W 18°59'29,958"S

Superficie (Ha): 27.814,45

Lugar(es) Poblado(s) Cercano (LPMC): Caleta Vitor



VARIABLES BIOFÍSICAS

Temperatura (°C): 17.5°-19.0°C (Verano 2018)
 16.5°C (Primavera 2018)
 18.0°-23.0°C (Calificación; Bueno)

Oxígeno (mL/L): 5.0 mL/L (Verano 2018)
 4.0 mL/L (Primavera 2018)
 > 4.1 mL/L (Calificación; Bueno)

COP: > 800 mol/m³ (2002-2017)

Clorofila: 2.8-6.8 mgCl-a/m³ (Verano 2018)
 2.3-14.2 mgCl-a/m³ (Primavera 2018)
 > 15.0 mgCl-a/m³ (Calificación; Bueno)

Profundidad: 15-40 m (Calificación; Bueno)

Corrientes: 0.1-0.2 m/s (Calificación; Bueno)

Altura de Olas < 1 m (Calificación; Bueno)

OBSERVACIONES GENERALES

En verano 2018 la isoterma de 14°C se ubicó a 18 m de profundidad, que ésta asociada a la isolinia de oxígeno disuelto de 1.0 mL/L. Para la primavera de 2018 la isoterma de 14°C se ubicó a 18 m de profundidad, que ésta asociada a la isolinia de oxígeno disuelto de 0.5 mL/L.

Es recomendable para cultivos de recursos que los sistemas se ubiquen en los primeros 15m de profundidad por la presencia de la mínima de oxígeno disuelto.

IDONEIDAD ACUICOLA

Índices de idoneidad de hábitat (IIH) para el cultivo de recursos en el sector:

Ostión del norte (*Argopecten purpuratus*): 0,6 (B)
 Ostra del pacífico (*Crassostrea gigas*) : 0,58 (S)
 Abalón (*Haliotis*) : 0,5 (S)
 Mitilidos : 0,65 (B)
 Algas pardas : 0,7 (MB)
 Dorado (*Seriola lalandi*) : 0,44 (M)
 Corvina (*Cilus gilberti*) : 0,6 (B)

Puntaje	Calificación
<0,5	Malo (M)
0,5 – 0,59	Suficiente (S)
0,6 – 0,69	Bueno (B)
0,7– 0,79	Muy Bueno (MB)
>0,8	Excelente (E)

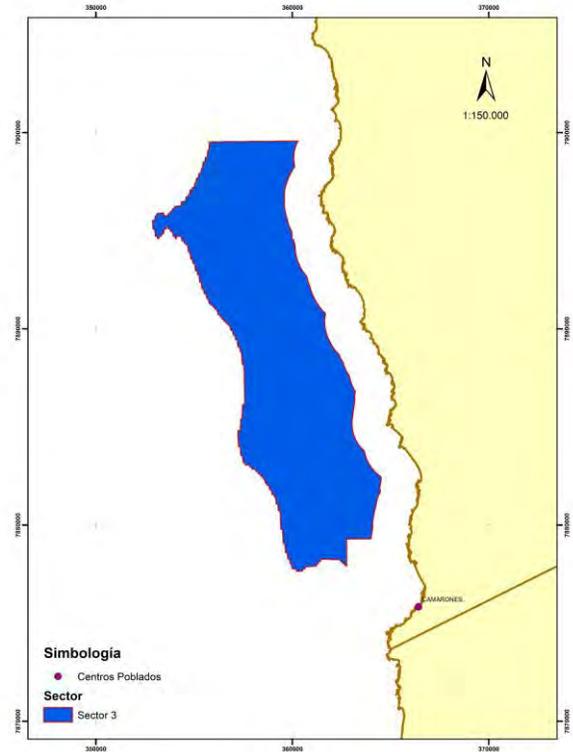
**Región de Arica y Parinacota
Sector 3**

Ubicación Geográfica

Límite Norte: 70°20'54,107"W 18°59'29,958"S
Límite Sur: 70°19'41,272"W 19°11'22,855"S

Superficie (Ha): 11.272,00

Lugar(es) Poblado(s) Cercano (LPMC): Camarones



VARIABLES BIOFÍSICAS

Temperatura (°C): 17.5°-19.0°C (Verano 2018)
16.0-16.5°C (Primavera 2018)
18.0°-23.0°C (Calificación; Bueno)

Oxígeno (mL/L): 4.0- 5.0 mL/L (Verano 2018)
3.0-4.0 mL/L (Primavera 2018)
> 4.1 mL/L (Calificación; Bueno)

COP: > 800 mol/m³ (2002-2017)

Clorofila: 2.8-6.8 mgCl-a/m³ (Verano 2018)
2.3-14.2 mgCl-a/m³ (Primavera 2018)
> 15.0 mgCl-a/m³ (Calificación; Bueno)

Profundidad: 15-40 m (Calificación; Bueno)

Corrientes: 0.1-0.2 m/s (Calificación; Bueno)

Altura de Olas < 1 m (Calificación; Bueno)

OBSERVACIONES GENERALES

En verano 2018 la isoterma de 14°C se ubicó a 18 m de profundidad, que ésta asociada a la isolínea de oxígeno disuelto de 1.0 mL/L. Para la primavera de 2018 la isoterma de 14°C se ubicó a 18 m de profundidad, que ésta asociada a la isolínea de oxígeno disuelto de 0.5 mL/L. Es recomendable para cultivos de recursos que los sistemas se ubiquen en los primeros 15m de profundidad por la presencia de la mínima de oxígeno disuelto.

IDONEIDAD ACUICOLA

Índices de idoneidad de hábitat (IIH) para el cultivo de recursos en el sector:

- Ostión del norte (*Argopecten purpuratus*): 0,6 (B)
- Ostra del pacífico (*Crassostrea gigas*) : 0,58 (S)
- Abalón (*Haliotis*) : 0,5 (S)
- Mitílidos : 0,65 (B)
- Algas pardas : 0,7 (MB)
- Dorado (*Seriola lalandi*) : 0,44 (M)
- Corvina (*Cilus gilberti*) : 0,6 (B)

Puntaje	Calificación
<0,5	Malo (M)
0,5 – 0,59	Suficiente (S)
0,6 – 0,69	Bueno (B)
0,7– 0,79	Muy Bueno (MB)
>0,8	Excelente (E)

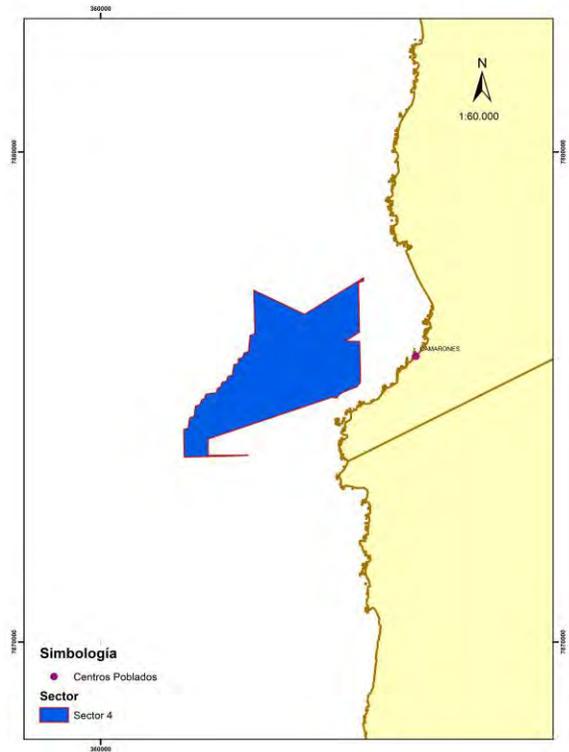
**Región de Arica y Parinacota
Sector 4**

Ubicación Geográfica

Límite Norte: 70°16'50,409"W 19°11'31,217"S
Límite Sur: 70°18'41,46"W 19°13'29,229"S

Superficie (Ha): 624,71

Lugar(es) Poblado(s) Cercano (LPMC): Camarones



VARIABLES BIOFÍSICAS

VARIABLES BIOFÍSICAS

Temperatura (°C): 17.5°-18.5°C (Verano 2018)
16.0°-16.5°C (Primavera 2018)
18.0°-23.0°C (Calificación; Bueno)

Oxígeno (mL/L): 4.0-5.0 mL/L (Verano 2018)
3.0-4.0 mL/L (Primavera 2018)
> 4.1 mL/L (Calificación; Bueno)

COP: > 800 mol/m³ (2002-2017)

Clorofila: 2.8-6.8 mgCl-a/m³ (Verano 2018)
2.3-14.2 mgCl-a/m³ (Primavera 2018)
> 15.0 mgCl-a/m³ (Calificación; Bueno)

Profundidad: 15-40 m (Calificación; Bueno)

Corrientes: 0.1-0.2 m/s (Calificación; Bueno)

Altura de Olas < 1 m (Calificación; Bueno)

OBSERVACIONES GENERALES

En verano 2018 la isoterma de 14°C se ubicó a 18 m de profundidad, que ésta asociada a la isolínea de oxígeno disuelto de 1.0 mL/L. Para la primavera de 2018 la isoterma de 14°C se ubicó a 18 m de profundidad, que ésta asociada a la isolínea de oxígeno disuelto de 0.5 mL/L. Es recomendable para cultivos de recursos que los sistemas se ubiquen en los primeros 15m de profundidad por la presencia de la mínima de oxígeno disuelto.

IDONEIDAD ACUICOLA

Índices de idoneidad de hábitat (IIH) para el cultivo de recursos en el sector:

Ostión del norte (*Argopecten purpuratus*): 0,6 (B)
Ostra del pacífico (*Crassostrea gigas*) : 0,58 (S)
Abalón (*Haliotis*) : 0,5 (S)
Mitolidos : 0,65 (B)
Algas pardas : 0,7 (MB)
Dorado (*Seriola lalandi*) : 0,44 (M)
Corvina (*Cilus gilberti*) : 0,6 (B)

Puntaje	Calificación
<0,5	Malo (M)
0,5 – 0,59	Suficiente (S)
0,6 – 0,69	Bueno (B)
0,7– 0,79	Muy Bueno (MB)
>0,8	Excelente (E)

Región de Tarapacá Sector 1

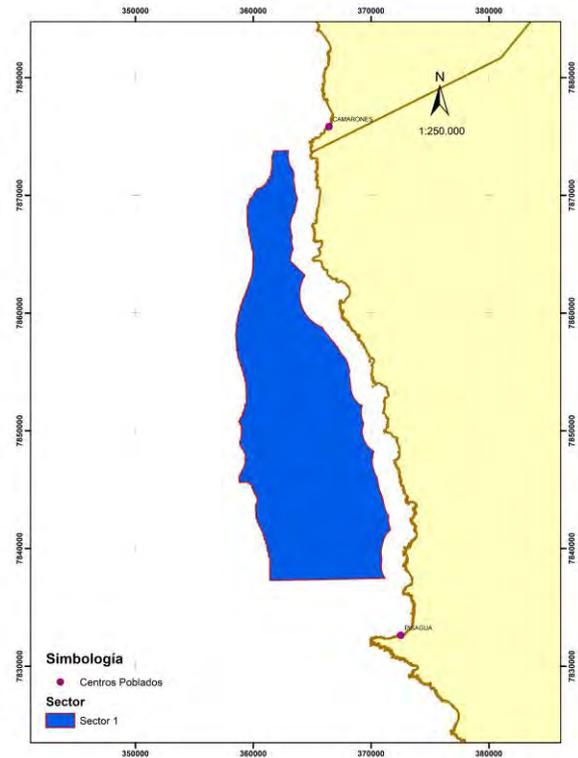
Ubicación Geográfica

Límite Norte: 70°18'13,924"W 19°13'28,703"S

Límite Sur: 70°16'36,999"W 19°33'14,414"S

Superficie (Ha): 26.899,38

Lugar(es) Poblado(s) Cercano (LPMC): Camarones, Pisagua



VARIABLES BIOFÍSICAS

Temperatura (°C):	16.5°-18.0°C	(Verano 2018)
	16.0-16.5°C	(Primavera 2018)
	18.0°-23.0°C	(Calificación; Bueno)
Oxígeno (mL/L):	3.0-5.0 mL/L	(Verano 2018)
	3.0-4.0 mL/L	(Primavera 2018)
	> 4.1 mL/L	(Calificación; Bueno)
COP:	> 800 mol/m ³	(2002-2017)
Clorofila:	1.8-12.3 mgCl-a/m ³	(Verano 2018)
	2.8-14.4 mgCl-a/m ³	(Primavera 2018)
	> 15.0 mgCl-a/m ³	(Calificación; Bueno)
Profundidad:	15-40 m	(Calificación; Bueno)
Corrientes:	0.1-0.2 m/s	(Calificación; Bueno)
Altura de Olas	< 1 m	(Calificación; Bueno)

OBSERVACIONES GENERALES

En verano 2018 la isoterma de 14°C se ubicó a 30 m de profundidad, que ésta asociada a la isolínea de oxígeno disuelto de 1.0 mL/L. Para la primavera de 2018 la isoterma de 14°C se ubicó a 20 m de profundidad, que ésta asociada a la isolínea de oxígeno disuelto de 0.5 mL/L.

Es recomendable para cultivos de recursos que los sistemas se ubiquen en los primeros 15m de profundidad por la presencia de la mínima de oxígeno disuelto.

IDONEIDAD ACUICOLA

Índices de idoneidad de hábitat (IIH) para el cultivo de recursos en el sector:

Ostión del norte (<i>Argopecten purpuratus</i>):	0,57 (S)
Ostra del pacífico (<i>Crassostrea gigas</i>)	: 0,56 (S)
Abalón (<i>Haliotis</i>)	: 0,44 (M)
Mitílidos	: 0,52 (S)
Algas pardas	: 0,7 (MB)
Dorado (<i>Seriola lalandi</i>)	: 0,4 (M)
Corvina (<i>Cilus gilberti</i>)	: 0,54 (S)

Puntaje	Calificación
<0,5	Malo (M)
0,5 – 0,59	Suficiente (S)
0,6 – 0,69	Bueno (B)
0,7– 0,79	Muy Bueno (MB)
>0,8	Excelente (E)

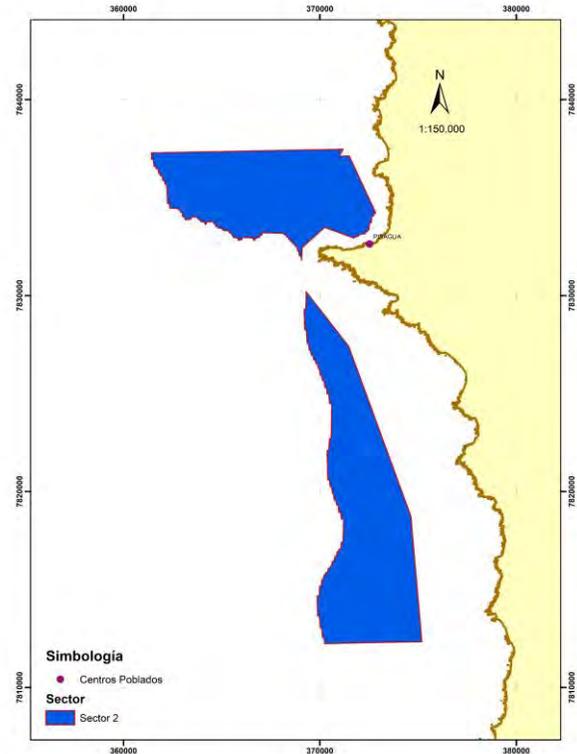
**Región de Tarapacá
Sector 2**

Ubicación Geográfica

Límite Norte: 70°16'36,999"W 19°33'14,414"S
Límite Sur: 70°12'42,007"W 19°46'51,978"S

Superficie (Ha): 9.661,91

Lugar(es) Poblado(s) Cercano (LPMC): Pisagua



VARIABLES BIOFÍSICAS

Temperatura (°C): 17.5°-18.5°C (Verano 2018)
 16.0°-16.5°C (Primavera 2018)
 18.0°-23.0°C (Calificación; Bueno)

Oxígeno (mL/L): 4.5 mL/L (Verano 2018)
 3.0-4.0 mL/L (Primavera 2018)
 > 4.1 mL/L (Calificación; Bueno)

COP: > 800 mol/m³ (2002-2017)

Clorofila: 1.8-12.3 mgCl-a/m³ (Verano 2018)
 2.8-14.4 mgCl-a/m³ (Primavera 2018)
 > 15.0 mgCl-a/m³ (Calificación; Bueno)

Profundidad: 15-40 m (Calificación; Bueno)

Corrientes: 0.1-0.2 m/s (Calificación; Bueno)

Altura de Olas < 1 m (Calificación; Bueno)

OBSERVACIONES GENERALES

En verano 2018 la isoterma de 14°C se ubicó a 30 m de profundidad, que ésta asociada a la isolínea de oxígeno disuelto de 2.0 mL/L. Para la primavera de 2018 la isoterma de 14°C se ubicó a 20 m de profundidad, que ésta asociada a la isolínea de oxígeno disuelto de 0.5 mL/L. Es recomendable para cultivos de recursos que los sistemas se ubiquen en los primeros 15m de profundidad por la presencia de la mínima de oxígeno disuelto.

IDONEIDAD ACUICOLA

Índices de idoneidad de hábitat (IIH) para el cultivo de recursos en el sector:

Ostión del norte (*Argopecten purpuratus*): 0,57 (S)
 Ostra del pacífico (*Crassostrea gigas*) : 0,56 (S)
 Abalón (*Haliotis*) : 0,44 (M)
 Mitílidos : 0,52 (S)
 Algas pardas : 0,7 (MB)
 Dorado (*Seriola lalandi*) : 0,4 (M)
 Corvina (*Cilus gilberti*) : 0,54 (S)

Puntaje	Calificación
<0,5	Malo (M)
0,5 – 0,59	Suficiente (S)
0,6 – 0,69	Bueno (B)
0,7– 0,79	Muy Bueno (MB)
>0,8	Excelente (E)

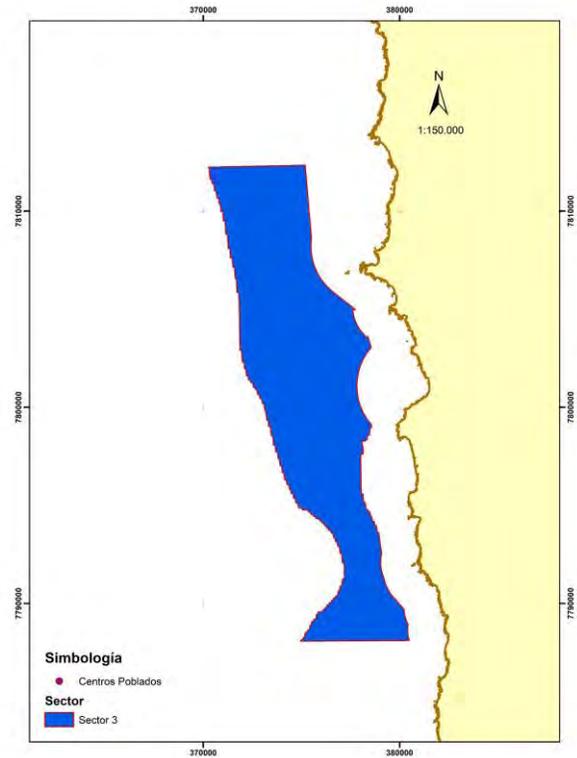
**Región de Tarapacá
Sector 3**

Ubicación Geográfica

Límite Norte: 70°12'42,007"W 19°46'51,978"S
Límite Sur: 70°10'1,896"W 20°0'0,041"S

Superficie (Ha): 10.505,26

Lugar(es) Poblado(s) Cercano (LPMC): Pisagua



VARIABLES BIOFÍSICAS

Temperatura (°C): 17.5°-18.5°C (Verano 2018)
 16.0- 16.5°C (Primavera 2018)
 18.0°-23.0°C (Calificación; Bueno)

Oxígeno (mL/L): 4.5-6.0 mL/L (Verano 2018)
 4.0 mL/L (Primavera 2018)
 > 4.1 mL/L (Calificación; Bueno)

COP: 600-800 mol/m³ (2002-2017)

Clorofila: 1.8-12.3 mgCl-a/m³ (Verano 2018)
 2.8-14.4 mgCl-a/m³ (Primavera 2018)
 > 15.0 mgCl-a/m³ (Calificación; Bueno)

Profundidad: 15-40 m (Calificación; Bueno)

Corrientes: 0.1-0.2 m/s (Calificación; Bueno)

Altura de Olas < 1 m (Calificación; Bueno)

OBSERVACIONES GENERALES

En verano 2018 la isoterma de 14°C se ubicó a 22 m de profundidad, que ésta asociada a la isolínea de oxígeno disuelto de 2.0 mL/L. Para la primavera de 2018 la isoterma de 14°C se ubicó a 22 m de profundidad, que ésta asociada a la isolínea de oxígeno disuelto de 0.5 mL/L.
 Es recomendable para cultivos de recursos que los sistemas se ubiquen en los primeros 15m de profundidad por la presencia de la mínima de oxígeno disuelto.

IDONEIDAD ACUICOLA

Índices de idoneidad de hábitat (IIH) para el cultivo de recursos en el sector:

Ostión del norte (*Argopecten purpuratus*): 0,61 (B)
 Ostra del pacífico (*Crassostrea gigas*) : 0,60 (B)
 Abalón (*Haliotis*) : 0,56 (S)
 Mitilidos : 0,62 (B)
 Algas pardas : 0,7 (MB)
 Dorado (*Seriola lalandi*) : 0,47 (M)
 Corvina (*Cilus gilberti*) : 0,61 (B)

Puntaje	Calificación
<0,5	Malo (M)
0,5 – 0,59	Suficiente (S)
0,6 – 0,69	Bueno (B)
0,7– 0,79	Muy Bueno (MB)
>0,8	Excelente (E)

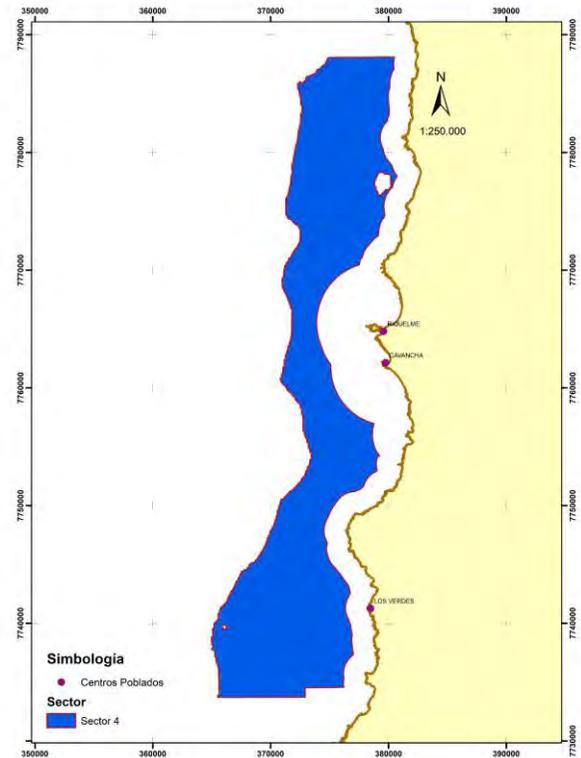
Región de Tarapacá Sector 4

Ubicación Geográfica

Límite Norte: 70°10'1,896"W 20°0'0,041"S
Límite Sur: 70°14'36,883"W 20°29'27,41"S

Superficie (Ha): 35.694,40

Lugar(es) Poblado(s) Cercano (LPMC): Iquique, Caleta Los Verdes



VARIABLES BIOFÍSICAS

Temperatura (°C): 17.5°-18.5°C (Verano 2018)
 16.0°-16.5°C (Primavera 2018)
 18.0°-23.0°C (Calificación; Bueno)

Oxígeno (mL/L): 4.0-6.0 mL/L (Verano 2018)
 4.0-4.5 mL/L (Primavera 2018)
 > 4.1 mL/L (Calificación; Bueno)

COP: 600-800 mol/m³ (2002-2017)

Clorofila: 5.0-11.9 mgCl-a/m³ (Verano 2018)
 5.4-41.0 mgCl-a/m³ (Primavera 2018)
 > 15.0 mgCl-a/m³ (Calificación; Bueno)

Profundidad: 15-40 m (Calificación; Bueno)

Corrientes: 0.1-0.2 m/s (Calificación; Bueno)

Altura de Olas < 1 m (Calificación; Bueno)

OBSERVACIONES GENERALES

En verano 2018 la isoterma de 14°C se ubicó a 20 m de profundidad, que ésta asociada a la isolinéa de oxígeno disuelto de 2.0 mL/L. Para la primavera de 2018 la isoterma de 14°C se ubicó a 22 m de profundidad, que ésta asociada a la isolinéa de oxígeno disuelto de 0.5 mL/L. Es recomendable para cultivos de recursos que los sistemas se ubiquen en los primeros 15m de profundidad por la presencia de la mínima de oxígeno disuelto.

IDONEIDAD ACUICOLA

Índices de idoneidad de hábitat (IIH) para el cultivo de recursos en el sector:

Ostión del norte (*Argopecten purpuratus*): 0,73 (MB)
 Ostra del pacífico (*Crassostrea gigas*) : 0,73 (MB)
 Abalón (*Haliotis*) : 0,58 (S)
 Mitilidos : 0,76 (MB)
 Algas pardas : 0,7 (MB)
 Dorado (*Seriola lalandi*) : 0,43 (M)
 Corvina (*Cilus gilberti*) : 0,63 (B)

Puntaje	Calificación
<0,5	Malo (M)
0,5 – 0,59	Suficiente (S)
0,6 – 0,69	Bueno (B)
0,7– 0,79	Muy Bueno (MB)
>0,8	Excelente (E)

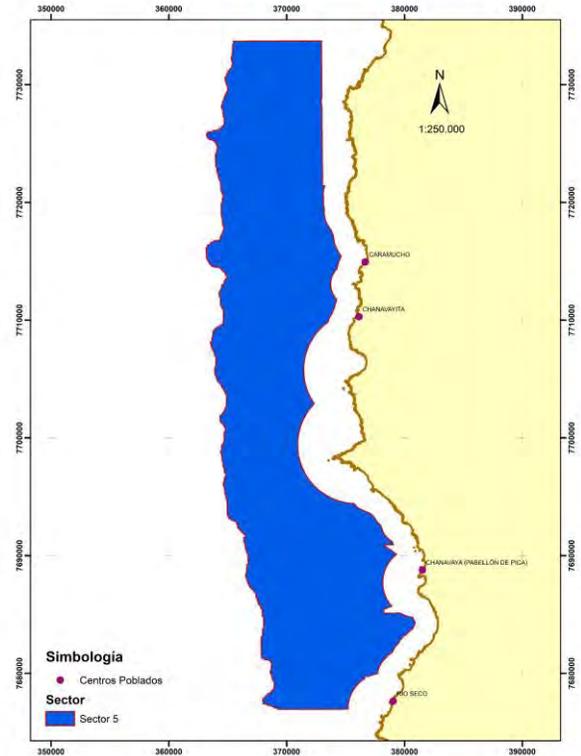
**Región de Tarapacá
Sector 5**

Ubicación Geográfica

Límite Norte: 70°14'36,883"W 20°29'27,41"S
Límite Sur: 70°13'36,178"W 21°0'13,878"S

Superficie (Ha): 51.684,88

Lugar(es) Poblado(s) Cercano (LPMC): Caranucho, Chanavayita, Chanavaya, Río Seco



VARIABLES BIOFÍSICAS

Temperatura (°C): 15.0°-18.5°C (Verano 2018)
 16.0°-17.0°C (Primavera 2018)
 18.0°-23.0°C (Calificación; Bueno)

Oxígeno (mL/L): 2.5-4.0 mL/L (Verano 2018)
 4.0-5.5 mL/L (Primavera 2018)
 > 4.1 mL/L (Calificación; Bueno)

COP: 600-800 mol/m³ (2002-2017)

Clorofila: 5.0-11.9 mgCl-a/m³ (Verano 2018)
 5.4-41.0 mgCl-a/m³ (Primavera 2018)
 > 15.0 mgCl-a/m³ (Calificación; Bueno)

Profundidad: 15-40 m (Calificación; Bueno)

Corrientes: 0.1-0.2 m/s (Calificación; Bueno)

Altura de Olas < 1 m (Calificación; Bueno)

OBSERVACIONES GENERALES

En verano 2018 la isoterma de 14°C se ubicó a 18 m de profundidad, que ésta asociada a la isolínea de oxígeno disuelto de 1.5 mL/L. Para la primavera de 2018 la isoterma de 14°C se ubicó a 25 m de profundidad, que ésta asociada a la isolínea de oxígeno disuelto de 0.5 mL/L.
 Es recomendable para cultivos de recursos que los sistemas se ubiquen en los primeros 15m de profundidad por la presencia de la mínima de oxígeno disuelto.

IDONEIDAD ACUICOLA

Índices de idoneidad de hábitat (IIH) para el cultivo de recursos en el sector:

- Ostión del norte (*Argopecten purpuratus*): 0,67 (B)
- Ostra del pacífico (*Crassostrea gigas*) : 0,68 (B)
- Abalón (*Haliotis*) : 0,44 (M)
- Mitílidos : 0,64 (B)
- Algas pardas : 0,7 (MB)
- Dorado (*Seriola lalandi*) : 0,4 (M)
- Corvina (*Cilus gilberti*) : 0,54 (S)

Puntaje	Calificación
<0,5	Malo (M)
0,5 – 0,59	Suficiente (S)
0,6 – 0,69	Bueno (B)
0,7– 0,79	Muy Bueno (MB)
>0,8	Excelente (E)

Región de Tarapacá Sector 6

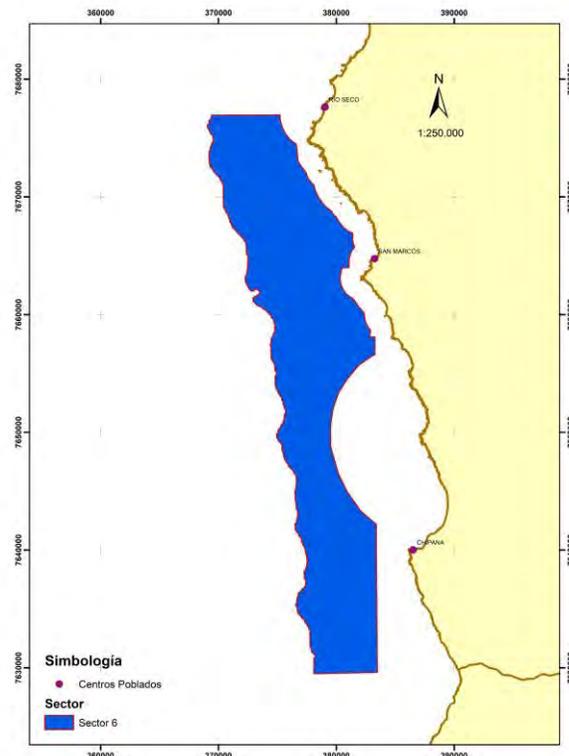
Ubicación Geográfica

Límite Norte: 70°13'36,178"W 21°0'13,878"S

Límite Sur: 70°9'2,065"W 21°25'56,927"S

Superficie (Ha): 31.298,85

Lugar(es) Poblado(s) Cercano (LPMC): Río Seco, San Marcos, Chipana



VARIABLES BIOFÍSICAS

Temperatura (°C):	15.5°-18.5°C	(Verano 2018)
	17.0°-17.5°C	(Primavera 2018)
	18.0°-23.0°C	(Calificación;
Bueno)		
Oxígeno (mL/L):	2.5-3.5 mL/L	(Verano 2018)
	5.0-5.5 mL/L	(Primavera 2018)
	> 4.1 mL/L	(Calificación;
Bueno)		
COP:	600-800 mol/m ³	(2002-2017)
Clorofila:	5.0-11.9 mgCl-a/m ³	(Verano 2018)
	5.4-41.0 mgCl-a/m ³	(Primavera 2018)
	> 15.0 mgCl-a/m ³	(Calificación; Bueno)
Profundidad:	15-40 m	(Calificación; Bueno)
Corrientes:	0.1-0.2 m/s	(Calificación; Bueno)
Altura de Olas	< 1 m	(Calificación; Bueno)

OBSERVACIONES GENERALES

En verano 2018 la isoterma de 14°C se ubicó a 18 m de profundidad, que ésta asociada a la isolínea de oxígeno disuelto de 2.0 mL/L. Para la primavera de 2018 la isoterma de 14°C se ubicó a 30 m de profundidad, que ésta asociada a la isolínea de oxígeno disuelto de 0.5 mL/L. Es recomendable para cultivos de recursos que los sistemas se ubiquen en los primeros 15m de profundidad por la presencia de la mínima de oxígeno disuelto.

IDONEIDAD ACUICOLA

Índices de idoneidad de hábitat (IIH) para el cultivo de recursos en el sector:

Ostión del norte (<i>Argopecten purpuratus</i>):	0,67 (B)
Ostra del pacífico (<i>Crassostrea gigas</i>):	0,68 (B)
Abalón (<i>Haliotis</i>):	0,44 (M)
Mitílidos:	0,64 (B)
Algas pardas:	0,7 (MB)
Dorado (<i>Seriola lalandi</i>):	0,4 (M)
Corvina (<i>Cilus gilberti</i>):	0,54 (S)

Puntaje	Calificación
<0,5	Malo (M)
0,5 – 0,59	Suficiente (S)
0,6 – 0,69	Bueno (B)
0,7– 0,79	Muy Bueno (MB)
>0,8	Excelente (E)

Región de Antofagasta Sector 2

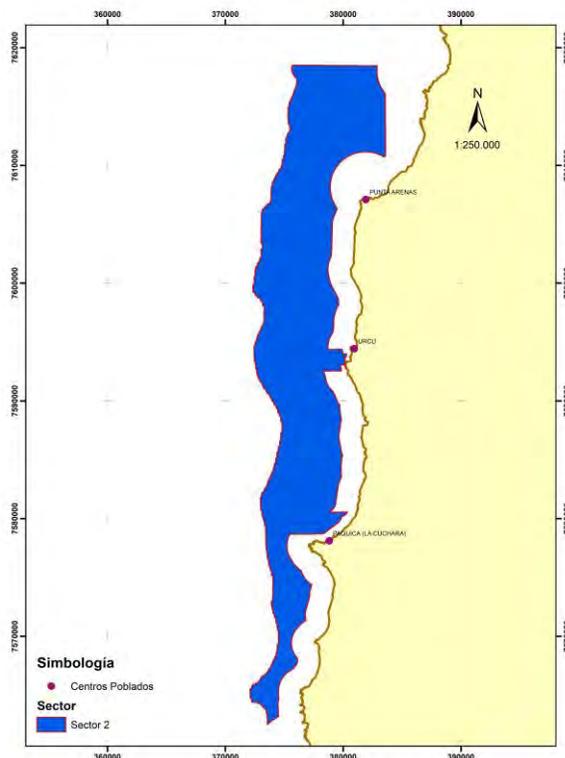
Ubicación Geográfica

Límite Norte: 70°9'26,766"W 21°31'56,681"S

Límite Sur: 70°13'30,11"W 22°2'14,308"S

Superficie (Ha): 28.257,23

Lugar(es) Poblado(s) Cercano (LPMC): Caleta Pta. Arenas, Urcu, Paquica, Tocopilla



VARIABLES BIOFÍSICAS

Temperatura (°C): 15.0°-18.5°C (Verano 2018)
 16.5°C (Primavera 2018)
 18.0°-23.0°C (Calificación; Bueno)

Oxígeno (mL/L): 3.5-4.5 mL/L (Verano 2018)
 4.5-5.0 mL/L (Primavera 2018)
 > 4.1 mL/L (Calificación; Bueno)

COP: 400-600 mol/m³ (2002-2017)

Clorofila: 3.9-34.1 mgCl-a/m³ (Verano 2018)
 5.1-24.5 mgCl-a/m³ (Primavera 2018)
 > 15.0 mgCl-a/m³ (Calificación; Bueno)

Profundidad: 15-40 m (Calificación; Bueno)

Corrientes: 0.1-0.2 m/s (Calificación; Bueno)

Altura de Olas < 1 m (Calificación; Bueno)

OBSERVACIONES GENERALES

En verano 2018 la isoterma de 14°C se ubicó a 18 m de profundidad, que ésta asociada a la isolínea de oxígeno disuelto de 2.0 mL/L. Para la primavera de 2018 la isoterma de 14°C se ubicó a 30 m de profundidad, que ésta asociada a la isolínea de oxígeno disuelto de 0.5 mL/L.

Es recomendable para cultivos de recursos que los sistemas se ubiquen en los primeros 15m de profundidad por la presencia de la mínima de oxígeno disuelto.

IDONEIDAD ACUICOLA

Índices de idoneidad de hábitat (IIH) para el cultivo de recursos en el sector:

Ostión del norte (*Argopecten purpuratus*): 0,64 (B)
 Ostra del pacífico (*Crassostrea gigas*) : 0,62 (B)
 Abalón (*Haliotis*) : 0,44 (M)
 Mitílidos : 0,61 (B)
 Algas pardas : 0,7 (MB)
 Dorado (*Seriola lalandi*) : 0,49 (M)
 Corvina (*Cilus gilberti*) : 0,54 (S)

Puntaje	Calificación
<0,5	Malo (M)
0,5 – 0,59	Suficiente (S)
0,6 – 0,69	Bueno (B)
0,7– 0,79	Muy Bueno (MB)
>0,8	Excelente (E)

**Región de Antofagasta
Sector 3**

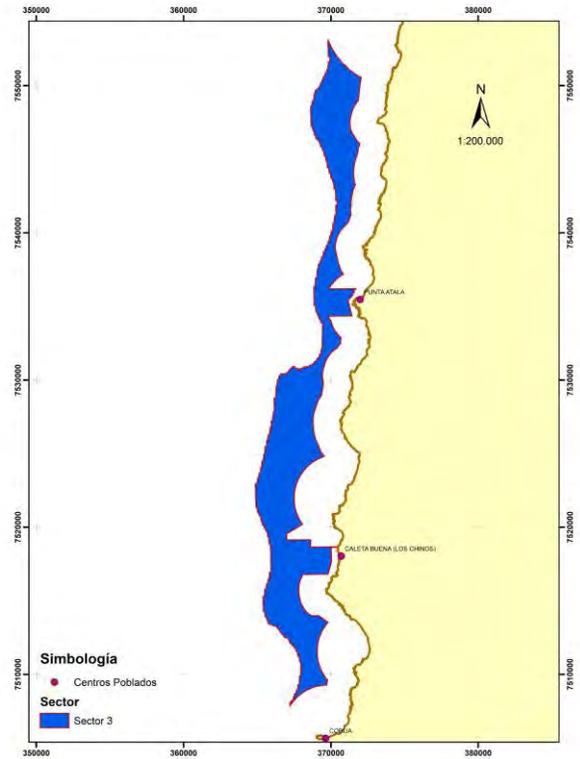
Ubicación Geográfica

Límite Norte: 70°15'44,435"W 22°7'20,083"S

Límite Sur: 70°17'28,421"W 22°31'50,941"S

Superficie (Ha): 9.471,15

Lugar(es) Poblado(s) Cercano (LPMC): Tocopilla, Punta Atala, Caleta Buena (Los Chinos)



VARIABLES BIOFÍSICAS

Temperatura (°C): 16.0°-19.5°C (Verano 2018)
 16.0°-17.0°C (Primavera 2018)
 18.0°-23.0°C (Calificación; Bueno)

Oxígeno (mL/L): 4.0-4.5 mL/L (Verano 2018)
 4.0-5.0 mL/L (Primavera 2018)
 > 4.1 mL/L (Calificación; Bueno)

COP: 400-600 mol/m³ (2002-2017)

Clorofila: 3.9-34.1 mgCl-a/m³ (Verano 2018)
 5.1-24.5 mgCl-a/m³ (Primavera 2018)
 > 15.0 mgCl-a/m³ (Calificación; Bueno)

Profundidad: 15-40 m (Calificación; Bueno)

Corrientes: 0.1-0.2 m/s (Calificación; Bueno)

Altura de Olas < 1 m (Calificación; Bueno)

OBSERVACIONES GENERALES

En verano 2018 la isoterma de 14°C se ubicó a 18 m de profundidad, que ésta asociada a la isolínea de oxígeno disuelto de 2.0 mL/L. Para la primavera de 2018 la isoterma de 14°C se ubicó a 22 m de profundidad, que ésta asociada a la isolínea de oxígeno disuelto de 1.0 mL/L. Es recomendable para cultivos de recursos que los sistemas se ubiquen en los primeros 15m de profundidad por la presencia de la mínima de oxígeno disuelto.

IDONEIDAD ACUICOLA

Índices de idoneidad de hábitat (IIH) para el cultivo de recursos en el sector:

Ostión del norte (*Argopecten purpuratus*): 0,64 (B)
 Ostra del pacífico (*Crassostrea gigas*) : 0,62 (B)
 Abalón (*Haliotis*) : 0,44 (M)
 Mitílidos : 0,61(B)
 Algas pardas : 0,7 (MB)
 Dorado (*Seriola lalandi*) : 0,49 (M)
 Corvina (*Cilus gilberti*) : 0,54 (S)

Puntaje	Calificación
<0,5	Malo (M)
0,5 – 0,59	Suficiente (S)
0,6 – 0,69	Bueno (B)
0,7– 0,79	Muy Bueno (MB)
>0,8	Excelente (E)

**Región de Antofagasta
Sector 4**

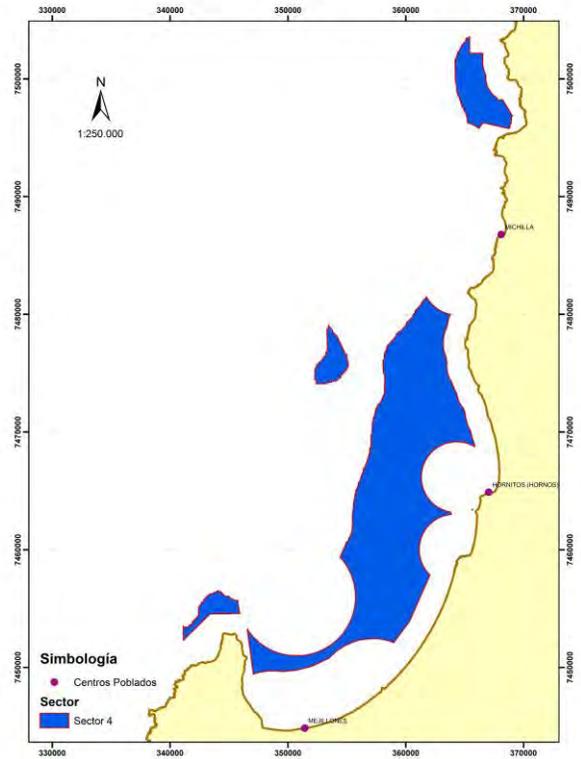
Ubicación Geográfica

Límite Norte: 70°18'32,526"W 22°34'8,454"S

Límite Sur: 70°29'33,912"W 23°3'22,762"S

Superficie (Ha): 21.016,82

Lugar(es) Poblado(s) Cercano (LPMC): Michilla, Hornitos, Mejillones



VARIABLES BIOFÍSICAS

Temperatura (°C): 17.0°-19.5°C (Verano 2018)
 16.5°-17.0°C (Primavera 2018)
 18.0°-23.0°C (Calificación; Bueno)

Oxígeno (mL/L): 4.5-5.0 mL/L (Verano 2018)
 3.5-4.5 mL/L (Primavera 2018)
 > 4.1 mL/L (Calificación; Bueno)

COP: 400-600 mol/m³ (2002-2017)

Clorofila: 3.9-34.1 mgCl-a/m³ (Verano 2018)
 5.1-24.5 mgCl-a/m³ (Primavera 2018)
 > 15.0 mgCl-a/m³ (Calificación; Bueno)

Profundidad: 15-40 m (Calificación; Bueno)

Corrientes: 0.1-0.2 m/s (Calificación; Bueno)

Altura de Olas < 1 m (Calificación; Bueno)

OBSERVACIONES GENERALES

En verano 2018 la isoterma de 14°C se ubicó a 12 m de profundidad, que ésta asociada a la isolínea de oxígeno disuelto de 2.0 mL/L. Para la primavera de 2018 la isoterma de 14°C se ubicó a 22 m de profundidad, que ésta asociada a la isolínea de oxígeno disuelto de 0.5 mL/L. Es recomendable para cultivos de recursos que los sistemas se ubiquen en los primeros 15m de profundidad por la presencia de la mínima de oxígeno disuelto.

IDONEIDAD ACUICOLA

Índices de idoneidad de hábitat (IIH) para el cultivo de recursos en el sector:

Ostión del norte (*Argopecten purpuratus*): 0,66 (B)
 Ostra del pacífico (*Crassostrea gigas*) : 0,63 (B)
 Abalón (*Haliotis*) : 0,54 (S)
 Mitílidos : 0,68 (B)
 Algas pardas : 0,7 (MB)
 Dorado (*Seriola lalandi*) : 0,50 (S)
 Corvina (*Cilus gilberti*) : 0,58 (S)

Puntaje	Calificación
<0,5	Malo (M)
0,5 – 0,59	Suficiente (S)
0,6 – 0,69	Bueno (B)
0,7– 0,79	Muy Bueno (MB)
>0,8	Excelente (E)

**Región de Antofagasta
Sector 5**

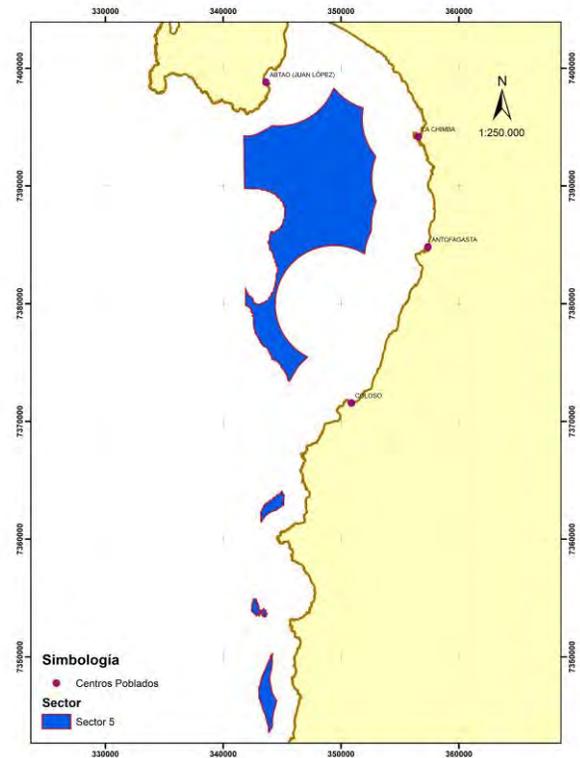
Ubicación Geográfica

Límite Norte: 70°28'30,409"W 23°31'6,314"S

Límite Sur: 70°32'5,841"W 24°0'42,249"S

Superficie (Ha): 13.222,85

Lugar(es) Poblado(s) Cercano (LPMC): Antofagasta, Coloso



VARIABLES BIOFÍSICAS

Temperatura (°C): 16.5°-17.5°C (Verano 2018)
 15.5°-17.5°C (Primavera 2018)
 18.0°-23.0°C (Calificación; Bueno)

Oxígeno (mL/L): 5.0-6.0 mL/L (Verano 2018)
 4.0 mL/L (Primavera 2018)
 > 4.1 mL/L (Calificación; Bueno)

COP: 400-600 mol/m³ (2002-2017)

Clorofila: 0.7-2.9 mgCl-a/m³ (Verano 2018)
 0.5-7.3 mgCl-a/m³ (Primavera 2018)
 > 15.0 mgCl-a/m³ (Calificación; Bueno)

Profundidad: 15-40 m (Calificación; Bueno)

Corrientes: 0.1-0.2 m/s (Calificación; Bueno)

Altura de Olas < 1 m (Calificación; Bueno)

OBSERVACIONES GENERALES

En verano 2018 la isoterma de 14°C se ubicó a 22 m de profundidad, que ésta asociada a la isolínea de oxígeno disuelto de 3.0 mL/L. Para la primavera de 2018 la isoterma de 14°C se ubicó a 18 m de profundidad, que ésta asociada a la isolínea de oxígeno disuelto de 1.0 mL/L. Es recomendable para cultivos de recursos que los sistemas se ubiquen en los primeros 15m de profundidad por la presencia de la mínima de oxígeno disuelto.

IDONEIDAD ACUICOLA

Índices de idoneidad de hábitat (IIH) para el cultivo de recursos en el sector:

Ostión del norte (*Argopecten purpuratus*): 0,60 (B)
 Ostra del pacífico (*Crassostrea gigas*) : 0,58 (S)
 Abalón (*Haliotis*) : 0,56 (S)
 Mítílidos : 0,60 (B)
 Algas pardas : 0,7 (MB)
 Dorado (*Seriola lalandi*) : 0,49 (M)
 Corvina (*Cilus gilberti*) : 0,63 (B)

Puntaje	Calificación
<0,5	Malo (M)
0,5 – 0,59	Suficiente (S)
0,6 – 0,69	Bueno (B)
0,7– 0,79	Muy Bueno (MB)
>0,8	Excelente (E)

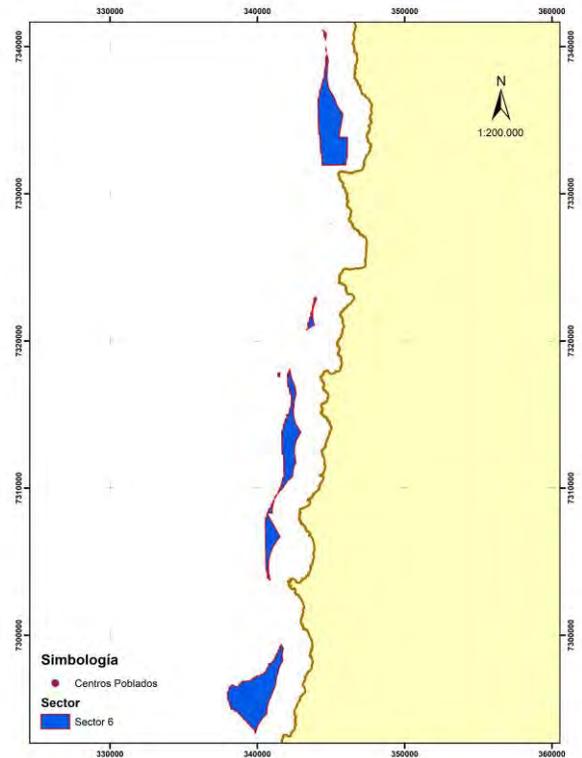
**Región de Antofagasta
Sector 6**

Ubicación Geográfica

Límite Norte: 70°31'47,84"W 24°2'3,414"S
Límite Sur: 70°34'48,199"W 24°27'54,368"S

Superficie (Ha): 2.404,07

Lugar(es) Poblado(s) Cercano (LPMC): Coloso



VARIABLES BIOFÍSICAS

Temperatura (°C): 16.5°-17.0°C (Verano 2018)
15.0°C (Primavera 2018)
18.0°-23.0°C (Calificación; Bueno)

Oxígeno (mL/L): 5.0-6.0 mL/L (Verano 2018)
4.0 mL/L (Primavera 2018)
> 4.1 mL/L (Calificación; Bueno)

COP: 100-400 mol/m³ (2002-2017)

Clorofila: 0.7-2.9 mgCl-a/m³ (Verano 2018)
0.5-7.3 mgCl-a/m³ (Primavera 2018)
> 15.0 mgCl-a/m³ (Calificación; Bueno)

Profundidad: 15-40 m (Calificación; Bueno)

Corrientes: 0.1-0.2 m/s (Calificación; Bueno)

Altura de Olas < 1 m (Calificación; Bueno)

OBSERVACIONES GENERALES

En verano 2018 la isoterma de 14°C se ubicó a 30 m de profundidad, que ésta asociada a la isolinéa de oxígeno disuelto de 3.0 mL/L. Para la primavera de 2018 la isoterma de 14°C se ubicó a 12 m de profundidad, que ésta asociada a la isolinéa de oxígeno disuelto de 1.0 mL/L. Es recomendable para cultivos de recursos que los sistemas se ubiquen en los primeros 15m de profundidad por la presencia de la mínima de oxígeno disuelto.

IDONEIDAD ACUICOLA

Índices de idoneidad de hábitat (IIH) para el cultivo de recursos en el sector:

Ostión del norte (*Argopecten purpuratus*): 0,55 (S)
Ostra del pacífico (*Crassostrea gigas*) : 0,57 (S)
Abalón (*Haliotis*) : 0,46 (M)
Mitílidos : 0,58 (S)
Algas pardas : 0,7 (MB)
Dorado (*Seriola lalandi*) : 0,40 (M)
Corvina (*Cilus gilberti*) : 0,59 (S)

Puntaje	Calificación
<0,5	Malo (M)
0,5 – 0,59	Suficiente (S)
0,6 – 0,69	Bueno (B)
0,7– 0,79	Muy Bueno (MB)
>0,8	Excelente (E)

**Región de Antofagasta
Sector 7**

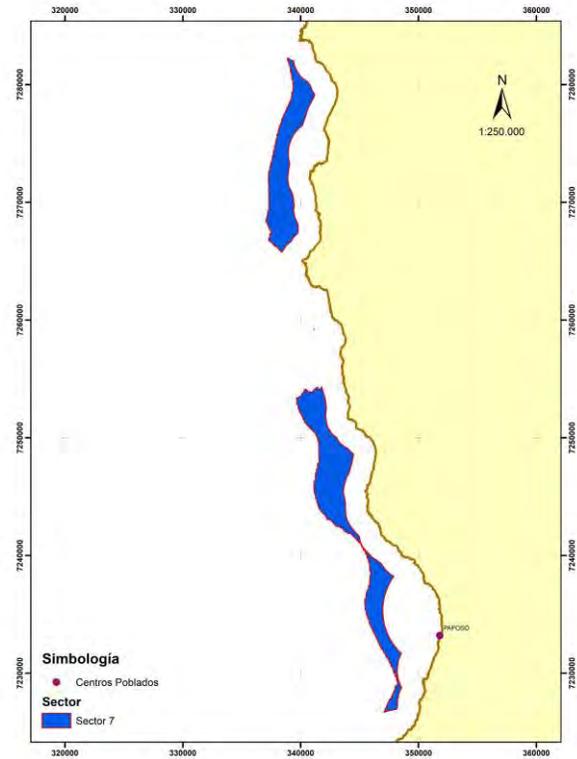
Ubicación Geográfica

Límite Norte: 70°35'27,349"W 24°33'54,281"S

Límite Sur: 70°30'58,115"W 25°4'3,667"S

Superficie (Ha): 6.678,53

Lugar(es) Poblado(s) Cercano (LPMC): Paposo



VARIABLES BIOFÍSICAS

Temperatura (°C): 17.0°-17.5°C (Verano 2018)
 15.0°-15.5°C (Primavera 2018)
 18.0°-23.0°C (Calificación; Bueno)

Oxígeno (mL/L): 5.0 mL/L (Verano 2018)
 4.0-7.0 mL/L (Primavera 2018)
 > 4.1 mL/L (Calificación; Bueno)

COP: 100-400 mol/m³ (2002-2017)

Clorofila: 0.5-4.9 mgCl-a/m³ (Verano 2018)
 18.2-55.8 mgCl-a/m³ (Primavera 2018)
 > 15.0 mgCl-a/m³ (Calificación; Bueno)

Profundidad: 15-40 m (Calificación; Bueno)

Corrientes: 0.1-0.2 m/s (Calificación; Bueno)

Altura de Olas < 1 m (Calificación; Bueno)

OBSERVACIONES GENERALES

En verano 2018 la isoterma de 14°C se ubicó a 30 m de profundidad, que ésta asociada a la isolínea de oxígeno disuelto de 3.0 mL/L. Para la primavera de 2018 la isoterma de 14°C se ubicó a 12 m de profundidad, que ésta asociada a la isolínea de oxígeno disuelto de 1.0 mL/L. Es recomendable para cultivos de recursos que los sistemas se ubiquen en los primeros 15m de profundidad por la presencia de la mínima de oxígeno disuelto.

IDONEIDAD ACUICOLA

Índices de idoneidad de hábitat (IIH) para el cultivo de recursos en el sector:

Ostión del norte (*Argopecten purpuratus*): 0,72 (MB)
 Ostra del pacífico (*Crassostrea gigas*) : 0,72 (MB)
 Abalón (*Haliotis*) : 0,53 (S)
 Mitílidos : 0,76 (MB)
 Algas pardas : 0,7 (MB)
 Dorado (*Seriola lalandi*) : 0,40 (M)
 Corvina (*Cilus gilberti*) : 0,62 (B)

Puntaje	Calificación
<0,5	Malo (M)
0,5 – 0,59	Suficiente (S)
0,6 – 0,69	Bueno (B)
0,7– 0,79	Muy Bueno (MB)
>0,8	Excelente (E)

**Región de Antofagasta
Sector 8**

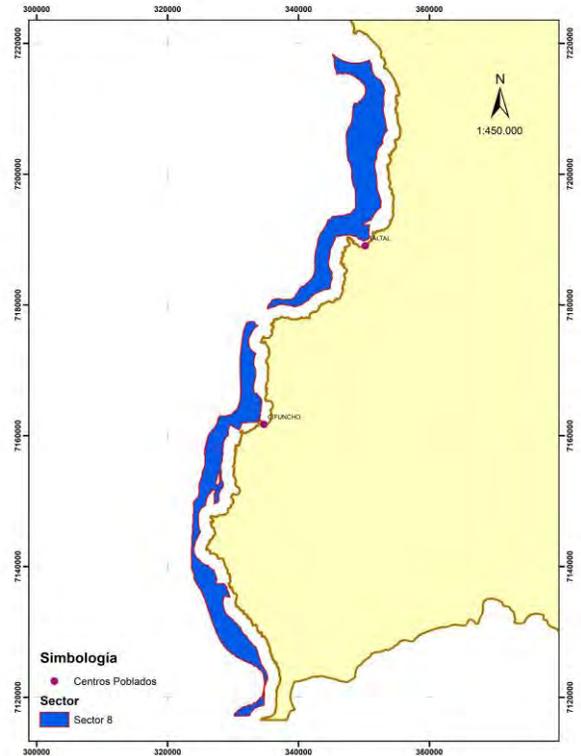
Ubicación Geográfica

Límite Norte: 70°32'7,775"W 25°8'34,209"S

Límite Sur: 70°41'6,22"W 26°3'16,875"S

Superficie (Ha): 29.482,42

Lugar(es) Poblado(s) Cercano (LPMC): Taltal, Cifuncho



VARIABLES BIOFÍSICAS

Temperatura (°C): 17.0°-17.5°C (Verano 2018)
 15.0°-15.5°C (Primavera 2018)
 18.0°-23.0°C (Calificación; Bueno)

Oxígeno (mL/L): 5.0 mL/L (Verano 2018)
 4.5-7.0 mL/L (Primavera 2018)
 > 4.1 mL/L (Calificación; Bueno)

COP: 100-400 mol/m³ (2002-2017)

Clorofila: 0.5-4.9 mgCl-a/m³ (Verano 2018)
 18.2-55.8 mgCl-a/m³ (Primavera 2018)
 > 15.0 mgCl-a/m³ (Calificación; Bueno)

Profundidad: 15-40 m (Calificación; Bueno)

Corrientes: 0.1-0.2 m/s (Calificación; Bueno)

Altura de Olas < 1 m (Calificación; Bueno)

OBSERVACIONES GENERALES

En verano 2018 la isoterma de 14°C se ubicó a 35 m de profundidad, que ésta asociada a la isolínea de oxígeno disuelto de 3.0 mL/L. Para la primavera de 2018 la isoterma de 14°C se ubicó a 12 m de profundidad, que ésta asociada a la isolínea de oxígeno disuelto de 3.0 mL/L. Es recomendable para cultivos de recursos que los sistemas se ubiquen en los primeros 15m de profundidad por la presencia de la mínima de oxígeno disuelto.

IDONEIDAD ACUICOLA

Índices de idoneidad de hábitat (IIH) para el cultivo de recursos en el sector:

- Ostión del norte (*Argopecten purpuratus*): 0,72 (MB)
- Ostra del pacífico (*Crassostrea gigas*) : 0,70 (MB)
- Abalón (*Haliotis*) : 0,51 (S)
- Mitílidos : 0,76 (MB)
- Algas pardas : 0,7 (MB)
- Dorado (*Seriola lalandi*) : 0,48 (M)
- Corvina (*Cilus gilberti*) : 0,62 (B)

Puntaje	Calificación
<0,5	Malo (M)
0,5 – 0,59	Suficiente (S)
0,6 – 0,69	Bueno (B)
0,7– 0,79	Muy Bueno (MB)
>0,8	Excelente (E)

7.- CONCLUSIONES

1. Se generaron registros en formato shapes y raster de información oceanográfica del área de estudio que permitieron caracterizar la zona y ser utilizados para los análisis posteriores considerados en el proyecto.
2. Las mediciones *in situ* continúan siendo la mejor herramienta para la caracterización de las zonas, debido a las desventajas de la percepción remota, no obstante, las climatologías representaron claramente las condiciones oceanográficas características de la región.
3. El método de análisis Multicriterio de superposición ponderada de capas resultó ser útil para identificar los sectores con mejores características físicas, químicas y biológicas.
4. El modelo seleccionó un conjunto mayor de zonas, congruentes con las estaciones de muestreo *in situ*, cuando las variables de decisión se redujeron sólo a las de centros poblados, cobertura eléctrica y accesibilidad a la red vial.
5. De acuerdo al análisis de variables físicas, químicas y biológicas, se determinó que en la Región de Arica y Parinacota el 36,5% corresponden a zonas calificadas como Buenas, cumpliendo con el 100% de los criterios establecidos, en el caso de la Región de Tarapacá el porcentaje de áreas Buenas fue de un 55,4% y en la Región de Antofagasta fue de un 75,4%.
6. El resultado final de la selección de zonas para toda el área de estudio, contrastando las zonas libres de restricciones con las zonas con aptitudes físicas, químicas y biológicas, y con las zonas con recursos disponibles fue de un 68,8% de áreas Buenas (194.763 Ha) y un 16,9% de áreas Aceptables (48.008 Ha). Las zonas restringidas corresponden a un 14,3% (40.481 Ha), y se generan por la infraestructura habilitante existente.
7. Los rangos de temperatura, a 1 y 10 m de profundidad, registrados en verano y principio de primavera, son adecuados para el cultivo de especies hidrobiológicas. Para el caso del oxígeno disuelto, valores superiores a 1,0 mL/L se registraron a 1 y 10 m en verano y sólo a 1 m a principio de primavera.
8. Dada la oscilación del límite superior de la ZMO, en verano la capa sobre los 30 m de profundidad exhibió valores superiores a 1 mL/L en gran parte del área de

estudio, mientras que a principio de primavera, ésta ocupó el estrato entre los 5 y 54 m de profundidad en gran parte de la zona.

8.- REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aiello-Lammens, M.E., Boria, R.A., Radosavljevic, A., Vilela, B. & Anderson, R.P. (2015) spThin: an R package for spatial thinning of species occurrence records for use in ecological niche models. *Ecography*, 38, 541-545.
- Amante, C. and B.W. Eakins, 2009. ETOPO1 1 Arc-Minute Global Relief Model: Procedures, Data Sources and Analysis. NOAA Technical Memorandum NESDIS NGDC-24. National Geophysical Data Center, NOAA. doi:10.7289/V5C8276M [access date].
- Ancapichun S and J Garces-Vargas. 2015. Variability of the Southeast Pacific Subtropical Anticyclone and its impact on sea surface temperature off north-central Chile. *Ciencias Marina* 41(1), 335-345.
- Araujo, M.B. & Guisan, A. (2006) Five (or so) challenges for species distribution modelling. *Journal of biogeography*, 33, 1677-1688.
- Araújo, M. B., and A. T. Peterson. 2012. Uses and misuses of bioclimatic envelope modeling. *Ecology* 93:1527-1539.
- Assis, J., Tyberghein, L., Bosch, S., Verbruggen, H., Serrão, E.A. & De Clerck, O. (2018) Bio-ORACLE v2. 0: Extending marine data layers for bioclimatic modelling. *Global Ecology and Biogeography*, 27, 277-284.
- Atkinson, L.P., Valle-Levison, A., Figueroa, D., De Pol-Holz, R., Gallardo, V.A., Schneider, W., Schmidt, M., 2002. Oceanographic observations in Chilean coastal waters between Valdivia and Concepción. *Journal of Geophysical Research* 107, doi: 10.1029/2001JC000991.
- Avaria S., & P. Muñoz. 1982. Producción actual, biomasa y composición específica del fitoplancton de la Bahía de Valparaíso en 1979. *Rev. Biol. Mar.* 18(2): 129-157.
- Balch, W. M., H. R. Gordon, B. C. Bowler, D. T. Drapeau, and E. S. Booth. (2005) Calcium carbonate measurements in the surface global ocean based on Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer data, *JGR*, Vol. 110, C07001 <http://dx.doi.org/10.1029/2004JC002560>

- Bentamy, A.; Fillon, D.C. Gridded surface wind fields from metop/ascat measurements. *Int J Remote Sens* 2012, 33, 1729-1754.
- Blanco JL, A.C. Thomas, ME Carr and PT Strub. 2001. Seasonal climatology of hydrographic conditions in the upwelling region off northern Chile. *Journal of Geophysical Research*, Vol. 106, No. C6, 11,451-11,467.
- Brooks, R. P. 1997. Improving habitat suitability index models. *Wildl. Soc. Bull.* 25, 163–167.
- Brown, J., and Hartwick, E. 1988. A habitat suitability index model for suspended tray culture of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas* Thunberg. *Aquac. Res.* 19, 109–126.
- Cardia, F., A. Ciattaglia, & R. Corner. 2017. Guidelines and Criteria on Technical and Environmental Aspects of Cage Aquaculture Site Selection in the Kingdom of Saudi Arabia. Food and Agriculture Organization (FAO). PROJECT UTF/SAU/048/SAU: 58 pp
- Cerda M, B Knoppers, J Valdés, AF Siffedine, L Ortlieb & E Sabadini-Santos. Variación espacial y temporal de las masas de agua, nutrientes y sedimentación de la materia orgánica e inorgánica en la bahía Mejillones del sur (23° S), Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 83: 409-420.
- Chester R. 1996. *Marine Geochemistry*. Chapman & Hall, London. 698 pp.
- Chin, T.M.; Vazquez, J.; Armstrong, E. Algorithm theoretical basis document: A multi-scale, high-resolution analysis of global sea surface temperature. Version 1.3 ed.; Jet Propulsion Laboratory: Pasadena, CA, 2013; p 13.
- Cho, Y., W. Lee, S. Hong, H. Kim, & J. Bae Kim. 2012. GIS-based suitable site selection using habitat suitability index for oyster farms in Geoje-Hansan Bay, Korea. *Ocean & Coastal Management* 56: 10-16.
- Dapueto, G., F. Massa, S. Costa, L. Cimoli, E. Olivari, M. Chiantore, B. Federici, & P. Povero. 2015. A spatial multi-criteria evaluation for site selection of offshore marine fish farm in the Ligurian Sea, Italy. *Ocean & Coastal Management* 116: 64-77.
- Díaz, M. 1984. Distribución de Fosfatos, Nitratos y Nitritos en una Sección Frente a Iquique (20°16'S), diciembre 1982. *Invest. Pesq.* 31:103-108.

- Di Cola, V., O. Broennimann, B. Petitpierre, F. T. Breiner, M. D'Amen, C. Randin, R. Engler, J. Pottier, D. Pio, and A. Dubuis. 2016. ecospat: an R package to support spatial analyses and modeling of species niches and distributions. *Ecography* DOI: 10.1111/ecog.02671.
- Drach A, Tsukrov I, Decew J, Swift MR, Celikkol B, CF Hurtado, 2013. V International conference on computational methods in marine engineering MARINE 2013. B. Brinkmann & P. Wriggens (eds).
- Escribano R, & P. Hidalgo, 2001. Circulación inducida por el viento en Bahía de Antofagasta norte de Chile (23° S). *Rev. Biol. Mar y Ocea.* 36 (1): 43 - 60
- Escribano, R., Daneri, G., Farias, L., Gallardo, V., González, H., Gutiérrez, D., Lange, C., Morales, C., Pizarro, O., Ulloa, O., Braun, M., 2004. Biological and chemical consequences of the 1997-1998 El Niño in the Chilean coastal upwelling system: a synthesis. *Deep-Sea Research Part II, special volume Oceanography in the Eastern South Pacific, Part I*, 51, 2389-2411.
- Escribano R, Fernández M & Aranís A. 2003. Physical-chemical processes and patterns of diversity of the Chilean eastern boundary pelagic and benthic marine ecosystems: an overview. *Gayana* 67, 190–205.
- Escribano R, Rosales S & JL Blanco 2004a. Understanding upwelling circulation of Bahía Antofagasta (northern Chile): A numerical modeling approach. *Cont. Shelf Res.*, 24: 37-53.
- Estay, M. & C. Chávez. 2015. Decisiones de localización y cambios regulatorios: el caso de la acuicultura en Chile. *Lat. Am. J. Aquat. Res.*, 43(4): 700-717.
- FAO. 2013. Site selection and carrying capacities for inland and coastal aquaculture. FAO/Institute of Aquaculture, University of Stirling, Expert Workshop, 6–8 December 2010. Stirling, the United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland. FAO Fisheries and Aquaculture Proceedings No. 21. Rome, FAO. 46 pp.
- Falconer, L., T. C. Telfer, and L. G. Ross. 2016. Investigation of a novel approach for aquaculture site selection. *Journal of Environmental Management* 181:791-804.
- Farías L, A Paulmier & M Gallegos. 2007. Nitrous oxide and N-nutrient cycling in the oxygen minimum zone off northern Chile. *Deep-Sea Res. I*, 54: 164-180.

- Friederich GE & LA Codispoti. 1981. The Effect of Mixing on the Nutrient Content of Upwelling Waters off Peru. In: Coastal Upwelling, F. Richards (ed.), Amer. Geophys. Union. Washington, 221-227 p.
- Fuenzalida R. 1990. Variabilidad Temporal de un Índice de Surgencia para la zona de Iquique (Lat. 20°S). Invest. Cient. y Tec., Serie: Ciencias del Mar, 1: 37-47.
- Fuenzalida R 1992. Proceso de surgencia en la región norte de Chile, latitudes 20°30' - 21°45' S. Revista de Investigación Científicas y Tecnológicas. Serie: Ciencias del Mar 2:79-104.
- Fuenzalida, R., W. Schneider, J. Garcés-Vargas, and L. Bravo 2008. Satellite altimetry data reveal jet-like dynamics of the Humboldt Current, *Journal of Geophysical Research*, 113, C07043, doi:10.1029/2007JC004684, 2008.
- Fuenzalida R, W Schneider, J Garcés-Vargas, L Bravo & C Lange 2009. Vertical and horizontal extension of the oxygen minimum zone in the eastern South Pacific Ocean. *Deep Sea Research II* – 56(2009) 1027-1038. doi:10.1016/j.dsr2.2008.11.001.
- Fonseca TR & M. Fariás, 1987. Estudio del proceso de surgencia en la costa chilena utilizando percepción remota. *Investigaciones Pesqueras* 34: 33- 46
- Forster J, 2008. Emerging technologies in marine aquaculture. IN: Rubino, Michael (editor). 2008. *Offshore Aquaculture in the United States: Economic Considerations, Implications & Opportunities*. U.S. Department of Commerce; Silver Spring, MD; USA. NOAA Technical Memorandum NMFS F/SPO-103. 263 pages.
- Gailhard I, P Gros, JP Durbec, B Beliaeff, C Belin, E Nézan & P Lassus. 2002. Variability patterns of microphytoplankton communities along the French coast. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 242: 39-50.
- Garibaldi, L. 1996. List of animal species used in aquaculture. FAO fisheries circular 914:<http://www.fao.org/docrep/w2333e/w2333e2300.HTM>.
- Gentry, R.R., S. E. Lester, C.V. Kappel, C. White, T.W. Bell, J. Stevens, & S. D. Gaines. 2017. Offshore aquaculture: Spatial planning principles for sustainable development. *Ecology and Evolution* 2017; 7: 733–743.

- GESAM consultores. 2006. Diagnóstico de la acuicultura a pequeña escala en Chile. Informe final. FIP N° 2004-26. 353 pp.
- Gordon, Howard R., G. Chris Boynton, William M. Balch, Stephen B. Groom, Derek S. Harbour, and Tim J. Smyth. (2001) Retrieval of Coccolithophore Calcite Concentration from SeaWiFS Imagery. *GRL*, Vol. 28, No. 8, pp. 1587-1590 <http://dx.doi.org/10.1029/2000GL012025>
- Grantham, B., Chan, F., Nielsen, K., Fox, D., Barth, J., Huyer, A., Lubchenco, J., Menge, B., 2004. Upwelling-driven nearshore hypoxia signals ecosystem and oceanographic changes in the northeast Pacific. *Nature* 429, 749-754. doi:10.1038/nature02605.
- Grasshoff, K; Kremling, K. & M. Ehrhardt. 1999. *Methods of seawater analysis*. 3° Edition. Wiley-VCH, Germany, 600 pp.
- Guisan, A., C. H. Graham, J. Elith, and F. Huettmann. 2007. Sensitivity of predictive species distribution models to change in grain size. *Diversity and Distributions* 13:332-340.
- Helly, J.J., Levin, L.A., 2004. Global distribution of naturally occurring marine hypoxia on continental margins. *Deep-Sea Res. I* 51, 1159– 1168.
- Herrera, L. & R. Escribano. 2006. Factors structuring the phytoplankton community in the upwelling site off El Loa River in northern Chile. *Journal of Marine Systems* 61: 13–38.
- Hijmans, R. J. 2016. raster: Geographic Data Analysis and Modeling. R package version 2.5-8. <https://CRAN.R-project.org/package=raster>.
- Hu, C., Lee, Z., & Franz, B. (2012). Chlorophyll a algorithms for oligotrophic oceans: A novel approach based on three-band reflectance difference. *Journal of Geophysical Research*, 117(C1).
- Herrera L & R Escribano. 2006. Factors structuring the phytoplankton community in the upwelling site off El Loa River in northern Chile. *J. Marine Syst.*, 61:13–38.
- IFOP. 2006. Actualización de criterios sobre limitación de áreas. Informe final. FIP N° 2004-31. 348 pp.
- IFOP. 2010. Diagnóstico y proyección de las actividades de acuicultura entre Arica y Taltal. Informe Final corregido. FIP N° 2008-34. 563 pp.

- IFOP. 2013. Evaluación y propuesta de modificación de normativa actual vigente para los centros de cultivo de algas. SUBPESCA. Informe final. 269 pp.
- IFOP. 2015. Estudios de emplazamiento de áreas de Acuicultura de pequeña escala en la zona norte. FIP 2013-23. Informe Final. 547 pp.
- Iriarte JL & HE González. 2004. Phytoplankton size structure during and after the 1997/98 El Niño in a coastal upwelling area of the northern Humboldt Current System. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 269:83-90.
- Kruk C, N Mazzeo, G Lacerot & CS Reynolds. 2002. Classification schemes for phytoplankton: a local validation of a functional approach to the analysis of species temporal replacement. *Journal of Plankton Research*, 24(9): 901-912.
- Lassiter AM, FP Wilkerson, RC Dugdale & VE Hogue. 2006. Phytoplankton assemblages in the CoOP-WEST coastal upwelling area. *Deep-Sea Res. II*, 53: 3063-3077.
- Levin, L.A. 2002. Deep-ocean life where oxygen is scarce. *American Scientist* 90, 436-444. doi:10.1511/2002.5.436.
- Levin, L.A., Huggett, C.L., Wishner, K.F., 1991. Control of deep-sea benthic community structure by oxygen and organic-matter gradients in the eastern Pacific Ocean. *Journal of Marine Research* 49, 763-800.
- Libes SM. 1992. *An Introduction to Marine Biogeochemistry*. Wiley & Sons Inc. 733 pp.
- Longdill, C., T. R. Healy, & K.P. Black. 2008. An integrated GIS approach for sustainable aquaculture management area site selection. *Ocean & Coastal Management* 51:612–624.
- Marconi, M., T. Pham, N.Tien Canh, T.K. Pham, & F. Marincioni. 2013. Site suitability analysis for Bay scallop aquaculture and implications for sustainable fisheries management in the Ha Long Bay archipelago, northern Vietnam. *Journal of Natural Resources and Development*; 03: 01-13.
- Mitchell C, C Hu, B Bowler, D Drapeau and WM Balch. 2017. Estimating particulate inorganic carbon concentrations of the global ocean from ocean color measurements using a reflectance difference approach. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 122, 1-14.

- Montecino V, MA Paredes, P Paolini & J Rutllant. 2006a. Revisiting chlorophyll data along the coast in northern-central Chile, considering multiscale environmental variability. *Revista Chilena de Historia Natural* 79: 213-223.
- Montecino V, PT Strub, F Chavez, A Thomas, J Tarazona & T Baumgartner. 2006b. Bio-physical interactions off Western South-America. In: A.R. Robinson & K.H. Brink (eds.). *The Global Coastal Ocean: Interdisciplinary Regional Studies and Syntheses*. The Sea. Harvard Press. 14:329-390.
- Morales CE, JL Blanco, M Braun, H Reyes & N Silva. 1996. Chlorophyll-a distribution and associated oceanographic conditions in the upwelling region off northern Chile during the winter and spring 1993. *Deep-Sea Res. I*, 43, 3: 267-289.
- Morales CE, SE Hormazábal & JL Blanco. 1999. Interannual variability in the mesoscale distribution of the depth of the upper boundary of the oxygen minimum layer off northern Chile (18-24S): Implications for the pelagic system and biogeochemical cycling. *J. Mar. Res.*, 57: 909-932.
- Morales CE, JL Blanco, M Braun & N Silva. 2001. Chlorophyll-a distribution and mesoscale physical processes in upwelling and adjacent oceanic areas zones off northern Chile (summer-autumn 1994). *J. Mar. Biol. Ass. U.K.* 81, 193-206.
- Morales, C.E., Braun, M., Reyes,H., Blanco, J.L. & A. Davies. 1996. Anchovy larval distribution in the coastal zone off northern Chile: the effect of low dissolved oxygen concentration and of a cold-warm sequence 1990-95. *Invest.Mar.Valparaiso*. 24: 77-96.
- Mullins, H.T., Thompson, J.B., McDougall, K., Vercoutere, T.L., 1985. Oxygen-minimum zone edge effects, evidence from the central California coastal upwelling system. *Geology* 13, 491-494.
- Naimi, B., and M. B. Araújo. 2016. sdm: a reproducible and extensible R platform for species distribution modelling. *Ecography* 39:368-375.
- Niklitschek EJ, Soto D, Lafon A, Molinet e, Toledo P, 2013. Southward expansion of the Chilean salmon industry in the Patagonian Fjords: main environmental challenges. *Review in Aquaculture* 5: 172-195.

- Nishida, T., T. Matsumoto, K. Satoh, T. Kitakado & H. Matsuura. 2018. Preliminary attempt incorporating oceanographic conditions into CPUE standardization using HSI (Habitat Suitability Index). OTC-2018-WPTT20-18: 23 pp.
- Nogués-Bravo, D. 2009. Predicting the distribution of species climatic niches. *Global Ecology and Biogeography* 18:521-531.
- Oyinlola, M.A., Reygondeau, G., Wabnitz, C.C.C., Troell, M., Cheung, W.W.L. 2018. Global estimation of areas with suitable environmental conditions for mariculture species. *PLoS ONE* 13 (1): e0191086. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0191086>
- Parsons T., Y. Maita y C. M. Lalli. 1984. *A Manual of Chemical and biological methods for seawater analysis*. Pergamon Press Ltd. Oxford, England. 173 pp.
- Pérez, O.M., T.C. Telfer, & L.G. Ross. 2003. On the calculation of wave climate for offshore cage culture site selection: a case study in Tenerife (Canary Islands). *Aquacultural Engineering* 29: 1-21.
- Peterson, A. T. 2003. Predicting the geography of species' invasions via ecological niche modeling. *The quarterly review of biology* 78:419-433.
- Pilson M. 1985. Annual cycles of nutrients and chlorophyll in Narragansett Bay, Rhode Island. *J. Mar. Res.*, 43: 849-873.
- Radiarta, N.M., S. Saitoh 1, & H. Yasui. 2011. Aquaculture site selection for Japanese kelp (*Laminaria japonica*) in southern Hokkaido, Japan, using satellite remote sensing and GIS-based models. *ICES Journal of Marine Science* 68(4): 773–780.
- Rodríguez L., & R. Escribano. 1996. Bahía Antofagasta y Bahía de Mejillones del Sur: Observaciones de la temperatura, penetración de la luz, biomasa y composición fitoplanctónica. *Est. Oceanol.* 15: 75-85.
- Rodríguez L., Escribano R., Grone G, Irribarren C & H. Castro. 1996. Ecología del fitoplancton en la bahía de Antofagasta (23° SI, Chile. *Rev. Bial. Mar. Y Ocean.* 31: 1-16
- R Core Team (2018) R: A language and environment for statistical computing. In: R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>
- Ross, L.G., Telfer, T.C., Falconer, L., Soto, D. & Aguilar-Manjarrez, J., eds. 2013. Site selection and carrying capacities for inland and coastal aquaculture. FAO/Institute

- of Aquaculture, University of Stirling, Expert Workshop, 6–8 December 2010. Stirling, the United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland. FAO Fisheries and Aquaculture Proceedings No. 21. Rome, FAO. 46 pp.
- Santander E, L Herrera y C Merino. 2003. Fluctuación diaria del fitoplancton en la capa superficial del océano durante la primavera de 1997 en el norte de Chile (20°18'S): II. Composición específica y abundancia celular. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 38 (1): 13 – 25.
- Santander E, L Herrera & J Pizarro. 2001. Fluctuación diaria del fitoplancton en la capa superficial del océano durante la primavera de 1997 en el norte de Chile (20°18'S). I: Biomasa Pigmentaria. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 36(2): 141-153.
- Schlitzer R. 2018. Ocean Data View, <http://odv.awi.de>.
- Schneider, W., M. Fukasawa, J. Garcés-Vargas, L. Bravo, H. Uchida, T. Kawano, and R. Fuenzalida 2007. Spin-up of South Pacific subtropical gyre freshens and cools the upper layer of the eastern South Pacific Ocean, *Geophysical Research Letters*, 34, doi: 10.1029/2007GL031933, 2007.
- Schneider W, D Donoso, J Garces-Vargas and R Escribano. 2017. Water-column cooling and sea surface salinity increase in the upwelling region off central-south Chile driven a poleward displacement of the South Pacific High. *Progress in Oceanography* 151, 38-48.
- Silva N. 1987. Contenido de sales nutrientes de las aguas del norte de Chile (Crucero MARCHILE XII-ERFEN III). *Ciencia y Tecnología del Mar*, CONA, 11: 95-117.
- Silva N, C Calvete & H Sievers. 1997. Características Oceanográficas Físicas y Químicas de Canales Australes Chilenos entre Puerto Montt y Laguna San Rafael (Crucero CIMAR-Fiordo 1). *Ciencia y Tecnología del Mar*.20: 23-106.
- Silva N, N Rojas & A Fedele. 2009. Water masses in the Humboldt Current System: Properties, distribution, and the nitrate deficit as a chemical water mass tracer for Equatorial Subsurface Water off Chile. *Deep-Sea Research II*, Vol, 56, 1004–1020.
- Silva N & D Konow. 1975. Contribución al conocimiento de las masas de agua en el Pacífico Sudoriental (Expedición Krill. Cruceros 3-4 julio-agosto 1974). *Revista de la Comisión Permanente del Pacífico Sur*, 3:63-75.

- Silva, C.G., R. Olivari, & G. Yany. 1999. Determinación de distritos de aptitud acuícola mediante la aplicación de sistemas de información geográfica. *Invest. Mar.*, Valparaíso, 27: 93-99.
- Snyder, J., Boss, E., Weatherbee, R., Thomas, A.C., Brady, D. & Newell, C. 2017. Oyster Aquaculture Site Selection Using Landsat 8-Derived Sea Surface Temperature, Turbidity, and Chlorophyll a. *Front. Mar. Sci.* 4:190. doi: 10.3389/fmars.2017.00190.
- Soberón, J. 2007. Grinnellian and Eltonian niches and geographic distributions of species. *Ecology Letters* 10:1115-1123.
- Soberón, J., and M. Nakamura. 2009. Niches and distributional areas: concepts, methods, and assumptions. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106:19644-19650.
- Stramski, D., R.A. Reynolds, M. Babin, S. Kaczmarek, M.R. Lewis, R. Rottgers, A. Sciandra, M. Stramska, M.S. Twardowski, B.A. Franz, and H. Claustre (2008). Relationships between the surface concentration of particulate organic carbon and optical properties in the eastern South Pacific and eastern Atlantic Oceans, *Biogeosci.*, 5, 171-201.
- Stramska M and J Bialogrodzka. 2016. Satellite observations of seasonal and regional variability of particulate organic carbon concentration in the Barents Sea. *Oceanologia*, 58, 249-263.
- Strub, P.T., Mesias, J.M., Montecino, V., Rutllant, J., Salinas, S., 1998. Coastal ocean circulation off western South America. Coastal segment (6,E). In: Robinson, A.R., Brink, K.H. (Eds.), *The Sea*, Vol. 11. John Wiley & Sons, New York. pp 273-313.
- Taylor, K. E., R. J. Stouffer, and G. A. Meehl. 2012. An overview of CMIP5 and the experiment design. *Bulletin of the American Meteorological Society* 93:485-498.
- Thiel M, et al. 2007. The Humboldt Current System of Northern and Central Chile: Oceanographic Processes, Ecological Interactions and Socioeconomic Feedback. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, 45, 195-344.
- Thompson, J.B., Mullins, H.T., Newton, C.R., Vercoutere, T., 1985. Alternative biofacies model for dysaerobic communities. *Lethaia* 18, 167-179.

- Todd-Brown, K., and B. Bond-Lamberty. 2016. RCMIP5: easy exploration, manipulation, and summarizing of CMIP5 data. R package version 1.2.0. <https://cran.r-project.org/web/packages/RCMIP5/>
- Tyberghein, L., Verbrugge, H., Pauly, K., Troupin, C., Mineur, F. & De Clerck, O. (2012) Bio-ORACLE: a global environmental dataset for marine species distribution modelling. *Global Ecology and Biogeography*, 21, 272-281.
- Ulloa, O., Escribano, R., Hormazabal, S., Quiñones, R.A., González, R.R., Ramos, M., 2001. Evolution and biological effects of the 1997-98 El Niño in the upwelling ecosystem off northern Chile. *Geophysical Research Letters* 28, 1591-1594.
- VanDerWal, J., L. Falconi, S. Januchowski, L. Shoo, and C. Storlie. 2014. SDMTTools: Species Distribution Modelling Tools: Tools for processing data associated with species distribution modelling exercises. R package version 1.1-221. <https://CRAN.R-project.org/package=SDMTTools>.
- Wiens, J. J. 2011. The niche, biogeography and species interactions. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences* 366:2336-2350.
- Wiens, J. J., D. D. Ackerly, A. P. Allen, B. L. Anacker, L. B. Buckley, H. V. Cornell, E. I. Damschen, T. Jonathan Davies, J. A. Grytnes, and S. P. Harrison. 2010. Niche conservatism as an emerging principle in ecology and conservation biology. *Ecology Letters* 13:1310-1324.
- Windupranata, W. 2007. Development of a Decision Support System for Suitability Assessment of Mariculture Site Selection. Final thesis dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel. 125 pp.
- Wisz, M. S., R. Hijmans, J. Li, A. T. Peterson, C. Graham, and A. Guisan. 2008. Effects of sample size on the performance of species distribution models. *Diversity and Distributions* 14:763-773.
- Wishner, K., Levin, L.A., Gowing, M., Mullineaux, L., 1990. Involvement of the oxygen minimum in the benthic zonation on a deep seamount. *Nature* 346, 57-59.
- Wyrтки, K., 1962. The oxygen minima in relation to ocean circulation. *Deep-Sea Research* 9, 11-23.

Yulianto, H., A. A. Damai, P.C. Delis, & Y. Elisdiana. 2017. Spatial Analysis to Evaluate the Suitability of Seaweed Farming Site in Lampung Bay, Indonesia. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 17:1253-1261.

Yuras G, O Ulloa and S Hormazábal. 2005. On the annual cycle of coastal and open ocean satellite chlorophyll off Chile (18°-40°S). Geophysical Research Letters, Vol 32, 1-4.

Resolución acompañada del RAMA N° 3612 de 2009 y sus modificaciones.

Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (OSMINSEGPRES N° 95 de 2001) y sus modificaciones.

9.- PERSONAL PARTICIPANTE Y HORAS HOMBRE

9.1 Asignación de funciones

Universidad Arturo Prat

Personal profesional	Título profesional	Función
Rosalino Fuenzalida	Dr. en Oceanografía	Coordinación general, Oceanografía física, informes
Liliana Herrera	Dr. en Oceanografía	Análisis CLOA, Nutrientes e informe
Edgardo Santander	Ms © en ciencias aplicadas mención Biología Pesquera	Análisis CLOA, Nutrientes, imágenes Satelitales, informes
Cristian Azocar	Ms © en ciencias aplicadas mención Biología Pesquera	Encargado Campañas Norte y Muestras oceanográficas y meteorológicas
Jeannelle Jaque	Ms © en ciencias aplicadas mención Biología Pesquera	Encargado Campañas Norte y Muestras oceanográficas y meteorológicas
Elio Segovia	Ms en Acuicultura	Determinación de sitios potenciales para la acuicultura
Avelino Muñoz	Ms © en Acuicultura	Determinación de sitios potenciales para la acuicultura, informe

PROMAR PACIFICO LTDA

Personal profesional	Título profesional	Función
Adolfo Vargas	Ms © en ciencias aplicadas mención Biología Pesquera	Análisis SIG, Multicriterio y aptitud, informes
Francisco Alvanese	Biologo Marino	Análisis SIG, Multicriterio y aptitud, informes
Marcelo Rivadeneira	Dr. En Ciencias Biológicas, Mención Ecología	Análisis biológicos, Modelos Nichos ecologicos, informe
Carlos Lara	Dr. En biología y Ciencias Aplicadas	Análisis SIG, Imágenes Satelitales Batimetría, informes

Consultores Independientes

Personal profesional	Título profesional	Función
José Garces-Vargas	Dr. en Oceanografía	Análisis Satelital, informes

9.2 Cronograma mensual de la asignación de horas-hombre

UNIVERSIDAD ARTURO PRAT

Nombre	Actividad	1	2	3	4	5	M	E	S	E	S	10	11	12	13	14	15	Total
Rosalino Fuenzalida	Total	15	15	15	15	25	15	15	15	15	15	15	15	25	0	0	0	200
	Coordinación	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5				60
	Procesamiento	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5				60
	Análisis	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5				60
	Informes					10								10				20
Edgardo Santander	Total	15	15	25	15	20	10	5	10	20	20	10	15	0	0	0	0	180
	Recopilación	10	10	10						10	10							50
	Procesamiento	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5					50
	Análisis			10	10	5	5	5	5	5	5	5	5	5				60
	Informes					10								10				20
Liliana Herrera	Total	10	10	10	10	15	0	0	0	0	10	10	5	0	0	0	0	80
	Recopilación																	0
	Procesamiento	5	5	5	5	5					5	5						35
	Análisis	5	5	5	5	5					5	5						35
	Informes					5								5				10
Cristian Azocar	Total	0	0	0	18	23	23	0	0	0	18	23	23	0	0	0	0	128
	Obtención de datos				18	18	18				18	18	18					108
	Procesamiento					5	5					5	5					20
	Análisis																	0
	Informes																	0
Jeannelle Jaque	Total	0	0	0	18	23	23	0	0	0	18	23	23	0	0	0	0	128
	Obtención de datos				18	18	18				18	18	18					108
	Procesamiento					5	5					5	5					20
	Análisis																	0
	Informes																	0
Elio Segovía	Total	0	0	5	5	8	0	0	0	5	5	5	8	0	0	0	0	41
	Procesamiento																	0
	Análisis			5	5	5				5	5	5	5					35
	Informes					3							3					6
Avelino Muñoz	Total	0	0	20	20	20	0	0	0	20	20	20	20	0	0	0	0	140
	Procesamiento			10	10	5				10	10	10	5					60
	Análisis			10	10	10				10	10	10	10					70
	Informes					5							5					10
	TOTAL	40	40	75	101	134	71	20	25	60	106	106	119	0	0	0	0	897

PROMAR PACIFICO LTDA

Nombre	Actividad	1	2	3	4	5	M	E	S	E	S	10	11	12	13	14	15	Total
Adolfo Vargas	Total	25	25	20	20	20	15	15	10	10	15	15	20	0	0	0	0	210
	Recopilación	10	10	10	10	5	5	5										55
	Procesamiento	10	10	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5					70
	Análisis	5	5	5	5	5	5	5	5	5	10	10	5					70
	Informes					5								10				15
Francisco Albanese	Total	15	15	25	25	20	10	10	10	5	5	5	15	0	0	0	0	160
	Recopilación	10	10	10	10													40
	Procesamiento	5	5	5	5	5	5	5	5									40
	Análisis			10	10	5	5	5	5	5	5	5	5					60
	Informes					10								10				20
Marcelo Rivadeneira	Total	15	15	10	10	20	10	10	10	5	5	5	15	0	0	0	0	130
	Recopilación																	0
	Procesamiento	10	10	5	5	5	5	5	5									50
	Análisis	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5					60
	Informes					10								10				20
Carlos Lara	Total	15	15	10	10	10	5	5	5	5	5	5	10	0	0	0	0	100
	Recopilación																	0
	Procesamiento	10	10	5	5													30
	Análisis	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5					60
	Informes					5								5				10
	TOTAL	70	70	65	65	70	40	40	35	25	30	30	60	0	0	0	0	600

CONSULTORES INDEPENDIENTES

Nombre	Actividad	1	2	3	4	5	M	E	S	E	S	10	11	12	13	14	15	Total
José Garcés	Total	0	7	7	7	12	7	7	0	7	7	7	7	12	0	0	0	80
	Coordinación																	0
	Procesamiento																	0
	Análisis		7	7	7	7	7	7		7	7	7	7	7				70
	Informes					5								5				10
	TOTAL	20	27	17	17	17	12	12	5	7	7	7	7	12	0	0	0	80

10.- ANEXOS

Anexo 1: Embarcación utilizada en Cruceros:



**Nave Menor
Belen II**



**Nave Menor
Doña Alejandra**

Anexo 2: Modelo de Distribución de Especies (MDE)

Los MDE mostraron un alto ajuste para el total de 103 especies analizadas (Tabla 1). Todos los modelos mostraron altos valores de ajuste ($AUC_{\text{promedio}} = 0.91-1.00$). Entre especies, el ajuste promedio de los modelos fluctuó entre 0.87-0.98. A pesar de alta variabilidad en el número de ocurrencias por especie, este no afectó el valor promedio de AUC ($r = 0.02$, $P = 0.83$). Solo el 16 % de las especies (16 de 103) presentan probabilidades de habitar la banda costera) del área de estudio, ya sea en la actualidad o en los escenarios futuros (Tabla 1). Estas especies incluyen un crustáceo (4 % del total de 23 especies), siete moluscos (22 % del total de 32 especies), y siete peces (15 % del total de 48 especies). En la actualidad solo un 8% especies (9 de 103) podrían habitar la banda costera de la zona de estudio (Tabla 1). En los escenarios climáticos futuros, esta fracción se incrementa a un 14% (14 de 103) y 14% (14 de 103) para el RCP 2.6 y 8.5, respectivamente. Bajo ambos escenarios futuros se proyectan cambios positivos y negativos en la ocupación (diferencia RCP 2.6-presente: -0.43 a 0.38; diferencia RCP 8.5-presente: -0.38 a 0.32), aunque las distribuciones de frecuencia de cambio no señalan una dirección neta de cambio, siendo no diferentes de cero (diferencia RCP 2.6-presente, $t = 0.18$, $P = 0.86$; diferencia RCP 8.5-presente, $t = 0.09$, $P = 0.92$).

La riqueza de especies acumulada, i.e. empleado como medida del potencial total de habitabilidad, indica que en general toda la banda costera de la región de estudio podría ser habitada por un número reducido de especies, ya sea en el presente o en ambos escenarios futuros (Figura 1). Se observa un débil incremento en la riqueza de especies acumuladas hacia el de Antofagasta bajo los tres escenarios (Figura 1). La riqueza de especies acumuladas también se incrementa en zona al norte de Pisagua experimentaría bajo ambos escenarios futuros. Interesantemente se observa la existencia de un núcleo de potencial total de habitabilidad oceánico frente a la costa de Pisagua-Iquique, el que exacerba en los escenarios RCP 2.6 y RCP 8.5.

En general las especies exhiben ocupación en todos los escenarios (Tabla 1); la mediana de la ocupación de celdas es 11% en la actualidad, y se reduce a un 8 % para los escenarios RCP 2.6 y RCP 8.5. Las especies exhiben una marcada variación en sus patrones de ocupación

presente y sus posibles dinámicas futuras (Figuras 2-17). La cholga *Aulacomya atra* es la especie con mayor ocupación en el escenario actual o escenarios futuros (Tabla 1). En la actualidad la especie tiene el potencial de habitar toda la región de estudio (Figura 2). Sin embargo, los modelos predicen que la especie experimentaría una notable contracción en su área habitable bajo ambos escenarios futuros (Tabla 1), prácticamente desapareciendo al norte del Río Loa (Figura 2). Ninguna otra especie presenta ocupaciones mayores al 50 % en el escenario actual o escenarios futuros (Tabla 1).

Tabla 1. Resumen de los modelos de distribución de especies. Se indica el número de ocurrencias georreferenciadas usadas en los modelos (obs), el ajuste (AUC), el umbral de probabilidad de ocurrencia para definir la presencia de las especies, y la ocupación (i.e. proporción de celdas en la banda costera de la región que serían habitables) presente y bajo dos escenarios de cambio climático. Valores de ocupación > 0 se destacan en color rojo.

Taxa	Especie	obs	AUC	Umbral	Ocupación		
					Presente	RCP26	RCP85
Crustacea	<i>Eriocheir sinensis</i>	136	0.96	0.63	0.00	0.00	0.00
Crustacea	<i>Homarus americanus</i>	1556	0.97	0.56	0.00	0.00	0.00
Crustacea	<i>Homarus gammarus</i>	650	0.97	0.51	0.00	0.00	0.00
Crustacea	<i>Macrobrachium rosenbergii</i>	67	0.96	0.77	0.00	0.00	0.00
Crustacea	<i>Metapenaeus endeavouri</i>	237	0.96	0.45	0.00	0.00	0.00
Crustacea	<i>Metapenaeus ensis</i>	143	0.96	0.41	0.00	0.02	0.10
Crustacea	<i>Metapenaeus monoceros</i>	72	0.94	0.63	0.00	0.00	0.00
Crustacea	<i>Palaemon serratus</i>	448	0.98	0.53	0.00	0.00	0.00
Crustacea	<i>Penaeus aztecus</i>	376	0.96	0.51	0.00	0.00	0.00
Crustacea	<i>Penaeus esculentus</i>	231	0.96	0.46	0.00	0.00	0.00
Crustacea	<i>Penaeus indicus</i>	56	0.93	0.60	0.00	0.00	0.00
Crustacea	<i>Penaeus japonicus</i>	53	0.92	0.54	0.00	0.00	0.00
Crustacea	<i>Penaeus kerathurus</i>	110	0.98	0.65	0.00	0.00	0.00
Crustacea	<i>Penaeus merguensis</i>	76	0.95	0.51	0.00	0.00	0.00
Crustacea	<i>Penaeus monodon</i>	289	0.96	0.57	0.00	0.00	0.00
Crustacea	<i>Penaeus notialis</i>	164	0.95	0.52	0.00	0.00	0.00
Crustacea	<i>Penaeus paulensis</i>	84	0.97	0.65	0.00	0.00	0.00
Crustacea	<i>Penaeus schmitti</i>	78	0.96	0.64	0.00	0.00	0.00
Crustacea	<i>Penaeus semisulcatus</i>	216	0.96	0.56	0.00	0.00	0.00

Crustacea	<i>Penaeus setiferus</i>	258	0.96	0.48	0.00	0.00	0.00
Crustacea	<i>Penaeus subtilis</i>	186	0.97	0.56	0.00	0.00	0.00
Crustacea	<i>Scylla serrata</i>	180	0.93	0.55	0.00	0.00	0.00
Crustacea	<i>Xiphopenaeus kroyeri</i>	273	0.94	0.37	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Argopecten irradians</i>	176	0.95	0.60	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Aulacomya atra</i>	199	0.92	0.48	1.00	0.57	0.62
Mollusca	<i>Chlamys islandica</i>	1869	0.95	0.49	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Crassostrea rhizophorae</i>	48	0.95	0.61	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Crassostrea virginica</i>	163	0.95	0.44	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Haliotis diversicolor</i>	66	0.96	0.58	0.00	0.07	0.03
Mollusca	<i>Leukoma staminea</i>	49	0.97	0.56	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Littorina littorea</i>	1061	0.97	0.42	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Lobatus gigas</i>	37	0.96	0.59	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Mercenaria mercenaria</i>	199	0.96	0.56	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Meretrix meretrix</i>	36	0.95	0.66	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Mya arenaria</i>	1351	0.96	0.35	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Mytilus californianus</i>	59	0.96	0.63	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Mytilus edulis</i>	2432	0.95	0.43	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Mytilus galloprovincialis</i>	596	0.95	0.61	0.27	0.17	0.08
Mollusca	<i>Ostrea chilensis</i>	85	0.96	0.64	0.07	0.07	0.07
Mollusca	<i>Ostrea edulis</i>	347	0.96	0.51	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Paratapes undulatus</i>	141	0.96	0.60	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Pecten fumatus</i>	295	0.94	0.47	0.07	0.07	0.07
Mollusca	<i>Pecten maximus</i>	629	0.97	0.44	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Pecten novaezelandiae</i>	163	0.97	0.54	0.35	0.08	0.07
Mollusca	<i>Perna perna</i>	76	0.91	0.42	0.47	0.47	0.50
Mollusca	<i>Pinctada margaritifera</i>	193	0.90	0.49	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Pinctada maxima</i>	58	0.94	0.46	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Placopecten magellanicus</i>	1327	0.97	0.59	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Pteria penguin</i>	48	0.92	0.51	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Ruditapes decussatus</i>	130	0.97	0.55	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Ruditapes philippinarum</i>	214	0.95	0.52	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Saccostrea cucullata</i>	207	0.92	0.60	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Saxidomus gigantea</i>	41	0.97	0.76	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Spisula solidissima</i>	302	0.97	0.67	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Tridacna gigas</i>	53	0.93	0.37	0.00	0.00	0.00
Pisces	<i>Anguilla anguilla</i>	745	0.94	0.43	0.00	0.00	0.00
Pisces	<i>Anguilla japonica</i>	107	0.95	0.57	0.00	0.00	0.00
Pisces	<i>Anguilla rostrata</i>	1487	0.92	0.45	0.00	0.00	0.00
Pisces	<i>Centropomus undecimalis</i>	173	0.95	0.49	0.00	0.00	0.00
Pisces	<i>Chanos chanos</i>	298	0.90	0.47	0.00	0.00	0.00
Pisces	<i>Chelon planiceps</i>	57	0.94	0.44	0.00	0.00	0.00
Pisces	<i>Coregonus lavaretus</i>	67	0.97	0.58	0.00	0.00	0.00

Pisces	<i>Dicentrarchus labrax</i>	389	0.96	0.51	0.00	0.00	0.00
Pisces	<i>Dormitator latifrons</i>	112	0.97	0.62	0.00	0.00	0.00
Pisces	<i>Epinephelus areolatus</i>	471	0.96	0.49	0.00	0.00	0.00
Pisces	<i>Epinephelus tauvina</i>	189	0.90	0.47	0.00	0.00	0.00
Pisces	<i>Evynnis tumifrons</i>	43	0.94	0.51	0.00	0.00	0.00
Pisces	<i>Gadus morhua</i>	11395	0.95	0.33	0.00	0.00	0.00
Pisces	<i>Lates calcarifer</i>	307	0.97	0.60	0.00	0.00	0.00
Pisces	<i>Liza aurata</i>	67	0.95	0.57	0.12	0.50	0.43
Pisces	<i>Liza macrolepis</i>	133	0.90	0.46	0.00	0.00	0.00
Pisces	<i>Lutjanus argentimaculatus</i>	482	0.92	0.49	0.00	0.00	0.00
Pisces	<i>Morone saxatilis</i>	397	0.97	0.60	0.00	0.00	0.00
Pisces	<i>Mugil cephalus</i>	1120	0.89	0.57	0.12	0.43	0.27
Pisces	<i>Mugil curema</i>	628	0.94	0.45	0.00	0.02	0.00
Pisces	<i>Ocyurus chrysurus</i>	337	0.94	0.49	0.00	0.00	0.00
Pisces	<i>Oncorhynchus gorboscha</i>	255	0.96	0.62	0.00	0.00	0.00
Pisces	<i>Oncorhynchus keta</i>	1030	0.96	0.42	0.00	0.00	0.00
Pisces	<i>Oncorhynchus kisutch</i>	503	0.96	0.53	0.00	0.00	0.00
Pisces	<i>Oncorhynchus nerka</i>	199	0.95	0.55	0.00	0.00	0.00
Pisces	<i>Oncorhynchus tshawytscha</i>	1341	0.96	0.48	0.00	0.00	0.00
Pisces	<i>Oreochromis mossambicus</i>	373	0.88	0.73	0.00	0.00	0.00
Pisces	<i>Pagrus pagrus</i>	632	0.94	0.47	0.00	0.00	0.00
Pisces	<i>Plectropomus maculatus</i>	357	0.95	0.47	0.00	0.00	0.00
Pisces	<i>Pomatomus saltatrix</i>	1405	0.93	0.54	0.00	0.07	0.08
Pisces	<i>Rhabdosargus sarba</i>	240	0.93	0.57	0.00	0.00	0.00
Pisces	<i>Salmo salar</i>	626	0.96	0.57	0.00	0.00	0.00
Pisces	<i>Salmo trutta</i>	624	0.95	0.62	0.00	0.00	0.00
Pisces	<i>Salvelinus alpinus</i>	394	0.93	0.53	0.00	0.00	0.00
Pisces	<i>Salvelinus fontinalis</i>	653	0.96	0.68	0.00	0.00	0.00
Pisces	<i>Sciaenops ocellatus</i>	214	0.95	0.46	0.00	0.00	0.00
Pisces	<i>Seriola dumerili</i>	466	0.92	0.50	0.00	0.00	0.03
Pisces	<i>Siganus canaliculatus</i>	580	0.95	0.49	0.00	0.00	0.00
Pisces	<i>Siganus guttatus</i>	73	0.96	0.56	0.00	0.00	0.00
Pisces	<i>Siganus rivulatus</i>	46	0.92	0.60	0.00	0.03	0.20
Pisces	<i>Sparus aurata</i>	190	0.96	0.46	0.00	0.08	0.00
Pisces	<i>Thunnus maccoyii</i>	246	0.90	0.46	0.05	0.00	0.02
Pisces	<i>Thunnus thynnus</i>	2734	0.94	0.46	0.00	0.00	0.00
Pisces	<i>Tilapia zillii</i>	63	0.96	0.78	0.00	0.00	0.00
Pisces	<i>Trachinotus blochii</i>	222	0.91	0.42	0.00	0.00	0.00
Pisces	<i>Trachinotus carolinus</i>	202	0.96	0.50	0.00	0.00	0.00
Pisces	<i>Trachinotus goodei</i>	63	0.95	0.60	0.00	0.00	0.00
Pisces	<i>Trachurus japonicus</i>	36	0.96	0.72	0.00	0.00	0.00

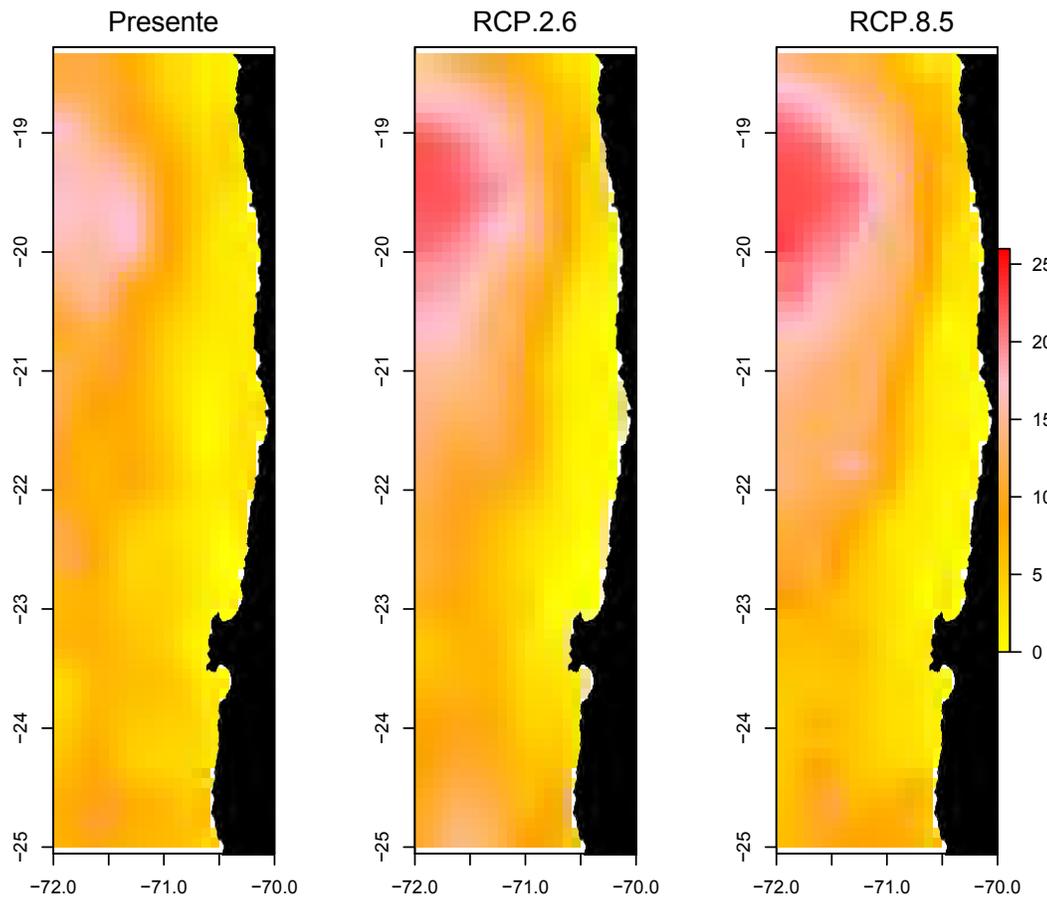


Figura 1. Riqueza de especies esperada, i.e. medida del potencial total de habitabilidad, bajo una condición oceanográfica actual, y de acuerdo a dos escenarios de cambio climático moderado (RCP2.6) y extremo (RCP8.5).

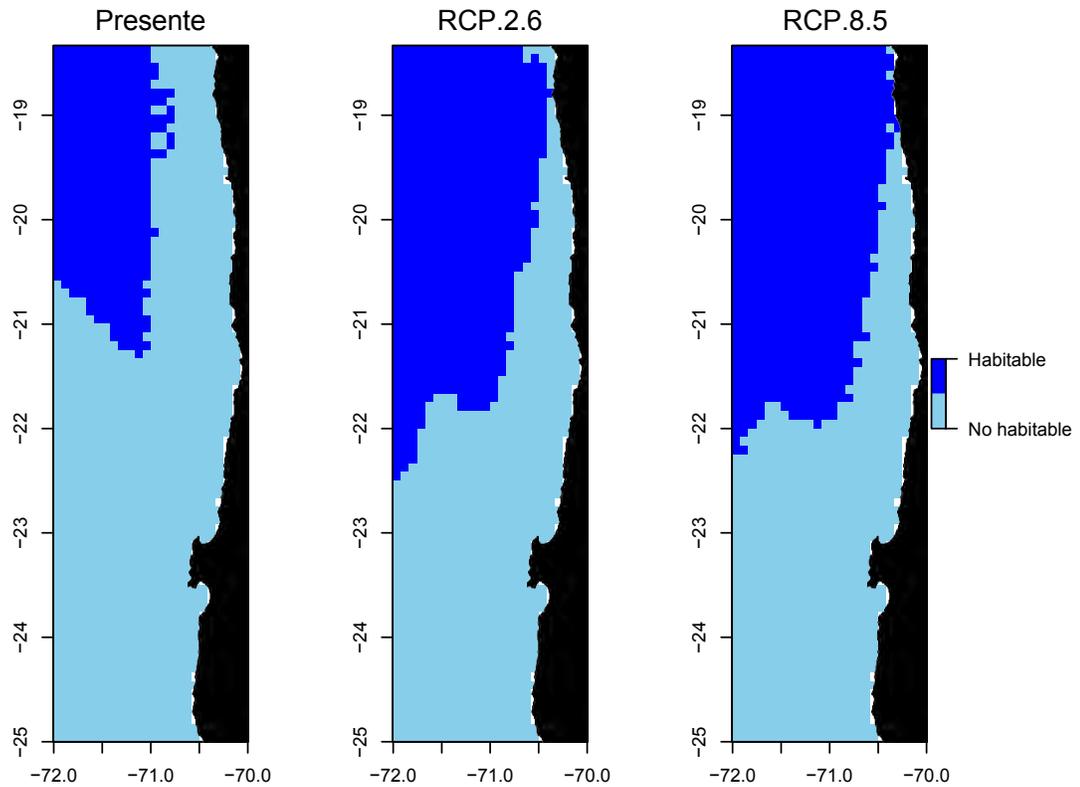


Figura 2. Distribución esperada para *Metapenaeus ensis* en la zona norte de estudio, bajo una condición oceanográfica actual, y predicha de acuerdo a escenarios de cambio climático moderado (RCP 2.6) y extremo (RCP 8.5).

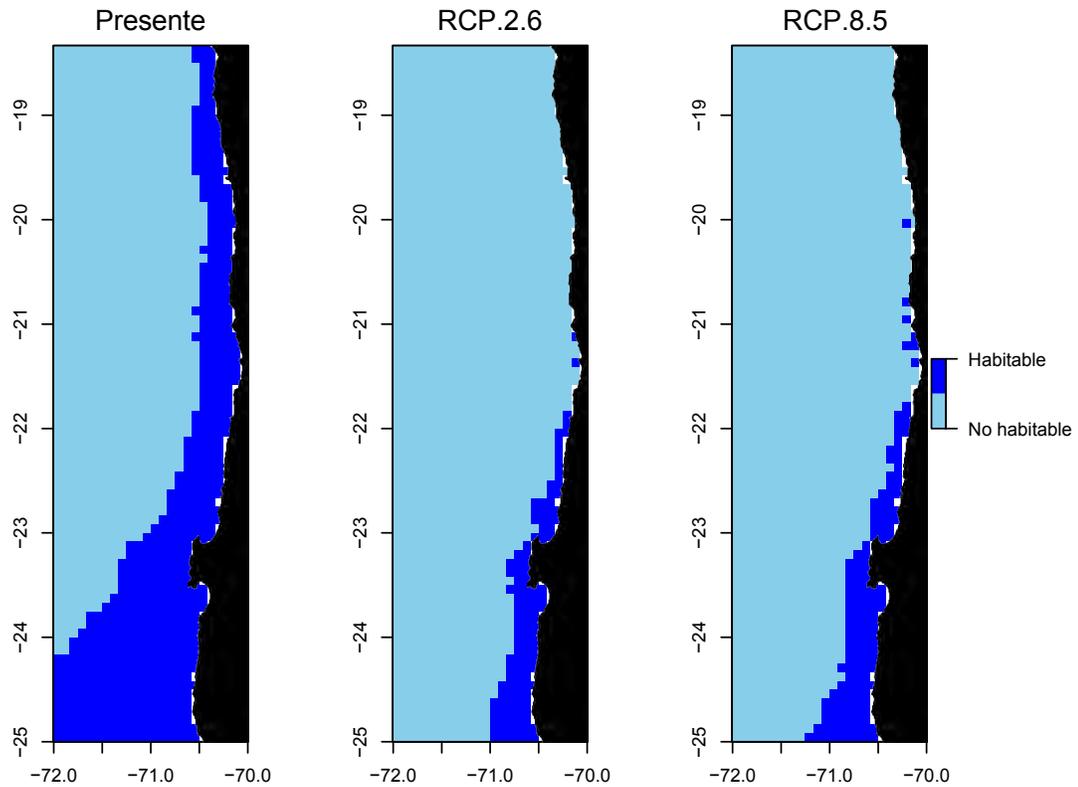


Figura 3. Distribución esperada para *Aulacomya atra* en la zona norte de estudio, bajo una condición oceanográfica actual, y predicha de acuerdo a escenarios de cambio climático moderado (RCP 2.6) y extremo (RCP 8.5).

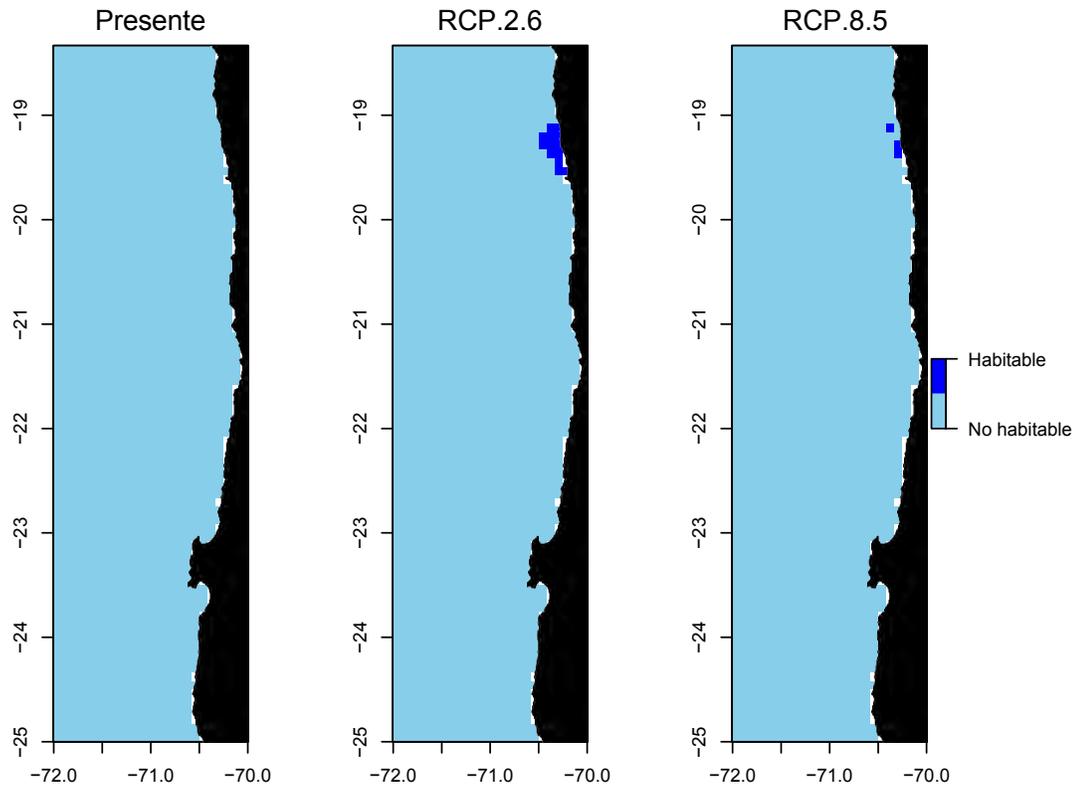


Figura 4. Distribución esperada para *Haliotis diversicolor* en la zona norte de estudio, bajo una condición oceanográfica actual, y predicha de acuerdo a escenarios de cambio climático moderado (RCP 2.6) y extremo (RCP 8.5).

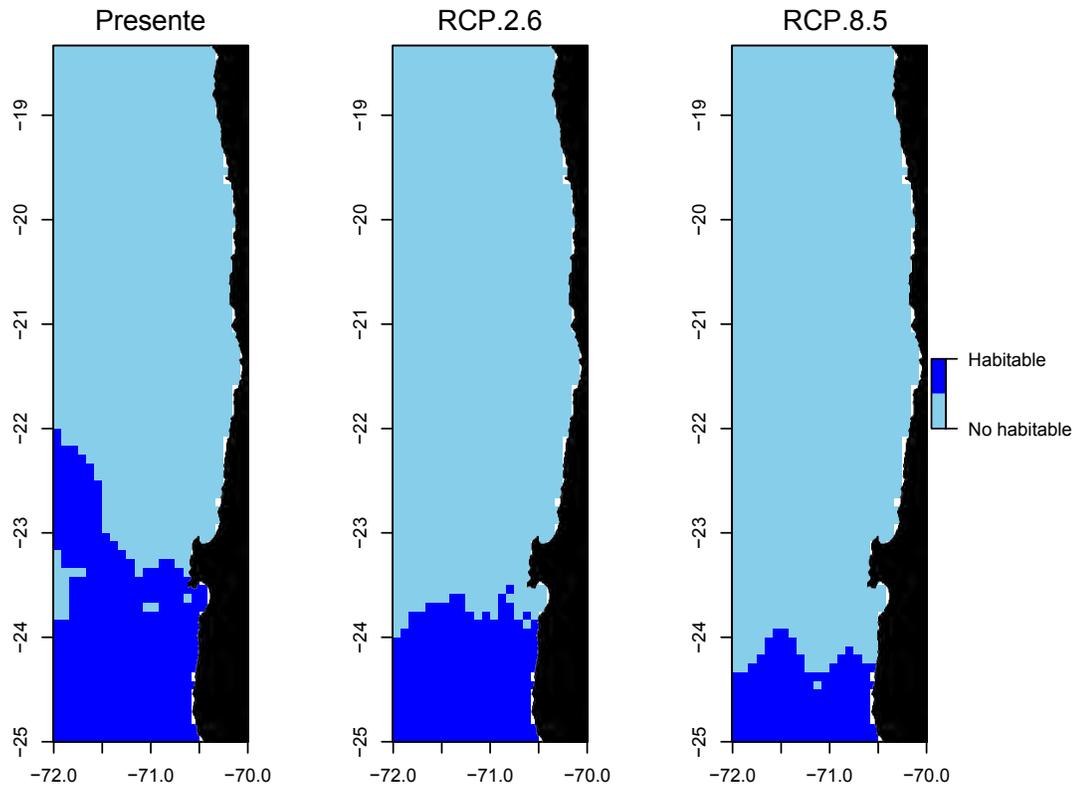


Figura 5. Distribución esperada para *Mytilus galloprovincialis* en la zona norte de estudio, bajo una condición oceanográfica actual, y predicha de acuerdo a escenarios de cambio climático moderado (RCP 2.6) y extremo (RCP 8.5).

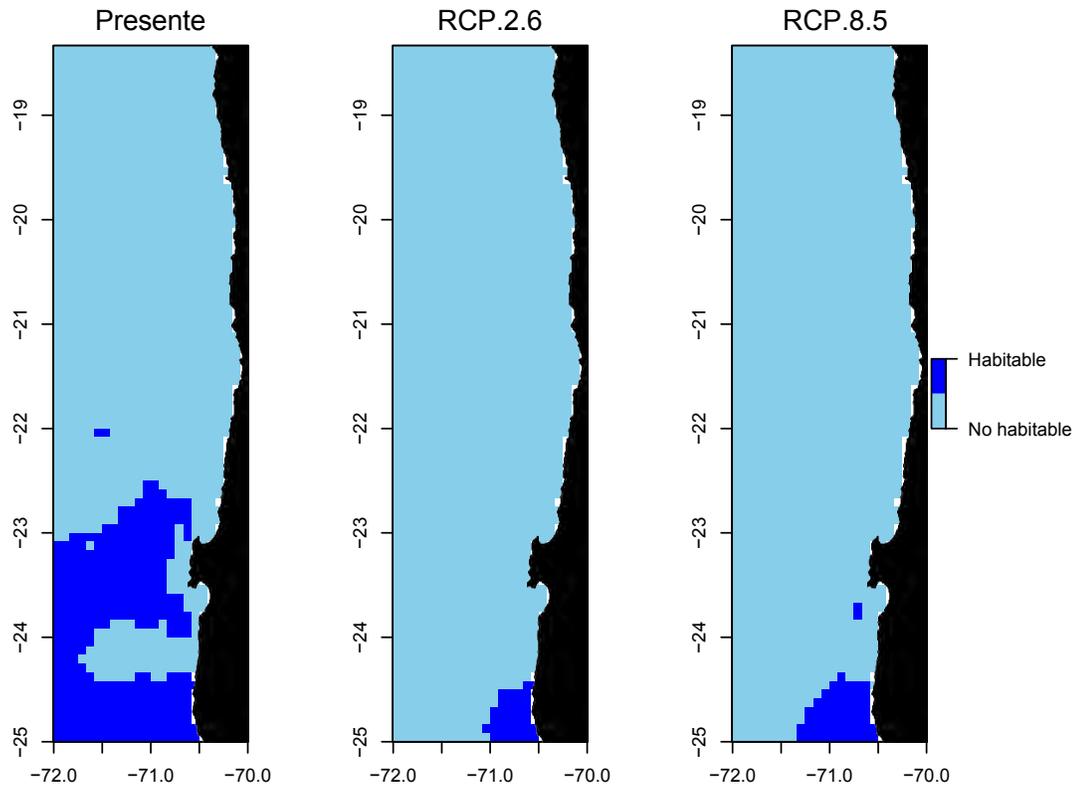


Figura 6. Distribución esperada para *Ostrea chilensis* en la zona norte de estudio, bajo una condición oceanográfica actual, y predicha de acuerdo a escenarios de cambio climático moderado (RCP 2.6) y extremo (RCP 8.5).

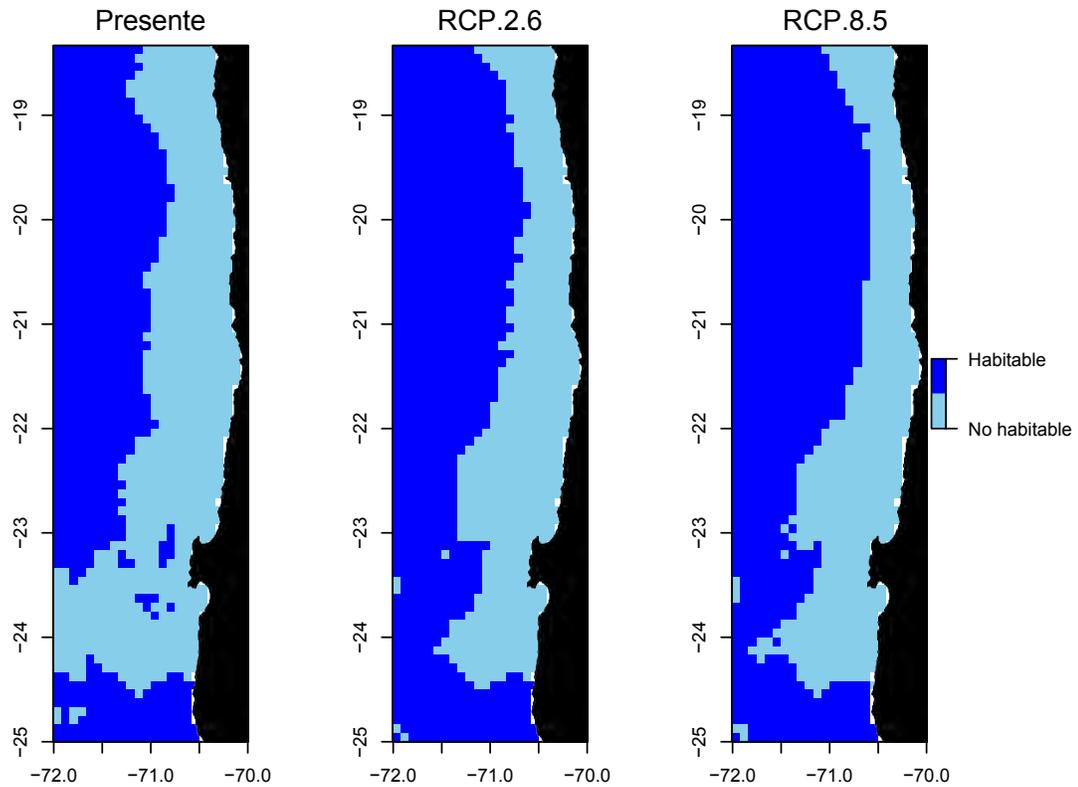


Figura 7. Distribución esperada para *Pecten fumatus* en la zona norte de estudio, bajo una condición oceanográfica actual, y predicha de acuerdo a escenarios de cambio climático moderado (RCP 2.6) y extremo (RCP 8.5).

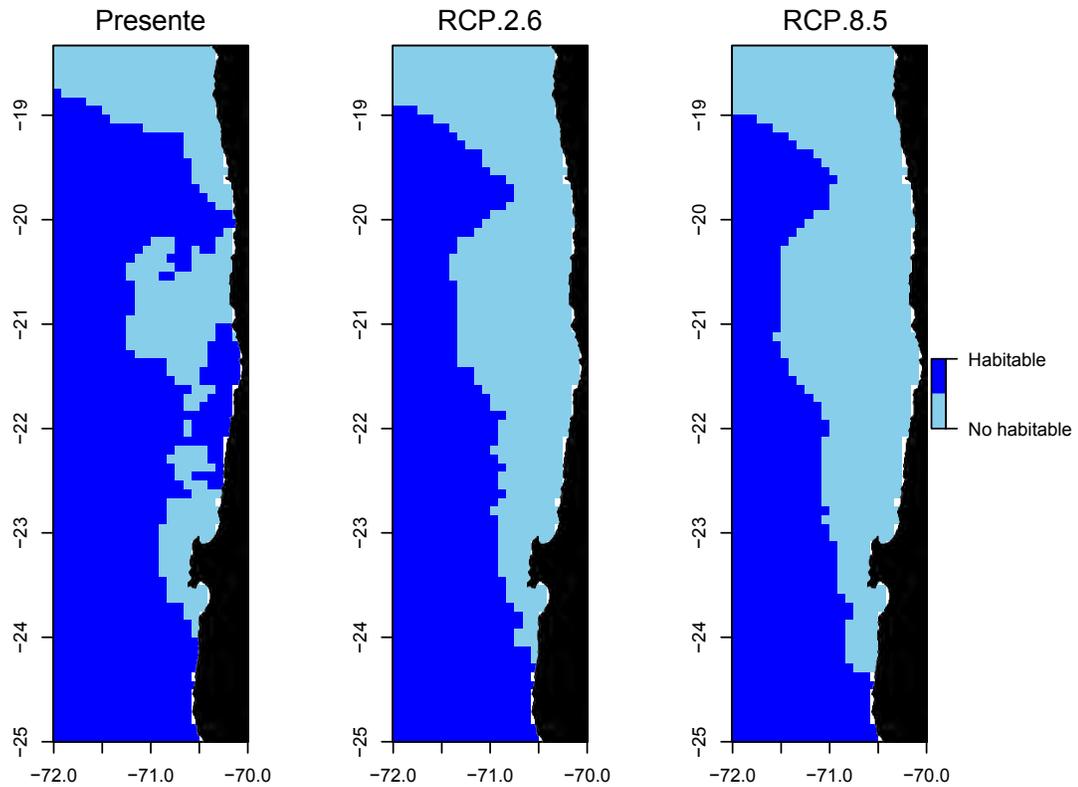


Figura 8. Distribución esperada para *Pecten novaezelandiae* en la zona norte de estudio, bajo una condición oceanográfica actual, y predicha de acuerdo a escenarios de cambio climático moderado (RCP 2.6) y extremo (RCP 8.5).

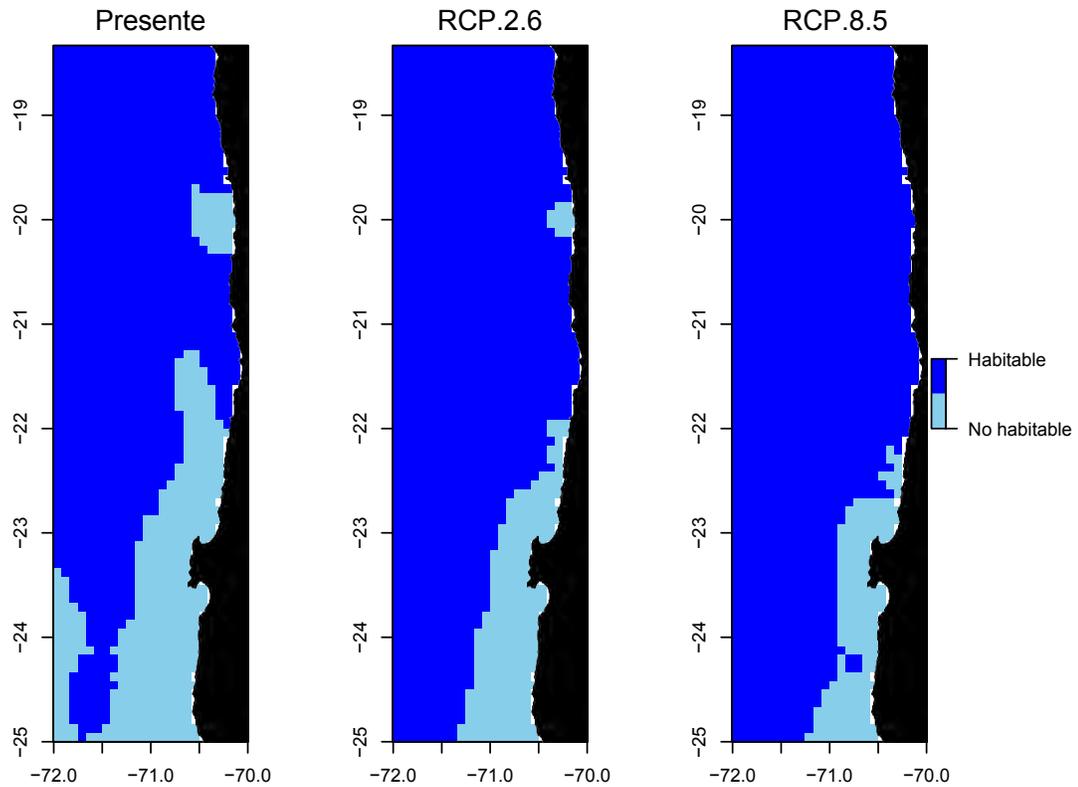


Figura 9. Distribución esperada para *Perna perna* en la zona norte de estudio, bajo una condición oceanográfica actual, y predicha de acuerdo a escenarios de cambio climático moderado (RCP 2.6) y extremo (RCP 8.5).

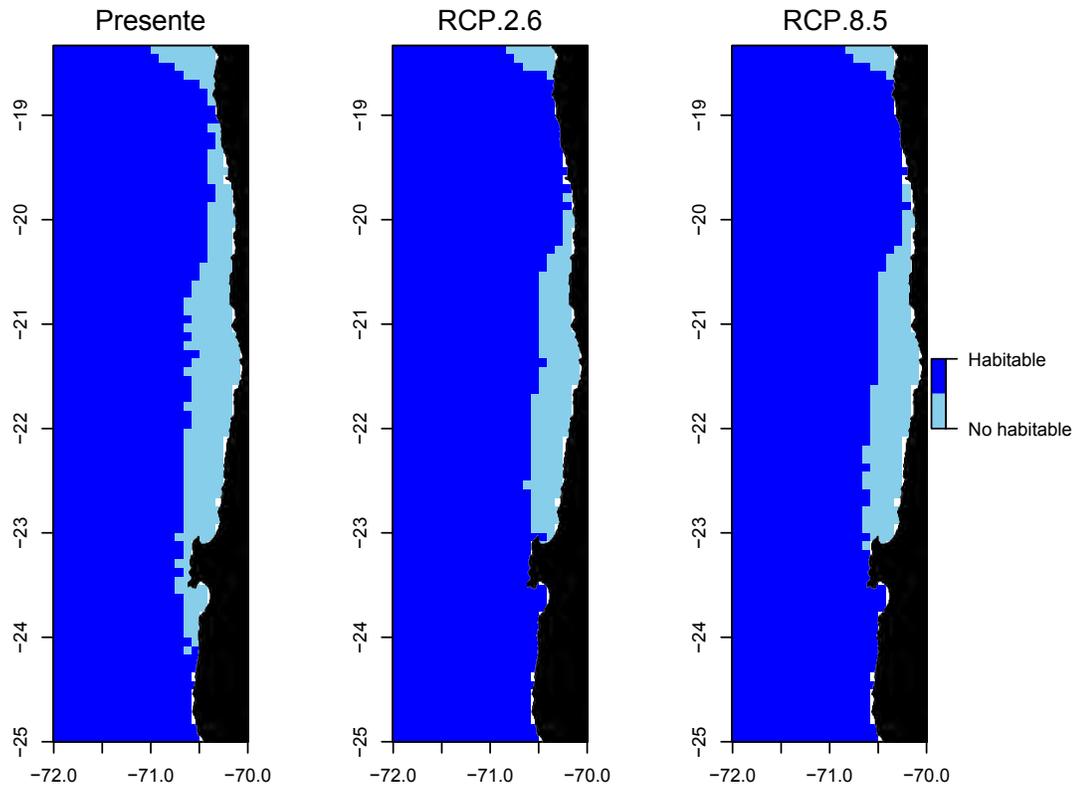


Figura 10. Distribución esperada para *Liza aurata* en la zona norte de estudio, bajo una condición oceanográfica actual, y predicha de acuerdo a escenarios de cambio climático moderado (RCP 2.6) y extremo (RCP 8.5).

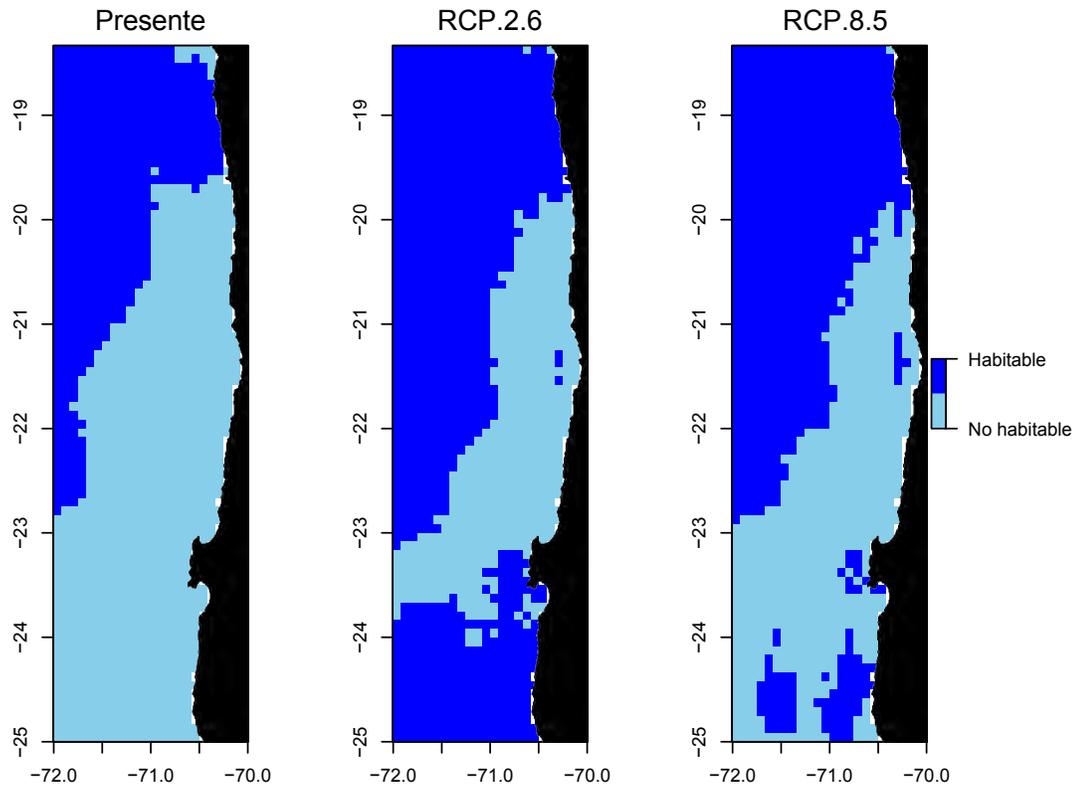


Figura 11. Distribución esperada para *Mugil cephalus* en la zona norte de estudio, bajo una condición oceanográfica actual, y predicha de acuerdo a escenarios de cambio climático moderado (RCP 2.6) y extremo (RCP 8.5).

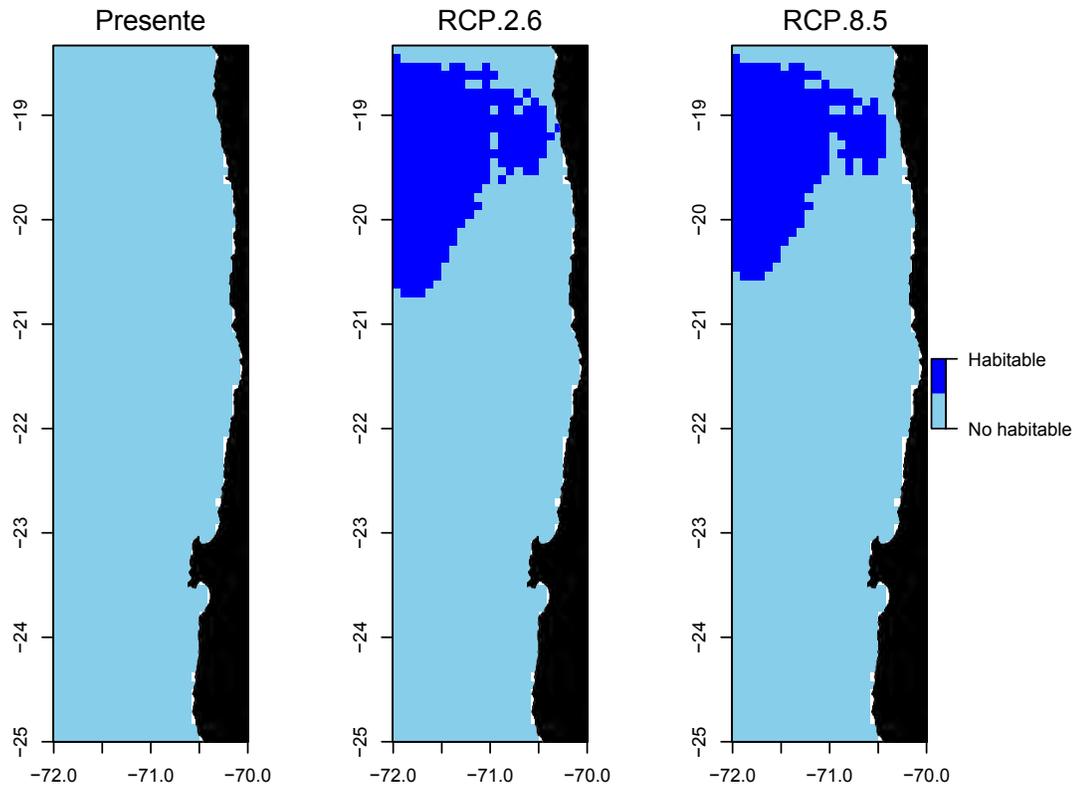


Figura 12. Distribución esperada para *Mugil curema* en la zona norte de estudio, bajo una condición oceanográfica actual, y predicha de acuerdo a escenarios de cambio climático moderado (RCP 2.6) y extremo (RCP 8.5).

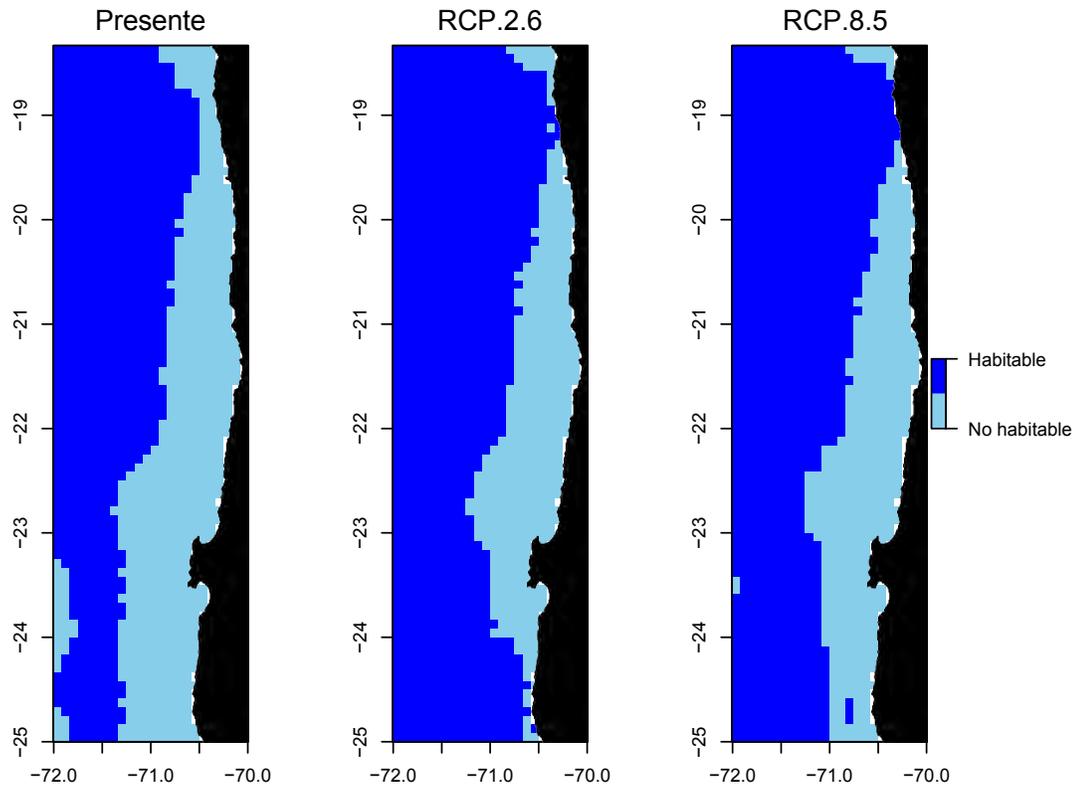


Figura 13. Distribución esperada para *Pomatomus saltatrix* en la zona norte de estudio, bajo una condición oceanográfica actual, y predicha de acuerdo a escenarios de cambio climático moderado (RCP 2.6) y extremo (RCP 8.5).

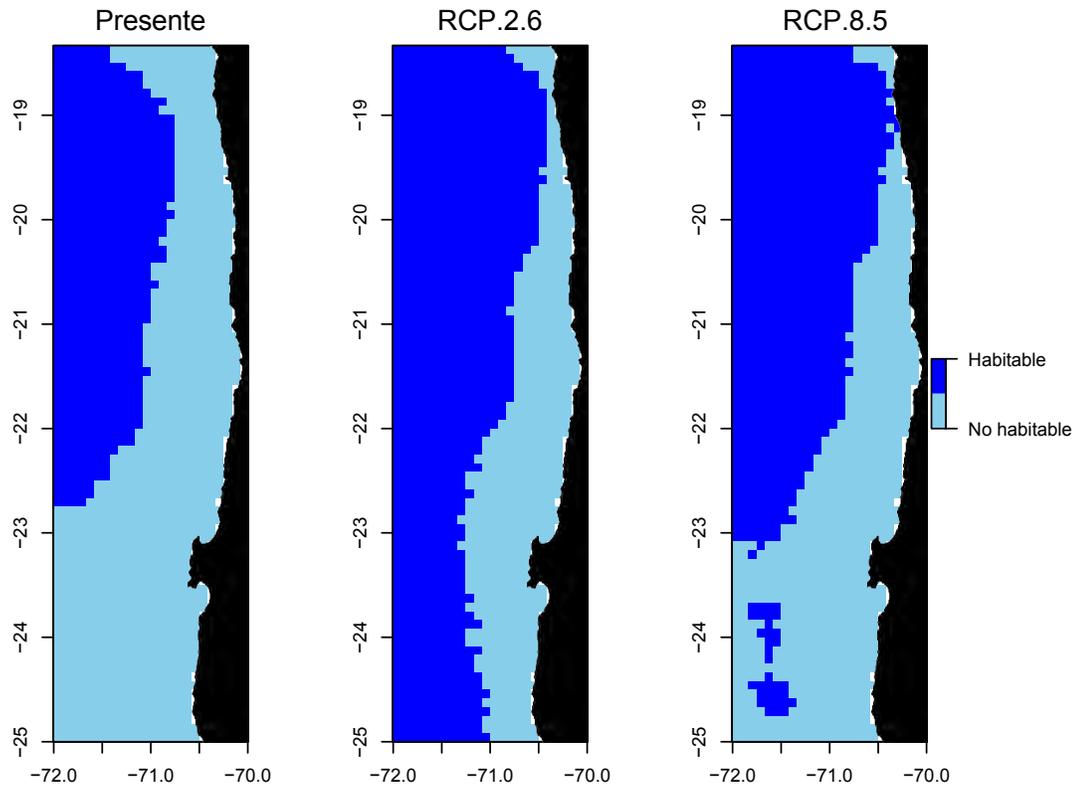


Figura 14. Distribución esperada para *Seriola dumerili* en la zona norte de estudio, bajo una condición oceanográfica actual, y predicha de acuerdo a escenarios de cambio climático moderado (RCP 2.6) y extremo (RCP 8.5).

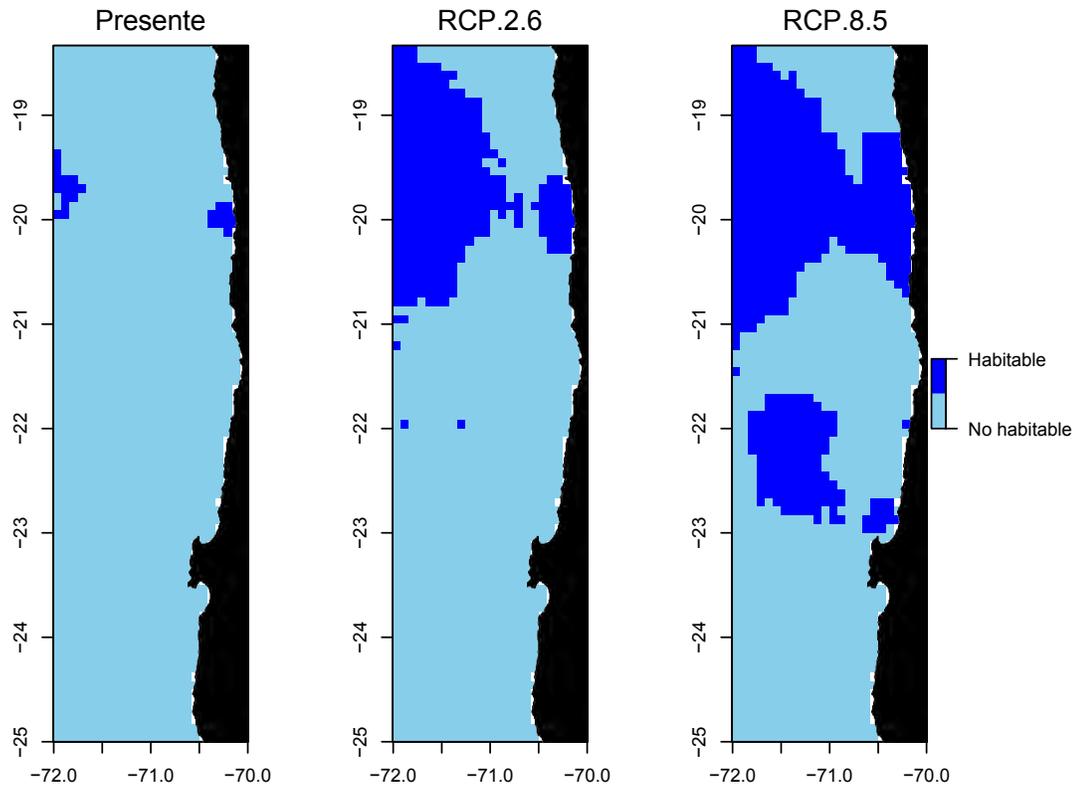


Figura 15. Distribución esperada para *Siganus rivulatus* en la zona norte de estudio, bajo una condición oceanográfica actual, y predicha de acuerdo a escenarios de cambio climático moderado (RCP 2.6) y extremo (RCP 8.5).

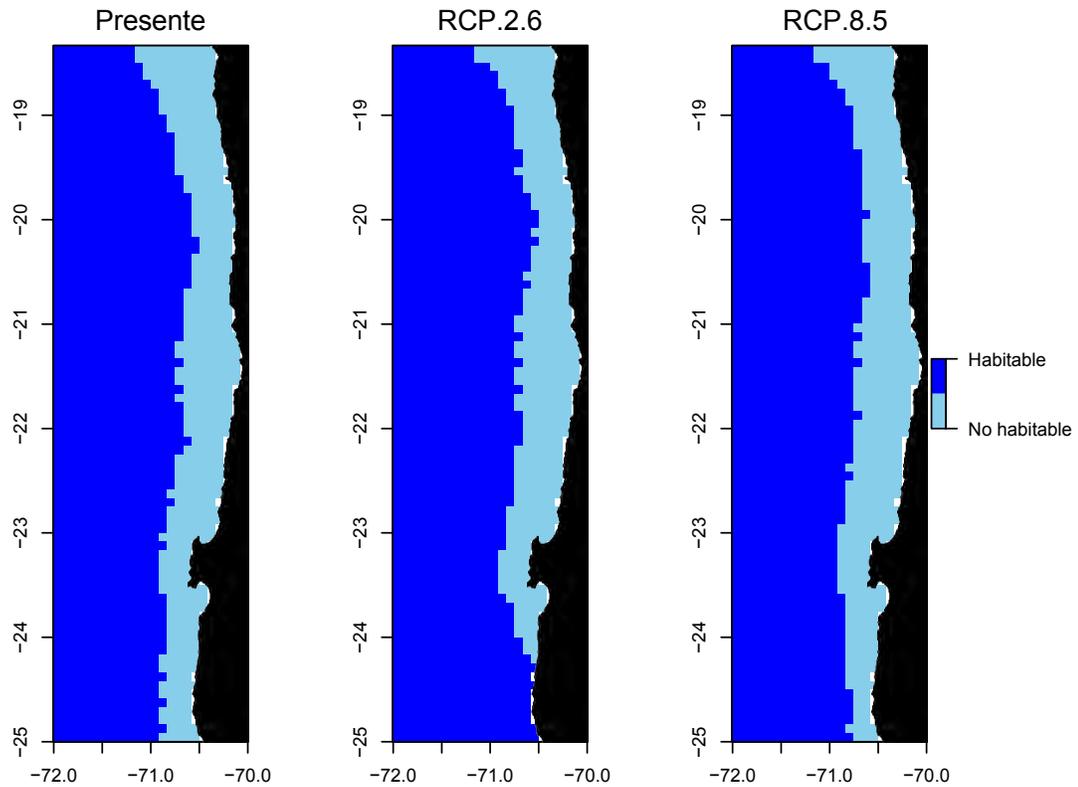


Figura 16. Distribución esperada para *Sparus aurata* en la zona norte de estudio, bajo una condición oceanográfica actual, y predicha de acuerdo a escenarios de cambio climático moderado (RCP 2.6) y extremo (RCP 8.5).

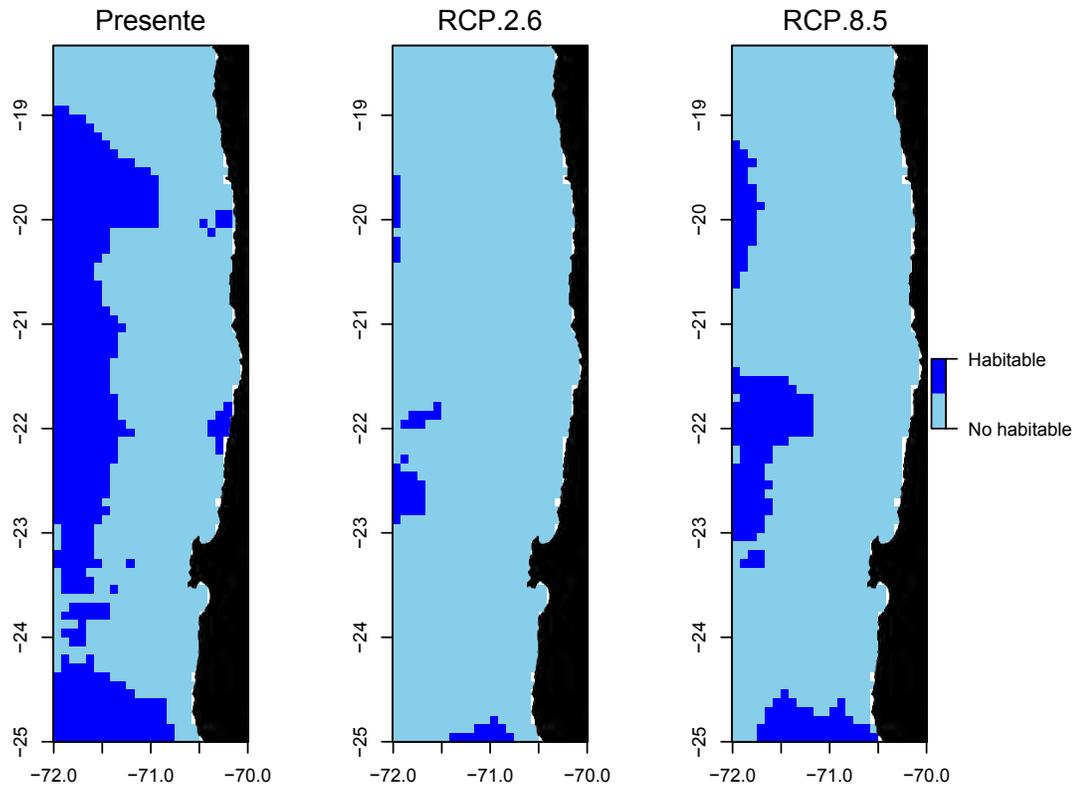


Figura 17. Distribución esperada para *Thunnus maccoyii* en la zona norte de estudio, bajo una condición oceanográfica actual, y predicha de acuerdo a escenarios de cambio climático moderado (RCP 2.6) y extremo (RCP 8.5).

Anexo 3: Bibliografía Revisada

Referencias Bibliográficas

- II TALLER TÉCNICO CIENTÍFICO. 2005. EL PEZ ESPADA (*Xiphias gladius*) EN EL PACÍFICO SUDESTE. INFORME DE CHILE. 32 pp
- Aguayo, A & R. Maturana. 1973. Presencia del Lobo marino común (*Otaria flavescens*) en el litoral chileno. *Biología Pesquera, Chile* 6: 45-75.
- Aguayo-Lobo, A., D. Torres & J. Acevedo. 1998. Los mamíferos marinos de Chile. Ser. Cient. INACH. 48:19-159
- Ahumada RB, L Pinto & PA Camus. 2000. The Chilean coast. En: Sheppard CRC (ed) *Seas at the millenium: an environmental analysis*: 699-717. Pergamon Press, Oxford, United Kingdom.
- Alonso Vega JM, JA Vásquez, & AH. Buschmann 2005. Population biology of the subtidal kelps *Macrocystis integrifolia* and *Lessonia trabeculata* (Laminariales, Phaeophyceae) in an upwelling ecosystem of northern Chile: interannual variability and El Niño 1997-1998. *Rev. Chil. Hist. Nat., Mar.* 2005, vol.78, no.1, p.33-50. ISSN 0716-078X.
- Alvarado, J.L., R. Pinto, P. Marquet, C. Pacheco, R. Guiñez and J.C. Castilla. 2001. Patch recolonization by the tunicate *Pyura praeputialis* in the rocky intertidal of the Bay of Antofagasta, Chile: evidence for self-facilitation mechanisms. *Marine Ecology Progress Series* 224:93-101.
- Allan, S., C. Ramírez and J.A. Vásquez. 2008. Effects of dredging on subtidal macrobenthic community structure in Mejillones Bay, Chile. *International Journal of Environment and Health* 2:64-81.
- Angel, A. and F.P. Ojeda. 2001. Structure and trophic organization of subtidal fish assemblages on the northern Chilean coast: the effect of habitat complexity. *Marine Ecol Progress Series* 217:81-91.
- Apablaza, P. and S. Palma. 2006. Efecto de la zona de mínimo oxígeno sobre la migración vertical de zooplancton gelatinoso en la bahía de Mejillones. *Investigaciones Marinas* 34:2.
- Aramayo, O., P. Aranda, M. Asmüssen, D. Moreira, F. Vargas and F. Zorondo. 2005. Levantamiento de información, Estudio de Línea Base e Instrumento legal para la conservación de la biodiversidad en los sitios prioritarios en la ERB: Aguas Calientes IV y sector costero de Paposo, II Región de Antofagasta Universidad de Chile.
- Aramayo, O., R. Carolina, J.P. Contreras, and R. Ortiz. Plan de Manejo "Península de Mejillones". UNARTE, Facultad de Ciencias Universidad de Chile. Coparticipación del Centro Regional de Estudios y Educación Ambiental CREA-UA, Universidad de Antofagasta. Chile.
- Araya, B. y G. Millie. 1992. Guía de campo de las aves de Chile. Editorial Universitaria. Quinta edición. 405p.
- Arango N., D. Armenteras, M. Castro, T. Gottsmann, O. Hernández, C. Matallana, M. Morales, L. Naranjo, .L Renjifo, A. Trujillo and F. Villareal. 2003. Vacíos de conservación del sistema de parques Nacionales Naturales de Colombia desde una perspectiva Ecorregional. WWF Colombia (Fondo Mundial de la Naturaleza) – Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Colombia.: 64 pp.
- Ashton, T., J.M. Riascos and A. Pacheco. 2008. First record of *Cymatium keenae* Beu, 1970 (Mollusca: Ranellidae) from Antofagasta Bay, northern Chile, in connection with El Nino events. *Helgoland Marine Research* 62:S107-S110.
- Astorga, M.P., R. Guiñez, J.C. Ortiz and J.C. Castilla. 2002. Phenotypic and genetic variation in tunicate *Pyura praeputialis* (Heller, 1878) in the northern of the Antofagasta Bay. *Revista Chilena De Historia Natural* 75:515-526.
- Astorga, M.P. and J.C. Ortiz. 2006. Variabilidad genética y estructura poblacional del tunicado *Pyura chilensis* Molina, 1782, en la costa de Chile. *Revista Chilena De Historia Natural* 79:423-434.
- Avendaño, M. and M. Cantillán. 2003. Population estimates, extraction, and translocation of the pectinid *Argopecten purpuratus* within Mejillones Bay, Chile. *Scientia Marina* 67.
- Avendaño, M., M. Cantillán, G. Thouzea and J. Peña. 2007. Artificial collection and early growth of spat of the scallop *Argopecten purpuratus* (Lamarck, 1819), in La Rinconada Marine Reserve, Antofagasta, Chile. *Scientia Marina* 71:197-205.
- Barbieri, M.A., Bravo, B., Farías, M., González A., Pizarro, O., Yáñez, E. 1995. Fenómenos asociados a la estructura térmica superficial del mar observados a través de imágenes satelitales en la zona norte de Chile. *Invest. Mar.*, 23: 99-122

- Brandhorst, W. 1971. Condiciones estivales frente a la costa de Chile. *Rev. Biol. Mar.*, Valparaíso, 14(3): 45-84.
- Buscaglia, M. 2003. Distribución y abundancia de delfines (*Mammalia: Delphinidae*) en agua del norte de Chile (18°6' - 70°27' y 25°23' - 72°53') entre los meses de febrero y diciembre, 2000. Tesis de Grado Universidad Arturo Prat 57 pp.
- Bond, W.J. 1993. Keystone species. En: E.-D. Schulze y H.A. Mooney, eds. *Biodiversity and ecosystem function*, p. 237-253. Nueva York, Springer.
- Burley, F.W. 1988. Monitoring biodiversity for setting priorities in conservation. En: E.O. Wilson (ed.)
- Campos, H., Díaz y C Campos. 2007. Aportes sedimentarios de los Río Lluta y San José en la zona costera de la Rada de Arica, Chile. *Idesia*, Vol 25(2):37-48.
- Camus, P.A. 2001. Marine biogeography of continental Chile. *Revista Chilena De Historia Natural* 74:587-617.
- Camus, P.A. and F.P. Ojeda. 1992. Scale-Dependent Variability of Density Estimates and Morphometric Relationships in Subtidal Stands of the Kelp *Lessonia trabeculata* in Northern and Central Chile. *Marine Ecology-Progress Series* 90:193-200.
- Carrasco, F.D. and R.A. Moreno. 2006. Long-term dynamics (1990 to 2004) of the polychaete fauna from the sublittoral soft-bottoms off Punta Coloso (Antofagasta), northern Chile. *Scientia Marina* 70:169-178.
- Carrasco, F.D. and M. Palma. 2000. Two new species of *Pettiboneia* and *Protodorvillea* (*Dorvilleidae*, *Polychaeta*) from northern Chile. *Bulletin of Marine Science* 67:597-602.
- Castilla, J.C. 1976. Parques y Reservas Marítimas Chilenas - Necesidad de creación, probables localizaciones y criterios básicos. *Medio Ambiente* 2: 70-8.
- Castilla J.C. S. Navarrete & J. Lubchenco. 1993. Southeastern Pacific coastal environments: main features, large scale perturbations, and global climate change". In *Earth System Responses to Global Change: contrasts between north and South America*.
- Castilla, J.C., A.G. Collins, C.P. Meyer, R. Guínez and D.R. Lindberg. 2002. Recent introduction of the dominant tunicate, *Pyura praeputialis* (Urochordata, Pyuridae) to Antofagasta, Chile. *Molecular Ecology* 11:1579-1584.
- Castilla, J.C., R. Guínez, J.L. Alvarado, C. Pacheco and M. Varas. 2000. Distribution, Population Structure, Population Biomass and Morphological Characteristics of the Tunicate *Pyura stolonifera* in the Bay of Antofagasta, Chile. *Marine Ecology* 21:161-174.
- Castilla, J.C., N. A. Lagos and M. Cerda. 2004. Marine ecosystem engineering by the alien ascidian *Pyura praeputialis* on a mid-intertidal rocky shore. *Marine Ecology Progress Series* 268:119-130.
- Castilla, J.C., P. Manríquez, A. Delgado, L. Gargallo, A. Leiva and D. Radic. 2007. Bio-foam enhances larval retention in a free-spawning marine tunicate. *PNAS* 104:18120-18122.
- Cerda, M. and J.C. Castilla. 2001. Diversidad y biomasa de macro-invertebrados en matrices intermareales del tunicado *Pyura praeputialis* (Heller, 1878) en la Bahía de Antofagasta, Chile. *Revista Chilena De Historia Natural* 74:841-853.
- Clarke, M., V. Ortiz and J.C. Castilla. 1999. Does early development of the Chilean tunicate *Pyura praeputialis* (Heller, 1878) explain the restricted distribution of the species? *Bulletin of Marine Science* 65:745-754.
- CONAMA. 2005 Política Nacional de Áreas Protegidas. 22 pp.
- Conama, 2008. Biodiversidad de Chile, Patrimonio Desafíos, Ocho libro editores (Santiago de Chile), 640 pp.
- Cuadrat J. & F. Pita, 1997. *Climatología*. Cátedra. Madrid.
- Dillon M & P. Rundel. 1990. The botanical response of the Atacama and Peruvian desert floras to the 1982-83 El Niño event. En: Glynn PW (ed) *Global ecological consequences of the 1982-83 El Niño-Southern Oscillation*, 487-504. Elsevier Oceanography Series 52, Amsterdam, The Netherlands.
- Dirección General de Aguas (DGA). 2004. Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivo de calidad. Cuenca del Río Loa. Documentos Técnicos- Diciembre 2004. 149 pp.
- Donoso M. y F. Cerna. 2000. Seguimiento del estado de situación de las principales pesquerías nacionales. Investigación situación pesquerías pelágicas mayores, 1999. Informe Final. IFOP-SUBPESCA: 32 p. (más tablas y figuras).
- Donoso M., F. Cerna, J. Campos y R. Vega. 2001. Seguimiento del estado de situación de las principales pesquerías nacionales. Investigación situación pesquerías pelágicas mayores, 2000. Informe Final. IFOP-SUBPESCA: 32 p. (más tablas y figuras).

- Durán, A., I. Kusmanic y N. Montenegro 1995. *Caleta Errázuriz, un área de asentamiento de pescadores del Período Tardío en la Segunda Región*. Boletín Ocasional 2:7-21.
- Dudley, N., K. Mulongoy, S. Cohen, S. Stolton, C. Barber, y S. Gidda. 2005. *Towards effective protected area systems: An action guide to implement the Convention on Biological Diversity Programme of Work on Protected Areas*. Secretariat of the CBD. Montreal.
- Dudley, N., & J. Parish. 2006. *Closing the gap*. In *Creating ecologically representative protected area systems: a guide to conducting the gap assessments of protected area systems for the convention on biological diversity*. Technical series (Vol. 24).
- Escribano, R. 1998. *Population dynamics of Calanus chilensis in the Chilean Eastern Boundary Humboldt Current*. Fisheries Oceanography 71:245-251.
- Escribano, R., C. Iribarren and L. Rodriguez. 1997. *Influence of food quantity and temperature on development and growth of the marine copepod Calanus chilensis from northern Chile*. Marine Biology 128:281-288.
- Escribano, R. and P. Hidalgo. 2000. *Spatial Distribution of Copepods in the North of the Humboldt Current Region Off Chile During Coastal Upwelling*. Journal of the Marine Biological Association of the UK 80:283-290
- Escribano, R. and I. McLaren. 1999. *Production of Calanus chilensis in the upwelling area of Antofagasta, northern Chile*. Marine Ecology Progress Series 177:147-156.
- Escribano, R. and L. Rodriguez. 1994. *Life cycle of Calanus chilensis Brodsky in Bay of San Jorge, Antofagasta, Chile*. Hydrobiologia 292:289-294.
- Escribano, R. L. Rodriguez, and C. Iribarren. 1998. *Temperature-dependent development and growth of Calanus chilensis Brodsky from Northern Chile*. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 229:19-34.
- Escribano, R. V.H. Marin and C. Iribarren. 2000. *Distribution of Euphausia mucronata at the upwelling area of Peninsula Mejillones, northern Chile: the influence of the oxygen minimum layer*. Scientia Marina 64:69-77.
- Escribano R, S.A. Rosales, J.L. Blanco 2004. *Understanding upwelling circulation off Antofagasta (northern Chile): A three-dimensional numerical-modeling approach* Continental Shelf Research 1:37-53.
- Espoz, C., D.R. Lindberg, J.C. Castilla and W.B. Simison. 2004. *Intertidal limpets of Chile and Peru*. Revista Chilena De Historia Natural 77:257-283.
- Fariña, J., P. Ossa & J.C. Castilla. 2007. "Ecosistemas Marinos", en *Biodiversidad de Chile, Patrimonio y Desafíos*, CONAMA 2006.
- Faundez, L., J.C. Torres, P. Bobadilla and M. Escobar. 2005. "Estudios de línea base e instrumento legal para la conservación de la biodiversidad amenazada en los sitios prioritarios de la ecorregión del borde costero de la II Región" Informe Final BIOTA Gestión y Consultorías Ambientales LTDA. CONAMA II Región de Antofagasta.
- Figueroa, E. 2005. *Biodiversidad Marina: Valoración, usos y perspectivas: hacia dónde va Chile?*. Editorial Universitaria, Santiago.
- Fischer, S. and S. Thatje. 2008. *Temperature-induced oviposition in the brachyuran crab Cancer setosus along a latitudinal cline: Aquaria experiments and analysis of field-data*. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 357:157-164.
- Fuenzalida, R. 1992. *Proceso de surgencia en la región norte de Chile, Latitudes 20°30'S - 21°45'S*. Investigación Científica y Tecnológica. Series Ciencias del Mar. 2:79-104.
- Fuenzalida, R., W. Schneider, J.L. Blanco, J. Garcés-Vargas & L. Bravo. 2007. *Sistema de Corrientes Chile-Perú y masas de agua entre Caldera e Isla de Pascua*. Cienc. Tecnol. Mar. 30, 2.
- Gajardo, R. 1995. *La vegetación natural de Chile, Clasificación y distribución geográfica*. Editorial Universitaria. Santiago. Chile. 165 pp.
- Giraldo, A., R. Escribano and V. Marin. 2002. *Spatial distribution of Calanus chilensis off Mejillones Peninsula (northern Chile): ecological consequences upon coastal upwelling*. Marine Ecology Progress Series 230:225-234.
- Giraldo, A., R. Escribano and V. Marín. 2006. *A field test of temperature effects on ecophysiological responses of copepodid Calanus chilensis during coastal upwelling in northern Chile*. Continental Shelf Research 26:1307-1315.

- González, J., C. Tapia, A. Wilson, J. Garrido, and M. Ávila. 2002. *Estrategias de explotación Sustentable Algas Pardas en la Zona Norte de Chile*. INFORME FINAL FIP N° 2000-19, Instituto de Fomento Pesquero IFOP.
- González H.E., G. Daneri, D. Figueroa J.L. Iriarte, N. Lefevre, G. Pizarro, R. Quiñones M. Sobarzo y A. Troncoso. 1998. *Producción primaria y su destino en la trama trófica pelágica y océano profundo e intercambio océano-atmósfera de CO₂ en la zona norte de la corriente de Humboldt (23° S): posibles efectos del evento El Niño, 1997–98 en Chile*. *Rev Chil Hist Nat* 71:429–458.
- González, H., R. Giesecke, C.A. Vargas, M. Pavez, J. Iriarte, P. Santibañez, R. Escribano, & F. Pages. 2004. *Carbon cycling through the pelagic foodweb in the northern Humboldt Current off Chile (23° S)*. *ICES Journal of Marine Science* 61:572-584.
- Goodall, J. D., A. W. Johnson & R. A. Philippi. 1951. *Las aves de Chile su conocimiento y sus costumbres*. Vol. 2. Platt Establecimientos Gráficos, Buenos Aires.
- Guerra, C., G. Portflitt & J. Gómez. 1987. *Criterios científicos y técnicos para el manejo del lobo marino común Otaria flavescens (Shaw) en el norte de Chile*. En: P. Arana (editor), *Manejo y Desarrollo Pesquero, Universidad Católica de Valparaíso*, p. 215-232.
- Guerra, C., S. Teiller, A. Bustos, A. Malinarich, Ch. Guerra, and C. Cortés. 2003. *Línea base de biodiversidad de la Península de Mejillones, sitio prioritario para la conservación*. Informe. CONAMA II Región, II Región de Antofagasta. 201 pp.
- Günther, E. 1938. *A report on oceanographical investigation in Perú coastal current*. *Discovery Rep.*, 13: 107-275.
- Guzmán, N., S. Saá, and L. Ortlieb. 1998. *Catálogo descriptivo de los Moluscos litorales (Gastropoda y Pelecypoda) de la zona de Antofagasta, 23°S (Chile)*. *Estudios Oceanológicos* 17:17-86.
- Häussermann, V. and A.G. Fösterra. 2005. *Distribution patterns of Chilean shallow-water sea anemones (Cnidaria: Anthozoa: Actiniaria, Corallimorpharia), with a discussion of the taxonomic and zoogeographic relationships between the actinofauna of the South East Pacific, the South West Atlantic and the Antarctic*. *Scientia Marina* 69:91-102.
- Herrera, Juan Alberto. *Las sociedades costeras tardías en la Península de Mejillones y el litoral de Antofagasta, norte de Chile*. *Chungará (Arica)*. 2004, vol.36, pp. 543-546.
- Hidalgo, P., R. Escribano and C.E. Morales. 2005. *Annual life cycle of the copepod Eucalanus inermis at a coastal upwelling site off Mejillones (23°S), northern Chile*. *Marine Biology* 146:995–1003.
- Hucke-Gaete, R., R. Álvarez, M. Navarro, J. Ruiz, P. Lo Moro y A. Farías (2010). *Investigación para Desarrollo de Área Marina Costera Protegida Chiloé-Palena-Guaitecas*. Informe Final de estudio financiado por FNDR - BID TURISMO Cód. BIP N ° 30040215-0, Gobierno Regional de Los Lagos. Unidad técnica mandante: CONAMA. Ejecutado por Universidad Austral de Chile. 786 pp. [Disponible en www.conama.cl].
- Hudson C., R. Ulloa, A. Vargas, M. Rivadeneira, G. Guzmán y D. Schiappacasse. 2008. *Estudio de Línea Base de la Biodiversidad Marina del Sitio Prioritario Península de Mejillones*. Informe Final Comisión Nacional del Medio Ambiente, Antofagasta (Chile) 115 pp.
- Humboldti. 2010. *Levantamiento de información de biodiversidad para sitios prioritarios I región de Tarapacá*. FNDR BIP 30064517.
- Ibarra, J. 2006. *Catastro y Conservación de flora y fauna, proyecto “Sondajes Sector Quetena y Opache, Cluster Toki”*.
- Iriarte, J., H. González. 2004. *Phytoplankton size structure during and after the 1997/98 El Niño in a coastal upwelling area of the northern Humboldt Current System*. *Marine Ecology Progress Series* 269:83–90.
- Iriarte, J.L., G. Pizarro, V. Troncoso, and M. Sobarzo. 2000. *Primary production and biomass of size-fractionated phytoplankton off Antofagasta, Chile (23–24°S) during pre-El Niño and El Niño 1997*. *Journal of Marine Systems* 26:37–51.
- Koleff, P., Tambutti, M., March, I., Esquivel, R., Cantú, C., Lira-Noriega, A., ... & N. Moreno. 2007. *Análisis de vacíos y omisiones en conservación en México*. R. Dirzo, R. González e I. March (comp.). *Capital natural y bienestar social: Segundo Estudio de País*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- Krautza, M.C., M. González, and L. Castro. 2003. *Detection of anchoveta (Engraulis ringens Jenyns 1842) eggs in euphausiid diets using immunoassays (ELISA)*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 294 27– 39.

- Lancellotti, D.A., and J.A. Vasquez. 2000. Zoogeography of benthic macroinvertebrates of the Chilean coast: contribution for marine conservation. *Revista Chilena De Historia Natural* 73:99-129.
- Laudien, J., M.E. Rojo, M.E. Oliva, W. E. Arntz, and S. Thatje. 2007. Sublittoral soft bottom communities and diversity of Mejillones Bay in northern Chile (Humboldt Current upwelling system). *Helgoland Marine Research* 61:103-116.
- Lettau H. 1967. Small to large scale features of boundary layer structure over mountain slopes. *Proceedings Symposium on Mountain Meteorology. Section 2. Fort Collins, Colorado (USA)*.
- Lettau H.H. and J.R. Costa. 1978. Characteristic winds and boundary layer meteorology of the arid zones in Peru and Chile. In *Exploring the world's driest climates* (Lettau, H.H.; Lettau, K.; editors). Center for Climatic Research, University of Wisconsin, p. 163-181. Madison.
- Llagostera, A. 1989. Caza y pesca marítima. 9.000 a 1.000 a.C. *Culturas de Chile Prehistoria. Desde sus Orígenes hasta los Albores de la Conquista*, editado por C. Aldunate e I. Solimano, pp. 57-79. Editorial Andrés Bello, Santiago.
- Lettau H.H. & J.R. Cost., 1978. Characteristic winds and boundary layer meteorology of the arid zones in Peru and Chile. In *Exploring the world's driest climates* (Lettau, H.H.; Lettau, K.; editors). Center for Climatic Research, University of Wisconsin, p. 163-181. Madison.
- Malinarich, V. 2011. Estado de las Poblaciones de Gaviotín Chico (*Sterna lorata*) en la Región de Tarapacá y Principales Amenazas del Bore Costero. Seminario /Taller "Estado Actual y Proyecciones de la Investigación y Conservación del Gaviotín Chirrí (*Sterna lorata*)", Antofagasta 2011.
- Medina, M., M. Araya and C. Vega. 2004. Alimentación y relaciones tróficas de peces costeros de la zona norte de Chile. *Investig. mar.* 2004, vol.32, n.1 pp. 33-47.
- Mendoza, C. & S. Zambrano. 2005. Áreas importantes para la conservación de las aves en los andes tropicales: sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad. *BirdLife Internacional and conservation internacional. (Serie de Conservación de BirLife N° 14)* Quito. Ecuador
- Miethke S., S. Reichle, E. Armijo, Z. Ferdaña, L. Sotomayor, A. Chatwin, B. Ramirez, and R. de Andrade. 2007. Coastal and Marine Conservation Priorities in Chile. In: *Priorities for Coastal and Marine Conservation in South America*. Ed. A Chatwin. TNC. 25-30 pp
- Montecino V, P Strub, F Chavez, A Thomas, J Tarazona & T. Baumgartner. 2005. Bio-physical interaction off western South America. In: *The Global Coastal Ocean: Interdisciplinary Regional Studies and Syntheses. The Sea*, vol 14. Robinson, A.R. & K.H. Brink (eds). Harvard University press. Chapter 10.
- Moyano, H.I. 1991. Bryozoa marinos chilenos VIII: Una síntesis zoogeográfica con consideraciones sistemáticas y la descripción de diez especies y dos géneros nuevos. *Gayana Zoologica*.
- Moyano, H.I. 1995a. Cnidaria, en: *Diversidad Biológica de Chile*. Simonetti, J, Arroyo, M, Spotorno, A & E Lozada (eds). 100-116. Conicyt. Santiago, Chile.
- Moyano, H.I. 1995b. Brachipoda, en: *Diversidad Biológica de Chile*. Simonetti, J, Arroyo, M, Spotorno, A & E Lozada (eds): 158-162. Conicyt. Santiago, Chile.
- Muñoz, A. & J. Yañez. 2000. *Mamíferos de Chile*. Ediciones CEA. Valdivia, Chile. 463p.
- Niggemann, J., T. Ferdelman, B. Lomstein, J. Kallmeyer and C. Schubert. 2007. How depositional conditions control input, composition, and degradation of organic matter in sediments from the Chilean coastal upwelling region. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 71:1513-1527.
- Nowak, R. 1999. *Walker's Mammals of the world*. Johns Hopkins, USA. 1939 pp.
- Oliva, M., A. Olivares, C. Díaz and M. Pasten. 1999. Parasitic castration in *Concholepas concholepas* (Gastropoda: Muricidae) due to a larval digenean in northern Chile. *Diseases of Aquatic Oeganisms* 36:61-65
- Oliva, D., W. Sielfeld, L.R. Durán, M. Sepúlveda, M.J. Pérez., L. Rodríguez, W. Stotz & V. Araos. 2003. Interferencia de mamíferos marinos con actividades pesqueras y de acuicultura. FIP IT/2003-32. 216 p
- Olivares, A., M. Bretos, R. Chihuailaf and A. Zenis. 1998. Biometría, hábitat y epibiontes en *Fissurella latimarginata* (Mollusca: Prosobranchia) en el norte de Chile. *Estudios Oceanológicos* 17:95-103.
- Ojeda, F.P., F. Labra & A. Muñoz. 2000. Biogeographic Patterns of Chilean Littoral fishes. *Revista Chilena de Historia Natural*. 73:625-641.
- Ortiz J., R. Rodríguez, C. Marticorena, G. Riveros, H. Ibarra, F. Peña. V. Jerez, V. Ruiz, V. Quintana, J. Solervicens, J. Artigas & E. Ugarte. 1993. Sitio prioritarios para la conservación de la biodiversidad biológica den Chile. Parte II. Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas. Universidad de Concepción. Corporación Nacional Forestal.

- Ortiz, M. 2008. Mass balanced and dynamic simulations of trophic models of kelp ecosystems near the Mejillones Peninsula of northern Chile (SE Pacific): Comparative network structure and assessment of harvest strategies. *Ecological Modelling* 216:31-46.
- Pacheco, C.J. and J.C. Castilla. 2001. Foraging behavior of the American oystercatcher *Haematopus palliatus* pitaray (Murphy 1925) on the intertidal ascidian *Pyura praeputialis* (Heller 1878) in the Bay of Antofagasta, Chile. *Journal of Ethology* 19:23-26.
- Páez, M., O. Zúñiga, J. Valdés and L. Ortlieb. 2001. Foraminíferos bentónicos recientes en sedimentos microanóxicos de la bahía Mejillones del Sur (23° S), Chile. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 36:129-139.
- Pagés, F., H.E. González, M. Ramón, M. Sobarzo and J.M. Gili. 2001. Gelatinous zooplankton assemblages associated with water masses in the Humboldt Current System, and potential predatory impact by *Bassia bassensis* (Siphonophora: Calycophorae). *Marine Ecology Progress Series* 210:13-24.
- Palma, S. and P. Apablaza. 2004. Abundancia estacional y distribución vertical del zooplancton gelatinoso carnívoro en un área de surgencia en el norte del Sistema de la Corriente de Humboldt. *Investig. mar.* 2004, vol.32, n.1 pp. 49.
- Pavés, H., and H. González. 2008. Carbon fluxes within the pelagic food web in the coastal area off Antofagasta (23°S), Chile: The significance of the microbial versus classical food webs. *Ecological Modelling* 212:218-232.
- Pavéz, M., L. Castro, and H. González. 2006. Across-shelf predatory effect of *Pleurobrachia bachei* (Ctenophora) on the small-copepod community in the coastal upwelling zone off northern Chile (23° S). *Journal of Plankton Research* 28:115-129.
- Pizarro, C. 2004. Áreas marinas protegidas y su utilidad en la conservación de las aves marinas en Chile. Seminario de Título. Facultad de Ciencias, Universidad de Chile. 113 p.
- Proyecto GEF-SNAP. 2009. Creación de un sistema nacional integral de áreas protegidas para Chile: documentos de trabajo. 358 pp
- Ramírez, M.E. y B. Santelices. 1991. Catálogo de las Algas Marinas Bentónicas de la Costa Templada del Pacífico de Sudamérica. Monografías Biológicas N°5 Facultad de Ciencias biológicas, Pontificia Universidad Católica de Chile. Publicaciones Periódicas, Vicerrectoría Académica.
- Ramírez, M.E. 2008 Algas Marinas Bentónicas. En *Conama, 2008. Biodiversidad de Chile, Patrimonio Desafíos*, Ocho libro editores (Santiago de Chile), p 346-363.
- Reid, L.J., Jr., 1965. Intermediate waters of the Pacific, *Jhon Hopkins Oceanogr. Stud es N° 2*, pp.1-85, Jhon Hopkins Press, Baltimore.
- Reid, J. L.1973. Transpacific hydrographic sections at Lats 43° S and 28° S: The Scorpio Expedition III. Upper water and a note on southward flow at mid-depht. *Deep-Sea Res.* 20:39-49.
- Riascos, J.M., O. Heilmayer, M. Oliva, J. Laudien, and W. Arntz. 2008. Infestation of the surf clam *Mesodesma donacium* by the spionid polychaete *Polydora biocipitalis*. *Journal of Sea Research* 59:217-227.
- Rivadeneira, M.M., and M. Fernandez. 2005. Shifts in southern endpoints of distribution in rocky intertidal species along the south-eastern Pacific coast. *Journal of Biogeography* 32:203-209.
- Rivadeneira, M., A. Vargas y R. Ulloa. 2011. Sistematización cartográfica de capas ambientales y de biodiversidad marina para la planificación ecorregional de la Costa de Chile. Informe Final a la Red Iberoamericana de Ecosistemas (IABIN). Promar Pacifico, Iquique, Chile. 40 pp.
- Robles F, E Alarcón & A Ulloa. 1976. Las masas de agua en la región norte de Chile y sus variaciones en un período frío (1967) y en períodos cálidos (1969, 1971-1973). En: *Reunión de trabajo sobre el fenómeno conocido como "El Niño"*, FAO Informe de Pesca 185: 94-196. Guayaquil, Ecuador.
- Rodríguez L, O Zárate & E Oyarce. 1986. Producción primaria del fitoplancton y su relación con la temperatura, oxígeno, nutrientes y salinidad en la bahía de Mejillones del Sur. *Revista de Biología Marina* 22(1): 75-96.
- Rodríguez, L. 2004. Observaciones sobre efectos de El Niño 1997-1998 en el fitoplancton de bahía Antofagasta y durante un fenómeno de surgencia en bahía Mejillones del Sur, Antofagasta, Chile. Pages 97-118 in S. Avaria, J. Carrasco, J. Rutllant y E. Yáñez, editor. *El Niño-La Niña 1997-2000. Sus Efectos en Chile, Valparaíso, Chile.*
- Rodríguez-Graña, L., L. Castro, M. Loureiro, H. González, and D. Calliari. 2005. Feeding ecology of dominant larval myctophids in an upwelling area of the Humboldt Current. *Marine Ecology Progress Series* 290:119-134.

- Rodríguez, L., and L. Castro. 2003. Ichthyoplankton distribution off the Peninsula de Mejillones, Chile (23° S, 71° W), under variable hydrographic conditions during the austral summer and winter of the 1997 El Niño. *Hydrobiologia* 501:59-73.
- Rodríguez, L., V. Marín, M. Fariás, and E. Oyarce. 1991. Identification of an upwelling zone by remote sensing and in situ measurement. *Mejillones del Sur Bay (Antofagasta -Chile)*. *Scientia Marina* 51:467-473.
- Rojas, P., R. Escribano, and V. Marín. 2002. Fish larvae distribution off Mejillones Peninsula (northern Chile) during a coastal upwelling event in Spring 1999: interactions with the cold upwelling plume. *Fisheries Oceanography* 11:233-244.
- Robles, F., Alarcón, E., Ulloa, A., 1976. Water masses at the northern Chilean zone and their variations in a cold period (1967) and warm periods (1969, 1971-1973). *El Niño Workshop, Guayaquil, Ecuador. December 1974. FAO. Inf. Pesca, 185, 94-196.*
- Rovira, J. 2007. Múltiples usos en AMCP-un aporte a su comprensión. En: *Áreas Marinas y Costeras protegidas de múltiples usos. Alcances y desafíos del modelo de gestión para la conservación marina en Chile. Gobierno de Chile/Proyecto GEF Marino/PNUD. 214 pp.*
- Rutllant J. 1977. *On the Extreme Aridity of Coastal and Atacama Deserts in northern Chile. Tesis Ph.D. (Unpublished), University of Wisconsin, 169 p. Madison, U.S.A.*
- Rutllant J. 1985. Natural desertification mechanisms along the arid west coast of South America. In *Proceedings of the International Workshop on Sand Transportation and Desertification in Arid Lands, p. 235-252. Khartoum, Sudan.*
- Rutllant J. 1990. Natural desertification mechanisms along the arid west coast of South America. *Proceedings Conference on Sand Transport and Desertification in Arid Lands. Khartoum, Sudan, November 1985. World Scientific Press (F. El-Baz, I. El-Tayeb and M Hassan, Eds): 235-252.*
- Rutllant J., H. Fuenzalida, R. Torres y D. Figueroa. 1998. Interacción océano-atmósfera-tierra en la Región de Antofagasta (Chile, 23°S): Experimento DICLIMA. *Revista Chilena de Historia Natural. 71:405-427.*
- Rundel P. & M. Mahu, 1976. Community structure and diversity in a coastal fog desert in northern Chile. *Flora* 165: 493-505.
- Tapia, L. 2002. *Guía de biodiversidad: Algas Marinas. Centro Regional de Estudios y Educación Ambiental CREA y Departamento de Acuicultura Facultad de Recursos del Mar Universidad de Antofagasta.*
- Thiel, M., E. C. Macaya, E. Acuña, W. E. Arntz, H. Bastias, K. Brokordt, P. A. Camus, J. C. Castilla, L. R. Castro, and M. Cortes. 2007. The Humboldt Current system of northern and central Chile: oceanographic processes, ecological interactions and socioeconomic feedback. *Pages 195-344.*
- Salazar C. 2003. *Situación de los recursos hídricos en Chile. The Nippon Foundation. Informe Técnico, 109 pp.*
- Santelices, 1991 *Littoral and subtidal communities of continental Chile. In: Mathieson AC & PH Nienhuis (eds) Ecosystems of the world: 24: 347-369. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands*
- Santibáñez F, P. Roa y P Santibáñez, 2008. *El medio físico. En: Biodiversidad de Chile. Patrimonio y Desafíos. Conama. Ocho Libros Editores (Santiago de Chile). 640 pp.*
- Sarkar, S., J. Justus, T. Fuller, C. Kelley, C. Garsonm J. Mayfield. 2005. *Effectiveness of environment surrogates for the selection of conservation area networks. Conservation Biology 19: 815-825.*
- Shipp, R.L. 2003. *A perspective on marine reserves as a fishery management tool. Fish. Management 28: 10-21.*
- Schneider W., R. Fuenzalida, R. Nuñez, J. Garcés-Vargas, L. Bravo y D. Figueroa. 2007. *Discusión del sistema de la corriente Humboldt y masas de agua en la zona norte y centro de Chile Cienc. Tecnol. Mar, 30 (1): 21-36*
- Schlatter, R & R Hucke-Gaete. 1999. *Importancia de la cooperación internacional para la conservación de aves y mamíferos marinos presentes en Chile. Estudios Oceanológicos (Chile).18:13-24.*
- Schlatter, R & A Simeone. 1999. *Estado del conocimiento y conservación de las aves en mares chilenos. Estudios Ocenológicos (Chile). 18:13-24.*
- Sielfeld, W. 1983. *Mamíferos marinos de Chile. Ediciones de la Universidad de Chile. 198 p.*
- Sielfeld, W., N. Amado & A. Rebolledo. 1993. *Censo de Lobos Marinos Comunes de la Primera y Segunda Región de Chile. Documento Técnico, Universidad Arturo Prat, Iquique, Chile, 26 p.*
- Sielfeld W, E Miranda & J Torres. 1995. *Información preliminar sobre los oasis de niebla de la costa de la primera región de Tarapacá. Programa de Recursos Hídricos y Naturales Renovables, Universidad Arturo Prat, Iquique, Chile. 55 pp.*

- Sielfeld W, C Guerra, LR Durán, E Acuña, A Aguayo, M Sepúlveda, F Palma, A Malinarich, G Cerda, A Bolvarán, R Grau, X Veloso, Y Guerra, M Vargas, N Amado, R Peredo & J Galáz. 1997. Monitoreo de la pesquería y censo del lobo marino común en el litoral de la I - IV Regiones, 105 p. Informe final Proyecto Fondo de Investigación Pesquera 95 – 28, Subsecretaría de Pesca, Valparaíso.
- Sielfeld, W. 2009. Plan de Manejo para la protección de Punta Patache, Sitio Prioritario de Conservación para la Biodiversidad, comuna de Iquique. Proyecto FNDR Tarapacá.
- Sielfeld W, R Peredo, R Fuentes, V Malinarich y F Olivares. 2012. Humedales Costeros del Norte de Chile En: Humedales Costeros de Chile. Aportes Científicos a su Gestión Sustentable. Ed José Miguel Fariña, Andres Camaño.p: 148-213.
- Sievers, H.A. & N. Silva. 1975. Masas de agua y circulación en el Océano Pacífico Sudoriental. Latitudes 18° S - 33° S. (Operación Oceanográfica MARCHILE VIII). Cienc. Tecnol. Mar. 1: 7-67.
- Silva, N. & D. Konow. 1975. Contribución al conocimiento de las masas de agua en el Pacífico Sudoriental. Expedición Krill.Crucero 3-4. Julio-agosto 1974. Rev. Com. Perm. Pacífico Sur, 3:63-75.
- Silva, S. & H. A. Sievers. 1981. Masas de agua y circulación en la región de la rama costera de la Corriente Humboldt. Latitudes 18° S - 33° S (Operación Oceanográfica MARCHILE X-ERFEN I). Cienc. Tecnol. Mar, 5: 5-20.
- Sobarzo, M. & D. Figueroa. 2001. The physical structure of a cold filament in a Chilean upwelling zone (Península de Mejillones, Chile, 23°S). Deep-Sea Res. I 48: 2699-2726.
- Spalding, M. D., Fox, H. E., Allen, G. R., Davidson, N., Ferdaña, Z. A., Finlayson, M. A. X., ... & J. Robertson. 2007. Marine ecoregions of the world: a bioregionalization of coastal and shelf areas. *BioScience*, 57(7), 573-583.
- Squeo, F., L. Letelier, C. Gaymer, A. Stoll, C. Smith, S. Miethke, G. Cundill, S. Lhermite, P. Marquet, H. Samaniego, P. Guerrero, G. Arancui, A. Marticorena, D. López y K. Martínez. 2010. Estudio de análisis de omisiones y vacíos de representatividad en los esfuerzos de conservación de la biodiversidad en Chile GAP-Chile 2009. 2010. Licitación 1586-76-LE09. 266 pp.
- Strittholt, J. R., & R. E. Boerner, 1995. Applying biodiversity gap analysis in a regional nature reserve design for the Edge of Appalachia, Ohio (USA). *Conservation Biology*, 9(6), 1492-1505.
- Sullivan Sealey, K., & G. Bustamante. 1999. Setting geographic priorities for marine conservation in Latin America and the Caribbean. *The Nature Conservancy, Arlington, VA*, 141.
- Trewartha C. 1961, *The Earth's Problem Memorandum* N° 7, 14 pp.
- Thiel M., Macaya E., Acuña E., Arntz W., Bastias H., Brokordt K., Camus P., Castilla J.C., Castro L.R., Cortés M., Dumont C.P., Escribano R., Fernández M. Lancelloti D., Gajardo J.A., Gaymer C.F., Gomez I., González A.E., González,H.E., Hays P.A., Illanes J.E., Iriarte J.L., Luna-Jorquera G., Luxoro C. Manríquez P.H., Marín V., Muñoz P., Navarrete S.A., Pérez E., Poulin E., Sellanes J., Sepúlveda A., Stotz W., Tala F., Thomas A., Vargas C.A., Vásquez, J.A. & A. Vega. 2007. The Humboldt Current System of northern and central Chile. *Oceanographic processes, ecological interactions and socioeconomic feedback. Oceanography and Marine Biology: An Annual Review* 45: 195-344.
- Ulloa, O., R. De Pol, & C. Werlinger. 2004. Zonas de mínimo oxígeno. *Biología Marina y Oceanografía: Conceptos y Procesos*, 521-532.
- Ulloa, R., J. Torre, L. Bourillón, A. Gondor y N. Alcantar. 2006. Planeación ecorregional para la conservación marina: Golfo de California y costa occidental de Baja California Sur. Informe final a The Nature Conservancy. Guaymas (México): Comunidad y Biodiversidad, A.C., 153pp
- Vane-Wright, R. I., Humphries, C. J., & P.H. Williams. 1991. What to protect?—Systematics and the agony of choice. *Biological conservation*, 55(3), 235-254.
- Valdés, J., D. Román, G. Alvarez, L. Ortlieb, and M. Guiñez. 2008. Metals content in surface waters of an upwelling system of the northern Humboldt Current (Mejillones Bay, Chile). *Journal of Marine Systems* 71:18–30.
- Valdés, J., G. Vargas, A. Sifeddine, L. Ortlieb, and M. Guiñez. 2005. Distribution and enrichment evaluation of heavy metals in Mejillones Bay (23°S), Northern Chile: Geochemical and statistical approach. *Marine Pollution Bulletin* 50:1558–1568.
- Vargas, M. & W. Sielfeld. 1997. Playa Chipana (21°19'S, 70°04'W): a nursery and smolting area for marine coastal fish in northern Chile. *Archive of Fishery and Marine Research.*, 45(2): 167-182.
- Vargas, G. L., Ortliebb, J. Pichona, J. Bertaux, and M. Pujosa. 2004. Sedimentary facies and high resolution primary production inferences from laminated diatomaceous sediments off northern Chile (23°S). *Marine Geology* 211:79– 99.

- Vargas, V., and H. González. 2004. Plankton community structure and carbon cycling in a coastal upwelling system. II. Microheterotrophic pathway. *Aquatic Microbial Ecology* 34:165–180.
- Vargas, G, L Ortlieb y J Rutllant. 2009. Aluviones históricos en Antofagasta y su relación con eventos El Niño/Oscilación del Sur. *Rev. geol. Chile*. 2000, vol.27, n.2 pp. 157-176.
- Vásquez, J.A., P.A. Camus, and F.P. Ojeda. 1998. Diversity, structure and functioning of rocky coastal ecosystems in northern Chile. *Revista Chilena De Historia Natural* 71:479-499.
- Vega, A., J.A. Vásquez, and A. H. Buschmann. 2005. Biología poblacional de huirales submareales de *Macrocystis integrifolia* y *Lessonia trabeculata* (Laminariales, Phaeophyceae) en un ecosistema de surgencia del norte de Chile: variabilidad interanual y El Niño 1997-1998. *Revista Chilena De Historia Natural* 78:33-50.
- Veliz, D., and J. A. Vásquez. 2000. La Familia Trochidae (Mollusca: Gastropoda) en el norte de Chile: consideraciones ecológicas y taxonómicas *Revista Chilena De Historia Natural* 73:757-769.
- Veloso L. y M. Sanchez, 1991. Características geomorfológicas. Área litoral: Iquique-caleta Molle. *Rev geog. Norte Grande*. 18:3-8
- Victoriano, P.F., A.L. González, and R. Schlatter. 2006. Estado de conocimiento de las aves de aguas continentales de Chile. *Gayana* 70.
- Vilina, Y. A., H. Cofré, and C. Pizarro. 2006. Aves acuáticas de Chile. Pages 270-277 in P. Saball, M. K. Arroyo, J. C. Castilla, C. Estades, J. M. Ladrón de Guevara, S. Larraín, C. Moreno, F. Rivas, J. Rovira, A. Sánchez, and L. Sierralta, editors. *Biodiversidad de Chile. Patrimonio y Desafíos Comisión Nacional del Medio Ambiente, Santiago, Chile*.
- Vilina, Y. A., Gibbons, J., Sabaj, V., Seguel, C. & J. Morales. 2008. Informe sobre las Prospección de Nuevas Colonias Reproductivas del gaviotín chico, *Sterna lorata*, en el norte de Chile. *Molymet S.A*
- Villegas, M., Laudien, J., Sielfeld, W., Arntz, W. 2007. *Macrocystis integrifolia* and *Lessonia trabeculata* (Laminariales; Phaeophyceae) Kelp habitat structure and associated macrobenthic community off Northern Chile, *Helgoland Marine Research*. Doi:10.1007/s 10152-007-0096-1
- Woodruff DS. 2001 Declines of biomes and biotas and the future of evolution. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 98, 5471–5476
- Wyrтки, K. 1963. The horizontal and vertical field of motion in the Peru Current. *Bull. Scripps Inst. of Ocean.*, 8 (4): 313-346.

Anexo 4: Talleres Pescadores Artesanales

4.1. Taller Map Biography Iquique

Listado asistencia Taller Map Biography
FIPA N° 2017-13.
Identificación de sectores aptos para el desarrollo de la acuicultura en la XV, I y II Región

N°	NOMBRE	RUT	FIRMA
1	David Ceballos	874955-5	
2	Eddie Varas S	7483890-8	
3	Eduardo Garay	51846176	
4	Arnbal Cáceres	5.296.487-7	
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			

4.2 Taller Iquique



4.3 Listado asistencia taller Antofagasta

PROYECTO DEL FONDO DE INVESTIGACION PESQUERA Y DE
ACUICULTURA

Nº 2017-13

IDENTIFICACION DE SECTORES APTOS PARA EL DESARROLLO DE LA
ACUICULTURA EN LA XV, I Y II REGION

Fecha: 24-03-2018

Lugar: ANTOFAGASTA calculo pesquero

NOMBRE Hector Jovan Blanco

FIRMA



4.4 Taller Antofagasta



4.5 Taller Arica

Fecha: 07.04.2018.

Organización: S.T.I. Buzos Mariscadores a Pulmón y Auxiliares de Buzos

Participantes: 11 personas

Se aprovecha reunión sindical para efectuar consulta sobre caladeros o sectores donde ellos desarrollan sus labores extractivas. Se efectúa entregando una papeleta para que ellos identifiquen los sectores y los recursos extraídos.



Los sectores identificados se grafican en mapa adjunto en hoja anexa, destacando dentro de la comuna el radio de acción por emplazamiento costero hasta el término de acceso al límite sur de la ciudad de Arica, comenzando en la Isla del Alacrán, Laucho, Lisera y Arenillas negras, sector el planchón, la capilla y entre playa corazones y liserilla.

La actividad de recolección identifica la extracción mediante buceo apnea de recursos como piure principalmente, almeja, choro maltón y erizo. En menor medida otros recursos estacionales y caza submarina.

Fecha: 10.04.2018.

Organización: Sindicato Independiente de Buzos, Asistentes y Pescadores de Orilla.

Participantes: 5 personas

Se efectúa reunión con la directiva de la organización, exponiendo y solicitando información respecto a los sectores denominados caladeros donde tienen acción extractiva sus asociados. Se efectúa la recopilación de antecedentes, anotando los sectores donde desempeñan su actividad y principales recursos extraídos (Fig. 2)



Se identifican como sectores, el sector sur de la ciudad de Arica hasta la Liserilla por tierra, y por mar hasta el sector de Clavelito, indicando para todos los efectos que los sectores por mar abarcan punta palomo, punta blanca y bajo vernaes como los más productivos. Como recolección de orilla se extraen recurso como el piure, almejas, choritos y erizo. Algunos recolectan algas que son tendidas en ciertos sectores. Identifican también problemáticas para acceder actualmente al sector sur de playa corazones, dado que está restringiendo por horario el tránsito

peatonal desde el sector de las cuevas de Azota hacia el sur, producto de una zona turística en desmedro de su actividad. También indican que si el recurso macha se recuperará, también dicho sector costero ubicado al norte de la ciudad que lleva dicho nombre la playa tendría que ser identificado como caladero.

Fecha: 11.04.2018.

Organización: Sindicatos Independientes de Pescadores de Orilla, Recolectores y Ramos a Fines.

Participantes: 3 personas

Se efectúa reunión con la directiva principal de la organización, solicitando información respecto a los sectores denominados caladeros históricos donde tienen acción extractiva sus asociados. Estos indican, a lo igual que sus colegas de otras organizaciones, que gran parte de sus labores la realizan desde el sector sur del puerto de Arica hasta playa Liserilla, indicando que los lugares más frecuentados son los sectores de Isla del Alacrán, Playa el Laucho, arenillas negras y la capilla.

Anexo 5: Kriging; error de los procesos de interpolación

Kriging POC

Input datasets

Dataset

C:\Users\promar\Documents\ArcGIS\Default.gdb\POC_1k_Project
 Type Feature Class
 Data field 1 Anual
 Records 142347

Method Kriging

Type Simple
 Output type Prediction

Dataset # 1

Mean 4.793110192338
 Trend type None

Transformation Log

Searching neighborhood Standard

Neighbors to include 5
 Include at least 2
 Sector type Four and 45 degree
 Major semiaxis 193,460.32482907834
 Minor semiaxis 64,699.12603042978
 Angle 178.06640625

Variogram Covariance

Number of lags 12
 Lag size 16,121.69373575653
 Nugget 0.016060608578
 Measurement error % 100

Model type Stable

Parameter 2
 Range 193,460.32482907834
 Anisotropy Yes
 Minor range 64,699.12603042978
 Direction 178.06640625
 Partial sill 0.29765742611

Regression function $1,00166722031204 * x + 0,769019494384935$

Prediction Errors

Samples 142347 of 142347

Mean 0,9372874190331408

Root-Mean-Square 8,464622057756936

Mean Standardized 0,06374261694750491

Root-Mean-Square Standardized 0,11626366944275514

Average Standard Error 27,67052669873154

Kriging Clorofila

Input datasets

Dataset

G:\FIP\FIP Acuicultura 2017\Coberturas\En trabajo\clmeamptofin
 Type Feature Class
 Data field 1 GRID_CODE
 Records 53408

Method Kriging

Type Simple
 Output type Prediction

Dataset # 1

Mean 0.485901801559
 Trend type None

Transformation Log

Searching neighborhood Standard

Neighbors to include 5
 Include at least 2
 Sector type Four and 45 degree
 Major semiaxis 0.52095664359
 Minor semiaxis 0.52095664359
 Angle 0

Variogram Covariance

Number of lags 12
 Lag size 0.064976381418
 Nugget 0
 Measurement error % 100

Model type Spherical

Range 0.52095664359
 Anisotropy No
 Partial sill 1.174671689443

Regression function $1,00400996782253 * x + 0,0114842792251011$

Prediction Errors

Samples 53408 of 53408

Mean 0,02940501382616903

Root-Mean-Square 0,6811840834127038

Mean Standardized 0,05913830918917518

Root-Mean-Square Standardized 0,481497630462349

Average Standard Error 0,9623759267750143

Export Result Table

Kriging Fosfato

Input datasets

Dataset G:\FIP\FIP Acuicultura 2017\Coberturas\En trabajo\fofostatoptofin
 Type Feature Class
 Data field 1 GRID_CODE
 Records 1825

Method Kriging

Type Simple
 Output type Prediction

Dataset # 1

Trend type None

Transformation Normal Score Transformation

Approximation DensitySkew
 Kernels 8
 BaseDistribution Empirical

Searching neighborhood Standard

Neighbors to include 5
 Include at least 2
 Sector type Four and 45 degree
 Major semiaxis 2.221742006406
 Minor semiaxis 0.857410641216
 Angle 4.39453125

Variogram Covariance

Number of lags 12
 Lag size 0.1851451672
 Nugget 0
 Measurement error % 100

Model type Spherical

Range 2.221742006406
 Anisotropy Yes
 Minor range 0.857410641216
 Direction 4.39453125
 Partial sill 1.503644732589

Regression function $0,992666398787562 * x + 0,00945813016282249$

Prediction Errors

Samples 1825 of 1825

Mean 6,397205321482891e-005

Root-Mean-Square 0,004298665818399274

Mean Standardized 0,0031665914167220946

Root-Mean-Square Standardized 0,12982335260082484

Average Standard Error 0,03397012889888246

Export Result Table

Kriging Nitrato

Input datasets

Dataset G:\FIP\FIP Acuicultura 2017\Coberturas\En trabajo\nitraptofin
 Type Feature Class
 Data field 1 GRID_CODE
 Records 1825

Method Kriging

Type Simple
 Output type Prediction

Dataset # 1

Trend type None

Transformation Normal Score Transformation

Approximation DensitySkew
 Kernels 8
 BaseDistribution Empirical

Searching neighborhood Standard

Neighbors to include 5
 Include at least 2
 Sector type Four and 45 degree
 Major semiaxis 2.947878832189
 Minor semiaxis 0.988017112158
 Angle 5.80078125

Variogram Covariance

Number of lags 12
 Lag size 0.245656569349
 Nugget 0
 Measurement error % 100

Model type Spherical

Range 2.947878832189
 Anisotropy Yes
 Minor range 0.988017112158
 Direction 5.80078125
 Partial sill 1.370835948439

Regression function $0,995468722731736 * x + 0,0582722051200602$

Prediction Errors

Samples 1825 of 1825

Mean 0,005192210144963419

Root-Mean-Square 0,06505315753297941

Mean Standardized 0,012880080583884684

Root-Mean-Square Standardized 0,1318940109014468

Average Standard Error 0,4946242347352069

Export Result Table

Kriging Oxigeno

Input datasets

Dataset G:\FIP\FIP Acuicultura 2017\Coberturas\En trabajo\o2meanptofin
 Type Feature Class
 Data field 1 GRID_CODE
 Records 1825

Method Kriging

Type Simple
 Output type Prediction

Dataset # 1

Trend type None

Transformation Normal Score Transformation

Approximation DensitySkew
 Kernels 8
 BaseDistribution Empirical

Searching neighborhood Standard

Neighbors to include 5
 Include at least 2
 Sector type Four and 45 degree
 Major semiaxis 3.163833564961
 Minor semiaxis 1.057561566146
 Angle 178.06640625

Variogram Covariance

Number of lags 12
 Lag size 0.26365279708
 Nugget 0
 Measurement error % 100

Model type Spherical

Range 3.163833564961
 Anisotropy Yes
 Minor range 1.057561566146
 Direction 178.06640625
 Partial sill 1.143220006544

Regression function $0,997541405629109 * x + 0,558517317543021$

Prediction Errors

Samples 1825 of 1825

Mean -0,011317694361413696

Root-Mean-Square 0,3183970016523098

Mean Standardized -0,009269125902780827

Root-Mean-Square Standardized 0,24214150508168136

Average Standard Error 1,2533931554927153

Export Result Table

Kriging Altura de Olas

Input datasets

Dataset G:\FIP\FIP Acuicultura 2017\Coberturas\En trabajo\hwpto
 Type Feature Class
 Data field 1 GRID_CODE
 Records 234

Method Kriging

Type Simple
 Output type Prediction

Dataset # 1

Trend type None

Transformation

Normal Score Transformation
 Approximation DensitySkew
 Kernels 8
 BaseDistribution Student's t-distribution

Searching neighborhood Standard

Neighbors to include 5
 Include at least 2
 Sector type Four and 45 degree
 Major semiaxis 5.766793255379
 Minor semiaxis 2.790949922143
 Angle 179.296875

Variogram Covariance

Number of lags 12
 Lag size 0.480566104615
 Nugget 0
 Measurement error % 100

Model type Spherical

Range 5.766793255379
 Anisotropy Yes
 Minor range 2.790949922143
 Direction 179.296875
 Partial sill 1.348781007045

Regression function $0,954668901003683 * x + 6,45537347940842$
 Prediction Errors
 Samples 234 of 234
 Mean -0,2849430903635464
 Root-Mean-Square 11,07651954836844
 Mean Standardized -0,02278222758456726
 Root-Mean-Square Standardized 0,22139967800081384
 Average Standard Error 34,96009505595262
 Export Result Table

Kriging Radiación

Input datasets

Dataset G:\FIP\FIP Acuicultura 2017\Coberturas\En trabajo\radiacionptofin
 Type Feature Class
 Data field 1 GRID_CODE
 Records 2959

Method Kriging

Type Simple
 Output type Prediction

Dataset # 1

Trend type None

Transformation Normal Score Transformation

Approximation DensitySkew
 Kernels 8
 BaseDistribution Empirical

Searching neighborhood Standard

Neighbors to include 5
 Include at least 2
 Sector type Four and 45 degree
 Major semiaxis 218,341.59991525358
 Minor semiaxis 90,471.49201037863
 Angle 0.87890625

Variogram Covariance

Number of lags 12
 Lag size 18,195.13332627113
 Nugget 0
 Measurement error % 100

Model type Spherical

Range 218,341.59991525358
 Anisotropy Yes
 Minor range 90,471.49201037863
 Direction 0.87890625
 Partial sill 1.335952070463

Regression function $0,99429916402305 * x + 0,248614899378254$

Prediction Errors

Samples 2959 of 2959

Mean 0,02697757105739551

Root-Mean-Square 0,3872617854986994

Mean Standardized 0,028459508458669833

Root-Mean-Square Standardized 0,5308338264364121

Average Standard Error 0,758446421544461

Export Result Table

Kriging Velocidad de corriente

Input datasets

Dataset G:\FIP\FIP Acuicultura 2017\Coberturas\En trabajo\curr_meanptofin
 Type Feature Class
 Data field 1 GRID_CODE
 Records 1825

Method Kriging

Type Simple
 Output type Prediction

Dataset # 1

Trend type None

Transformation Normal Score Transformation

Approximation DensitySkew
 Kernels 8
 BaseDistribution Empirical

Searching neighborhood Standard

Neighbors to include 5
 Include at least 2
 Sector type Four and 45 degree
 Major semiaxis 1.61631358712
 Minor semiaxis 0.729898565677
 Angle 176.484375

Variogram Covariance

Number of lags 12
 Lag size 0.134692798927
 Nugget 0
 Measurement error % 100

Model type Spherical

Range 1.61631358712
 Anisotropy Yes
 Minor range 0.729898565677
 Direction 176.484375
 Partial sill 1.459659558061

Regression function $0,979331684257968 * x + 0,00290500594742697$

Prediction Errors

Samples 1825 of 1825

Mean 0,0009721186574093645

Root-Mean-Square 0,0031457638208163387

Mean Standardized 0,09960653465908378

Root-Mean-Square Standardized 0,31478321321890507

Average Standard Error 0,013389711007386063

Export Result Table

Kriging Batimetría

Input datasets

Dataset G:\FIP\FIP Acuicultura 2017\Coberturas\En trabajo\zptofin
 Type Feature Class
 Data field 1 GRID_CODE
 Records 62681

Method Kriging

Type Simple
 Output type Prediction

Dataset # 1

Trend type None

Transformation Normal Score Transformation

Approximation DensitySkew
 Kernels 8
 BaseDistribution Empirical

Searching neighborhood Standard

Neighbors to include 5
 Include at least 2
 Sector type Four and 45 degree
 Major semiaxis 0.863942916835
 Minor semiaxis 0.316129154225
 Angle 0.703125

Variogram Covariance

Number of lags 12
 Lag size 0.07199524307
 Nugget 0
 Measurement error % 100

Model type Spherical

Range 0.863942916835
 Anisotropy Yes
 Minor range 0.316129154225
 Direction 0.703125
 Partial sill 1.400952954295

Regression function $1,00087454743797 * x + -2,76726156752056$

Prediction Errors

Samples 62681 of 62681

Mean -3,848711504315553

Root-Mean-Square 11,768793700890747

Mean Standardized -0,02635022291439394

Root-Mean-Square Standardized 0,09881039671188627

Average Standard Error 153,28495912543178

Export Result Table

Anexo 6: Taller FIPA 2017-13

Especialista se congregaron en Taller de "Identificación de sectores aptos para el desarrollo de la acuicultura en la XV, I y II Región".



Con el propósito de difundir el Proyecto: FIPA 2017-13 "Identificación de sectores aptos para el desarrollo de la acuicultura en la XV, I y II Región", se realizó un taller que reunió a especialistas del área, SUBPESCA, SERNAPESCA, IFOP, Armada de Chile, empresarios pesqueros y pescadores artesanales de la zona norte de Chile, para compartir experiencias mediante un ciclo de exposiciones del proyecto, así lo indicó el Decano de la Facultad de Recursos Naturales Renovables, Dr. Rosalino Fuenzalida.

La justificación del proyecto, se basa en que Chile a través de la Diversificación de la Acuicultura, busca desarrollar el cultivo y comercialización de nuevas especies de alto potencial económico, como una estrategia importante para disminuir la dependencia de la salmonicultura, y consolidar al país como líder mundial en materia de acuicultura.

"En este escenario, y con el objeto de mejorar la situación en que se encuentran los recursos marinos explotados, así como la acuicultura en las zonas costeras de la XV, I y II regiones del Norte de Chile, sobre la base de la diversidad de ecosistemas; la disponibilidad de infraestructura y servicios ya instalados; la disponibilidad de recursos humanos capacitados, la existencia de una Política Nacional de Acuicultura (PNA) y una creciente participación de acuerdos comerciales internacionales, se requiere contar con información suficiente para determinar sitios aptos para el desarrollo de la acuicultura con la alta productividad y calidad de sus aguas".



En este contexto, se propuso realizar un levantamiento de información entre la XV, I y II región, que permita identificar sitios aptos para el ejercicio de la acuicultura, basado en la interpretación de imágenes satelitales y observaciones directas de las condiciones oceanográficas. Se espera que los resultados puedan contribuir a determinar sitios potenciales para el desarrollo de la acuicultura, considerando estas particularidades oceanográficas de estas regiones.

La actividad contempló las exposiciones por objetivo específico, es así se presentaron con las ponencias: "Analizar y sistematizar la información disponible referente a la batimetría y características oceanográficas y biológicas del área de estudio, para contribuir a la selección de sitios potenciales de cultivos costeros, del Adolfo Vargas R., de PROMAR Pacifico Ltda"; "Analizar e interpretar las imágenes satelitales disponibles, para el borde costero de la XV, I y II Región, que contribuyan a la selección de sitios potenciales de cultivos costeros, del Edgardo Santander P.; Evaluar y levantar información oceanográfica (temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y densidad) en sitios seleccionados del borde costero del área de estudio, del Dr. Rosalino Fuenzalida F.; Evaluar y levantar información oceanográfica (nutrientes y clorofila) en sitios seleccionados del borde costero del área de estudio, de la Dra. Lilliana Herrera C. e Identificar mediante imágenes satelitales y observaciones directas de condiciones hidrográficas, los sitios potenciales para el desarrollo de la acuicultura costera de la XV, I y II Región, del Avelino Muñoz M. Esto con la finalidad de la generación de un mapa de los sectores aptos para la acuicultura en la XV, I y II Región.

En la ocasión el Decano de la Facultad de Recursos Naturales, destacó la trascendencia de este taller, " Esta iniciativa posibilitará un mayor conocimiento de las condiciones oceanográficas en las primeras tres millas desde la costa, para el desarrollo de la acuicultura en la zona norte de Chile e instó a los asistentes a continuar trabajando con bases de datos en la franja costera (instalación de boyas) para contribuir con información más fina para el desarrollo de modelos con fines acuícolas aún tan desconocidos para todos".



UNIVERSIDAD ARTURO PRAT
CHILE



Facultad de
RECURSOS NATURALES RENOVABLES
UNIVERSIDAD ARTURO PRAT



Taller FIPA N° 2017-13

Proyecto: “Identificación de sectores aptos para el desarrollo de la acuicultura en la XV, I y II Región”.

Fecha: 29 de Enero 2019

Lugar: Sala H-21 de la Facultad de Recursos Naturales Renovables, UNAP

Ubicación: Campus Huayquique, Avda. Arturo Prat S/N, Iquique.

09:30 – 09:45	Acreditación
09:45 – 09:50	Inauguración: Decano FRNR Rosalino Fuenzalida F.
09:50 – 10:10	Resultados Objetivo 1 A Vargas: Analizar y sistematizar la información disponible referente a la batimetría y características oceanográficas y biológicas del área de estudio, para contribuir a la selección de sitios potenciales de cultivos costeros.
10:10 – 10:30	Resultados Objetivo 2 E. Santander: Analizar e interpretar las imágenes satelitales disponibles, para el borde costero de la XV, I y II Región, que contribuyan a la selección de sitios potenciales de cultivos costeros.
10:30 – 10:50	Café
10:50 – 11:30	Resultados Objetivo 3 R. Fuenzalida & L. Herrera: Evaluar y levantar información oceanográfica (temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, nutriente y clorofila) en sitios seleccionados del borde costero del área de estudio.
11:30 – 11:50	Resultados Objetivo 4 A Muñoz: Identificar mediante imágenes satelitales y observaciones directas de condiciones hidrográficas, los sitios potenciales para el desarrollo de la acuicultura costera de la XV, I y II Región.
11:50 – 12:00	Conclusiones

CONCLUSIONES

Preocupación de la ZMO en el sector costero.

Realizar acuicultura en el borde costero con Balsas.

Buscar una política de Estado para hacer Acuicultura con Barcos Moviles.

Buscar soluciones Aplicadas y Tecnológicas.

Faltan estudios de Factibilidad económica e información para los Empresarios.

Estudios mas detallados en el borde costero; menor escala espacial y temporal (Uso de Boyas Oceanograficas en sitios Aptos para acuicultura).

La información obtenida se ajusta a lo solicitado en las bases, no incluyo otra que se relacionara con inversiones o negocios.



“Identificación de sectores aptos para el desarrollo de la acuicultura en la XV, I y II Región”
 Taller
 FIPA N° 2017-13
 29 de Enero 2019
 Avenida Arturo Prat 2120, Iquique-Chile
 Universidad Arturo Prat

NOMBRE	INSTITUCIÓN	E-MAIL
Edgardo Sotillo	UNAP	esotillo@unap.cl
Liliana Herrera C	UNAP	lherrera@unap.cl
Piero Pepe Vidomus	UNAP	pepep@unap.cl
Adolfo Vargas	Promas	adolfo.vargas@promas.cl
Carla Merino	UNAP - CIAM	
Jose Oliva L.	CIAM	



ALEX SÁBIZO GUEVÉ	SUBPESCA	ASAZAR@SUBPESCA.CH
Zorlino Fuentes de F.	UNAP	rfuentes@unap.cl
Alejo Turió T.	CONAF-UNAP	alejo.turio@gmail.com
Danielle Jaque B.	UNAP	dsjaque@unap.cl
Carolina A.	UNAP	CAZOCASCA@UNAP
Elio Segovia Mather	FRUZ-UNAP	elio.segovia@gmail.com
Rodrigo Oliva Vicuña	STI CAVANCHA	CALETA.CAVANCHA@gmail.com
Alberto Gallegos Fern	STI CAVANCHA	Caleta.CavanCHA@gmail.com
Paula Selmes	UNAP	paula.selmes@unap.cl



Karen Guissen	UNSP	Kguissen@unap.cl
Jorge Charlín F.	UNAP	
Jesús Arcos R.	UNAP	

Anexo 7: Manual de obtención de datos provenientes de sensores satelitales

Manual de obtención de datos provenientes de sensores satelitales

Temperatura superficial del mar, color del océano y vientos superficiales.

La información de Temperatura Superficial del Mar (TSM), color del océano (concentración de Clorofila (Cl-a), carbono orgánico particulado (COP) y carbono inorgánico particulado (CIP)) y magnitud y dirección del viento fue obtenida del área entre 25°S-18°S y 72°W-70°W.

Temperatura Superficial del Mar

La TSM diaria (25 de enero hasta el 21 de marzo de 2018 (crucero de verano) y 21 de agosto hasta el 15 de octubre de 2018 (crucero de invierno y primavera)) y mensual (enero 2003 a diciembre 2017), fue obtenida de la página web <https://coastwatch.pfeg.noaa.gov/erddap/index.html> (ERDDAP, Easier access to scientific data).



ERDDAP > griddap > Data Access Form

Dataset Title: **Multi-scale Ultra-high Resolution (MUR) SST Analysis fv04.1, Global, 0.01°, 2002-present, Daily**  

Institution: NASA JPL (Dataset ID: jplMURSST41)

Information: [Summary](#) | [License](#) | [FGDC](#) | [ISO 19115](#) | [Metadata](#) | [Background](#) | [Files](#) | [Make a graph](#)

Dimensions	Start	Stride	Stop	Size	Spacing
<input checked="" type="checkbox"/> time (UTC)	2018-01-25T09:00:00Z	1	2018-03-21T09:00:00Z	5791	1 day (even)
<input checked="" type="checkbox"/> latitude (degrees_north)	-25	1	-18	17999	0.01 (even)
<input checked="" type="checkbox"/> longitude (degrees_east)	-72	1	-70	36000	0.01 (even)

Grid Variables (which always also download all of the dimension variables)

- analysed_sst (Analysed Sea Surface Temperature, degree_C)
- analysis_error (Estimated Error Standard Deviation of analysed_sst, degree_C)
- mask (Sea/Land Field Composite Mask)
- sea_ice_fraction (Sea Ice Area Fraction, fraction)

File type: [\(more info\)](#)

.mat - Download a MATLAB binary file.

Just generate the URL: <https://coastwatch.pfeg.noaa.gov/erddap/griddap/jplMURSST41.mat?analys>

[\(Documentation / Bypass this form\)](#)

Submit (Please be patient. It may take a while to get the data.)

Figura 1. Valores usados para obtener la TSM del crucero de verano al ingresar a <https://coastwatch.pfeg.noaa.gov/erddap/griddap/jplMURSST41.html>

Para obtener la TSM diaria de los cruceros se realizó el siguiente procedimiento:

1. Ingresar al siguiente link
<https://coastwatch.pfeg.noaa.gov/erddap/griddap/jplMURSST41.html>.
2. Al acceder al link, se debe indicar el rango del tiempo, el área ingresando las latitudes y longitudes, las variables y el tipo de formato y una vez realizado ello se presiona Submit. En el caso del crucero de verano, se escogieron los parámetros indicados en la figura 1 y se obtuvo la información en formato *.mat (matlab).
3. Luego con el software Matlab se procede a cargar el archivo obtenido y realizar una serie de líneas de programación que consisten básicamente en convertir los datos a una estructura, permutar los datos, promediarlos cada 8 días y luego grabarlos nuevamente en *.mat. Una vez hecho esto se grafican y se exportan a formato *.png (Portable Network Graphics), se realiza un control graficando el promedio de todas las imágenes de 8 días y finalmente se exportan a formato *.xlsx (Excel). A continuación, se presentan las líneas de programación que se usaron para la TSM del verano. Este mismo procedimiento fue realizado para el crucero de invierno y primavera.

```
% Datos obtenidos de
https://coastwatch.pfeg.noaa.gov/erddap/griddap/jplMURSST41.html
load jplMURSST41_9154_a785_27b9

% Convirtiendo los datos a formato de estructura
sst.time = datenum(1970,1,1) + jplMURSST41.time/86400;
sst.lat = double(jplMURSST41.latitude);
sst.lon = double(jplMURSST41.longitude);
sst.data = double(jplMURSST41.analysed_sst);
sst.error = double(jplMURSST41.analysis_error);
sst.mask = double(jplMURSST41.mask);

% Permutación de los datos
sst.data = permute(sst.data,[2 3 1]);
sst.error = permute(sst.error,[2 3 1]);
sst.mask = permute(sst.mask,[2 3 1]);

% Promedios cada 8 días
[sst.date_mean_8d,sst.data_mean_8d] = mean_days(sst.time,sst.data,8);

% Grabar nuevamente los datos
save fipa_sst_crucero

% Cargar los datos convertidos
load fipa_sst_crucero

% Título de las fechas promediadas
time.meses(1,:) = '25-Ene - 01-Feb';
time.meses(2,:) = '02-Feb - 09-Feb';
time.meses(3,:) = '10-Feb - 17-Feb';
time.meses(4,:) = '18-Feb - 25-Feb';
time.meses(5,:) = '26-Feb - 05-Mar';
time.meses(6,:) = '06-Mar - 13-Mar';
time.meses(7,:) = '14-Mar - 21-Mar';
```

```

% Graficación
% Se utiliza el toolbox m_map
% Utiliza la rutina sst_map
% Utiliza el archivo fipa.mat que es la línea de costa en una buena
resolución
figure
for i=1:7
    if i==5,figure,end
    if i<5
        subplot(1,4,i)
    else
        subplot(1,4,i-4)
    end
    sst_map(sst.lon,sst.lat,sst.data_mean_8d(:,:,i),'fipa.mat',[-72 -69 -
25 -18],[19.5 26.5]),
    title(time.meses(i,:))
    set_white
    colormap(jet(7))
    % xlabel('Longitud (° W)')
    if i==1 | i==5
        ylabel('Latitud (° S)')
    end
end
end
% Exportación de las figuras a formato png
% Se utiliza el toolbox export_fig
export_fig sst_25_ene_25_feb_2018
export_fig sst_26_feb_21_mar_2018

% Obtiene un gráfico general del promedio de todo el crucero de verano
% Se utiliza el toolbox m_map
% Utiliza la rutina sst_map
% Utiliza el archivo fipa.mat que es la línea de costa en una buena
resolución
figure
sst_map(sst.lon,sst.lat,nanmean(sst.data_mean_8d,3),'fipa.mat',[-72 -69 -
25 -18],[19.5 25.5]),
    title('Promedio')
    set_white
    colormap(jet(6))
export_fig sst_25_feb_21_mar_2018_promedio

% Exportación los promedios cada ocho días a Excel
% Utiliza la rutina image2latlonval
for i=1:7
    data = image2latlonval(sst.data_mean_8d(:,:,i),sst.lat,sst.lon);
    xlswrite('tsm_crucero.xlsx',data,time.meses(i,:))
end
end

```



ERDDAP > griddap > Data Access Form

Dataset Title: **Multi-scale Ultra-high Resolution (MUR) SST Analysis fv04.1, Global, 0.01°, 2002-present, Monthly**

Institution: NOAA ERD and CoastWatch West Coast Regional Node (Dataset ID: jplMURSST41mday)

Information: [Summary](#) | [License](#) | [FGDC](#) | [ISO 19115](#) | [Metadata](#) | [Background](#) | [Files](#) | [Make a graph](#)

Dimensions	Start	Stride	Stop	Size	Spacing
<input checked="" type="checkbox"/> time (Centered Time, UTC)	2003-01-16T00:00:00Z	1	2017-12-16T00:00:00Z	186	30 days 10h 38m 16s (uneven)
<input checked="" type="checkbox"/> latitude (degrees_north)	-25	1	-18	17999	0.01 (even)
<input checked="" type="checkbox"/> longitude (degrees_east)	-72	1	-70	36000	0.01 (even)

Grid Variables (which always also download all of the dimension variables)

sst (Sea Surface Temperature Monthly Mean, degree_C)

nobs (Number of Observations)

mask (Sea/Land Field Composite Mask)

File type: [more info](#)

Just generate the URL: [Documentation / Bypass this form](#)

(Please be patient. It may take a while to get the data.)

Figura 2. Valores usados para obtener la TSM mensual al ingresar a <https://coastwatch.pfeg.noaa.gov/erddap/griddap/jplMURSST41mday.html>

Por otro lado, para la obtención de los datos mensuales se realizó el siguiente procedimiento:

1. Ingresar al siguiente link
<https://coastwatch.pfeg.noaa.gov/erddap/griddap/jplMURSST41mday.html>.
2. Al acceder al link, se debe indicar el rango del tiempo, el área ingresando las latitudes y longitudes, las variables y el tipo de formato y una vez realizado ello se presiona Submit. En el caso de los datos mensuales, se escogieron los parámetros indicados en la figura 2 y se obtuvo la información en formato *.mat (matlab).
3. Luego con el software Matlab se procede a cargar el archivo obtenido y realizar una serie de líneas de programación que consisten básicamente en convertir los datos a una estructura, permutar los datos, obtener las climatologías mensuales y luego grabarlos nuevamente en formato *.mat. Una vez hecho esto se grafican y se exportan a formato *.png (Portable Network Graphics), y finalmente se exportan las climatologías mensuales a formato *.xlsx (Excel). A continuación, se presentan las líneas de programación que se usaron para las climatologías mensuales de TSM.

```
% Datos obtenidos de
https://coastwatch.pfeg.noaa.gov/erddap/griddap/jplMURSST41mday.html
load jplMURSST41mday_9407_0607_6b81 % hay que renombrar
```

```
% Convirtiendo los datos a formato de estructura
sst.time = [jplMURSST41mday_01.time;jplMURSST41mday_02.time];
sst.lat = double(jplMURSST41mday_01.latitude);
```

```

sst.lon = double(jplMURSST41mday_01.longitude);
sst.data = double([jplMURSST41mday_01.sst;jplMURSST41mday_02.sst]);
sst.nobs = double([jplMURSST41mday_01.nobs;jplMURSST41mday_02.nobs]);
sst.mask = double([jplMURSST41mday_01.mask;jplMURSST41mday_02.mask]);

% Permutación de los datos
sst.time = datenum(1970,1,1) + sst.time/86400;
sst.data = permute(sst.data,[2 3 1]);
sst.nobs = permute(sst.nobs,[2 3 1]);
sst.mask = permute(sst.mask,[2 3 1]);

% Climatologías
sst.clim = all_clim(sst.time,sst.data);

% Grabar nuevamente los datos
save fipa_sst

% Cargar los datos convertidos
load fipa_sst

% Título de los meses climatológicos
time.meses(1,:) = ' enero  ';
time.meses(2,:) = ' febrero ';
time.meses(3,:) = ' marzo   ';
time.meses(4,:) = ' abril   ';
time.meses(5,:) = ' mayo    ';
time.meses(6,:) = ' junio   ';
time.meses(7,:) = ' julio   ';
time.meses(8,:) = ' agosto  ';
time.meses(9,:) = 'septiembre';
time.meses(10,:)= ' octubre  ';
time.meses(11,:)= ' noviembre';
time.meses(12,:)= ' diciembre';

% Graficación de los promedios mensuales climatológicos
% Se utiliza el toolbox m_map
% Utiliza la rutina sst_map
% Utiliza el archivo fipa.mat que es la línea de costa en una buena
resolución
figure
for i=1:12
    if i==7,figure,end
    if i<7
        subplot(1,6,i)
    else
        subplot(1,6,i-6)
    end
    sst_map(sst.lon,sst.lat,sst.clim(:,:,i),'fipa.mat',[-72 -69 -25 -
18],[15 25]),
    title(time.meses(i,:))
    set_white
    colormap(jet(10))
    % xlabel('Longitud (° W)')
    if i==1 | i==7
        ylabel('Latitud (° S)')
    end
end

```

```

end
% Exportación de las figuras a formato png
% Se utiliza el toolbox export_fig
export_fig sst_enero_junio_2003-2017
export_fig sst_julio_diciembre_2003-2017

% Exportación de los promedios mensuales climatológicos a Excel
% Utiliza la rutina image2latlonval
for i=1:12
    data = image2latlonval(sst.clim(:,:,i),sst.lat,sst.lon);
    xlswrite('tsm.xlsx',data,time.meses(i,:))
end

```

Color del océano

Productos promediados de 8 días (28 de enero de 2018 hasta 17 de marzo de 2018 (crucero de verano) y 24 de agosto de 2018 hasta 11 de octubre de 2018 (crucero de invierno y primavera)) para la concentración de Cl-a para aguas del tipo 1, COP y CIP. Además, información mensual de mayo 2002 a diciembre 2017 para la concentración de Cl-a para aguas del tipo 1 y de julio 2002 a diciembre 2017 para el COP y CIP. Todas estas variables se obtuvieron de <http://globcolour.info> (página Web del Proyecto GlobColour).

Para obtener los productos promediados de 8 días de la concentración de Cl-a para aguas del tipo 1, COP y CIP de los cruceros se realizó el siguiente procedimiento:

1. Ingresar al siguiente link <http://hermes.acri.fr/index.php?class=archive>.
2. Al acceder al link, se debe indicar el área ingresando las latitudes y longitudes, la resolución, el periodo del tiempo, el periodo del promedio, el tipo de sensor y los productos a seleccionar y una vez realizado ello se presiona Search. Al terminar la búsqueda y se ordenan los productos presionado Order Products y para ello se debe indicar una dirección de correo electrónico. Una vez se encuentren procesados los productos llegará un mensaje indicando una dirección ftp para que puedan ser bajados.
3. En el caso del crucero de verano, se escogieron los parámetros indicados en la figura 3 y los datos son entregados en formato *.nc (netcdf). Para cada 8 días se crea un archivo netcdf de cada variable de color del océano.
4. Luego con el software Matlab se procede a una serie de líneas de programación que consisten básicamente en cargar cada uno de los archivos y variables obtenidos, convertir los datos a una estructura y luego grabarlos nuevamente. Una vez hecho esto cada una de las variables de color se grafican y se exportan a formato *.png (Portable Network Graphics) y finalmente se exportan a formato *.xlsx (Excel). A continuación, se presentan las líneas de programación que se usaron para el color del océano del verano. Este mismo procedimiento fue realizado para el crucero de invierno y primavera.


```

% Datos obtenidos de http://hermes.acri.fr/index.php?class=archive
% Lectura del listado de los datos en formato netcdf y conversión a
formato de estructura
[chl.data,chl.flags,chl.error,chl.time,chl.lat,chl.lon] =
hermes_netcdf('D:\Dropbox\FIPA\hermes-cruceros\CHL1','AVW');% mg/m3
[pic.data,pic.flags,pic.error,pic.time,pic.lat,pic.lon] =
hermes_netcdf('D:\Dropbox\FIPA\hermes-cruceros\PIC','AVW');% mol/m3
[poc.data,poc.flags,poc.error,poc.time,poc.lat,poc.lon] =
hermes_netcdf('D:\Dropbox\FIPA\hermes-cruceros\POC','AVW');% mg/m3

% Grabar los datos en formato matlab
save fipa_color_crucero

% Carga los datos en formato matlab
load fipa_color_crucero
load fipa_sst_crucero time % Solo usado para obtener los título de las
fechas

% Graficación de la concentración de clorofila
% Se utiliza el toolbox m_map
% Utiliza la rutina chl_map
% Utiliza el archivo fipa.mat que es la linea de costa en una buena
resolución
figure
for i=1:7
    if i==5,figure,end
    if i<5
        subplot(1,4,i)
    else
        subplot(1,4,i-4)
    end
    chl_map(chl.lon,chl.lat,chl.data(:,:,i),'fipa.mat',[-72 -69 -25 -
18],[0.1 60]),
    title(time.meses(i,:))
    set_white
%     colormap(jet(18))
%     xlabel('Longitud (° W)')
    if i==1 | i==5
        ylabel('Latitud (° S)')
    end
    %     data = image2latlonval(chl.clim(:,:,i),chl.lat,chl.lon)
%     xlswrite('clorofila',chl.clim(:,:,i),time.meses(i,:))
%     xlswrite('clorofila',data,time.meses(i,:))
end
% Exportación de las figuras a formato png
% Se utiliza el toolbox export_fig
export_fig clorofila_25_ene_25_feb_2018
export_fig clorofila_26_feb_21_mar_2018

% Graficación de PIC
% Se utiliza el toolbox m_map
% Utiliza la rutina chl_map
% Utiliza el archivo fipa.mat que es la linea de costa en una buena
resolución

```

```

figure
for i=1:7
    if i==5,figure,end
    if i<5
        subplot(1,4,i)
    else
        subplot(1,4,i-4)
    end
    chl_map(pic.lon,pic.lat,pic.data(:,:,i),'fipa.mat',[-72 -69 -25 -
18],[1e-5 0.004]),
    title(time.meses(i,:))
    set_white
    colormap(jet(18))
    %     xlabel('Longitud (° W)')
    if i==1 | i==5
        ylabel('Latitud (° S)')
    end
end
end
% Exportación de las figuras a formato png
% Se utiliza el toolbox export_fig
export_fig pic_25_ene_25_feb_2018
export_fig pic_26_feb_21_mar_2018

% Graficación de POC
% Se utiliza el toolbox m_map
% Utiliza la rutina chl_map
% Utiliza el archivo fipa.mat que es la linea de costa en una buena
resolución
figure
for i=1:7
    if i==5,figure,end
    if i<5
        subplot(1,4,i)
    else
        subplot(1,4,i-4)
    end
    chl_map(poc.lon,poc.lat,poc.data(:,:,i),'fipa.mat',[-72 -69 -25 -
18],[100 6000]),
    title(time.meses(i,:))
    set_white
    %     colormap(jet(14))
    %     xlabel('Longitud (° W)')
    if i==1 | i==5
        ylabel('Latitud (° S)')
    end
end
end
% Exportación de las figuras a formato png
% Se utiliza el toolbox export_fig
export_fig poc_25_ene_25_feb_2018
export_fig poc_26_feb_21_mar_2018

% Exportación los datos a Excel.
% Utiliza la rutina image2latlonval
for i=1:7
    data = image2latlonval(chl.data(:,:,i),chl.lat,chl.lon);
    xlswrite('clorofila_crucero.xlsx',data,time.meses(i,:))
    data = image2latlonval(pic.data(:,:,i),pic.lat,pic.lon);

```

```

xlswrite('pic_crucero.xlsx',data,time.meses(i,:))
data = image2latlonval(poc.data(:,:,i),poc.lat,poc.lon);
xlswrite('poc_crucero.xlsx',data,time.meses(i,:))
end
    
```

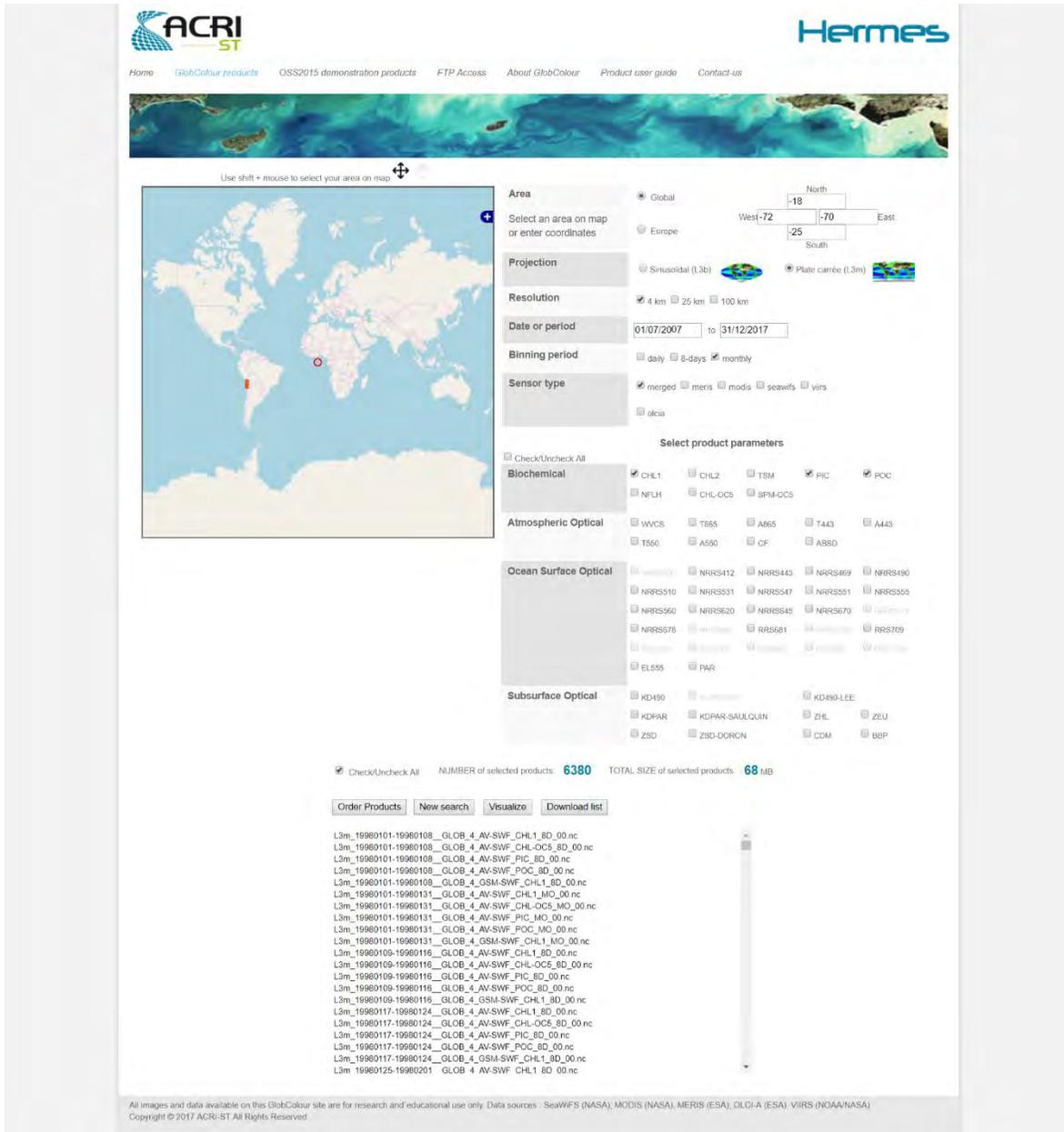


Figura 4. Valores usados para obtener los datos mensuales de la concentración de Cl-a para aguas del tipo 1, COP y CIP al ingresar a <http://hermes.acri.fr/index.php?class=archive>.

Por otro lado, para la obtención de los datos mensuales se realizó el siguiente procedimiento:

1. Se realiza el mismo procedimiento indicado en 1 y 2 para los datos de 8 días, con la diferencia que se escoge en el periodo, el promedio mensual y en el periodo de tiempo las fechas entre el 01/07/2007 y 31/12/2017. La figura 4 muestra los parámetros.
2. Luego con el software Matlab se procede a una serie de líneas de programación que consisten básicamente en cargar cada uno de los archivos y variables obtenidos, convertir los datos a una estructura y luego grabarlos nuevamente. Una vez hecho esto a cada una de las variables de color se le obtienen sus climatologías mensuales, se grafican en formato *.png (Portable Network Graphics) y finalmente se exportan a formato *.xlsx (Excel). A continuación, se presentan las líneas de programación que se usaron para las climatologías mensuales del color del océano.

```

% Datos obtenidos de http://hermes.acri.fr/index.php?class=archive
% Lectura del listado de los datos en formato netcdf y conversión a
formato de estructura
[chl.data,chl.flags,chl.error,chl.time,chl.lat,chl.lon] =
hermes_netcdf('C:\Users\José\Dropbox\FIPA\hermes\CHL1','AVW');% mg/m3
[pic.data,pic.flags,pic.error,pic.time,pic.lat,pic.lon] =
hermes_netcdf('C:\Users\José\Dropbox\FIPA\hermes\PIC','AVW');% mol/m3
[poc.data,poc.flags,poc.error,poc.time,poc.lat,poc.lon] =
hermes_netcdf('C:\Users\José\Dropbox\FIPA\hermes\POC','AVW');% mg/m3

% Grabar los datos en formato matlab
save fipa_color

% Carga los datos en formato matlab
load fipa_color
load fipa_sst time % Solo usado para obtener los título de los meses

% Se obtienen las Climatologias
chl.clim = all_clim(chl.time,chl.data); %desde julio de 2002
pic.clim = all_clim(pic.time,pic.data); % desde julio de 2002
poc.clim = all_clim(poc.time,poc.data); % desde julio de 2002
chl2.clim = all_clim(chl2.time,chl2.data); % desde julio de 2002

% Graficación de la concentración de clorofila
% Se utiliza el toolbox m_map
% Utiliza la rutina chl_map
% Utiliza el archivo fipa.mat que es la linea de costa en una buena
resolución
figure
for i=1:12
    if i==7,figure,end
    if i<7
        subplot(1,6,i)
    else
        subplot(1,6,i-6)
    end
    chl_map(chl.lon,chl.lat,chl.clim(:,:,i),'fipa.mat',[-72 -69 -25 -
18],[0.1 10]),
    title(time.meses(i,:))

```

```

set_white
colormap(jet(18))
%   xlabel('Longitud (° W)')
if i==1 | i==7
    ylabel('Latitud (° S)')
end
end
% Exportación de las figuras a formato png
% Se utiliza el toolbox export_fig
export_fig clorofila_enero_junio_2002-2017
export_fig clorofila_julio_diciembre_2002-2017

% Graficación de PIC
% Se utiliza el toolbox m_map
% Utiliza la rutina chl_map
% Utiliza el archivo fipa.mat que es la linea de costa en una buena
resolución
figure
for i=1:12
    if i==7,figure,end
    if i<7
        subplot(1,6,i)
    else
        subplot(1,6,i-6)
    end
    chl_map(pic.lon,pic.lat,pic.clim(:,:,i),'fipa.mat',[-72 -69 -25 -
18],[1.2e-5 0.004]),
    title(time.meses(i,:))
    set_white
    colormap(jet(18))
    %   xlabel('Longitud (° W)')
    if i==1 | i==7
        ylabel('Latitud (° S)')
    end
end
end
% Exportación de las figuras a formato png
% Se utiliza el toolbox export_fig
export_fig pic_enero_junio_2002-2017
export_fig pic_julio_diciembre_2002-2017

% Graficación de POC
% Se utiliza el toolbox m_map
% Utiliza la rutina chl_map
% Utiliza el archivo fipa.mat que es la linea de costa en una buena
resolución
figure
for i=1:12
    if i==7,figure,end
    if i<7
        subplot(1,6,i)
    else
        subplot(1,6,i-6)
    end
    chl_map(poc.lon,poc.lat,poc.clim(:,:,i),'fipa.mat',[-72 -69 -25 -
18],[60 1000]),
    title(time.meses(i,:))
    set_white

```

```
colormap(jet(18))
% xlabel('Longitud (° W)')
if i==1 | i==7
    ylabel('Latitud (° S)')
end
end
% Exportación de las figuras a formato png
% Se utiliza el toolbox export_fig
export_fig poc_enero_junio_2002-2017
export_fig poc_julio_diciembre_2002-2017

% Exportación las climatologías mensuales a Excel.
% Utiliza la rutina image2latlonval
for i=1:12
    data = image2latlonval(chl.clim(:,:,i),chl.lat,chl.lon);
    xlswrite('clorofila.xlsx',data,time.meses(i,:))
    data = image2latlonval(pic.clim(:,:,i),pic.lat,pic.lon);
    xlswrite('pic.xlsx',data,time.meses(i,:))
    data = image2latlonval(poc.clim(:,:,i),poc.lat,poc.lon);
    xlswrite('poc.xlsx',data,time.meses(i,:))
end
```

Magnitud y dirección del viento

La magnitud y las componentes zonal y meridional del viento Superficial del Mar diario (25 de enero hasta el 21 de marzo de 2018 (crucero de verano) y 21 de agosto hasta el 15 de octubre de 2018 (crucero de invierno y primavera)) y mensual (enero 2008 a diciembre 2017), fue obtenida de <ftp://ftp.ifremer.fr/ifremer/cersat/products/gridded/MWF/L3/ASCAT/>.

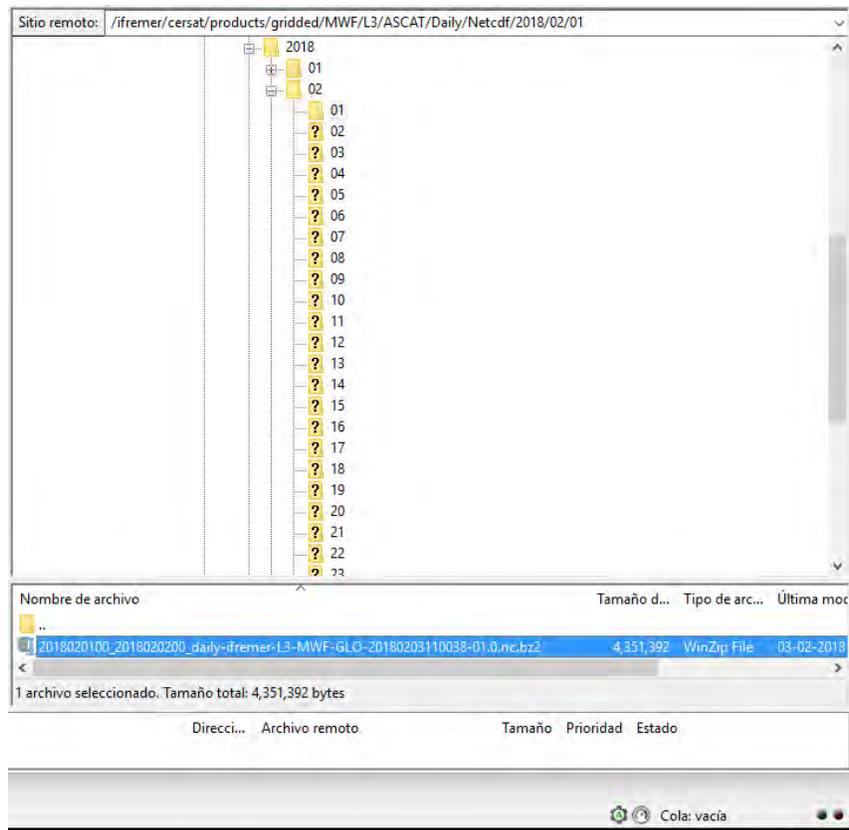


Figura 5. Estructura de las carpetas para el mes de febrero de 2018 en donde se selecciona el archivo del 1 de febrero de 2018 al ingresar a través de ftp a la dirección

ftp://ftp.ifremer.fr/ifremer/cersat/products/gridded/MWF/L3/ASCAT/Daily/Netcdf
(servidor ftp del IFREMER)

Para obtener los vientos diarios de los cruceros se realizó el siguiente procedimiento:

1. Ingresar a la siguiente dirección ftp
ftp://ftp.ifremer.fr/ifremer/cersat/products/gridded/MWF/L3/ASCAT/Daily/Netcdf
2. Al acceder al ftp señalado se mostrarán una serie de carpetas correspondiente a los años que contiene las mediciones diarias. Cada carpeta está dividida por mes y a su vez por día y muestra un archivo netcdf comprimido en formato bz2. En el caso del crucero de verano, se escogieron todos los archivos diarios correspondientes. Un ejemplo de la estructura de las carpetas para mes de febrero de 2018 y del archivo del 1 de febrero se muestra en la figura 5.
3. Una vez obtenido todos los archivos diarios de los cruceros se procede a descomprimirlos.
4. Luego con el software Matlab a través de una subrutina denominada wind_cersat_ascat.m se procede a indicar el lugar de los datos bajados dentro del disco duro (Ej. \\Nube2\jgarces\Data\CERSAT\ASCAT\), si los

datos son diarios ('d'), las latitudes máxima (-18) y mínima (-25), longitudes máxima (-70) y mínima (-72), año (2018), mes (01), y día (25) de inicio y año (2018), mes (03) y día (21) final. Esta subrutina lee los archivos diarios para el área y las fechas correspondientes, en este caso para el verano y obtiene cada una de las componentes y magnitud de los vientos y el esfuerzo del viento en formato matlab. En este caso sólo se usan las componentes de los vientos. Además, a través de líneas de programación se cargan los datos, promedian las componentes de los vientos cada 8 días, se grafican en formato *.png (Portable Network Graphics) y finalmente se exportan a formato *.xlsx (Excel). A continuación, se presentan las líneas de programación que se usaron para el viento del verano. Este mismo procedimiento fue realizado para el crucero de invierno y primavera.

```
% Lectura de datos obtenidos a través de ftp de
%
ftp://ftp.ifremer.fr/ifremer/cersat/products/gridded/MWF/L3/ASCAT/Daily/N
etcdf
[wind.data,wind.error,wind.time,wind.lat,wind.lon] = ...
    wind_cersat_ascat('\Nube2\jgarces\Data\CERSAT\ASCAT\','d',-
18,-25,-70,-72,2018,01,25,2018,03,21);

% Cargar los datos en formato matlab
load fipa_wind_crucero
load fipa_sst_crucero time

% Promedios cada 8 días
[wind.date_mean_8d,wind.u_mean_8d] =
mean_days(wind.time,wind.data(:, :, :, 2), 8); % componente zonal
[wind.date_mean_8d,wind.v_mean_8d] =
mean_days(wind.time,wind.data(:, :, :, 3), 8); % componente meridional
% [wind.date_mean_8d,wind.mag_mean_8d] =
mean_days(wind.time,wind.data(:, :, :, 1), 8);

% Obtención de la magnitud de los vientos cada 8 días
wind.mag_mean_8d = sqrt(wind.u_mean_8d.^2+wind.v_mean_8d.^2);

% Graficación
% Se utiliza el toolbox m_map
% Utiliza la rutina sst_map
% Utiliza el archivo fipa.mat que es la línea de costa en una buena
resolución
[wind.X,wind.Y] = meshgrid(wind.lon,wind.lat);
scrsz = get(groot, 'ScreenSize');
figure('Outerposition',[scrsz(1) scrsz(2) scrsz(3) scrsz(4)])
for i=1:7
    if i==5,figure('Outerposition',[scrsz(1) scrsz(2) scrsz(3)
scrsz(4)]),end
    if i<5
        subplot(1,4,i)
    else
        subplot(1,4,i-4)
    end
end
```

```

    sst_map(wind.lon,wind.lat,wind.mag_mean_8d(:,:,i),'fipa.mat',[-72 -69
-25 -18],[1 6])
    m_vec(35,wind.X(2:2:end-1,2:2:end),wind.Y(2:2:end-
1,2:2:end),wind.u_mean_8d(2:2:end-1,2:2:end,i),wind.v_mean_8d(2:2:end-
1,2:2:end,i),'k','linewidth',1);hold on
    % [CS,H]=m_contour(pressure.X,pressure.Y,pressure.p_mean/100,'w');
clabel(CS,H,'color','w','fontname','arial
narrow','fontsize',14),set(H,'linewidth',1.0)%clabel(CS,H,'color',[1 1
1],'LabelSpacing',10000),'LabelSpacing',1000,'color',[ 0.31 0.31 0.31 ])%
Hectopascasles
    m_vec(35, -70, -24.5, 5, 0, 'w', 'key', '5 m/s'); % escala del vector
title(time.meses(i,:))
if i==1 | i==7
    ylabel('Latitud (° S)')
end
%     xlabel('Longitud (° W)')

    set_white
    colormap(jet(10))
end
% Exportación de las figuras a formato png
% Se utiliza el toolbox export_fig
export_fig wind_25_ene_25_feb_2018
export_fig wind_26_feb_21_mar_2018

% Exportación los datos a excel
for i=1:7
    data = image2latlonval(wind.mag_mean_8d(:,:,i),wind.lat,wind.lon);
    data2 = image2latlonval(wind.u_mean_8d(:,:,i),wind.lat,wind.lon);
    data3 = image2latlonval(wind.v_mean_8d(:,:,i),wind.lat,wind.lon);
    xlswrite('wind_crucero.xlsx',[data data2(:,4)
data3(:,4)],time.meses(i,:))
end

```

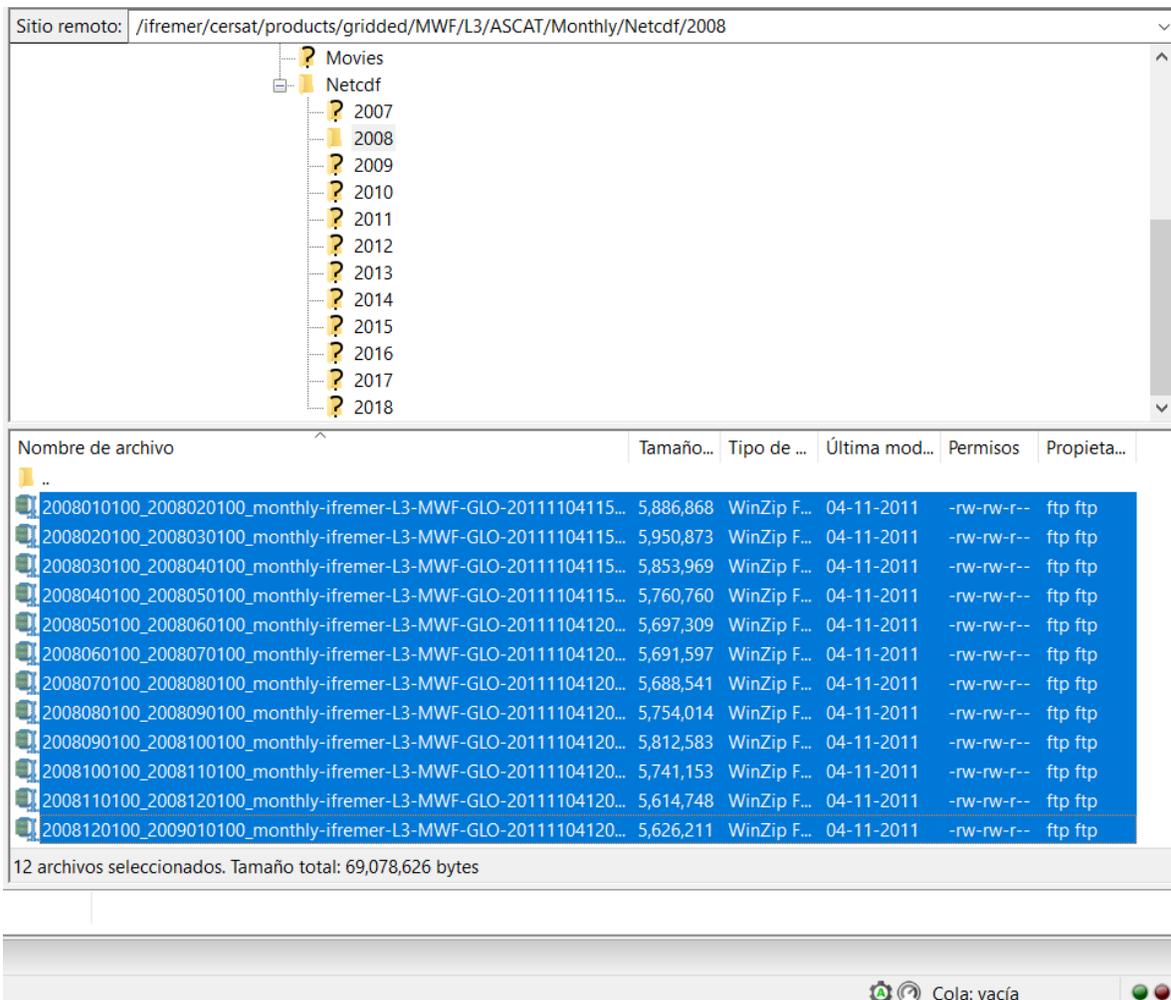


Figura 6. Estructura de las carpetas para todos los años en donde se han seleccionados todos los archivos mensuales del año 2008 al ingresar a través de ftp a la dirección `ftp://ftp.ifremer.fr/ifremer/cersat/products/gridded/MWF/L3/ASCAT/Monthly/Netcdf`

Para obtener los vientos mensuales de los cruceros se realizó el siguiente procedimiento:

1. Ingresar a la siguiente dirección ftp `ftp://ftp.ifremer.fr/ifremer/cersat/products/gridded/MWF/L3/ASCAT/Monthly/Netcdf`
2. Al acceder al ftp señalado se mostrarán una serie de carpetas correspondiente a los años que contiene las mediciones mensuales. Cada carpeta está dividida por mes y muestra los archivos netcdf comprimidos en formato bz2. Se escogieron todos los archivos mensuales entre el 2008 y 2017. Un ejemplo de la estructura de las carpetas para todos los años en donde se han seleccionados todos los archivos mensuales del año 2008 se muestra en la figura 6.
3. Una vez obtenido todos los archivos mensuales se procede a descomprimirlos.

4. Luego con el software Matlab a través de la misma subrutina denominada `wind_cersat_ascat.m` se procede a indicar el lugar de los datos bajados dentro del disco duro (Ej. `\\Nube2\jgarces\Data\CERSAT\ASCAT`), en este caso los datos mensuales ('m'), las latitudes máxima (-18) y mínima (-25), longitudes máxima (-70) y mínima (-72), año (2008), mes (01), y día (01) de inicio y año (2018), mes (12) y día (31) final. Esta subrutina lee los archivos mensuales para el área y las fechas correspondientes y obtiene cada una de las componentes y magnitud de los vientos y el esfuerzo del viento en formato matlab. En este caso sólo se usan las componentes de los vientos. Además, a través de líneas de programación se cargan los datos, se obtienen las climatologías mensuales de las componentes de los vientos, se grafican en formato *.png (Portable Network Graphics) y finalmente se exportan a formato *.xlsx (Excel). A continuación, se presentan las líneas de programación que se usaron.

```
% Lectura de datos obtenidos a través de ftp de
%
ftp://ftp.ifremer.fr/ifremer/cersat/products/gridded/MWF/L3/ASCAT/Monthly
/Netcdf
[wind.data,wind.error,wind.time,wind.lat,wind.lon] = ...

wind_cersat_ascat('\\Nube2\jgarces\Data\CERSAT\ASCAT\Monthly\Netcdf','m',
-18,-25,-70,-72,2008,1,25,2018,12,31);

% Cargar los datos en formato matlab
load fipa_wind
load fipa_sst time

% Calcula las climatologías mensuales
[wind.u_clim] = all_clim(wind.time,wind.data(:,:,2));
[wind.v_clim] = all_clim(wind.time,wind.data(:,:,3));
% [wind.mag_clim] = all_clim(wind.time,wind.data(:,:,1));

% Obtiene las climatologías mensuales de la magnitud de los vientos
wind.mag_clim = sqrt(wind.u_clim.^2+wind.v_clim.^2);

% Graficación
% Se utiliza el toolbox m_map
% Utiliza la rutina sst_map
% Utiliza el archivo fipa.mat que es la línea de costa en una buena
resolución
[wind.X,wind.Y] = meshgrid(wind.lon,wind.lat);
% Promedios a largo plazo
%figure
scrsz = get(groot,'ScreenSize');
figure('Outerposition',[scrsz(1) scrsz(2) scrsz(3) scrsz(4)])
for i=1:12
    if i==7,figure('Outerposition',[scrsz(1) scrsz(2) scrsz(3)
scrsz(4)]),end
    if i<7
        subplot(1,6,i)
    else
```

```

subplot(1,6,i-6)
end
sst_map(wind.lon,wind.lat,wind.mag_clim(:,:,i),'fipa.mat',[-72 -69 -
25 -18],[1.5 5.5])
m_vec(35,wind.X(2:2:end-1,2:2:end),wind.Y(2:2:end-
1,2:2:end),wind.u_clim(2:2:end-1,2:2:end,i),wind.v_clim(2:2:end-
1,2:2:end,i),'k','linewidth',1);hold on
% [CS,H]=m_contour(pressure.X,pressure.Y,pressure.p_mean/100,'w');
clabel(CS,H,'color','w','fontname','arial
narrow','fontsize',14),set(H,'linewidth',1.0)%clabel(CS,H,'color',[1 1
1],'LabelSpacing',10000),'LabelSpacing',1000,'color',[ 0.31 0.31 0.31 ])%
Hectopascascales
m_vec(35, -70, -24.5, 5, 0, 'w', 'key', '5 m/s'); % escala del vector
title(time.meses(i,:))
if i==1 | i==7
    ylabel('Latitud (° S)')
end
% xlabel('Longitud (° W)')

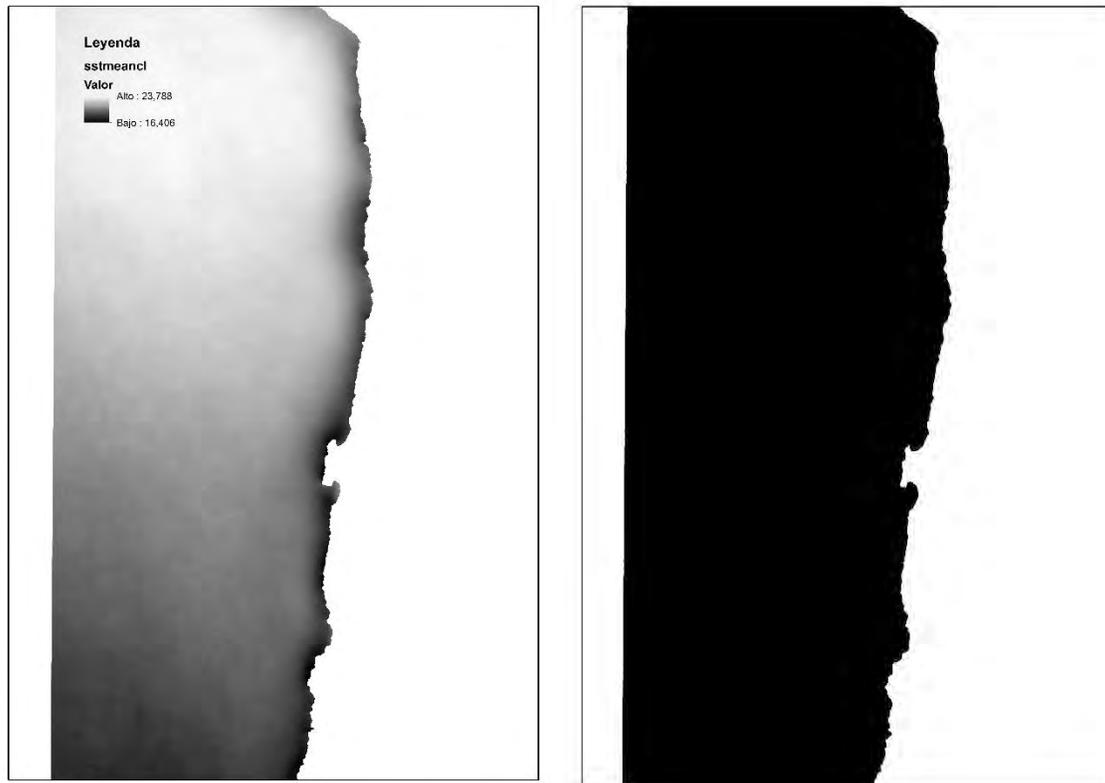
set_white
colormap(jet(8))
end
% Exportación de las figuras a formato png
% Se utiliza el toolbox export_fig
export_fig wind_enero_junio_2008-2017
export_fig wind_julio_diciembre_2008-2017

% Exportación de los promedios mensuales climatológicos a Excel
% Utiliza la rutina image2latlonval
for i=1:12
    data = image2latlonval(wind.mag_clim(:,:,i),wind.lat,wind.lon);
    data2 = image2latlonval(wind.u_clim(:,:,i),wind.lat,wind.lon);
    data3 = image2latlonval(wind.v_clim(:,:,i),wind.lat,wind.lon);
    xlswrite('wind.xlsx',[data data2(:,4) data3(:,4)],time.meses(i,:))
end

```

Remuestreo de imágenes raster

Los datos ambientales seleccionados para los procesos posteriormente (Imágenes satelitales y datos in situ) debe ser estandarizadas en un formato único como imagenes raster, a la menor escala de resolución posible efectuando en algunos casos remuestreos mediante el uso del módulo Geostatistical Analyst del software ArcGis.



Ejemplo de imagen raster empleado para un reproceso (izquierda) transformado en puntos (derecha) (temperatura superficial promedio)

Para ello, se requiere en primer término transformar la imagen raster a datos vectoriales (Puntos), de modo de realizar un remuestreo de los mismos de modo de igualar la resolución a un punto más próximo entre las diferentes capas de información en programa de libre uso como QGIS o en programas con licencia que permitan posteriormente realizar el proceso de interpolación de la información volviendo desde los datos vectoriales a un nuevo raster, pero como características similares entre sí.

La interpolación es un procedimiento usado para predecir valores de celdas en una locación que carece de puntos de muestreo. Está basado en el principio de correlación autoespacial o dependencia espacial, el cual mide el grado de relación/dependencia entre objetos distantes o cercanos (Childs, 2004).

La autocorrelación espacial determina si los valores están interrelacionados. Si los valores están interrelacionado, esto determina si este es un patrón espacial. Esta correlación es usada para medir:

- Similitud de objetos entre un área.
- El grado en el cual el fenómeno espacial esta correlacionado a sí mismo en el espacio.
- Naturales y fuerza de la interdependencia.

Existe dos categorías de técnicas de interpolación: determinística y geo estadística. En el presente trabajo se utilizó como la interpolación estadística Kriging el que está basado en

estadística y es usado para modelar superficies de predicción más avanzadas, el que también incluye algunas medidas de la certeza o precisión de la predicción (Figura 7).

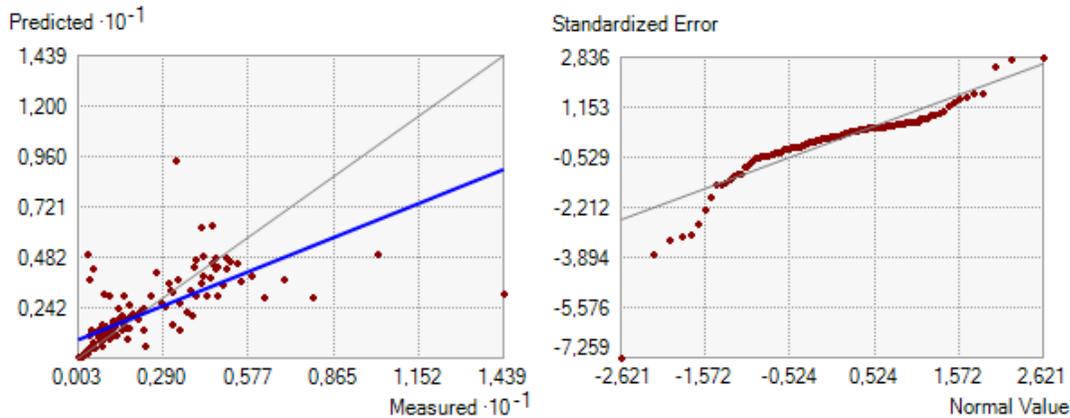


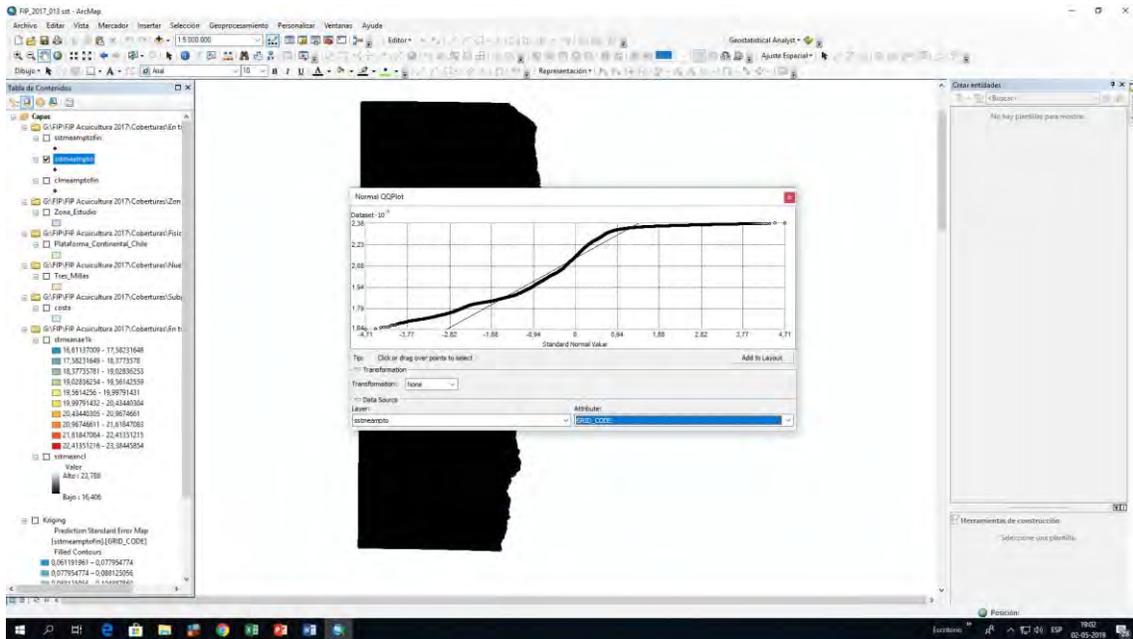
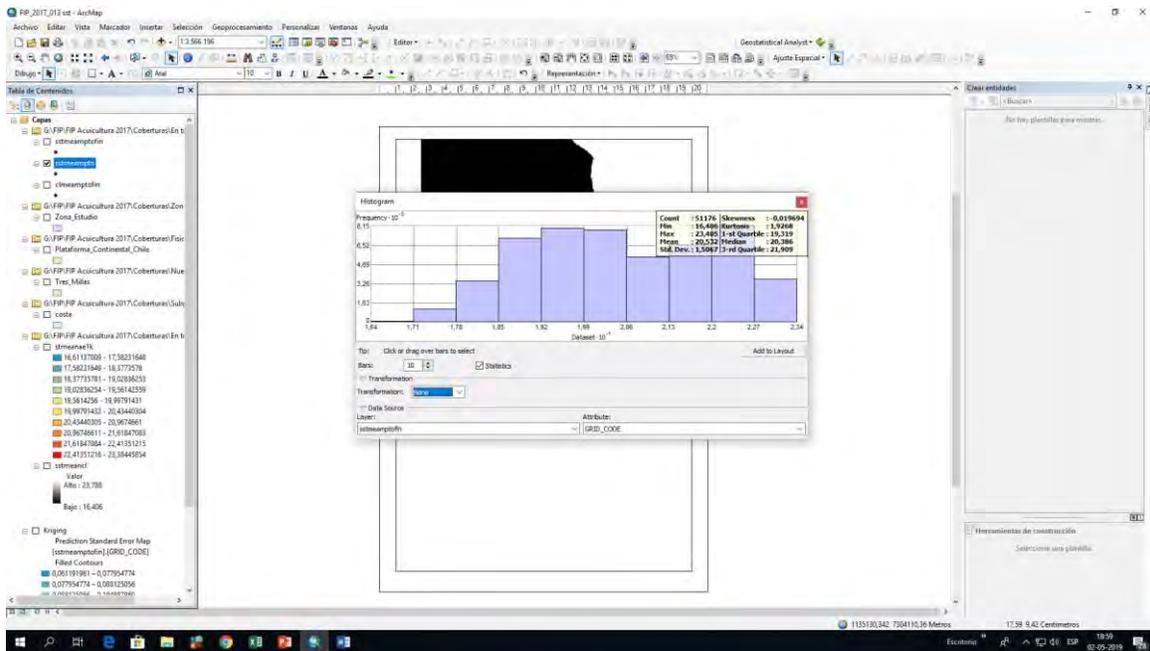
Figura 7. Ejemplos de estadísticas descriptivas en función del modelo predictivo usado mediante la técnica Kriging del módulo Geostatistical Analyst del software ArcGis.

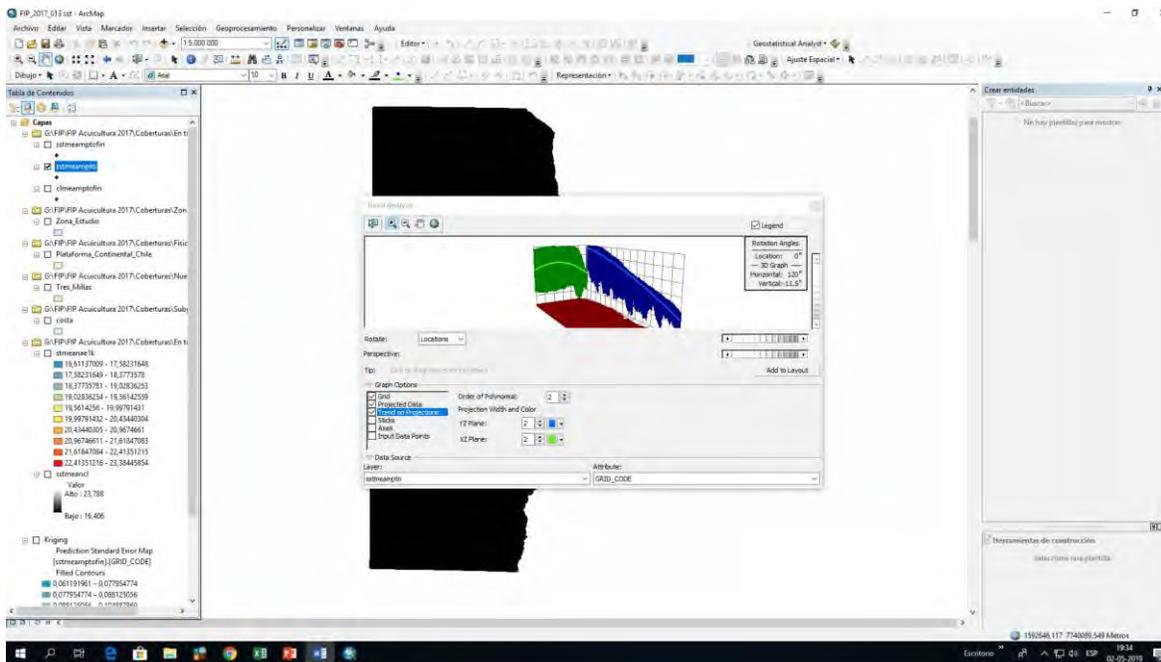
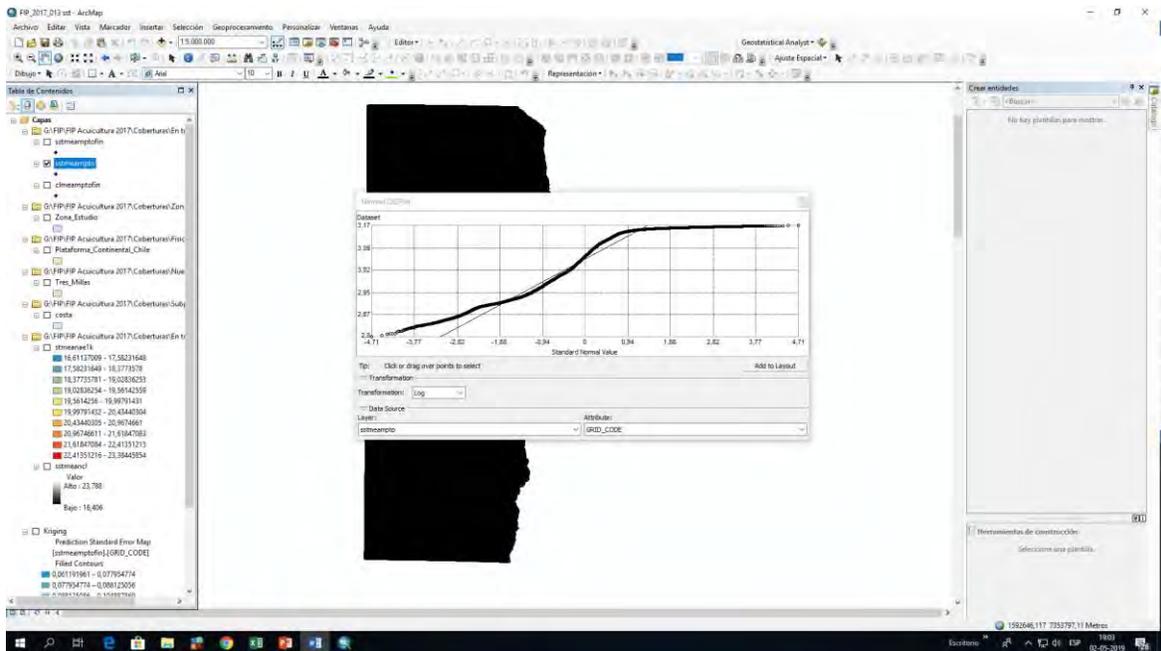
El Kriging es un poderoso método de interpolación usado para diversas aplicaciones como son ciencias de la salud, geoquímica, y modelamiento de polución. Kriging asume que la distancia o dirección entre los puntos de muestra reflejan una correlación espacial que puede ser usada para explicar variaciones en la superficie (Childs, 2004). Utiliza variogramas los cuales dependen de la distribución espacial de los datos en lugar de los valores reales. Los pesos de Kriging son derivados usando una función de ponderación de los datos que reduce el sesgo hacia los valores de entrada. (Arun, 2013).

Este ajusta una función a un número específico de puntos o todos los puntos entre un radio específico para determinar los valores de salida de cada locación. Kriging es más apropiado cuando una distancia espacialmente correlacionada o sesgo en los datos es conocida.

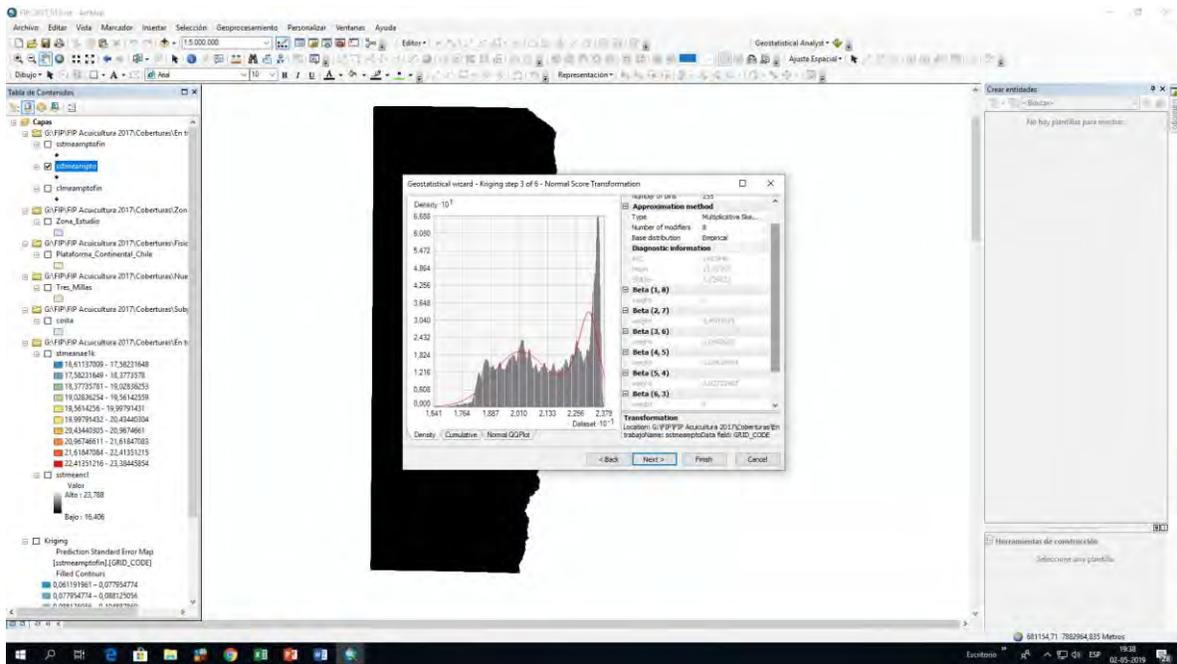
En la primera etapa del proceso, se revisa la estadística general de la información a través del módulo Geostatistical Analyst del software ArcGis.

En primer términos se debe revisar la estadística general de los datos mediante el uso del módulo Explore Data>Histograma tendiente a determinar las características de distribución de los datos y la necesidad o no de generar una transformación de ellos. Esto puede ser explorado y corroborado mediante la representación de un gráfico QQplot.

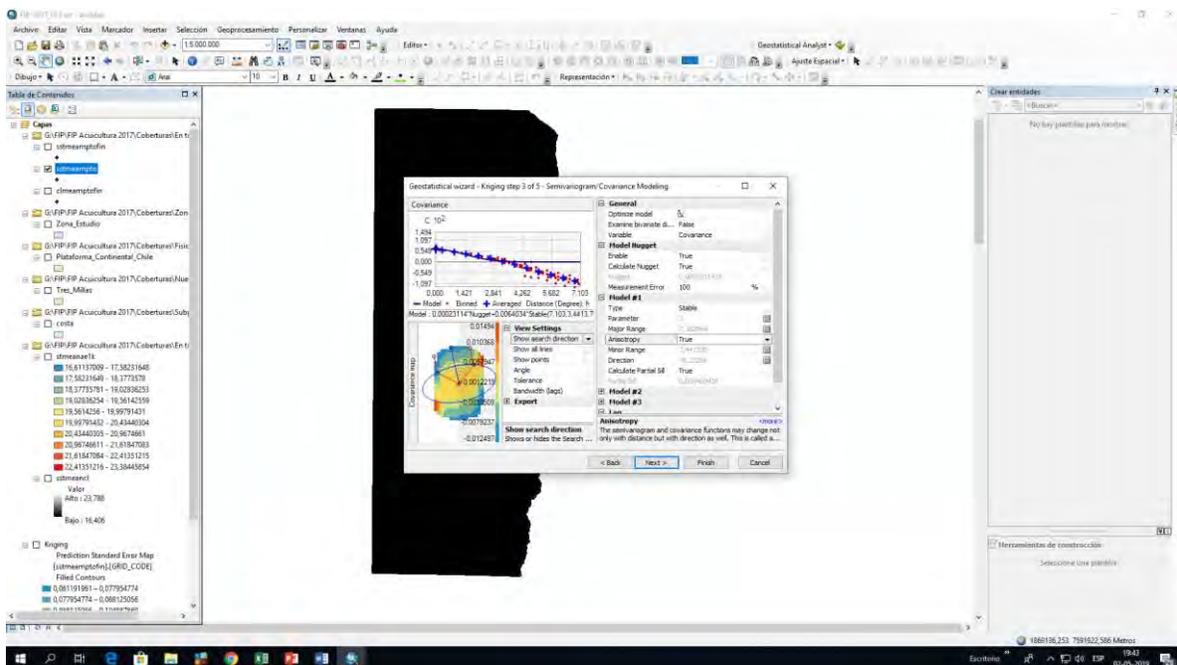




Una vez establecido las características de los datos y en el módulo Geostatistical Analyst > Geostatistical Wizard, se procede a seleccionar el método de interpolación de los datos siendo en la mayoría de los casos el método geo estadístico Kriging la mejor opción de este análisis.

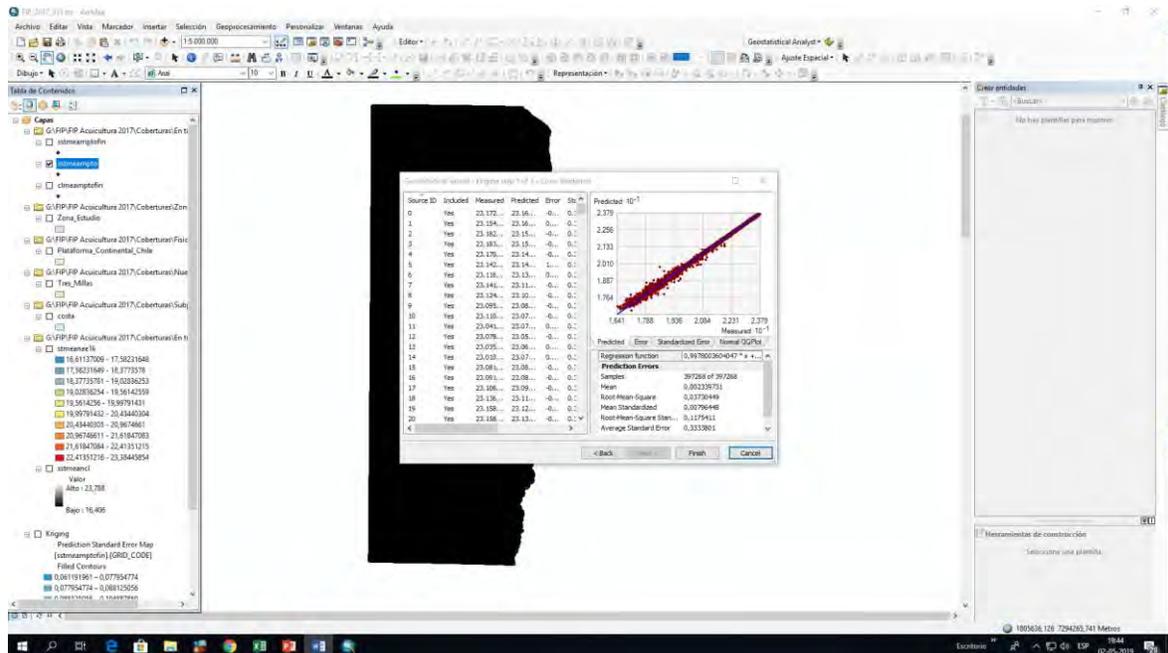


En el segundo paso se define en el caso de haber seleccionado el método Kriging el tipo de análisis y las características de los datos de salida o la transformación o no de los datos de análisis.

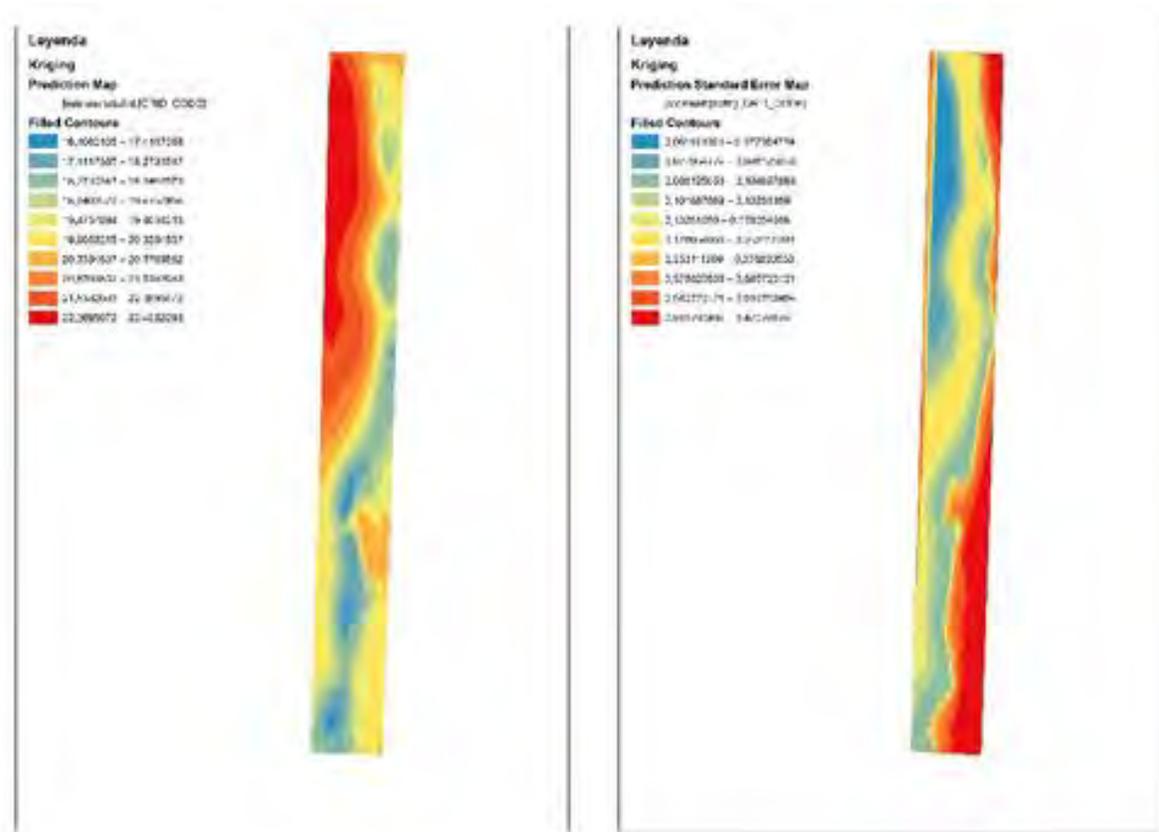


En la tercera etapa del análisis se define el modelo predictivo a emplear, así como ajustes diversos que son analizados en torno a los gráficos de semi variogramas que permiten generar las modificaciones de los parámetros de entrada del modelo a ser empleado.

Finalmente, se revisa antes de realizar el análisis final el grado de precisión del modelo, la función de regresión, así como la predicción del error del ajuste, pudiendo modificar los datos de entrada en el caso de que el modelo empleado no permita asegurar una adecuada predicción final de los datos.



Se generan 2 tipos de archivos raster de salida, el mapa de predicción y el mapa de errores.



Ejemplo de mapa predictivo de salida (izquierda), mapa de error (derecha). Finalmente, los datos quedan disponibles para el uso de la etapa final del análisis.

Proceso de Imágenes Satelitales pre ingreso a Modelo de Selección

Con el resultado de fase anterior, los archivos en formato raster de las variables biofísicas y de datos in situ deben ser reclasificados antes de ser ingresados al modelo de selección, para lo cual se debe seguir el siguiente procedimiento:

1. Ajuste de datos y visualización clasificada

El raster en bruto no tiene ajuste de visualización clasificada, por defecto se muestra con una rampla estirada en escala de grises de mayor a menor (Figura 8 y 9).

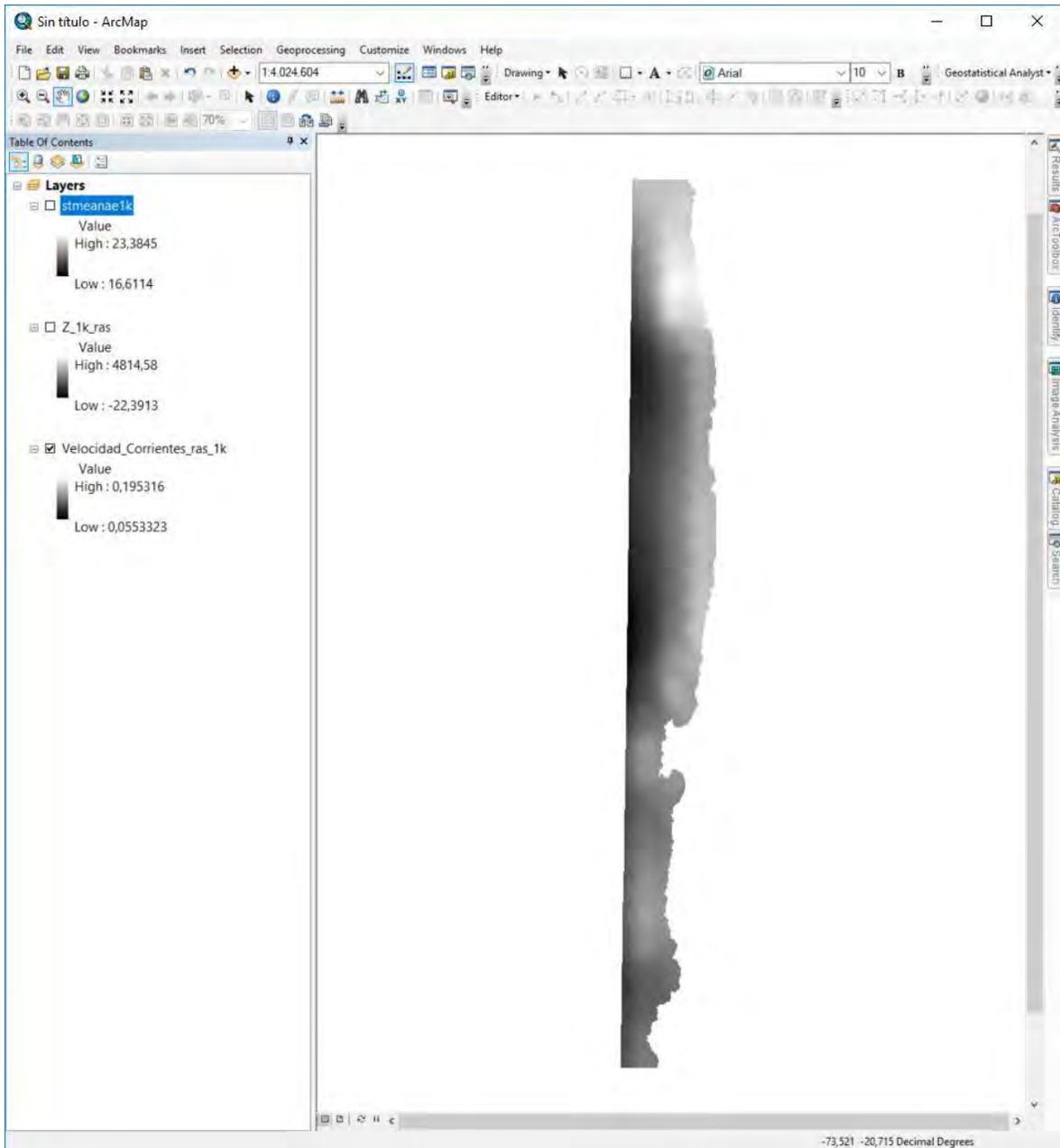


Figura 8. Raster por defecto al cargar

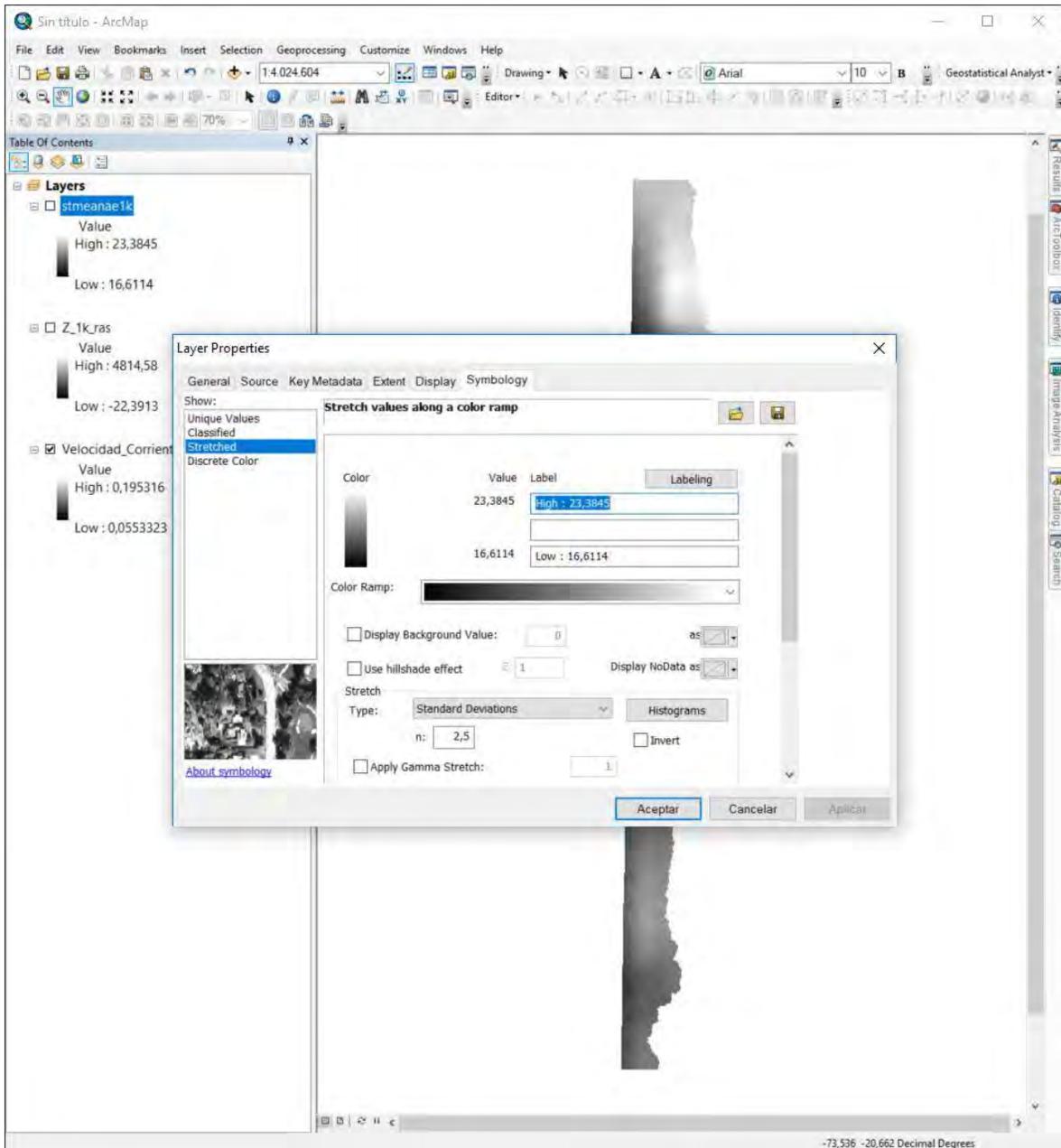


Figura 9. Rampla en escala de grises por defecto del raster

Esta vista se debe cambiar a una rampla clasificada de colores que permita visualizar los rangos en las diferentes clases que componen el raster (Figura 10 y 11).

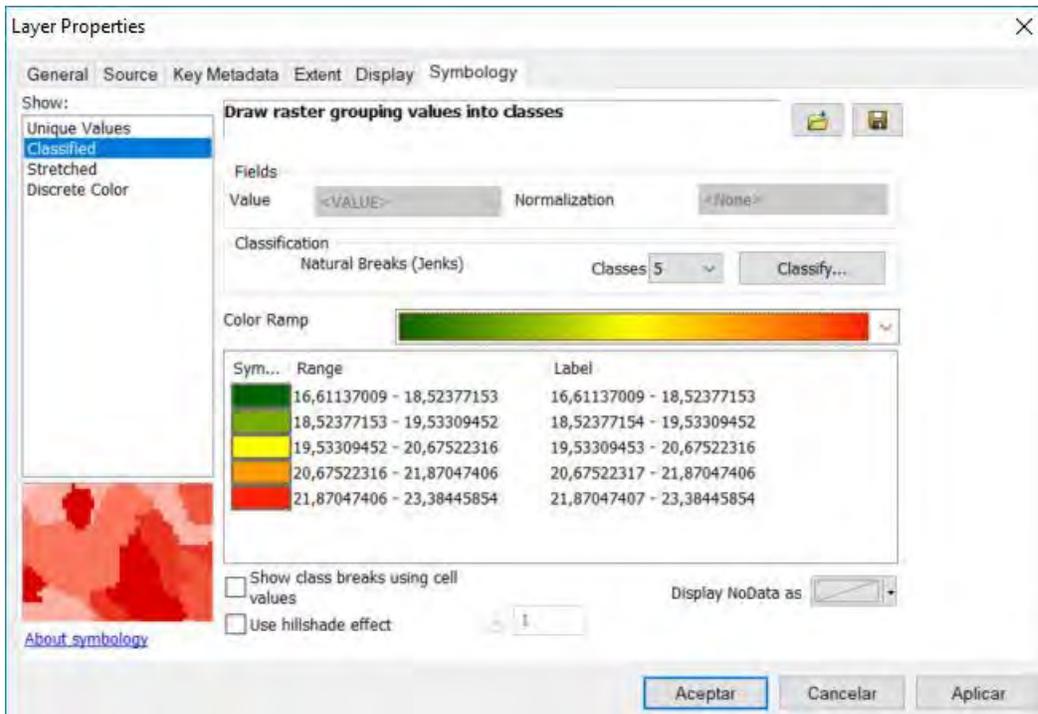


Figura 10. Rampla de colores clasificada

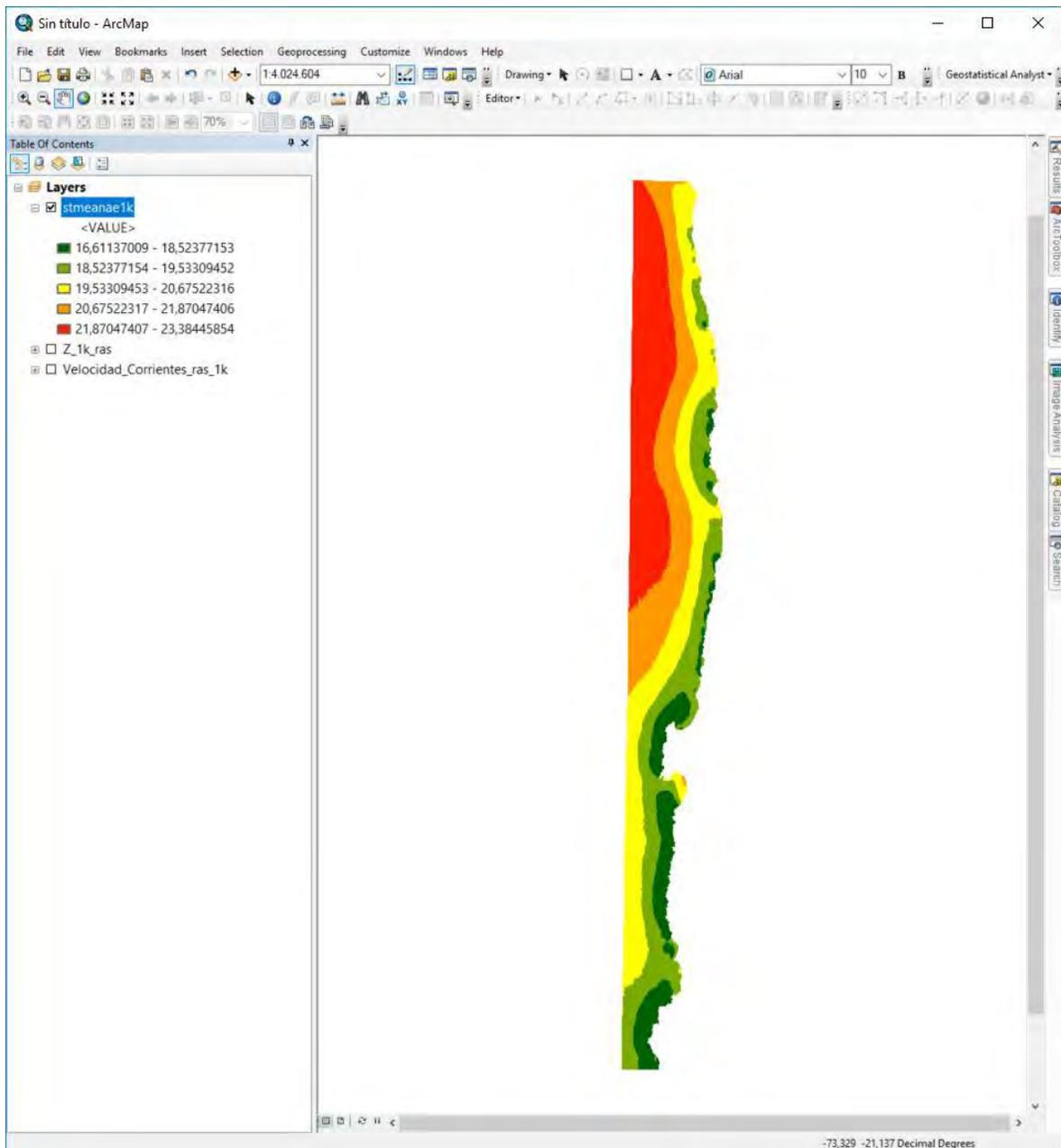


Figura 11. Raster Clasificado con rampla de colores

Sin embargo, para visualizar de la forma anterior es necesario que estén calculadas las estadísticas del raster, para lo cual se debe revisar las propiedades del raster (capa) en la pestaña “Source” y verificar que la estadística este presente (Figura 12).

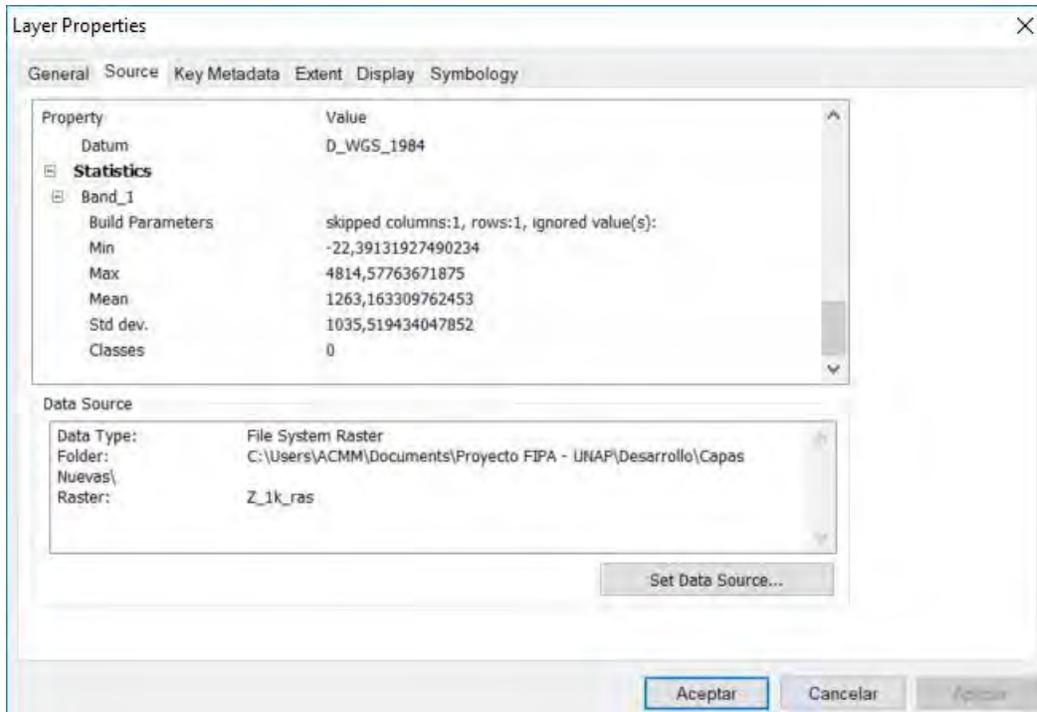


Figura 12. Pestaña donde se encuentran las estadísticas del raster

En algunos casos, los raster de origen no tienen calculadas las estadísticas por lo que es necesario calcularlas antes de visualizar la rampla de colores clasificada, dado que si no es así se muestra un error (Figura 13 y 14).

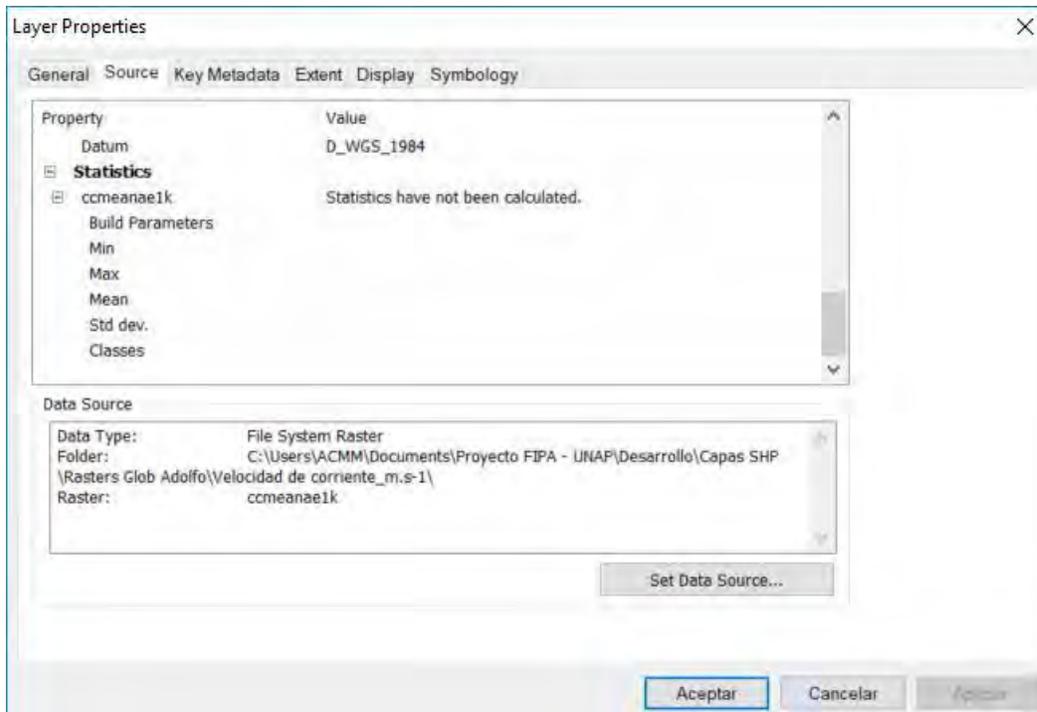


Figura 13. Raster sin estadísticas

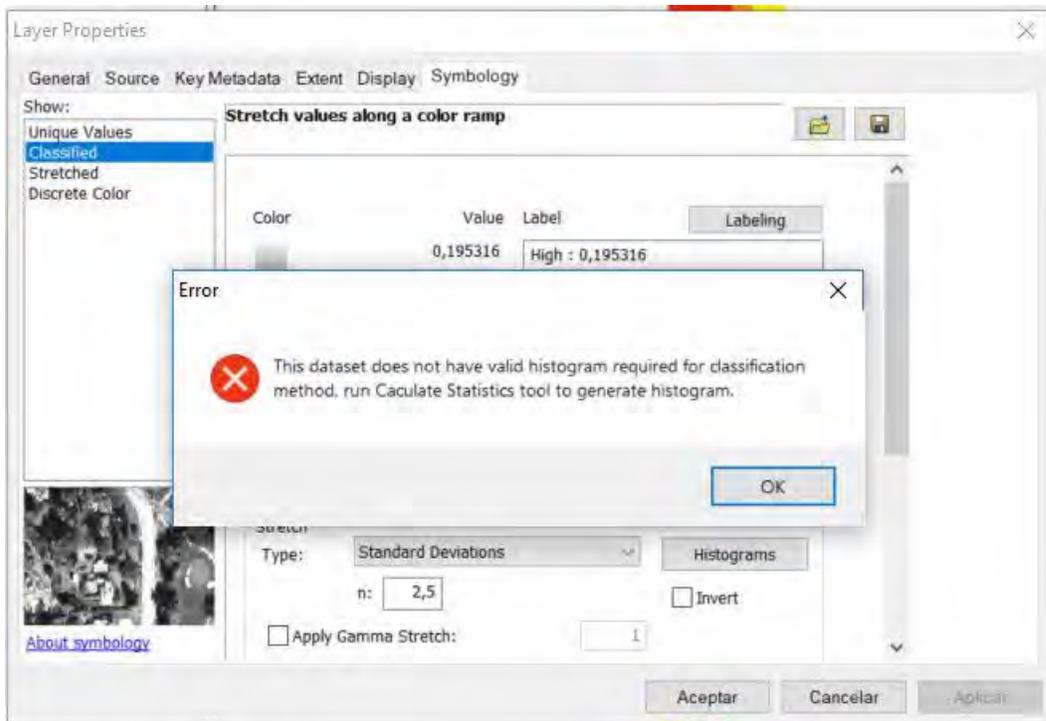


Figura 14. Mensaje de error al intentar clasificar el raster con rampla de colores y tener estadísticas calculadas

Para calcular las estadísticas de un rastes se debe ir al ArcTolbox > Data Management Tools > Raster > Raster Properties > Calculate Statistics o Build Pyramids and Statistics (Figura 15 y 16)

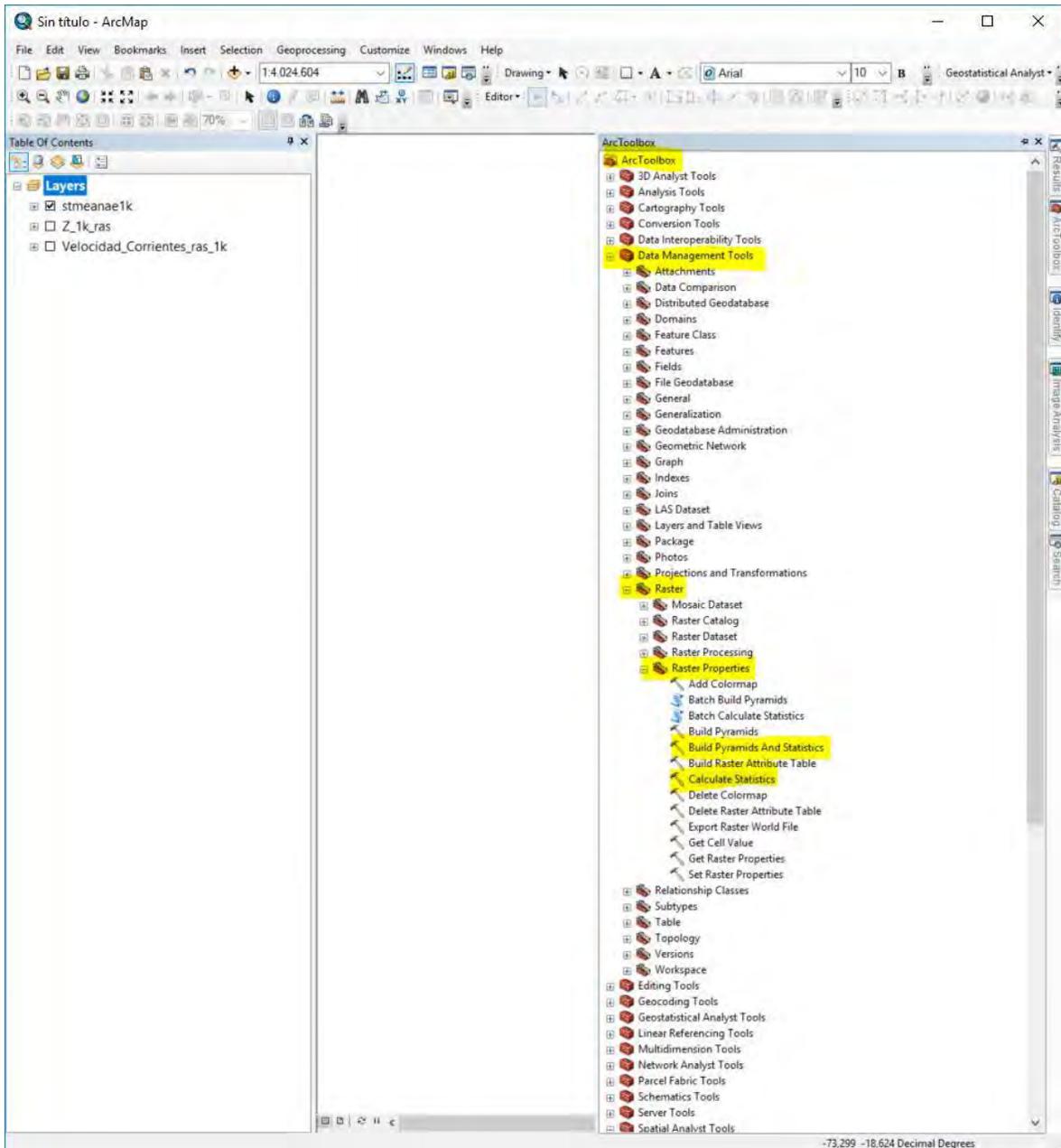


Figura 15. Ruta en ArcGis para calcular las estadísticas de un raster

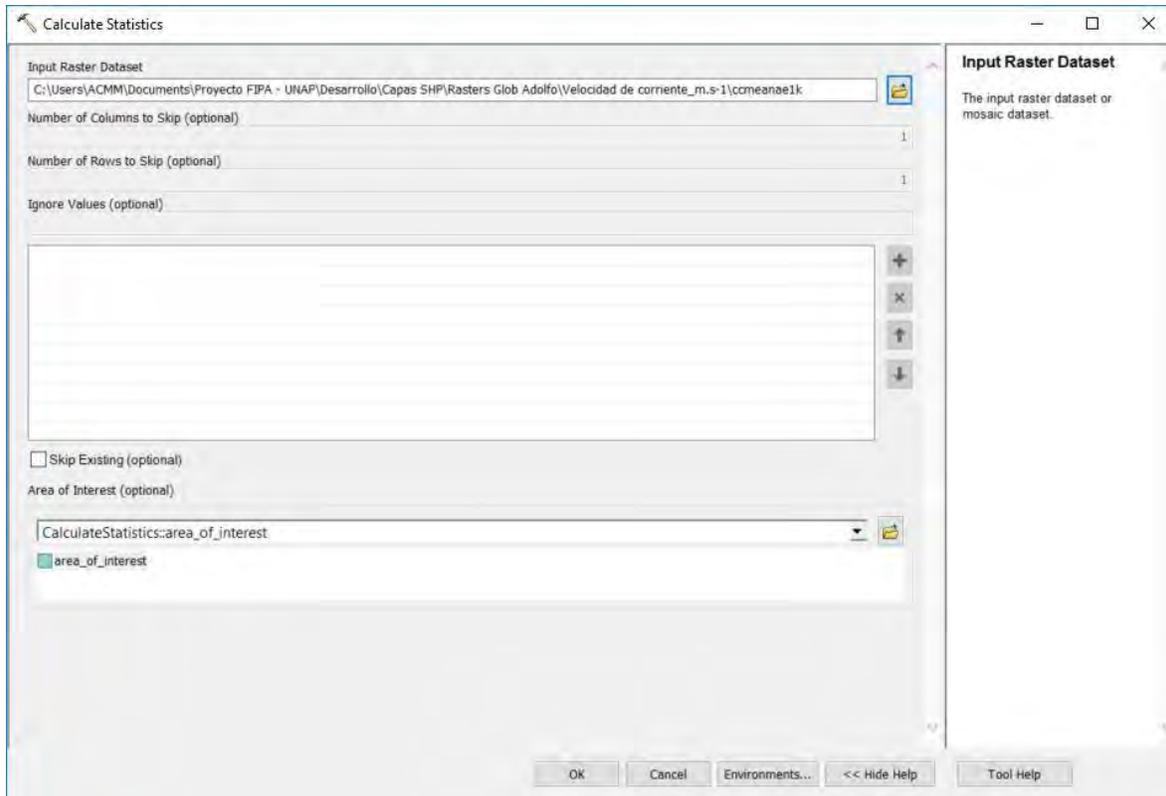


Figura 16. Ventana para el cálculo de estadísticas de un raster en ArcGis

Una vez calculadas las estadísticas del raster es posible visualizar la rampla de colores clasificada y proceder al siguiente paso.

2. Reclasificación del raster.

Este proceso tiene por objetivo acotar la extensión de los datos que contiene el raster a los rangos de trabajo definidos para el análisis en particular. Para lo anterior, previamente se debe contar con los rangos de trabajo clasificados en una tabla de atributos con puntaje, concepto y los rangos.

Ejemplo, Tabla de Tributos para la variable profundidad (m)

Rango (m)	Puntaje	Concepto
< 15 m	1	Malo
15 a 40 m	5	Bueno
40 a 150 m	3	Aceptable

Para reclasificar un raster en ArcMap, se debe ir al ArcToolbox > Spatial Analyst Tools > Reclass > Reclassify (Figura 17)

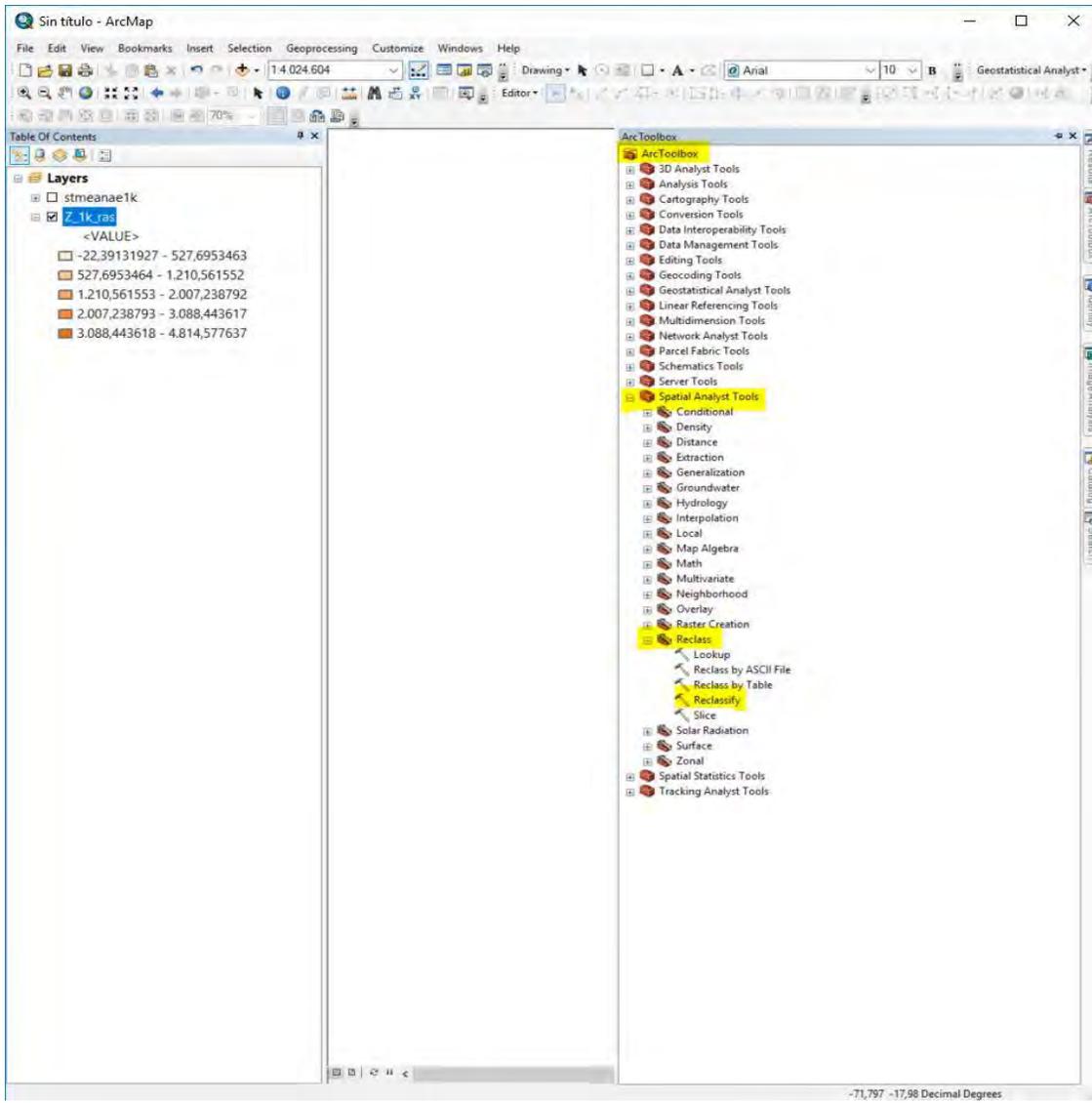
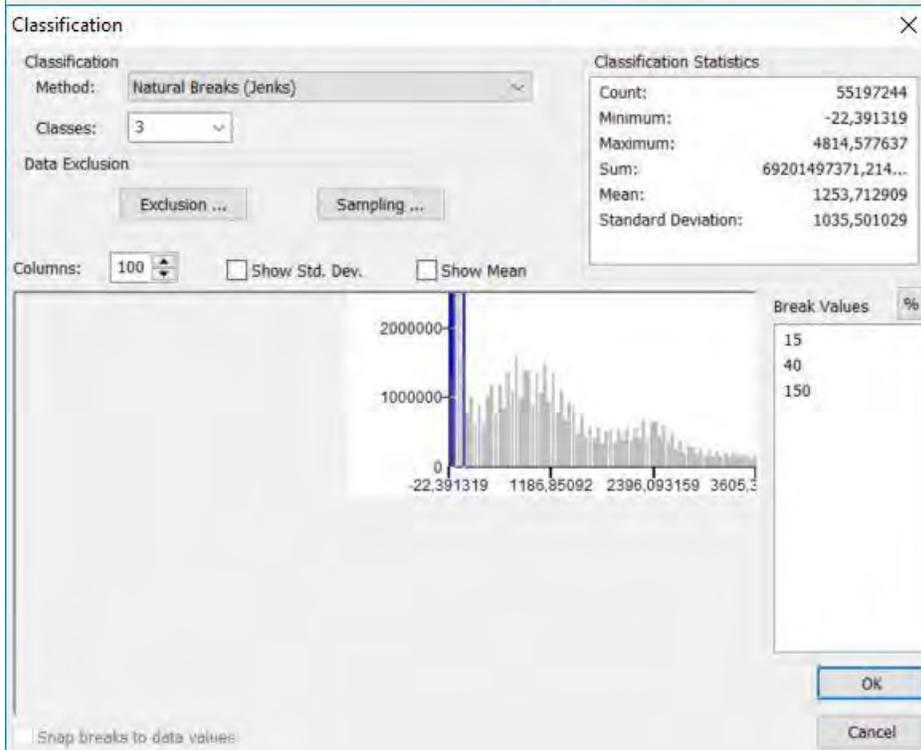
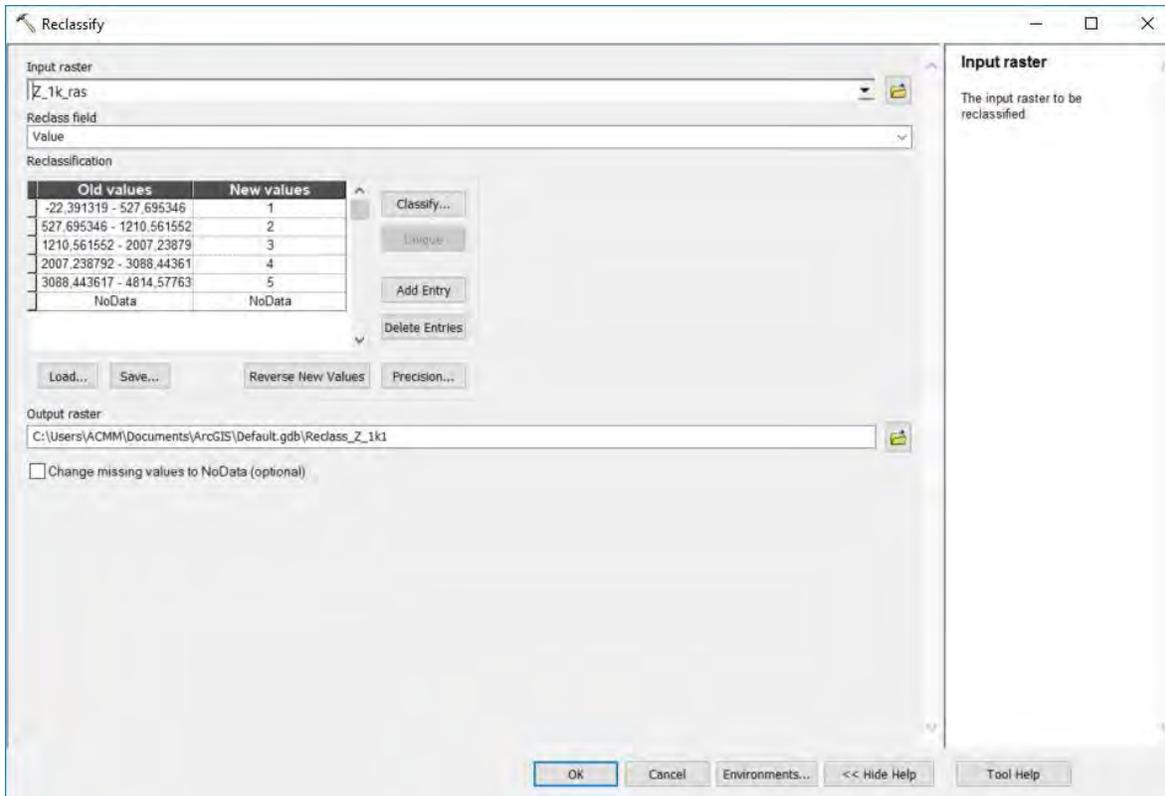
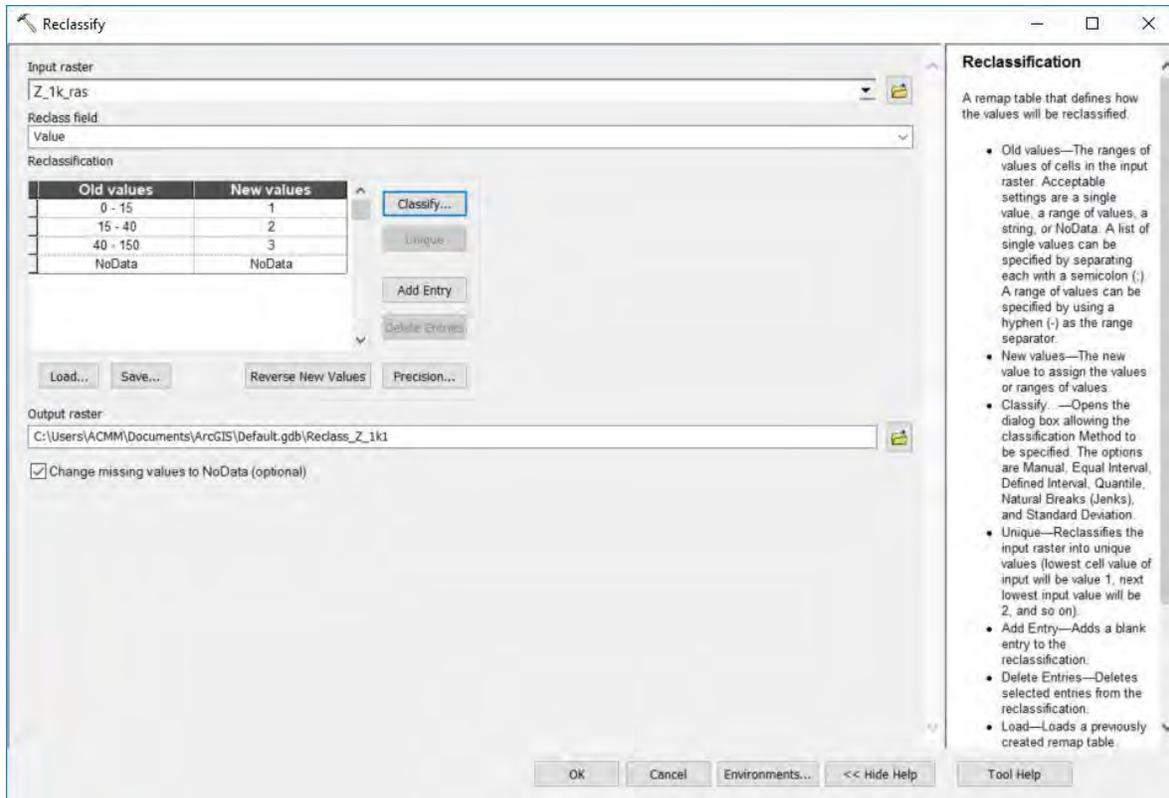


Figura 17. Ruta en ArcGis para reclasificar un raster

Luego se selecciona el raster a reclasificar y se seleccionan los rangos de clases de acuerdo a la tabla de atributos.



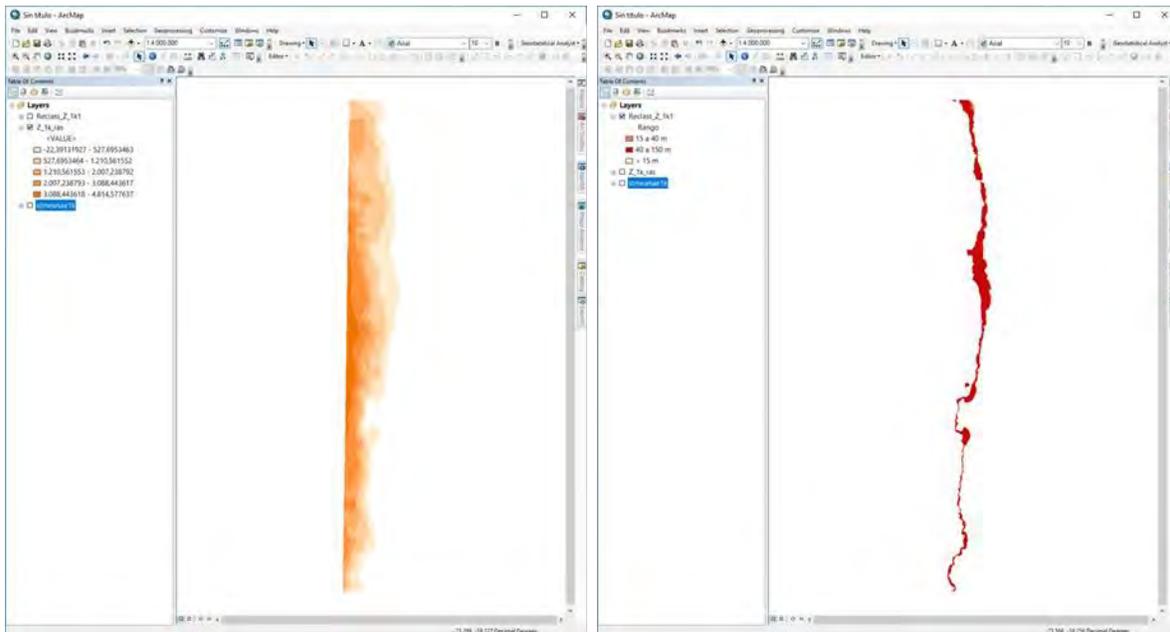


Se recomienda que en la tabla de atributos del raster se creen los campos correspondientes al puntaje, rango y concepto.

OBJECTID*	Value	Count
1	1	487793
2	2	713515
3	3	6925686

OBJECTID *	Value	Count	Puntaje	Rango	Concepto
1	1	487793	1	< 15 m	Malo
2	2	713515	5	15 a 40 m	Bueno
3	3	6925586	3	40 a 150 m	Aceptable

El resultado final será un raster con los datos acotados al rango de trabajo del análisis.



Los rasters procesados de la forma anterior estaran listos para ser ingresados al modelo de selección propuesto en el estudio.